

# 2024年二级建造师 公路工程管理与实务

## 精讲课

主讲人：崔业盛



# 公路工程管理与实务

公路工程

技术

路基工程

路面工程

桥涵工程

隧道工程

交通工程

法规

相关法规

相关标准

管理

公路工程企业资质与施工组织

施工招标投标与合同管理

施工进度管理

施工质量管理

施工成本管理

施工安全管理

绿色施工及现场环境管理

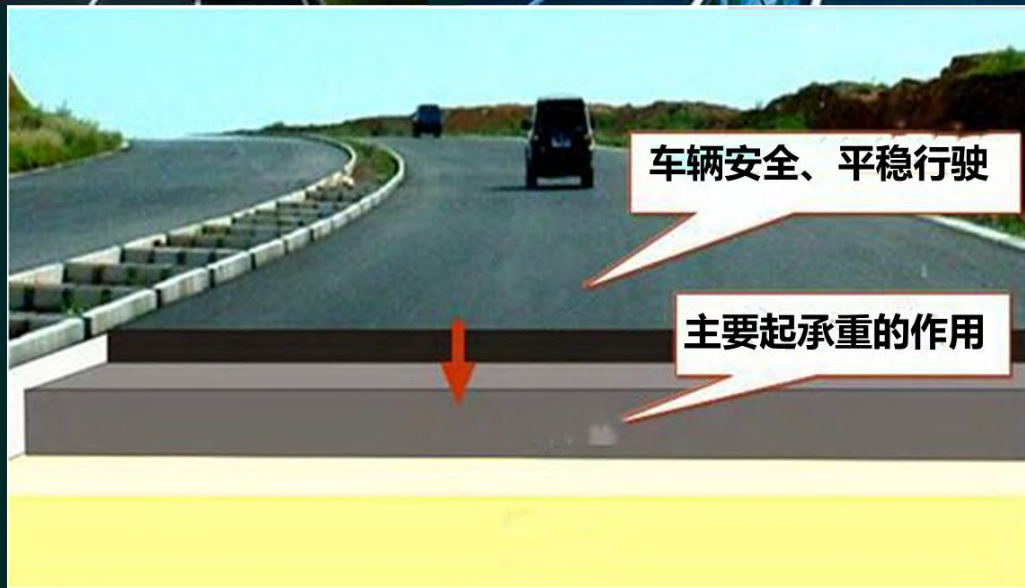
施工技术与设备管理



# 第1章 路基工程



# 第1章 路基工程



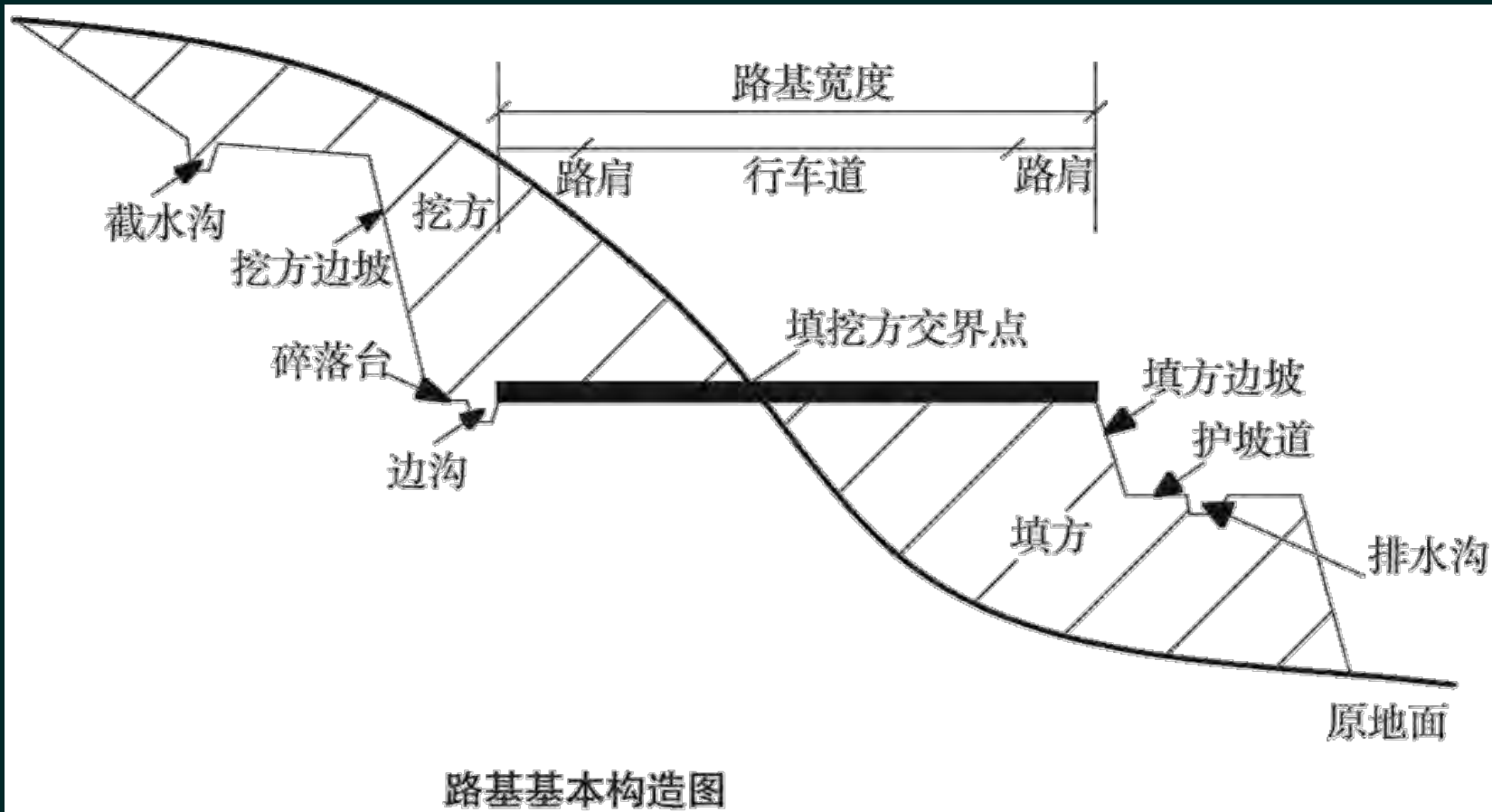


# 第1章 路基工程





## 1.1 路基施工





## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 知识要点

【1】 试验

【2】 试验路段

【3】 施工测量方法





## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

技术准备工作的内容主要包括：**熟悉设计文件、现场调查核对、设计交桩、复测与放样、试验及试验路段施工等。**





## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 一、路基施工准备的一般规定

1. 在详尽的现场调查后，应根据设计要求、合同、现场情况等，编制施工组织设计。

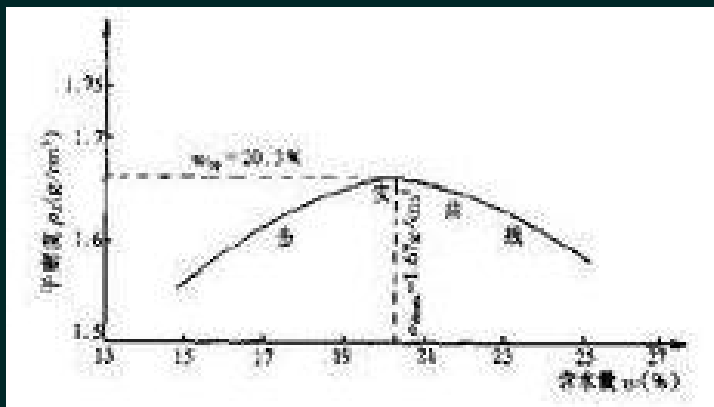
2. 路基开工前必须建立健全质量、环保、安全管理体系和质量检测体系，并对各类施工人员进行岗位培训和技术、安全交底。



## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 二、试验

土的试验项目应包括**天然含水率、液限、塑限、颗粒分析、击实、CBR**等，必要时还应做相对密度、有机质含量、易溶盐含量、冻胀和膨胀量等试验。对特殊土（如黄土、软土、盐渍土、红黏土、高液限黏土和膨胀土等），还要进行相关试验以确定其性质及处置方案。





## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 三、试验路段

试验路段应选择在**地质条件、路基断面形式**等具有代表性的地段，长度宜**不小于200m**。下列情况下，应进行试验路段施工：

- (1) 二级及二级以上公路路堤；
- (2) 填石路堤、土石路堤；
- (3) 特殊填料路堤；
- (4) 特殊路基；
- (5) 拟采用新技术、新工艺、新材料、新设备的路基。



## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

路堤试验路段施工应包括以下内容：

- (1) 填料试验、检测报告等；
- (2) 压实工艺主要参数：**机械组合、压实机械规格、松铺厚度、碾压遍数、碾压速度、最佳含水率及碾压时含水率范围等；**

- (3) 过程工艺控制方法；
- (4) 质量控制标准；
- (5) 施工组织方案及工艺的优化；
- (6) 原始记录、过程记录；
- (7) 对施工图的修改建议等；
- (8) 安全保障措施；
- (9) 环保措施。





## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 四、平面控制测量

1. 平面控制测量应采用**卫星定位测量、导线测量、三角测度或三边测量方法**进行。

### 2. 平面控制测量等级

公路等级	测量等级	最弱点点位中误差 (mm)	最弱相邻点相对点位中误差	最弱相邻点边长相对中误差	相邻点见平均边长参照值 (m)
高速、一级公路	一级	±50	±30	≤1/20000	500
二、三、四级公路	二级	±50	±30	≤1/10000	300



## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 3. 导线复测规定

- (1) 导线测量精度应符合规范的规定。
- (2) 原有导线点不能满足施工需要时，应**增设**满足相应精度要求的附合导线点。
- (3) 同一建设项目内相邻施工段的导线应**闭合**，并满足同等级精度要求。
- (4) 可能受施工影响的导线点，施工前应加固或改移，并应保持其**精度**。
- (5) 导线桩点应进行不定期检查和定期复测，**复测周期**应不超过6个月。



## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 五、高程控制测量

1. 高程控制测量应采用水准测量或三角高程测量的方法。

公路等级	测量等级	最弱点高程中误差 (mm)	每公里高差中数中误差		附和或环线水准路线长度 (km)
			偶然中误差 $M_{\Delta}$	全中误差 $M_W$	
高速、一级公路	四等	$\pm 25$	$\pm 5$	$\pm 10$	25
二、三、四级公路	五等	$\pm 25$	$\pm 8$	$\pm 16$	10





## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 2. 水准点复测与加密规定

(1) 水准点精度应符合规范的规定。

(2) 同一建设项目应采用同一高程系统，并应与相邻项目高程系统相衔接。

(3) 沿路线每500m宜有一个水准点，高速公路、一级公路宜加密，每200m有一个水准点，在结构物附近、高填深挖路段、工程量集中及地形复杂路段，宜增设水准点。临时水准点应符合相应等级的精度要求，并与相邻水准点闭合。

(4) 对可能受施工影响的水准点、施工前应加固或改移，并保持其精度。

(5) 水准点应进行不定期检查和定期复测，复测周期应不超过6个月。



## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 六、中线放样

1. 路基开工前，应进行全段中线放样并固定路线主要控制桩，如交点、转点、圆曲线和缓和曲线的起讫点等。

高速公路、一级公路宜采用**坐标法**进行测量放样。

2. 测量放样方法：

(1) 传统法放样

①切线支距法

②偏角法



## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### (2) 坐标法放样

根据设计单位布设的导线点和设计单位提供的**逐桩坐标表**进行放样的一种方法。

### (3) GPS-RTK技术放样

在进行道路中线施工放样之前，首先要计算出线路上里程桩的**坐标**，然后才能用GPS-RTK的放样功能解算放样点的平面位置。



## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

### 七、路基放样

1. 路基施工前对**原地面**进行复测、核对或补充横断面。
2. **高填深挖高填**路段，每挖填者一个**边坡平台或3~5m**，  
(碎落台) 应复测中线和横断面。
3. 路基横断面边桩放样方法：
  - (1) 图解法。一般用于较低等级的公路路基边桩放样。
  - (2) 计算法。本法比上述方法精度高，主要用于公路平坦地形或地面横坡较均匀一致地段的路基边桩放样。
  - (3) 渐近法。该法精度高，适用于各级公路。
  - (4) 坐标法。适用于**高等级**公路。



## 1.1.1 路基施工准备与施工测量

【例题】拟作为路堤填料的材料应取样，土的试验项目有（ ）。

- A. 液限
- B. 塑限
- C. CBR值
- D. 弯沉
- E. 天然含水率

【答案】ABCE

【解析】土的试验项目应包括天然含水率、液限、塑限、颗粒分析、击实、CBR等，必要时还应做相对密度、有机质含量、易溶盐含量、冻胀和膨胀量等试验。



## 1.1.2 原地基处理要求

### 知识要点

#### 【1】原地基处理



## 1.1.2 原地基处理要求

地基表层应碾压密实。

二级及二级以上公路一般土不应小于90%；三、四级公路不应小于85%。

低路堤应对地基表层土进行超挖、分层回填压实，其处理深度应不小于路床厚度。



## 1.1.3 挖方路基施工

### 知识要点

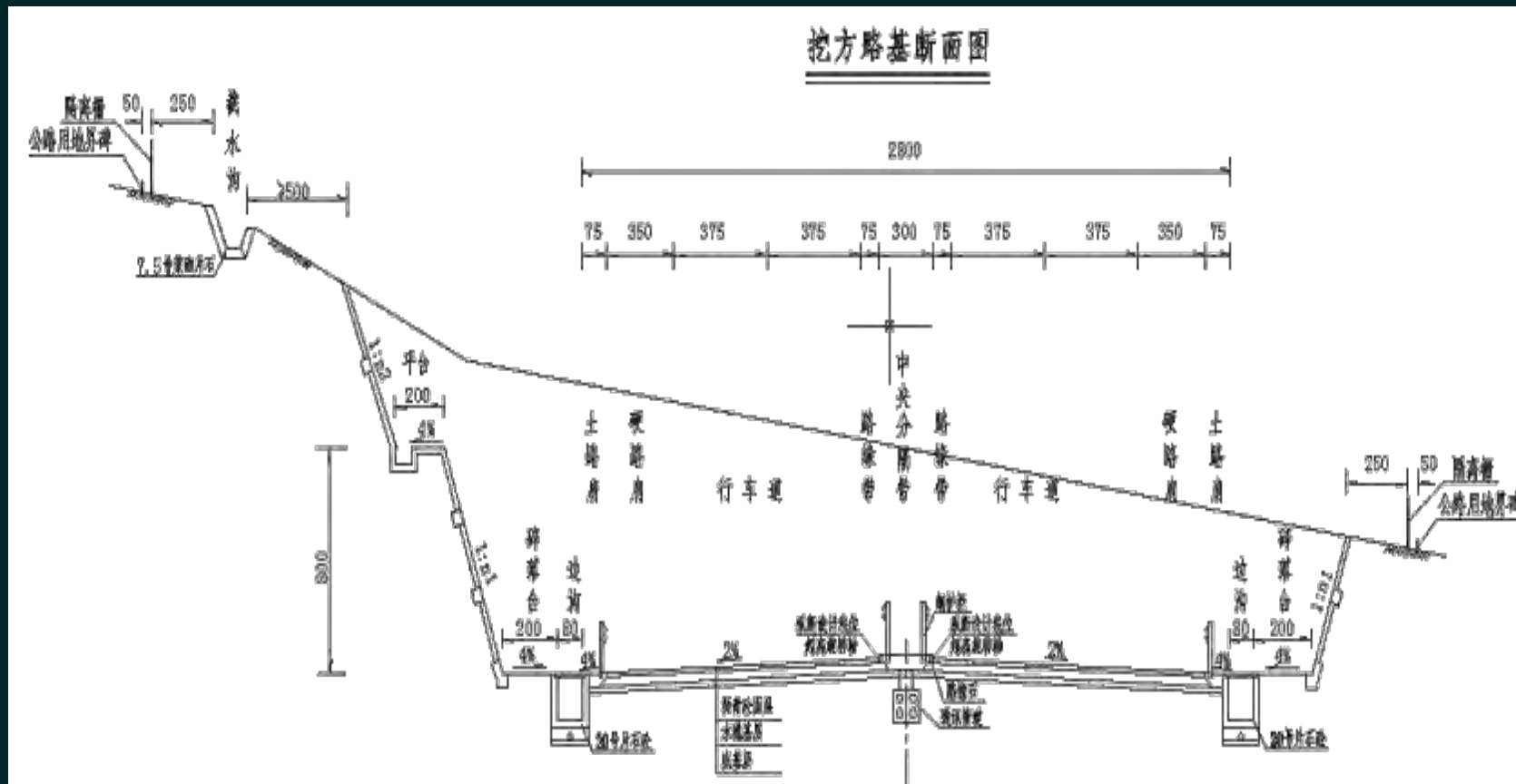
- 【1】路堑横断面识图
- 【2】路堑施工工艺流程
- 【3】路堑施工技术





# 1.1.3 挖方路基施工

## 路堑横断面识图

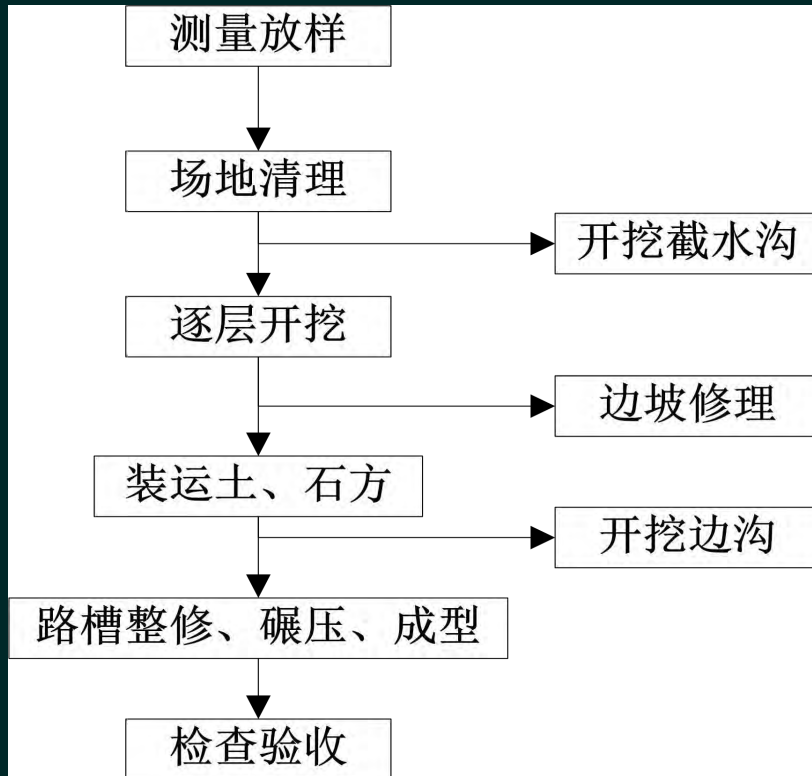




## 1.1.3 挖方路基施工

### 一、土质路堑施工技术

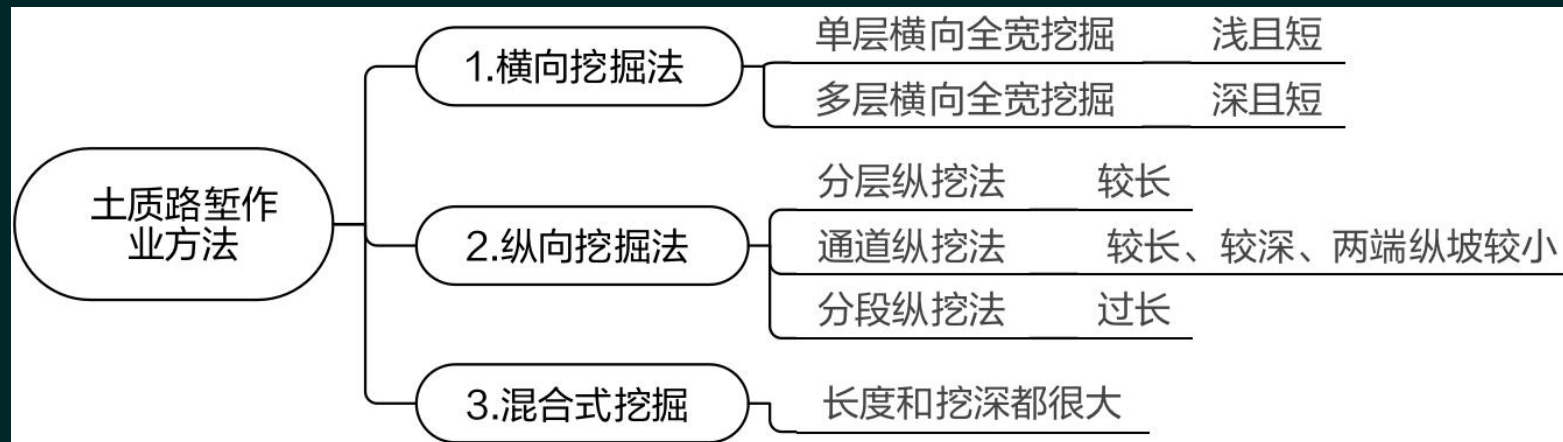
#### (一) 路堑施工工艺流程





# 1.1.3 挖方路基施工

## (二) 作业方法





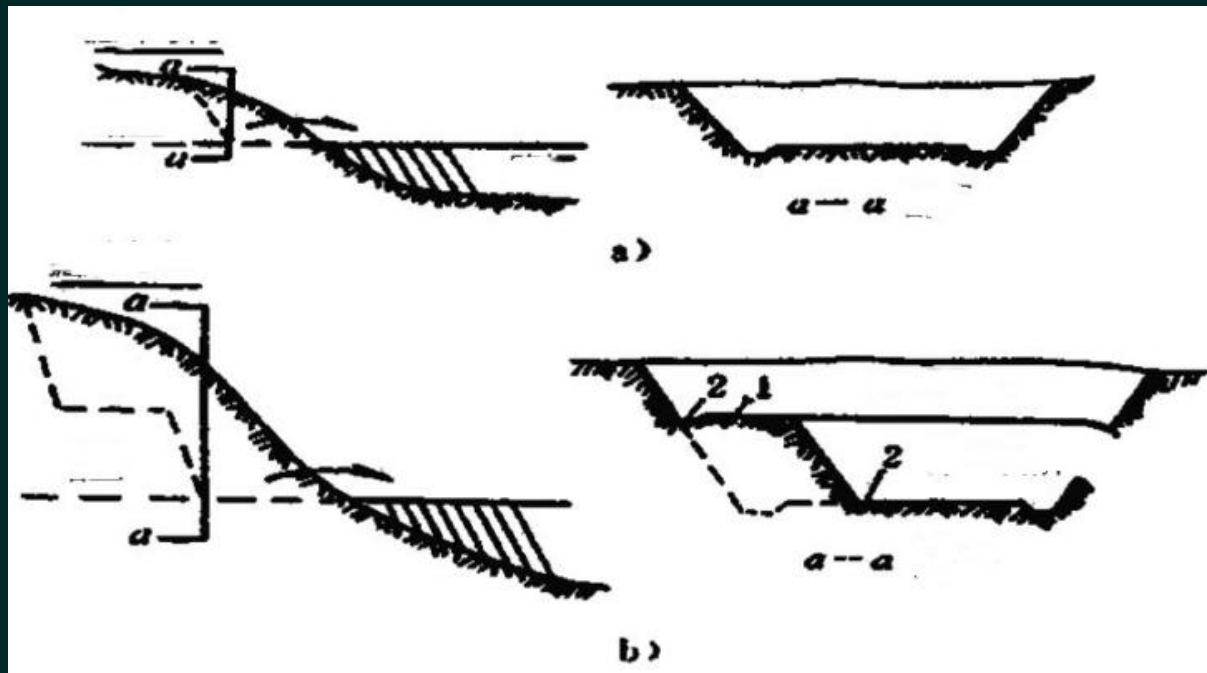
# 1.1.3 挖方路基施工

## (二) 作业方法

1. 横向挖掘法

单层横向全宽挖掘

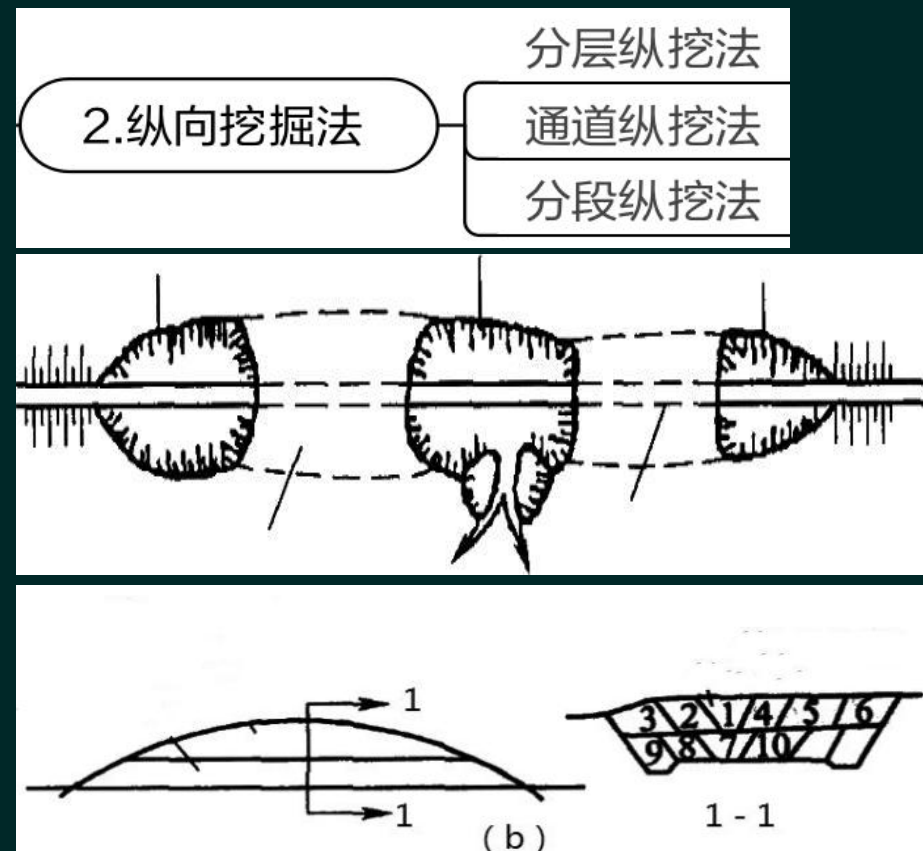
多层横向全宽挖掘





# 1.1.3 挖方路基施工

## (二) 作业方法



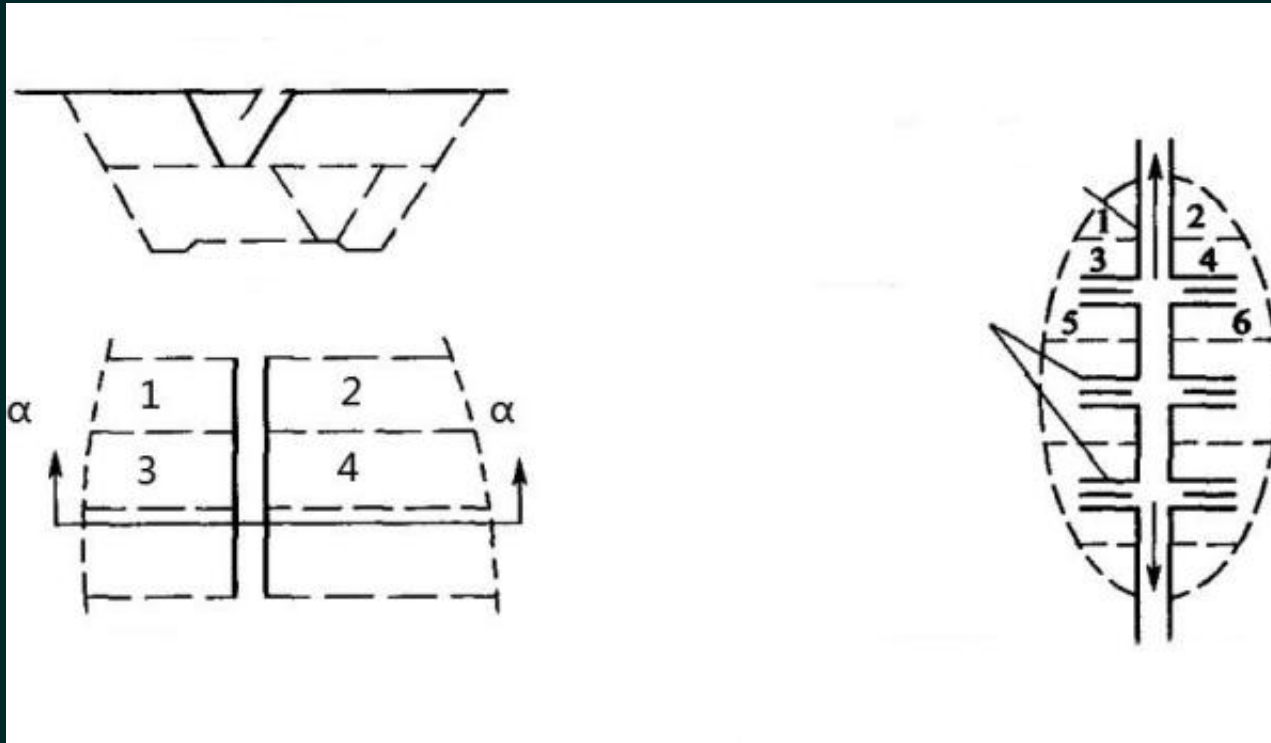


## 1.1.3 挖方路基施工

### (3) 混合式挖掘法

混合式挖掘法为**多层横向全宽挖掘法**和**通道纵挖法**混合

使用。





## 1.1.3 挖方路基施工

### (三) 机械开挖作业形式

#### (1) 推土机开挖土质路堑作业

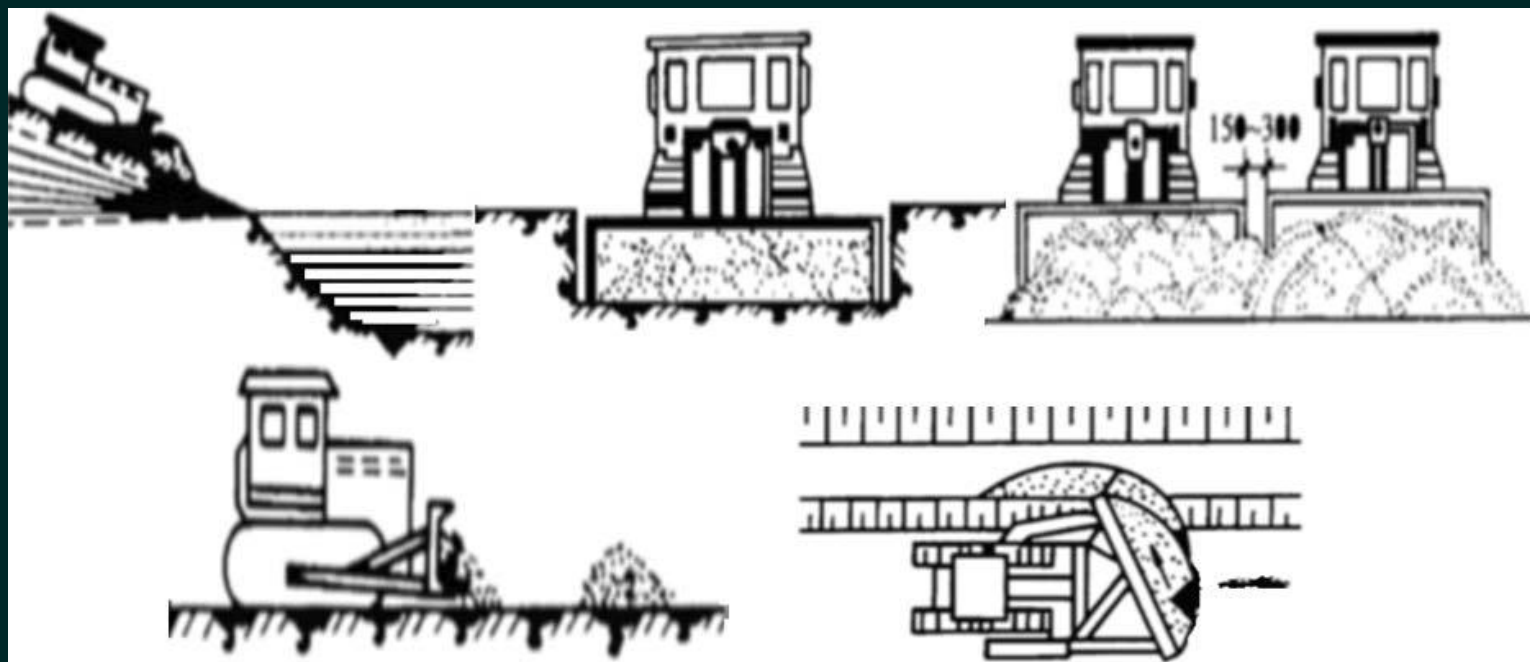
推土机开挖土方作业由**切土、运土、卸土、倒退（或折返）、空回**等过程组成一个循环。影响作业效率的主要因素是切土和运土两个环节。





## 1.1.3 挖方路基施工

推土机开挖土质路堑作业方法与填筑路基相同的有**下坡推土法、槽形推土法、并列推土法、接力推土法和波浪式推土法。**







## 1.1.3 挖方路基施工

### (2) 挖掘机开挖土质路堑作业

正铲挖掘机挖装作业灵活，回转速度快，工作效率高，特别适用于与运输车辆配合开挖土方路堑。正铲工作面的高度一般不应小于1.5m。

图一为反铲



图二为正铲





## 1.1.3 挖方路基施工

### (四) 土方开挖规定

- (1) 开挖应**自上而下**逐级进行，**严禁掏底开挖**。
- (2) 开挖至边坡线前，应**预留一定宽度**，预留的宽度应保证刷坡过程中设计边坡线外的土层不受扰动。
- (3) 拟作为路基填料的土方，应分类开挖、分类使用。非适用材料作为弃方时，应按规定进行处理。
- (4) 开挖至零填、路堑路床部分后，应及时进行路床施工；如不能及时进行，宜在设计路床顶标高以上预留**至少300mm厚的保护层**。
- (5) 应采取临时排水措施，确保施工作业面不积水。



### 1.1.3 挖方路基施工

(6) 挖方路基施工遇到地下水时，应采取排导措施，将系引入路基排水系统，不得随意堵塞泉眼。路床土含水量高或为含水层时，应采取设置**渗沟、换填、改良土质**等处理措施，路床填料除应符合相关规定外，还应具有良好的透水性能。



## 1.1.3 挖方路基施工

### 二、石质路堑施工技术

#### (一) 开挖方式（改）

方式	备注
爆破开挖	薄层开挖、分层开挖（梯段开挖）、全断面一次开挖和特高梯段开挖等方式
机械开挖	但不适于破碎坚硬岩石
静态破碎	将膨胀剂放入炮孔内，利用膨胀力，使介质裂开。

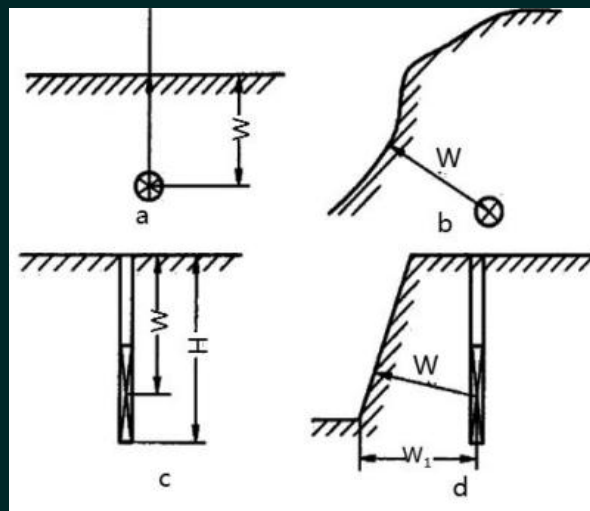
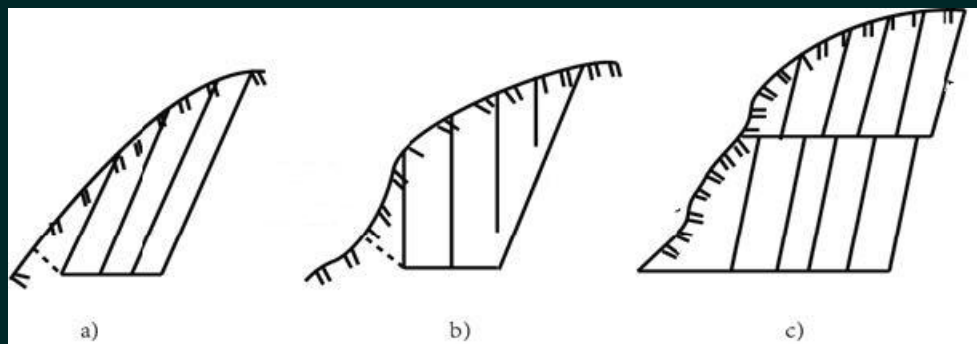


## 1.1.3 挖方路基施工

### 三、石质路堑爆破施工方法

#### (一) 常用爆破方法（改）

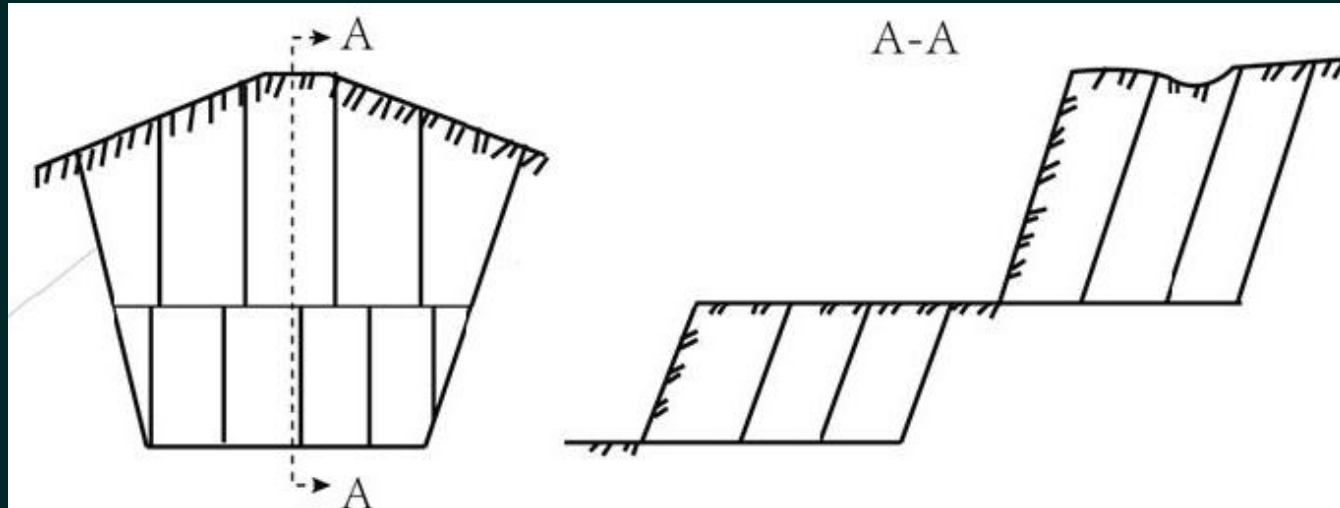
(1) 光面爆破：沿开挖边界布置密集炮孔，采取不耦合装药或装填低威力炸药，在主爆区之后起爆，以形成平整的轮廓面的爆破作业。





## 1.1.3 挖方路基施工

(2) 预裂爆破：沿开挖边界布置密集炮孔，采取不耦合装药或装填低威力炸药，在主爆区之前起爆，从而在爆区与保留区之间形成预裂缝，以减弱主爆孔爆破对保留岩体的破坏并形成平整轮廓面的爆破作业。预裂爆破还可起到减弱开挖限界以外建筑物的地震破坏作用。





## 1.1.3 挖方路基施工

(3) 延时爆破：采用延时雷管使各个药包按不同时间顺序起爆的爆破技术，分为毫秒延时爆破、秒延时爆破等。

其优点是：

- ①可减振 $1/3 \sim 2/3$ 左右。
- ②前发药包为后发药包开创了临空面。
- ③降低多排孔一次爆破的堆积高度。
- ④由于逐发或逐排依次爆破，减少了岩石夹制力，可节省炸药20%，并可增大孔距，提高每米钻孔的炸落方量。



### 1.1.3 挖方路基施工

(4) 定向爆破：减少了挖、装、运、夯等工序，生产效率高。在公路工程中用于以借为填或移挖作填地段，特别是在深挖高填相间、工程量大的鸡爪形地区。





## 1.1.3 挖方路基施工

### (二) 综合爆破施工技术 (改)

路基综合爆破施工主要包括浅孔爆破、深孔爆破、药壶爆破和猫洞爆破等。

爆破方法	特点	优点
浅孔爆破：孔径 $\leq 50\text{mm}$ 、深 $\leq 5\text{m}$	眼浅、药少、量小，人工清理，功效低	灵活、辅助炮型
深孔爆破：孔径 $> 50\text{mm}$ 、深 $> 5\text{m}$ ，延长药包	需要大型钻孔机钻孔	功效高，进度快，比较安全
药壶爆破：深 $2.5\text{m}$ 以上	露天爆破；深炮孔，技术要求高	效率高、进度快、成本较低
猫洞爆破：洞径为 $0.2\sim 0.5\text{m}$ ，深度 $2\sim 5\text{m}$	利用岩体崩塌作用，用浅炮眼爆破高岩体	在有裂缝的软石、坚石中，药壶不易形成时采用



## 1.1.3 挖方路基施工

### (二) 综合爆破施工技术（增）

爆破施工工序为：施工测量→标定炮孔位置→钻孔→炮孔检查→爆破器材准备→装药→连接爆破网络→布设安全岗哨→炮孔堵塞→（爆破覆盖）→起爆信号→起爆→消除盲炮、处理危石→解除警戒→爆破效果分析及资料记录



## 1.1.3 挖方路基施工

### (三) 石质路床清理规定

1. 应根据岩石的类别、风化程度、岩层产状、岩体断裂构造、施工环境等因素确定开挖方案。
2. 应**逐级开挖**，**逐级**按设计要求进行**防护**。
3. 施工过程中，每挖深**3~5m**应进行**边坡边线**和**坡率**的复测。
4. **严禁采用洞室爆破**，靠近边坡部位的硬质岩应采用光面爆破或预裂爆破。
5. 爆破法开挖石方，应先查明空中缆线、地下管线的位置，开挖边界线外可能受爆破影响的建筑物结构类型、居民居住情况等，**对不能满足安全距离的石方宜采用化学静态爆破或机械开挖**。
6. 边坡应逐级进行整修，同时清除危石及松动石块。



## 1.1.3 挖方路基施工

### (四) 石质路床清理规定

1. 欠挖部分应予凿除，超挖部分应采用**强度高**的砂砾、**碎石**进行找平处理，不得采用细粒土找平。
2. 路床底面有地下水时，可设置渗沟进行排导，渗沟应采用硬质碎石回填。
3. 路床的边沟应与路床**同步施工**。



## 1.1.3 挖方路基施工

### (五) 深挖路堑施工规定

1. 应根据地形特征设置边坡观测点，施工过程中应对深路堑的稳定性进行监测。
2. 施工过程中，应核查地质情况，如与设计不符应及时反馈处理。
3. 每挖深3~5m应复测一次边坡。



## 1.1.4 填方路基施工

### 知识要点

【1】路基填料的选择

【2】路基施工工艺流程



## 1.1.4 填方路基施工

### 一、路基填料一般规定

- (1) **宜**选用级配好的砾类土、砂类土等粗粒土作为填料。
- (2) 含草皮、生活垃圾、树根、腐殖质的土**严禁**作为填料。
- (3) 泥炭土、淤泥、冻土、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土等，**不得直接**用于填筑路基；确需使用时，应采取技术措施进行处理，经检验满足要求后方可使用。
- (4) 粉质土**不宜直接**用于填筑二级及二级以上公路的路床，**不得直接**用于填筑冰冻地区的路床及浸水部分的路堤。



## 1.1.4 填方路基施工

### (5) 路基填料最小承载比和最大粒径

填料应用部位（路面底面以下深度）			填料最小承载比CBR			填料的 最大粒径	
			高速、一 级公路	二级公路	三四级 公路		
填方 路基	上路床		0~0.3	8	6	5	100
	下路床	轻、中及重交通	0.3~0.8	5	4	3	
		特重、极重交通	0.3~1.2				
	上路堤	轻、中及重交通	0.8~1.5	4	3	3	150
		特重、极重交通	1.2~1.9				
	下路堤	轻、中及重交通	>1.5	3	2	2	
特重、极重交通		>1.9					
零填 及挖 方路 基	上路床		0~0.3	8	6	5	100
	下路床	轻、中及重交通	0.3~0.8	5	4	3	
		特重、极重交通	0.3~1.2				





## 1.1.4 填方路基施工

### 二、路床施工技术

#### 1. 零填、挖方路段的路床施工技术

(1) 路床范围原状土符合要求的，可直接进行成形施工。

(2) 路床范围为**过湿土**时应进行换填处理，设计有规定时按设计厚度换填，设计未规定时按以下要求换填：**高速公路、一级公路**换填厚度宜为0.8~1.2m，若过湿土的总厚度小于1.5m，则全部换填；**二级公路**的换填厚度为0.5~0.8m。

(3) 高速公路、一级公路路床范围为崩解性岩石或强风化软岩时应进行换填处理，设计有规定时按设计厚度换填，设计未规定时换填厚度宜为0.3~0.5m。

(4) 路床填筑，每层**最大压实厚度宜不大于300mm**，顶面最后一层压实厚度应**不小于100mm**。



## 1.1.4 填方路基施工

### 2. 路床填料规定

高速公路、一级公路路床填料宜采用**砂砾、碎石**等水稳性好的粗粒料，也可采用级配好的**碎石土、砾石土**等；粗粒料缺乏时，可采用**无机结合料改良细粒土**。



# 1.1.4 填方路基施工

## 三、土方路堤施工技术

### (一) 填土路堤施工技术

#### 1. 填土路堤施工工艺流程



图 1.1-2 土方路堤填筑施工工序

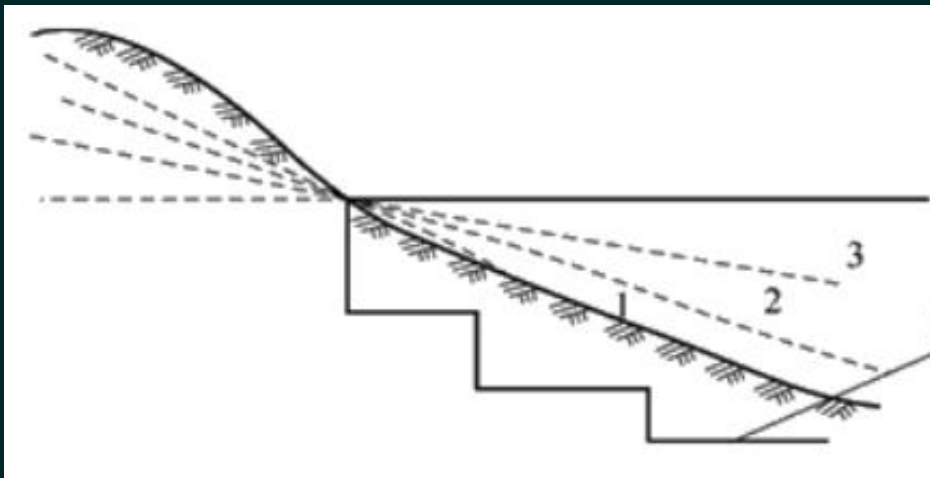


## 1.1.4 填方路基施工

### 2. 填筑方法

#### ① 分层填筑方法

方法	原理
水平分层法	填筑时按照横断面全宽分成水平层次，逐层向上填筑。
纵向分层法	依路线纵坡方向分层，逐层向上填筑。宜用推土机从路堑取料、填筑距离较短的路堤。

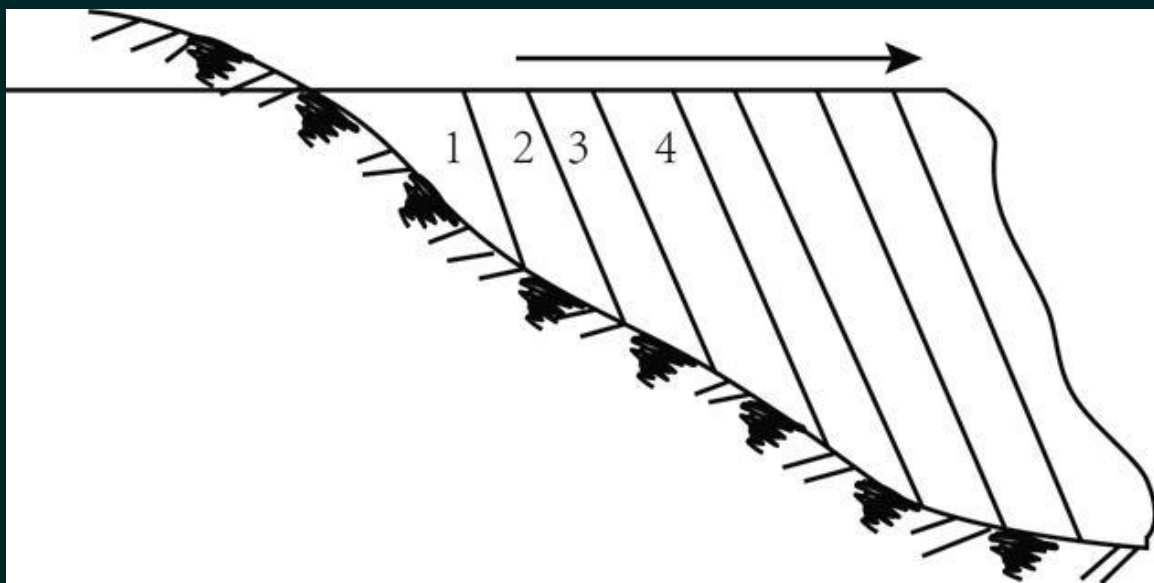




## 1.1.4 填方路基施工

### ② 竖向填筑法

从路基一端或两端按横断面全部高度逐步推进填筑。填土过厚，不易压实。**仅用于**无法自下而上填筑的深谷、陡坡、断岩、泥沼等机械无法进场的路堤。

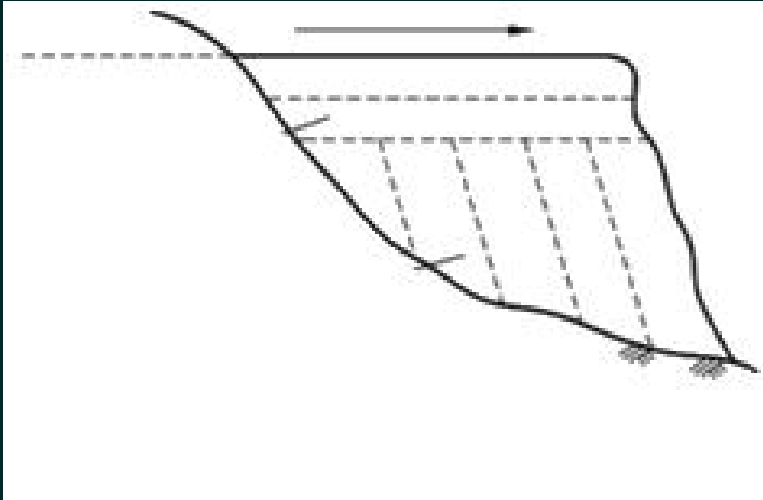




## 1.1.4 填方路基施工

### ③混合填筑法

适用于因地形限制或填筑堤身较高，不宜采用水平分层法或竖向填筑法自始至终进行填筑的情况。一般沿线路分段进行，每段距离以20~40m为宜，多在地势平坦，或两侧有可利用的山地土场的场合采用。





## 1.1.4 填方路基施工

### 3. 土质路堤施工技术

(1) 性质不同的填料，应水平分层、分段填筑、分层压实。

①同一水平层路基全宽应采用同一种填料，不得混合填筑。

②每种填料填筑压实后的连续厚度不小于500mm。

③路基上部宜采用水稳性好或冻胀敏感性小的填料。有地下水的路段或浸水路堤，应填筑水稳性好的填料。



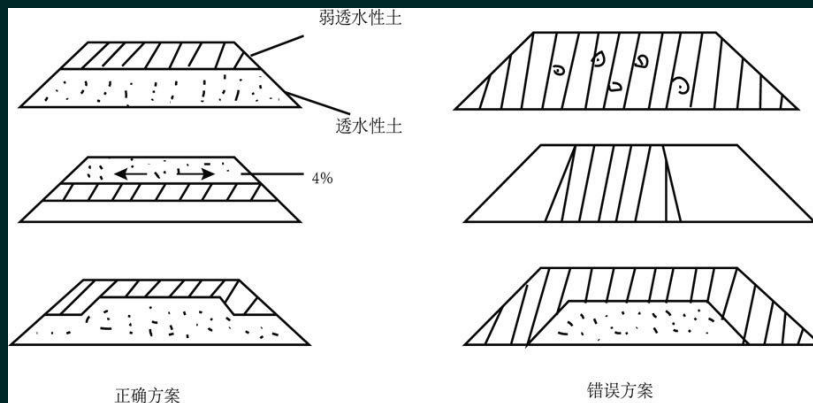
## 1.1.4 填方路基施工

(2) 在透水性不好的压实层上填筑透水性较好的填料前，应在其表面设2%~4%的双向横坡。不得在由透水性较好的填料所填筑的路堤边坡上覆盖透水性不好的填料。

(3) 每种填料的松铺厚度应通过**试验**确定。

(4) 每一填筑层压实后的宽度**不得小于设计宽度**。

(5) 路堤填筑时，应从最低处起**分层**填筑，逐层压实。



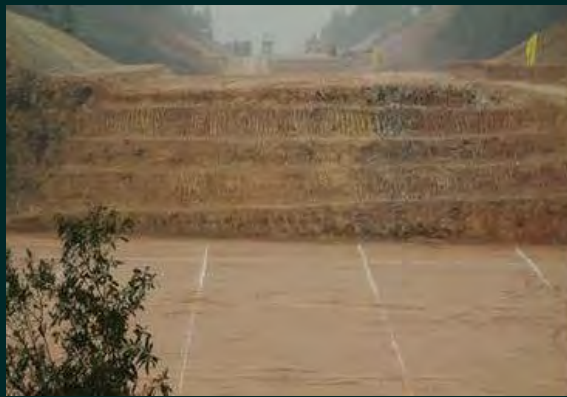




## 1.1.4 填方路基施工

### (6) 填方分几个作业段施工

接头	处理
不能交替填筑	先填路段按1:1~1:2坡度分层留台阶
能交替填筑	则应分层相互交替搭接, 搭接长度不小于2m。





## 1.1.4 填方路基施工

(7) 填土路堤施工过程质量控制：施工过程中，每一压实层均应进行压实度检测，**检测频率为每1000m<sup>2</sup>不少于2点**。压实度检测可采用**灌砂法、环刀法**等方法，检测应符合现行《公路路基路面现场测试规程》JTG3450的有关规定。施工过程中，每填筑2m高宜检测路线**中线和宽度**。



# 1.1.4 填方路基施工

## (8) 压实度

填料应用部位（路面底面以下深度）			压实度			
			高速、一级公路	二级公路	三四级公路	
填方路基	上路床		0~0.3	≥96	≥95	≥94
	下路床	轻、中及重交通	0.3~0.8			≥94
		特重、极重交通	0.3~1.2	—		
	上路堤	轻、中及重交通	0.8~1.5	≥94	≥94	≥93
		特重、极重交通	1.2~1.9			—
	下路堤	轻、中及重交通	>1.5	≥93	≥92	≥90
特重、极重交通		>1.9				
零填及挖方路基	上路床		0~0.3	≥96	≥95	≥94
	下路床	轻、中及重交通	0.3~0.8			—
		特重、极重交通	0.3~1.2	—		

注：压实度以现行的**重型击实试验法**为准。



## 1.1.4 填方路基施工

### (二) 填石路基施工技术

#### 1. 填筑方法

##### (1) 竖向填筑法（倾填法）（改）

在陡峻山坡地段施工特别困难时，**三级及三级以下砂石路面**公路的下路堤可采用倾填方式填筑。采用该方法施工时，在路基压实、稳定性等方面问题较多。



## 1.1.4 填方路基施工

### (2) 分层压实法（碾压法）

1) 高速公路、一级公路和铺设高级路面的其他等级公路的填石路堤采用此方法。

2) 填石路堤将填方路段划分为四级施工台阶、四个作业区段、八道工艺流程进行分层施工。

四级施工台阶	在路基面以下 <b>0.5m</b> 为第1级台阶， <b>0.5~1.5m</b> 为第2级台阶， <b>1.5~3.0m</b> 为第3级台阶， <b>3.0m</b> 以下为第4级台阶。
四个作业区段	填石区段、平整区段、碾压区段、检验区段
八道工艺流程	施工准备、填料装运、分层填筑、摊铺平整、振动碾压、检测签认、路基成型、路基整修。



## 1.1.4 填方路基施工

### (3) 冲击压实法

利用冲击压实机的**冲击碾周期性大振幅低频率**地对路基填料进行冲击，压密填方。





## 1.1.4 填方路基施工

### (4) 强力夯实法

强力夯实法用起重机吊起夯锤从高处自由落下，利用强大的动力冲击，迫使岩土颗粒位移，提高填筑层的密实度和地基强度。





## 1.1.4 填方路基施工

- 1) 填石分层强夯施工，要求分层填筑与强夯交叉进行。
- 2) 每一分层连续挤密式夯击，夯后形成夯坑，夯坑以同类型石质填料填补。
- 3) 由于分层厚度4~5m，填筑作业以堆填法施工，  
装运：大型装载机和自卸汽车配合作业  
铺筑和平整：大型履带式推土机  
夯坑回填：推土机  
每层主夯和面层的主夯与满夯：起重机和夯锤  
路基面压实平整作业：振动压路机





## 1.1.4 填方路基施工

4) 强夯法与碾压法相比，只是夯实与压实的工艺不同，而填料粒径控制、铺填厚度控制都要进行，强夯法控制夯击数，碾压法控制压实遍数，机械装运摊铺平整作业完全一样，强夯法须进行夯坑回填。



## 1.1.4 填方路基施工

### 2. 填筑要求

(1) 填石路堤应分层填筑压实。在陡坡地段施工特别困难时，**三级及三级以下砂石路面公路**的下路堤**可采用倾填**的方式填筑。

(2) 岩性相差较大的填料应分层或分段填筑，软质石料与硬质石料**不得**混合使用。

(3) 填石路堤顶面与细粒土填土层之间应填筑**过渡层**或**铺设无纺土工布隔离层**。

(4) 压实机械宜选用自重**不小于18t**的振动压路机。



## 1.1.4 填方路基施工

(5) 填石路堤采用强夯、冲击压路机进行补压时，应避免对附近构造物造成影响。

(6) **中硬、硬**质石料填筑路堤时，应进行边坡码砌。码砌防护的石料强度、尺寸应满足设计要求。边坡码砌与路基填筑应基本**同步进行**。

(7) 采用易风化岩石或软质岩石石料填筑时，应按设计要求采取边坡封闭和底部设置排水垫层、顶部设置防渗层等措施。

(8) 填石路堤施工过程质量控制：施工过程中每一压实层，应采用试验路段确定的工艺流程、工艺参数控制、压实质量可采用**沉降差**指标进行检测。施工过程中，**每填高3m宜检测路基中线和宽度**。

(9) 不同强度的石料，应分别采用不同的填筑层厚和压实控制标准。填石路堤的压实质量标准采用**孔隙率**作为控制指标。



## 1.1.4 填方路基施工

### 3. 填石路堤填料要求

(1) 硬质岩石、中硬岩石可用于路堤和路床填筑；软质岩石可用于路堤填筑，**不得**用于路床填筑；膨胀岩石、易溶性岩石和盐化岩石**不得**用于路基填筑。

(2) 路基的浸水部位，应采用稳定性好、不易膨胀崩解的石料填筑。

(3) 路堤填料粒径应**不大于500mm**，并宜**不超过层厚的2/3**。路床底面以下400mm范围内，**填料最大粒径不得大于150mm**，其中小于5mm的细料含量应不小于30%。

填石路堤的压实质量宜采用施工参数（**压实功率、碾压速度、压实遍数、铺筑层厚等**）与压实质量检测联合控制。填石路堤压实质量采用压实沉降差或孔隙率进行检测，孔隙率的检测应采用**水袋法**进行。



## 1.1.4 填方路基施工

### (三) 土石路堤施工技术

#### 1. 填筑方法

土石路堤**不得采用倾填方法**，只能采用分层填筑，分层压实。宜用推土机铺填，**松铺厚度控制在400mm以内**，接近路堤设计标高时，需改用土方填筑。



## 1.1.4 填方路基施工

### 2. 填筑要求

- (1) 压实机械宜选用自重不小于18t的振动压路机。
- (2) 应分层填筑压实，**不得倾填**。
- (3) 应使大粒径石料均匀分布在集料中，石料间孔隙应填充小粒径石料和土。
- (4) 土石混合料来自不同料场，其岩性或土石比例相差大时，宜分层或分段填筑。
- (5) 采用强夯、冲击压路机进行补压时，应避免对附近构造物造成影响。



## 1.1.4 填方路基施工

(6) 土石路堤施工过程质量控制：中硬及硬质岩石的土石路堤填筑施工过程中每一压实层，应采用试验路段确定的工艺流程、工艺参数，压实质量可采用沉降差指标进行检测。软质石料的土石路堤填筑质量标准应符合规定。施工过程中，**每填筑3m高宜检测路线中线和宽度。**



## 1.1.4 填方路基施工

### 3. 土石路堤填料要求

#### (1) 填料选择

膨胀性岩石、易溶性岩石和盐化岩石等**不宜直接**用于路基填筑。

崩解性岩石和岩化岩石等**不得**用于路基填筑。

#### (2) 粒径控制

天然土石混合填料中，**中硬、硬质**石料的最大粒径**不得大于压实厚度的2/3**；石料为强风化石料或软质石料时，其CBR值应符合规定，石料最大粒径不得大于压实厚度。





## 1.1.4 填方路基施工

【例题】根据《公路路基施工技术规范》，土方路堤建筑时，每一填筑层压实后的宽度应大于或等于（ ）。

- A. 设计宽度
- B. 设计宽度+0.5m
- C. 设计宽度+2×0.5m
- D. 1.1倍设计宽度

【答案】A。

解析：每一填筑层压实后的宽度不得小于设计宽度。



## 1.1.4 填方路基施工

【例题】填石路堤压实质量标准的控制指标宜采用（ ）。

- A. 孔隙率
- B. 压实度
- C. 沉降差
- D. 密度

【答案】A。

解析：填石路堤的压实质量标准宜采用孔隙率作为控制指标。



## 1.1.5 路基季节性施工

### 知识要点

- 【1】路基雨期施工
- 【2】路基冬期施工



## 1.1.5 路基季节性施工

### 一、路基雨期施工

#### 1. 雨期施工地段的选择（地形/地质）

雨期路基施工地段	丘陵和山岭地区的砂类土、碎砾石和岩石地段和路堑的弃方地段。
不宜在雨期施工	重粘土、膨胀土及盐渍土地段不宜在雨期施工；平原地区排水困难。



## 1.1.5 路基季节性施工

### 2. 雨期填筑路堤

(1) 填料应选用透水性好的碎（卵）石土、砂砾、石方碎渣和砂类土等。

(2) 每一填筑层表面应做成2%~4%双向路拱横坡以利于排水，低洼地带或高出设计洪水位0.5m以下部位应选用透水性好、饱水强度高的填料分层填筑，并及时作护坡、坡脚等防护工程。

(3) 雨期填筑路基需借土时，取土坑的设置应满足路基稳定的要求。

(4) 路堤应分层填筑，并及时碾压。



## 1.1.5 路基季节性施工

### 3. 雨期开挖路堑

(1) **挖方边坡**不宜一次挖到设计坡面，应预留一定厚度的**覆盖层**，待雨期过后再修整到设计坡面。

(2) 雨期开挖路堑，当挖至**路床顶面以上300~500mm**时应停止开挖，并在两侧挖好临时**排水沟**，待雨期过后再施工。

(3) 雨期开挖岩石路基，炮眼宜**水平**设置。



## 1.1.5 路基季节性施工

### 二、路基冬期施工

在季节性冻土地区，昼夜平均温度在 $-3^{\circ}\text{C}$ 以下且连续10天以上，或者昼夜平均温度虽在 $-3^{\circ}\text{C}$ 以上但冻土未完全融化时，均应按冬期施工办理。



## 1.1.5 路基季节性施工

### 1. 路基工程不宜冬期施工的项目

(1) **高速公路、一级公路**的土质路堤和**地质不良地区**的公路路堤不宜进行冬期施工。**土质路堤路床以下1m范围内，不得进行冬期施工**。半填半挖地段、挖填方交界处**不得**在冬期施工。

(2) 铲除原地面的草皮、挖掘填方地段的台阶。

(3) 整修路基边坡。

(4) 在河滩低洼地带将被水淹的填土路堤。





## 1.1.5 路基季节性施工

### 2. 冬期填筑路堤

(1) 冬期施工的路堤填料，应选用未冻结的**砂类土、碎石、卵石土、石渣**等透水性良好的材料。不得用含水率大的黏质土。

(2) 填筑路堤应按横断面全宽平填，**每层松铺厚度**应比正常施工**减少20%~30%**，且松铺厚度**不得超过300mm**。当天填土应当天完成碾压。

(3) 中途停止填筑时，应整平填层和边坡并进行覆盖防冻，恢复施工时应将表层冰雪清除，并补充压实。

(4) 当填筑标高距**路床底面1m**时，碾压密实后应停止填筑，在顶面覆盖防冻保温层，待冬期过后整理复压，再分层填至设计标高。

(5) 冬期过后必须对填方路堤进行补充压实，压实度应达到规范相关要求。



## 1.1.5 路基季节性施工

### 3. 冬期挖方路基

(1) 挖方边坡不得一次挖到设计线，应预留一定厚度的覆盖层，待到正常施工季节后再修整到设计坡面。

(2) 路基挖至路床顶面以上1m时，完成临时排水沟后，应停止开挖，待冬期过后再施工。

(3) 冬期施工开挖路堑表层冻土的方法：

①爆破冻土法：当冰冻深度达1m以上时可用此法炸开冻土层

②机械破冻法：1m以下的冻土层可采用

③人工破冻法：冰层薄，面积不大时，可用日光暴晒法、火烧法、热水开冻法、水针开冻法、蒸汽放热解冻法和电热法等。



## 1.1.5 路基季节性施工

【例题】关于路基冬期施工的说法，正确的有（ ）。

- A. 半填半挖地段、填挖方交界处不得在冬期施工
- B. 冬期填筑路堤，应按横截面全宽平填，每层松铺厚度应比正常施工增加20%~30%
- C. 当填筑至路床底面时，碾压密实后应停止填筑，在顶面覆盖防冻保温层
- D. 冬期过后必须对填方路堤进行补充压实
- E. 河滩地段可利用冬期水位低，开挖基坑修建防护工程

【答案】ADE。



## 1.1.6 路基排水设施施工

### 知识要点

- 【1】路基排水分类
- 【2】路基地面排水设施的施工要点
- 【3】路基地下排水设施的施工要点



## 1.1.6 路基排水设施施工

### 一、路基排水分类

根据水源	具体设施
地面排水设施	边沟、截水沟、排水沟、跌水、急流槽、拦水带、蒸发池
地下排水设施	排水沟、暗沟（管）、渗沟、渗井、 <b>仰斜式排水孔</b>



## 1.1.6 路基排水设施施工

### 二、路基地面排水设施的施工要点

#### 1. 边沟

(1) **挖方地段和填土高度小于边沟深度**的填方地段均应设置边沟。

(2) 曲线外侧边沟应适当加深，其增加值等于超高值。

(3) 土质地段当沟底纵坡大于3%时应采取加固措施。





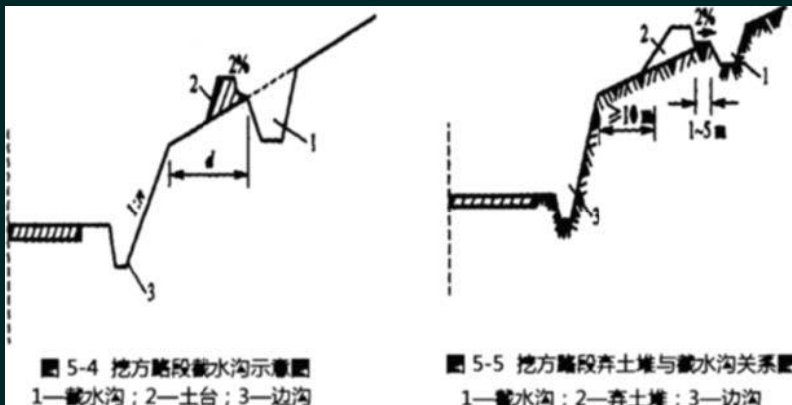
## 1.1.6 路基排水设施施工

### 2. 截水沟

#### (1) 设置

无弃土堆时：到挖方路基坡顶，**一般土质**至少应离开**5m**，对**黄土地区**不应小于**10m**并应进行防渗加固。截水沟挖出的土，可在路堑与截水沟之间修成**土台并夯实**，台顶应筑成2%倾向截水沟的横坡。

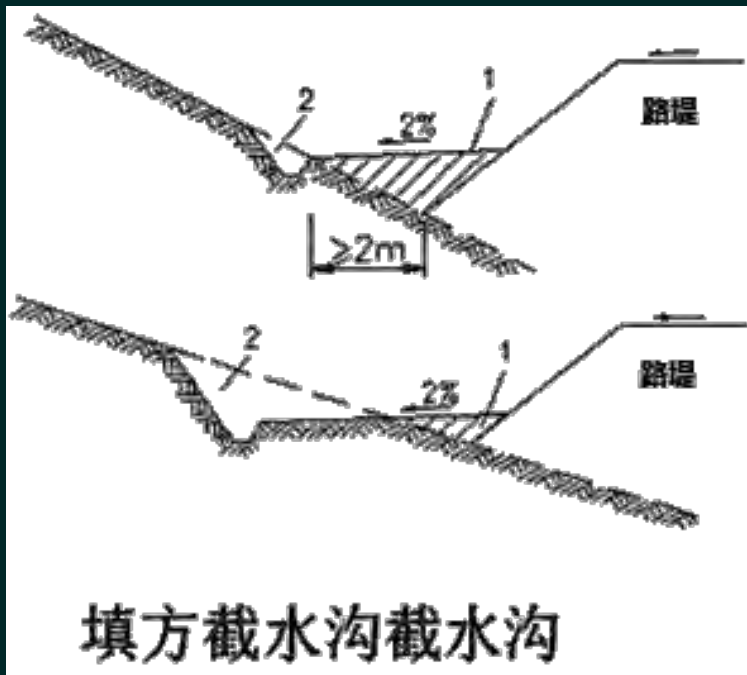
有弃土堆时：截水沟应离开**弃土堆脚1~5m**，**弃土堆坡脚**离**路基挖方坡顶**不应小于**10m**，弃土堆顶部应设2%倾向截水沟的横坡。





## 1.1.6 路基排水设施施工

(3) 山坡上路堤的截水沟离开路堤坡脚至少**2.0m**，并用挖截水沟的土填在路堤与截水沟之间，修筑向沟倾斜坡度为2%的护坡道或土台，使路堤内侧地面水流入截水沟排出。







## 1.1.6 路基排水设施施工

- (4) 截水沟长度**超过500m**时应选择适当的地点设出水口，将水引至山坡侧的自然沟中或桥涵进水口，截水沟必须有牢靠的出水口，必要时须设置**排水沟、跌水或急流槽**。
- (5) **截水沟应先行施工**，与其他的排水措施衔接平顺。



## 1.1.6 路基排水设施施工

### 3. 排水沟

(1) 排水沟线形要平顺，转弯处宜为弧线形。

(2) 排水沟的出水口应设置跌水或急流槽，水流应引出路基或引入排水系统。





## 1.1.6 路基排水设施施工

### 4. 急流槽

(1) 基础应嵌入稳固的基面内，底面应按设计要求砌筑抗滑平台或凸榫。对超挖、局部坑洞，应采用相同材料与急流槽同时施工。

(2) 浆砌片石砌体应砂浆饱满，砌缝应不大于40mm，槽底表面应粗糙。





## 1.1.6 路基排水设施施工

(3) 急流槽应**分节砌筑**，**分节长度宜为5~10m**，接头处应采用**防水材料填缝**。**混凝土**预制块急流槽，分节长度宜为**2.5~5.0m**，接头应采用**榫接**。

(4) 急流槽进水口的喇叭形水簸箕应与排水设施衔接平顺，汇集路面水流的水簸箕底口不得高于接口的路肩表面。





## 1.1.6 路基排水设施施工

### 5. 蒸发池

- (1) 蒸发池与路基之间的距离应满足路基稳定要求。
- (2) 底面与侧面应采取防渗措施。
- (3) 池底宜设**0.5%的横坡**，入口处应与排水沟平顺连接。
- (4) 蒸发池应远离村镇等人口密集区，四周应采用隔离栅进行围护，**高度应不低于1.8m**，并设置警示牌。





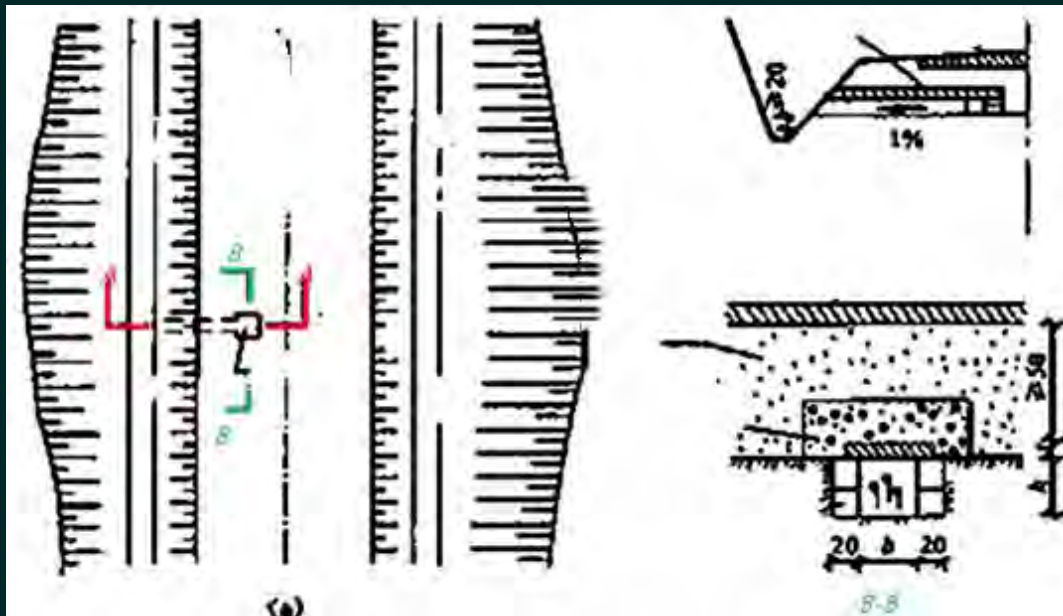
## 1.1.6 路基排水设施施工

### 三、路基地下水排水设施的施工要点

#### 1. 暗沟（管）

(1) 路基沟底范围有**泉水外涌**时，宜设置暗沟（管）

将水引排至路堤坡脚外或路堑边沟内。





## 1.1.6 路基排水设施施工

(2) 沟底必须埋入不透水层内，沟壁最低一排渗水孔应高出沟底**不小于200mm**。

(3) 暗沟、暗管设在路基侧面时，宜沿路线方向布置。

(4) 暗沟、暗管设在低洼地带或天然沟谷时，宜沿沟谷走向布置。

(5) 寒冷地区的暗沟应做好防冻保温处理，出水口坡度宜不小于5%。

(6) 暗沟采用混凝土或浆砌片石砌筑时，在沟壁与含水层接触面应设置一排或多排向沟中倾斜的渗水孔，沟壁外侧应填筑粗粒透水性材料或土工合成材料形成反滤层。沿沟槽底每隔**10~15m**或在软、硬岩层分界处应设置**沉降缝和伸缩缝**。



## 1.1.6 路基排水设施施工

(7) 暗沟顶面应设置混凝土盖板或石料盖板，**板顶上填土厚度应不小于500mm。**

(8) 暗管宜使用钢筋混凝土圆管、PVC管、钢波纹管等材料，在管壁与含水层接触面应设置渗水孔，沟壁外侧应填筑粗粒**透水性材料**或设置**土工合成材料**形成**反滤层**。

(9) 暗沟、暗管及检查井应采用透水性材料分层回填，**层厚宜不大于150mm**，材料粒径宜不大于50mm。

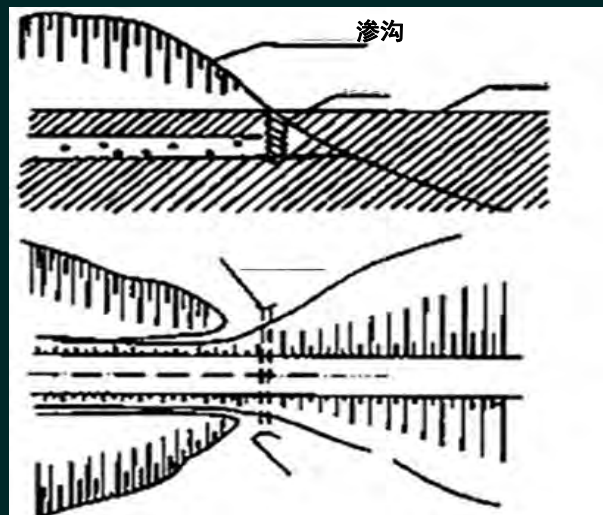




## 1.1.6 路基排水设施施工

### 2. 渗沟

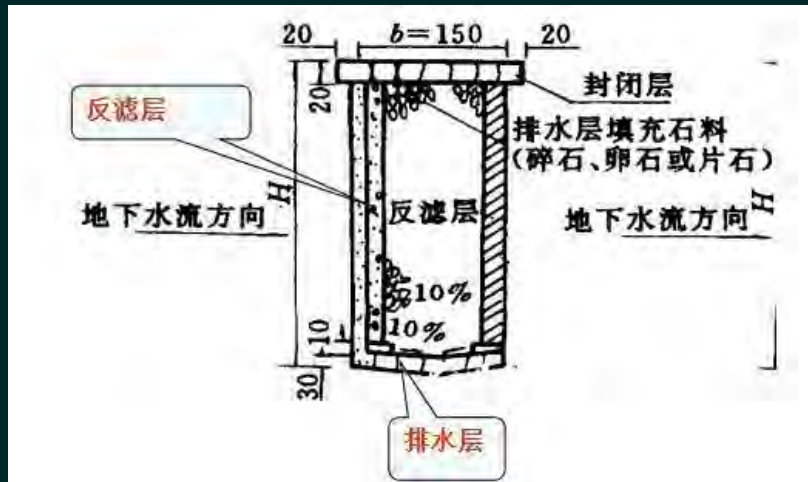
(1) 有地下水出露的挖方路基、斜坡路堤、路基填挖交替地段，当地下水埋藏浅或无固定含水层时，为降低地下水位或拦截地下水，可在地面以下设置渗沟。渗沟有填石渗沟、管式渗沟、洞式渗沟、边坡渗沟、支撑渗沟等。





## 1.1.6 路基排水设施施工

(2) 填石渗沟通常为**矩形或梯形**，在渗沟的**底部和中间用较大碎石或卵石**（粒径30–50mm）填筑，在碎石或卵石的两侧和上部，按一定比例分层（层厚约150mm），填较细颗粒的粒料（中砂、粗砂、砾石）做成反滤层，顶部做封闭层，用双层反铺草皮或其他材料（如土工合成的防渗材料）铺成，并在其上夯填厚度不小于0.5m的黏土防水层。





## 1.1.6 路基排水设施施工

(3) 管式渗沟适用于**地下水引水较长、流量较大**的地区。当管式渗沟长度在100~300m时，其末端宜设**横向泄水管**分段排除地下水。

(4) 洞式渗沟适用于**地下水流量较大**的地段，洞壁宜采用浆砌片石砌筑，洞顶应用盖板覆盖，盖板之间应**留有空隙**，使地下水流入洞内，洞式渗沟顶部应设置封闭层，厚度应不小于500mm。

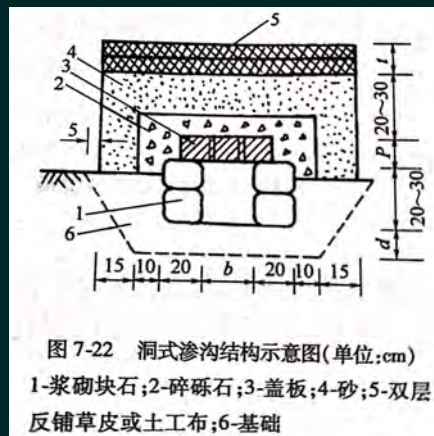
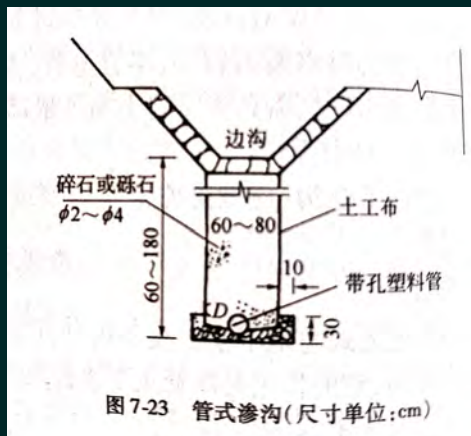


图 7-22 洞式渗沟结构示意图(单位:cm)

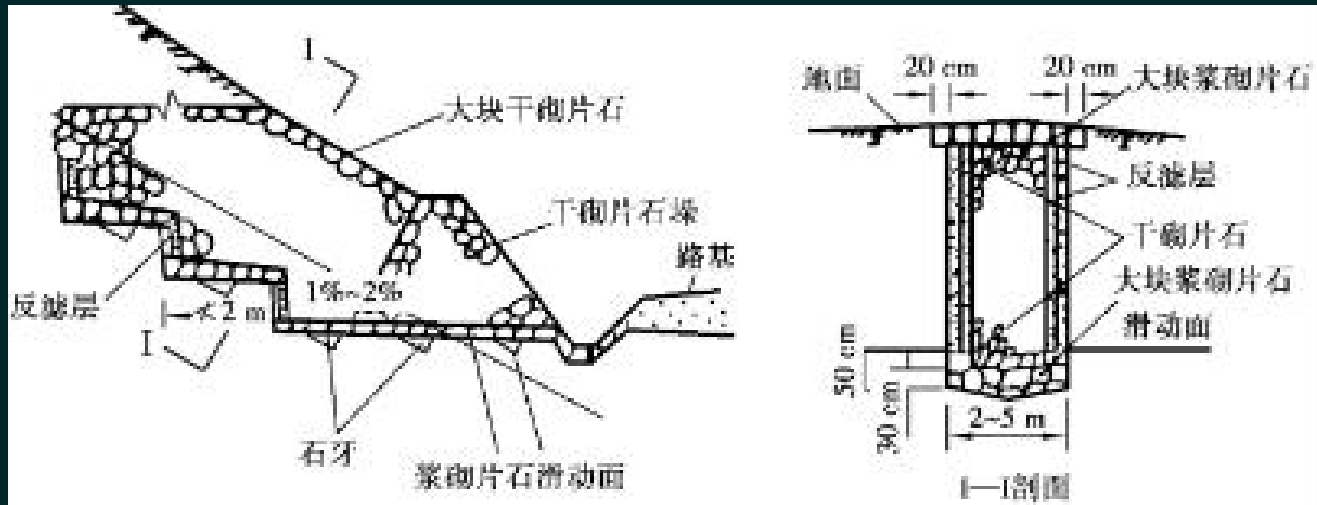
1-浆砌块石;2-碎石;3-盖板;4-砂;5-双层反铺草皮或土工布;6-基础



## 1.1.6 路基排水设施施工

(5) 边坡渗沟用于疏干潮湿边坡和引排边坡上局部出露的上层滞水或泉水，并起支撑边坡作用。边坡渗沟适用于坡度不陡于1:1的土质路整边坡，也常用于加固潮湿的容易发生表土坍塌的土质路堤边坡。

(6) 支撑渗沟是指路堑边坡有滑动可能，在坡脚砌筑一个渗沟，此渗沟起排水和支撑坡体的作用。

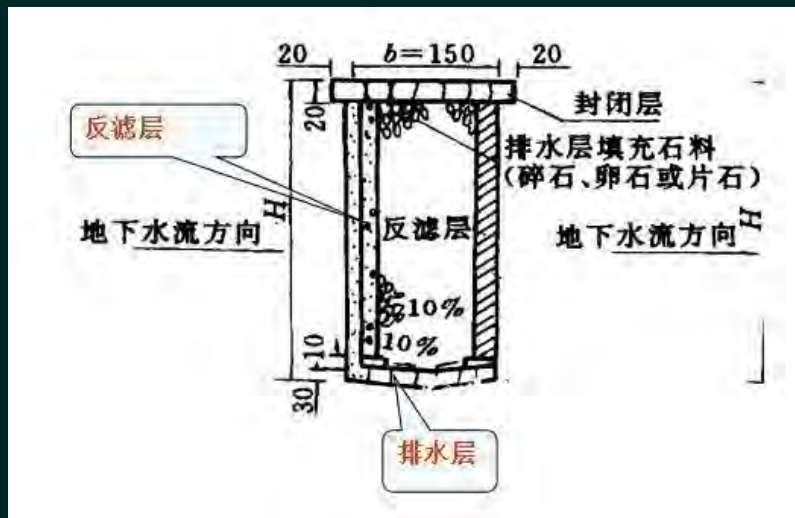




## 1.1.6 路基排水设施施工

(7) 渗沟应设置**排水层**、**反滤层**和**封闭层**。

(8) 渗水材料应采用**洁净的砂砾、粗砂、碎石、片石**，其中粒径小于2mm的颗粒含量不得大于5%。渗沟沟壁反滤层应采用透水土工织物或中粗砂，渗水管可选用带孔的HPPE管、PVC管、PE管、软式透水管、无砂混凝土管等。





## 1.1.6 路基排水设施施工

(9) 渗沟宜**从下游向上游分段开挖**，开挖作业面应根据土质选用合理的支撑形式，并应边挖边支撑，渗水材料应及时回填。

(10) 渗水材料的顶面**不得低于原地下水位**。当用于排除层间水时，渗沟底部应埋置在最下面的不透水层。在冰冻地区，渗沟埋置深度不得小于当地最小冻结深度，**渗沟出口应进行防冻处理**。

(11) 渗沟基底应**埋入不透水层内不小于0.5m**，沟壁的一侧应设反波、层汇集水流，另一侧用带土夯实或用浆砌片石拦截水流。渗沟沟底不能埋入不透水层时，两侧沟壁均应设置反滤层。



## 1.1.6 路基排水设施施工

(12) 粒料反滤层应分层填筑。坑壁土质为黏质土、粉砂、细砂，采用**无砂混凝土板作反滤层**时，在无砂混凝土板的外侧，应**加设100~150mm厚的中粗砂或渗水土工织物**。

(13) 渗沟顶部封闭层宜采用**干砌片石水泥砂浆勾缝或浆砌片石**等，寒冷地区应设保温层，并加大出水口附近纵坡。保温层可采用**炉渣、砂砾、碎石或草皮**等。

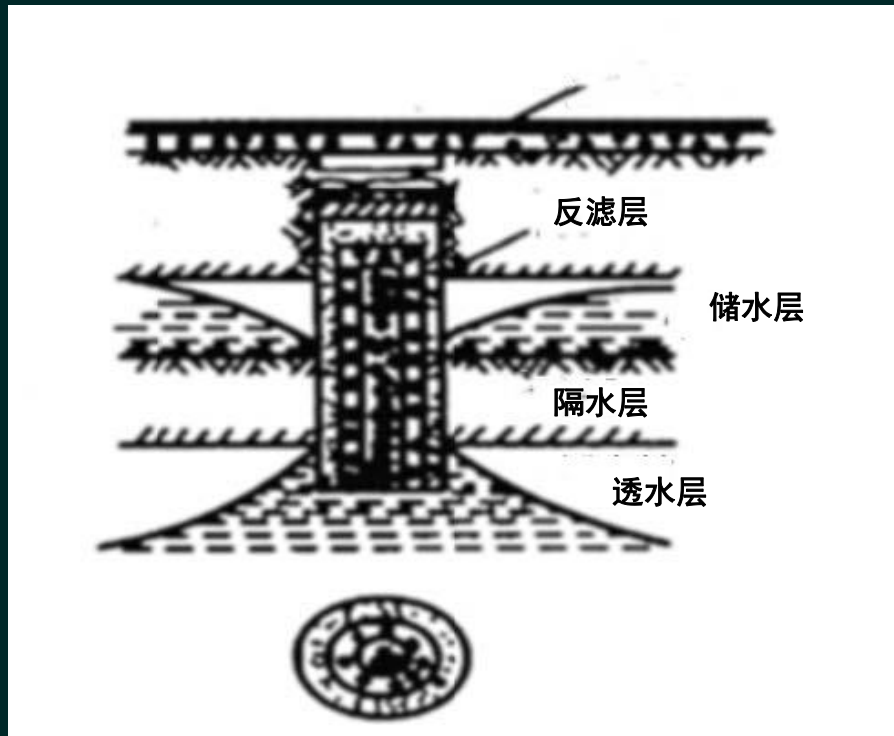
(14) 路基基底填石渗沟，应采用水稳性好的石料，其饱水抗压强度应不小于30MPa，**粒径应为100~300mm**。



## 1.1.6 路基排水设施施工

### 3. 渗井

(1) 渗沟渗井用于降低地下水位或拦截地下水。当地下水埋藏较深或有固定含水层时，宜采用渗井。







## 1.1.6 路基排水设施施工

(2) 不同区域的填充料应采用单一粒径分层填筑填充料，小于2mm的颗粒含量应不得大于5%。透水层范围内宜填碎石或卵石，**不透水范围内宜填砂或砾石**。井壁与填充料之间应设反滤层。

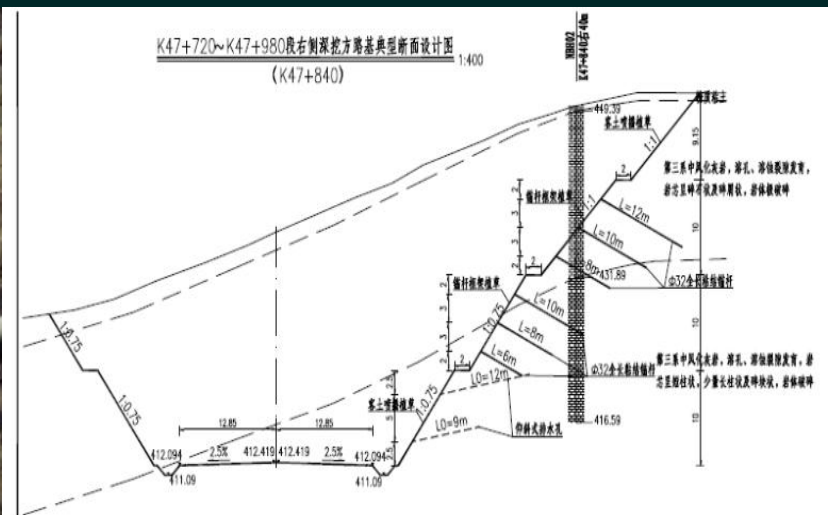


## 1.1.6 路基排水设施施工

### 4. 仰斜式排水孔

(1) 当**坡面**有集中地下水时，可设置仰斜式排水孔。

仰斜式排水孔排出的水宜引入路堑边沟排除。



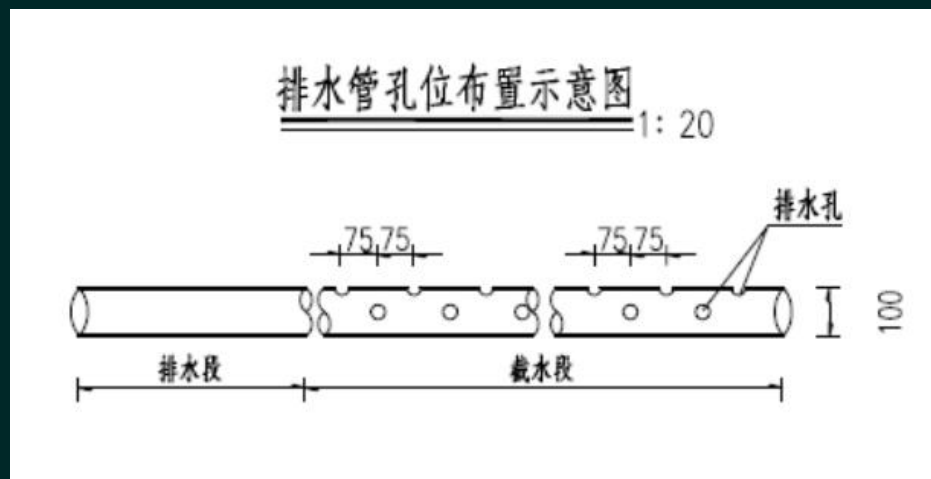


## 1.1.6 路基排水设施施工

(2) 钻孔成孔直径宜为75~150mm，仰角宜不小于 $6^\circ$ ，孔深应伸至富水部位或潜在滑动面。

(3) 排水管直径宜为50~100mm，渗水孔宜梅花形排列，渗水段及渗水管端头宜裹1~2层透水无纺土工布。

(4) 排水管安装就位后，应采用**不透水材料**堵塞钻孔与渗水管出水口段之间的**间隙**，长度宜不小于600mm。





## 1.1.6 路基排水设施施工

【例题】当地下水埋藏较深或有固定含水层时，宜采用的地下水排除设施是（ ）。

- A. 渗沟
- B. 渗井
- C. 检查井
- D. 暗沟

【答案】B。



## 1.1.7 路基改建施工

### 知识要点

- 【1】一般路堤拓宽施工要求
- 【2】高路堤与陡坡路堤拓宽施工要求
- 【3】挖方路基拓宽施工要求
- 【4】地基处治与路基填料
- 【5】新旧路基连接部处治技术要点

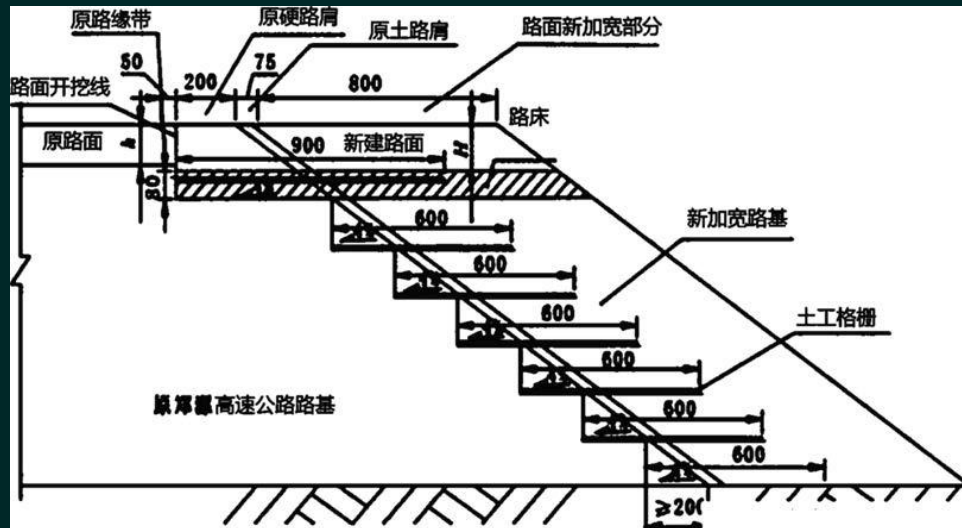


## 1.1.7 路基改建施工

### 一、一般路堤拓宽施工要求

1. 拓宽路堤填筑前，应**拆除**原有排水沟、隔离栅等设施。拓宽部分的基底清除原地表土应**不小于0.3m**。清理后的场地应进行平整压实。老路堤坡面，清除的**法向厚度应不小于0.3m**。

2. 拓宽路基的地基处理应符合设计和施工规范有关规定。



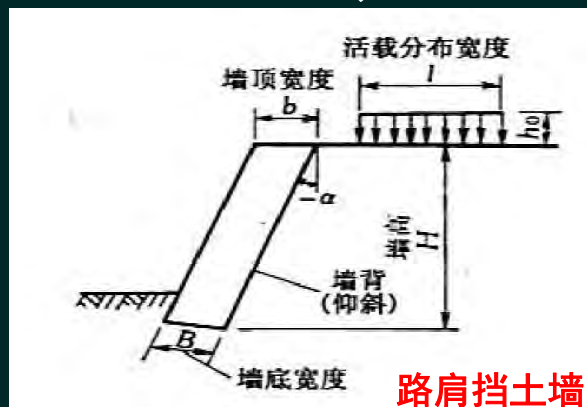


## 1.1.7 路基改建施工

3. 上边坡的既有防护工程宜与路基开挖同步拆除，下边坡的防护工程拆除时应采取措施保证既有路堤的稳定。

4. 既有路堤的**护脚挡土墙及抗滑桩**可不拆除。路肩式挡土墙路基拼接时，上部支挡结构物应予拆除，宜拆除至路床底面以下。

5. 既有路基有包边土时，宜**去除包边土**后再进行拼接。





## 1.1.7 路基改建施工

6. 从老路堤坡脚向上开挖台阶时，应随挖随填，台阶高度应不大于1.0m，宽度应不小于1.0m。
  7. 拼接宽度小于0.75m时，可采取超宽填筑再削坡或翻挖既有路堤等措施。
  8. 宜在新、老路基结合部铺设土工合成材料。
  9. 拓宽路基应进行沉降观测，观测点应按设计要求设置。
- 高路堤与陡坡路堤路段尚应进行稳定性监测。





## 1.1.7 路基改建施工

### 二、挖方路基拓宽施工要求

1. 应在既有路基边缘设置防止飞石或落石的安全防护措施，并应设置警示标志。
2. **边通车边施工**时，宜采用**机械开挖**或**静力爆破**方式进行开挖。
3. 采用爆破方式时，应按爆破施工方案组织施工，宜统一规定爆破时间段，爆破时应临时封闭交通。



## 1.1.7 路基改建施工

### 三、地基处治与路基填料

#### 1. 低路堤地基处治

对于低路堤，当地基土不是十分软弱时，新拓宽段路基部分可以按照一般路基进行填筑，必要时可进行换填和加固。

在路基填筑时如有必要，可**铺设土工或格栅土工布**，以加强路基的整体强度及板体作用，防止**路基不均匀沉降而产生反射裂缝**。



## 1.1.7 路基改建施工

### 2. 高路堤地基处治

施工中为了确保路基稳定、减少路基工后沉降，对高路堤拓宽可采取**粉喷桩、砂桩、塑料排水体、碎石桩**等处理措施，并配合填筑轻型材料。

在高路堤的处治过程中，不宜单独采用只适合于浅层处治以及路基填土较低等情况的换填砂石或加固土处治。



## 1.1.7 路基改建施工

### 四、新旧路基连接部处治技术要点

如果原有路肩质量较差，达不到设计要求，则应将土路肩翻晒或掺灰重新碾压，以达到质量要求。

可以采用修建试验路来改进路基开挖台阶的方案，即**从土路肩开始下挖台阶**，改为从硬路肩开始下挖台阶。这种改进方案可以消除老路基边坡压实度不足的弊病，可加强新老路基的结合程度，减少新老路基结合处的不均匀沉降。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 知识要点

【1】软土路基

【2】滑坡地段路基施工



## 1.1.8 特殊路基施工技术

特殊路基是指位于特殊土（岩）地段、不良地质地段，或受水、气候等自然因素影响强烈，需要进行特殊设计的路基。特殊路基包括：滑坡地段路基、软土地区路基。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 一、软土的工程特性

#### (一) 软土的工程特性

软土是指**天然含水率高、天然孔隙比大、抗剪强度低、压缩性高的细粒土**。包括**淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土**等。修建在软土地区的路基，应充分考虑路堤填筑荷载引起软基滑动破坏的**稳定问题**和量大且时间长的**沉降问题**。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### (二) 软土地基处理施工技术

#### 1. 垫层与浅层处理

垫层类型按材料可分为**碎石垫层、砂砾垫层、石屑垫层、矿渣垫层、粉煤灰垫层**以及**灰土垫层**等。

浅层处理可采用**浅层置换、浅层改良、抛石挤淤**等方法，处理深度**不宜大于3m**。





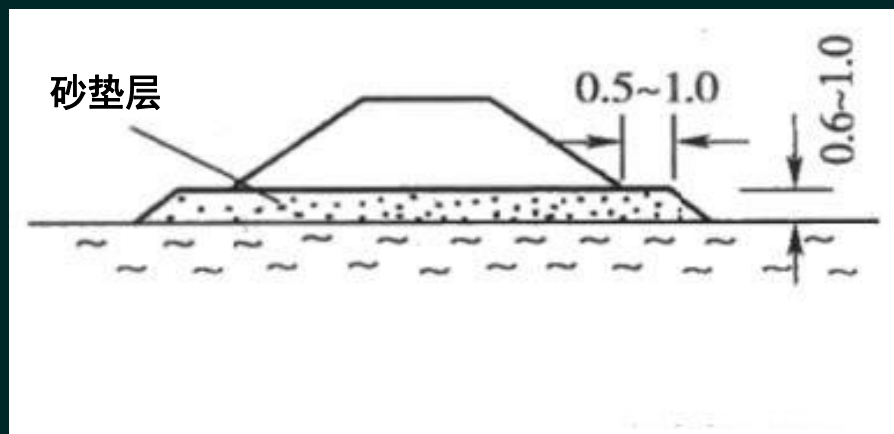
## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 1) 砂砾、碎石垫层施工规定

(1) 砂砾、碎石垫层宜采用级配好的中、粗砂，砂砾或碎石，含泥量应不大于5%，最大粒径宜小于50mm。

(2) 垫层宜分层铺筑、压实。垫层应水平铺筑。当地形有起伏时，应开挖台阶，台阶宽度宜为0.5~1m。

(3) 垫层宽度应宽出路基坡脚0.5~1m，两侧宜用片石护砌或采用其他方式防护。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 2) 浅层置换施工规定

置换宜选用强度高的砂砾、碎石等水稳性和透水性好的材料。施工时，应分层填筑、压实。



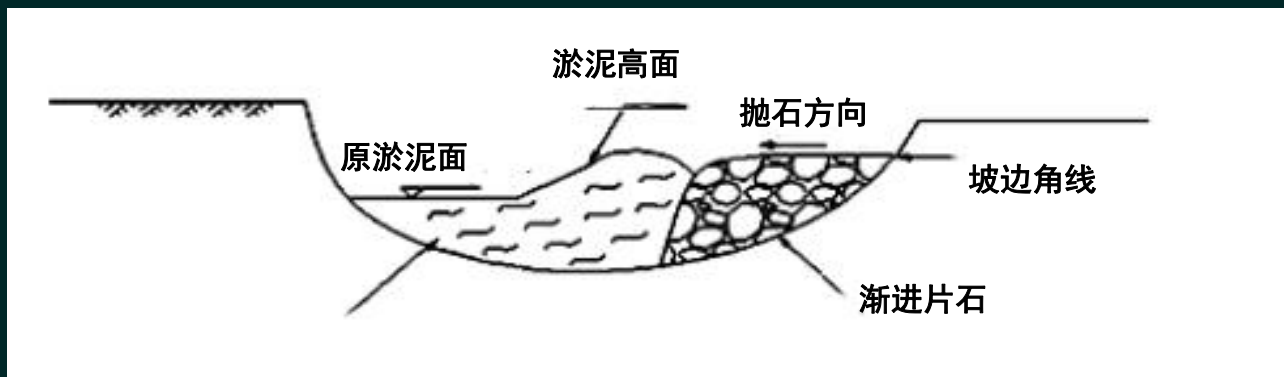
## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 3) 抛石挤淤施工规定

(1) 应采用不易风化的片石、块石，石料直径宜不小于300mm。

(2) 当软土地层平坦，横坡缓于1:10时，应沿路线中线向前呈等腰三角形渐次向两侧对称抛填至全宽，将淤泥挤向两侧；当横坡陡于1:10时，应自高侧向低侧渐次抛填，并在低侧边部多抛投形成不小于2m宽的平台。

(3) 当抛石高出水面后，应采用重型机具碾压密实。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 2. 爆炸挤淤

爆炸挤淤是将炸药放在软土或泥沼中爆炸，利用爆炸时的张力作用，把淤泥或泥沼扬弃，然后回填强度较高的渗水性土壤，如砂砾、碎石等。爆炸挤淤法适用于处理海湾滩涂等淤泥和淤泥质土地基。处理厚度不宜大于15m。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

爆炸挤淤施工规定如下：

(1) 抛填前应根据软基深度、宽度、水深等环境条件和施工设备，确定抛填高度、宽度及进尺。抛填高度应高于潮水位，抛填进尺最小宜不小于3m，最大宜不大于10m。

(2) 爆炸挤淤后应采用**钻孔**或**物探**方法探测检查**置换层厚度**、**残留混合层厚度**。置换层底面和下卧地基层设计顶面之间的残留淤泥碎石混合层厚度应**不大于1m**。





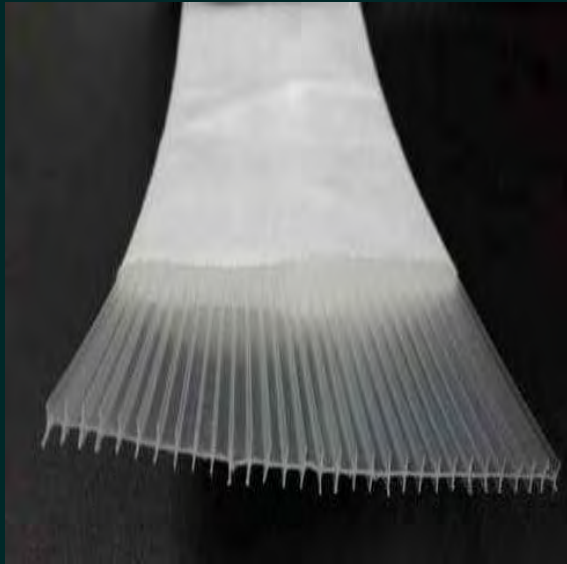
## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 3. 竖向排水体

竖向排水体适用于深度**大于3m**的软土地基处理。

用于对淤泥质土和淤泥地基进行处理时，宜与加载预压或真空预压方案联合使用。

竖向排水体可采用**袋装砂井**和**塑料排水板**。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

袋装砂井和塑料排水板可采用沉管式打桩机施工，塑料排水板也可用插板机施工。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 1) 袋装砂井施工规定

袋装砂井施工工艺流程：整平原地面→摊铺下层砂垫层  
→机具定位→打入套管→沉入砂袋→拔出套管→机具移位  
→埋砂袋头→摊铺上层砂垫层。







## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 1) 袋装砂井施工规定

(1) 宜采用中、粗砂，粒径大于0.5mm颗粒的含量宜大于50%，含泥量应小于3%，渗透系数应大于 $5 \times 10^{-2} \text{mm/s}$ 。砂袋的渗透系数应不小于砂的渗透系数。

(2) 套管起拔时应垂直起吊，防止带出或损坏砂袋已发生砂袋带出或损坏时，应在原孔位边缘重打。

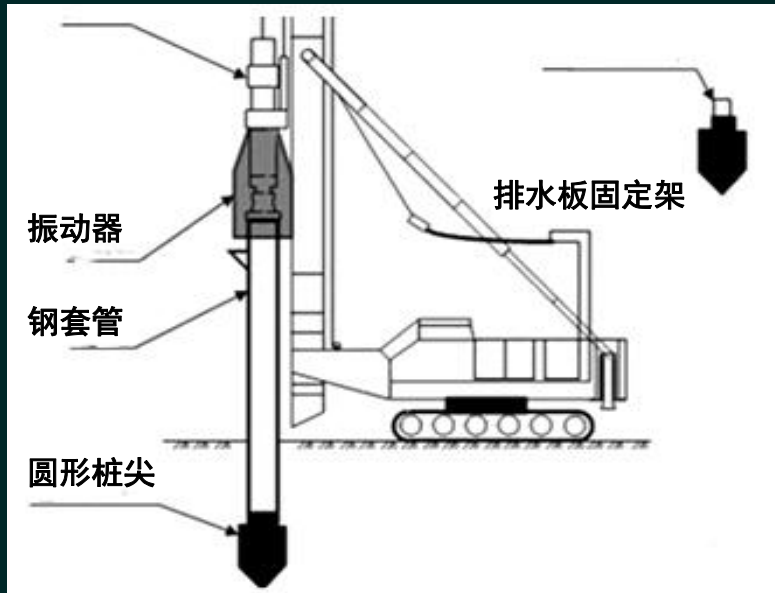
(3) **砂袋在孔口外的长度应不小于300mm**，并顺直伸入砂砾垫层。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 2) 塑料排水板施工规定

塑料排水板施工工艺流程：整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具就位→塑料排水板穿靴（对折0.1m）→插入套管→拔出套管→割断塑料排水板→机具移位→摊铺上层砂垫层。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 2) 塑料排水板施工规定

(1) 塑料排水板技术指标应满足设计要求，露天堆放时应有覆盖。

(2) 施工中应防止泥土等杂物进入套管内。

(3) 塑料排水板**不得搭接**，**预留长度应不小于500mm**，并及时弯折埋设于砂垫层中。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 竖向排水体施工质量标准

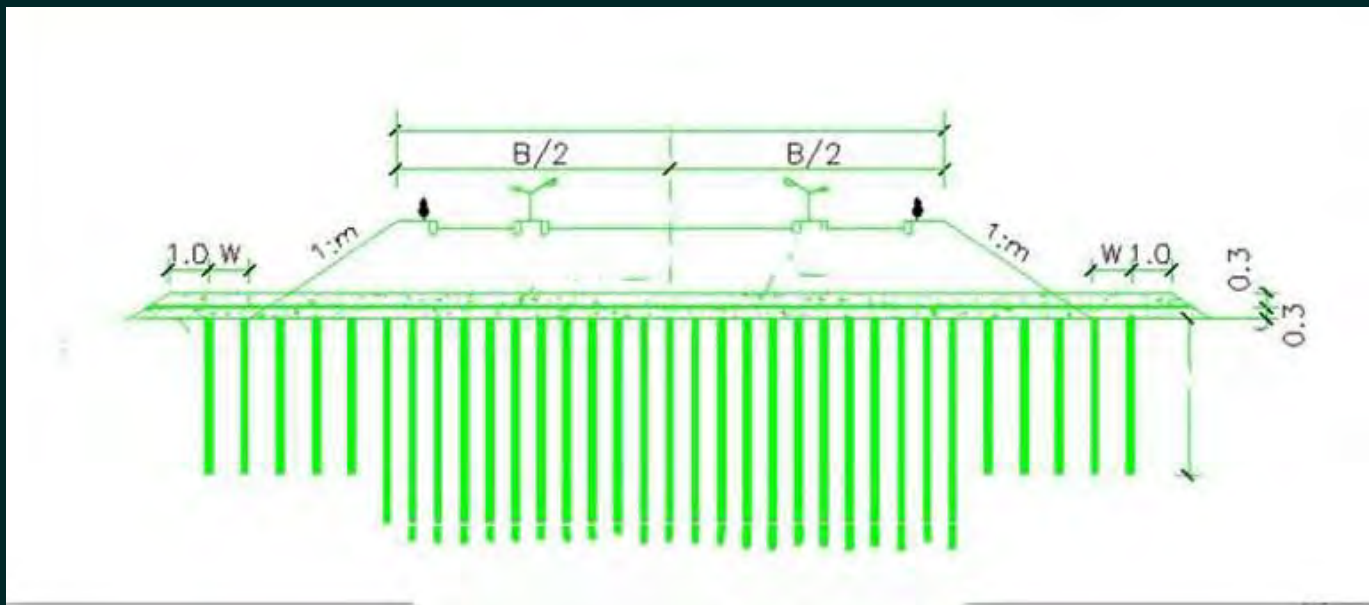
	项次	检查项目	规定值	检查方法和频率
袋装沙井	1	井距 (mm)	$\pm 150$	抽查2%且不少于5点
	2	井长 (mm)	$\geq$ 设计值	查施工记录
	3	井径 (mm)	+10, 0	挖验2%且不少于5点
	4	灌砂率	-5	查施工记录
塑料排水板	1	板距 (mm)	$\pm 150$	抽查2%且不少于5点
	2	板长 (mm)	$\geq$ 设计值	抽查2%且不少于5点



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 4. 粒料桩

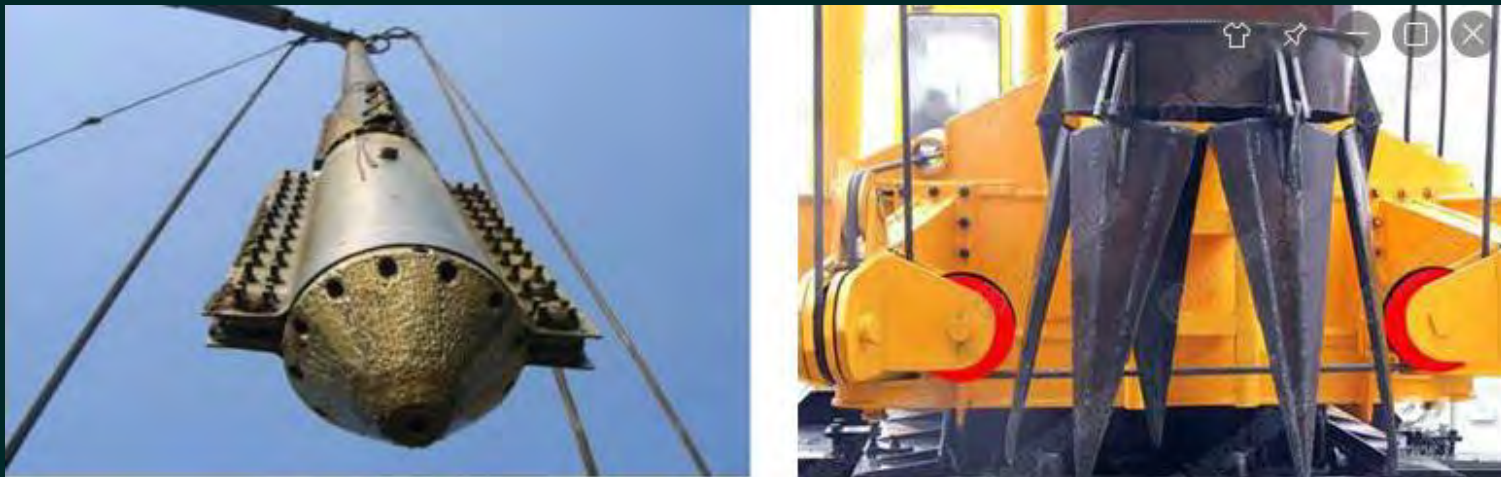
粒料桩可采用**振冲置换法**或**振动沉管法**成桩。振冲置换法适用于处理十字板抗剪强度不小于15kPa的软土地基；振动沉管法适用于处理十字板抗剪强度不小于20kPa的软土地基。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

振冲置换法施工可采用**振冲器**、**吊机**或**施工专用平车**和**水泵**，将砂、碎石、砂砾、废渣等粒料（粒径宜为20~50mm，含泥量不应大于10%）按整平地面→振冲器就位对中→成孔→清孔→加料振密→关机停水→振冲器移位的施工工艺程序进行施工。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

振动沉管法施工宜采用**振动打桩机和钢套管**。

振动沉管法成桩可采用**一次拔管成桩法、逐步拔管成桩法和重复压管成桩法**三种工艺。

重复压管成桩法的施工工序为：①清理平整场地→②测量放样→③机具就位→④沉管至设计深度→⑤加料→⑥振动拔管→⑦振动下压管→⑧振动拔管→⑨机具移位。其中⑤～⑧重复循环至桩顶，直至桩管拔出地面。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

粒料桩施工规定如下：

- (1) 砂桩宜采用中、粗砂，粒径大于0.5mm颗粒含量宜占总质量的50%以上，含泥量应小于3%，渗透系数应大于 $5 \times 10^{-2} \text{mm/s}$ ；也可使用砂砾混合料、含泥量应小于5%。
- (2) 碎石桩宜采用级配好、不易风化的碎石或砾石，最大粒径宜不大于50mm，含泥量应小于5%。
- (3) 施工前应进行**成桩工艺**和**成桩挤密**试验。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

(4) 粒料桩可采用振冲置换法或振动沉管法，宜**从中间向外围或间隔跳打**。邻近结构物施打时，应沿背离结构物的方向施工。

(5) 碎石桩密实度抽查频率应为2%，用重II型**动力触探**测试，贯入量100mm时，击数应大于5次。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 粒料桩施工质量标准

项次	检查项目	规定值	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	±150	抽查桩数的2%且不少于5点
2	桩长 (m)	≥设计值	查施工记录
3	桩径 (mm)	≥设计值	抽查2%
4	粒料灌入率	≥设计值	查施工记录
5	地基承载力	满足设计要求	抽查桩数的0.1%且不少于3处

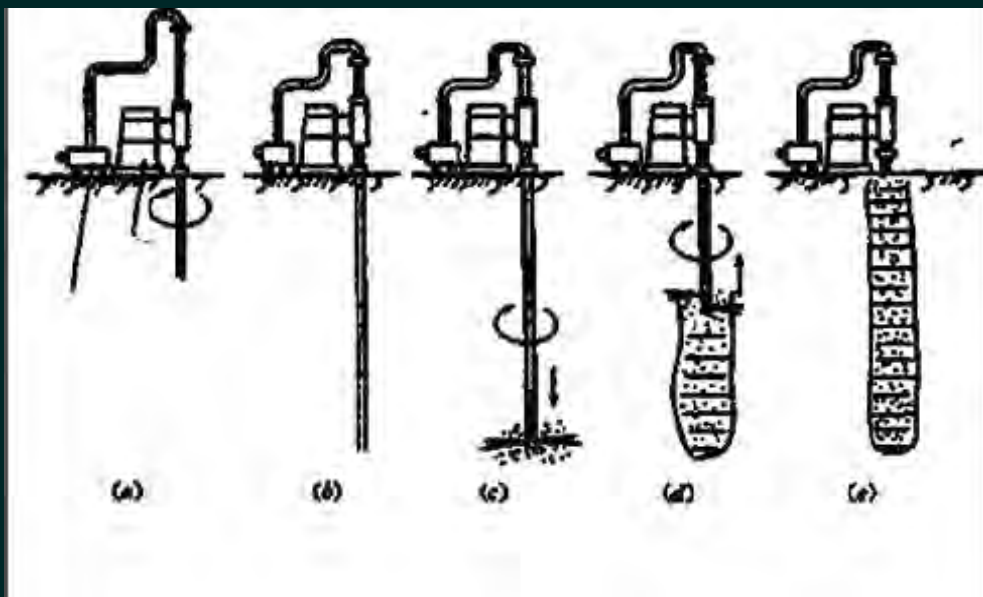


## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 5. 加固土桩

加固土桩适用于处理十字板抗剪强度不小于10kPa、有机质含量不大于10%的软土地基。

加固土桩包括**粉喷桩**与**浆喷桩**。施工前应进行**成桩工艺**和**成桩强度**试验。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

加固土桩施工规定如下：

(1) 加固土桩的固化剂宜采用**生石灰或水泥**。生石灰应采用磨细I级生石灰，应无杂质，最大粒径应小于2mm。水泥宜采用强度等级不低于32.5级的普通硅酸盐水泥。

(2) 加固土桩施工前应进行成桩试验，桩数宜**不少于5根**，且应满足下列要求：

①应取得满足设计喷入量的各种技术参数，如**钻进速度、提升速度、搅拌速度、喷气压力、单位时间喷入量**等。

②应确定能保证胶结料与加固软土拌合均匀性的工艺。

③掌握下钻和提升的阻力情况，选择合理的技术措施。

④根据地层、地质情况确定复喷范围。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

(3) 施工过程中发现喷粉量或喷浆量**不足**，应**整桩复打**，复打的量应**不小于设计用量**。

**中断**施工时，应及时记录深度，并在**12h内**进行复打，复打重叠长度应大于1m；**超过12h**，应采取补桩措施。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 加固土桩施工质量标准

项次	检查项目	规定值	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	$\pm 100$	尺量: 抽查桩数的2%且不少于5点
2	桩径 (mm)	$\geq$ 设计值	尺量: 抽查桩数的2%且不少于5点
3	桩长 (m)	$\geq$ 设计值	查施工记录
4	单桩每延米喷粉(浆)量	$\geq$ 设计值	查施工记录
5	强度 (MPa)	$\geq$ 设计值	取芯法: 抽查桩数的0.5%且不少于3根
6	地基承载力	满足设计要求	抽查桩数的0.1%且不少于3处



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 6. 水泥粉煤灰碎石桩（改）

水泥粉煤灰碎石桩（CFG桩）适用于处理十字板抗剪强度不小于20kPa的软土地基。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

(增)

施工工序：原地表处理→测量放样→沉管机就位→下沉至设计深度→停机→泵送混合料→均匀拔管至桩顶→沉管机移位。

施工前应进行成桩工艺和成桩强度试验。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

水泥粉煤灰碎石桩施工规定：（改）

（1）集料可采用碎石或砾石，泵送混合料时砾石最大粒径宜不大于25mm，碎石最大粒径宜不大于20mm；振动沉管灌注混合料时，集料最大粒径宜不大于50mm。水泥宜选32.5级普通硅酸盐水泥。粉煤灰宜选用II、III级粉煤灰。

（2）施工前应进行成桩试验，成桩试验需要确定**施工工艺、速度、投料数量和质量标准**。

（3）沉管至设计高程后应尽快投料，首次投料量应使管内混合料面与投料口平齐。拔管过程中发现料量不足时应及时补充投料。桩顶超灌高度不宜小于0.5m。（增）



## 1.1.8 特殊路基施工技术

水泥粉煤灰碎石桩施工规定：（改）

（4）沉管宜在设计高程留振10s左右，然后边振动，边拔管。拔管速度宜为1.2~1.5m/min，如遇淤泥层，拔管速度宜适当放慢。拔管过程中不得反插。（增）

（5）成桩过程中，每个台班应做不少于一组（3个）试块，标准养护28d抗压强度。（增）

（6）群桩施工应合理设计打桩顺序，控制打桩速度，宜采用隔桩跳打的打桩顺序，相邻桩打桩间隔时间应不小于7d。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 水泥粉煤灰碎石桩施工质量标准

项次	检查项目	规定值	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	$\pm 100$	尺量：抽查桩数的2%且不少于5点
2	桩径 (mm)	$\geq$ 设计值	尺量：抽查桩数的2%且不少于5点
3	桩长 (m)	$\geq$ 设计值	查成孔记录
4	强度 (MPa)	$\geq$ 设计值	取芯法：抽查桩数的0.5%且不少于3根
5	复合地基承载力	$\geq$ 设计值	抽查桩数的0.1%且不少于3处



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 7. 刚性桩

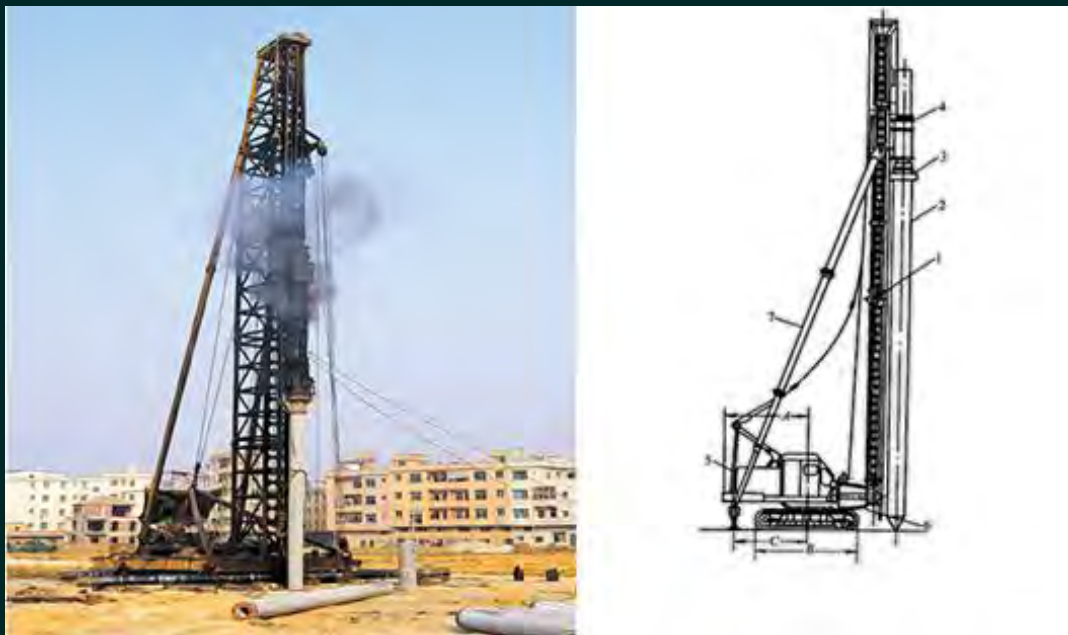
刚性桩主要包括**现浇混凝土大直径管桩**与**预制管桩**。刚性桩适用于处理深厚软土地基上荷载较大、变形要求较严格的高路堤段、桥头或通道与路堤衔接段。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

施工前应进行**成桩工艺**试验，预应力混凝土薄壁管桩试桩数量**不得少于2根**。现浇混凝土大直径管桩试桩数量根据施工工艺要求确定。预应力混凝土**薄壁管桩**宜采用**静力压桩机**施工，也可采用**锤击沉桩机**施工。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 1) 现浇混凝土大直径管桩施工规定

(1) 粗集料宜优先选用卵石。采用碎石时，宜适当增加含砂率。集料最大粒径宜不大于63mm。混凝土坍落度宜为80~100mm，在运输和灌注过程中无离析、泌水。

(2) 桩尖、桩帽混凝土强度等级宜不低于C30。桩尖表面应平整、密实，桩尖内外面圆度偏差不得大于1%，桩尖端头支承面应平整。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 现浇混凝土大直径管桩施工质量标准

项次	检查项目	规定值	检查方法和频率
1	混凝土抗压强度 (MPa)	在合格标准内	每根桩2组, 每台班至少两组
2	桩距 (mm)	±100	尺量: 抽查桩数的2%且不少于5点
3	桩径 (mm)	≥设计值	尺量: 抽查桩数的2%
4	桩长 (m)	≥设计值	查成孔记录
5	竖直度 (%)	1	查成孔记录
6	单桩承载力	满足设计要求	抽查桩数的0.1%且不少于3根
7	<b>桩身完整性</b>	无明显缺陷	<b>低应变测试</b> : 抽查桩数的10%



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 2) 预制管桩施工规定

- (1) 沉桩过程中应严格控制桩身的垂直度。
- (2) 每根桩宜一次性连续沉至设计高程，沉桩过程中停歇时间不应过长。
- (3) 中止沉桩宜采用**贯入度**控制。
- (4) 桩帽钢筋笼应插入管桩内，连接混凝土应与桩帽混凝土一起灌注。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 预制管桩施工质量标准

项次	检查项目	规定值	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	$\pm 100$	尺量：抽查桩数的2%且不少于5点
2	桩长 (m)	$\geq$ 设计值	尺量：抽查桩数的2%且不少于5点
3	竖直度 (%)	1	抽查桩数的2%
4	单桩承载力	满足设计要求	抽查桩数的0.1%且不少于3根
5	桩帽高度 (mm)	+20, -10	尺量：抽查桩数的2%
6	桩帽长度和宽度 (mm)	+30, -20	尺量：抽查桩数的2%
7	桩帽位置 (mm)	50	尺量：抽查桩数的2%



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 8. 强夯和强夯置换

强夯法适用于处理碎石土、**低**饱和度的粉土与黏土、杂填土和软土等地基。

强夯置换法适用于处理**高**饱和度的粉土与软塑、流塑的软粘土地基，处理深度**不宜大于7m**。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

(增)

强夯施工工序为：场地平整→测量放样→第一遍主夯→夯坑回填、场地平整→测量放样→第二遍副夯→夯坑回填、场地整平→测量放线→第三遍满夯→场地平整→测量高程→试验检测。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

强夯处理范围应超出路堤坡脚，每边超出坡脚的宽度**不宜小于3m**。

强夯置换处理范围应为**坡脚外增加一排置换桩**。

采用强夯法处理软土地基时，应在地基中设置竖向排水体。

强夯置换桩顶应铺设一层厚度**不小于0.5m的粒料垫层**，垫层材料可与**桩体材料相同**，粒径不宜大于100mm。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

强夯与强夯置换施工规定如下：

- (1) 强夯置换材料应采用级配好的片石、碎石、矿渣等坚硬的粗颗粒材料，粒径宜不大于夯锤底面直径的0.2倍，含泥量宜不大于10%，粒径大于300mm的颗粒含量宜不大于总质量的30%。
- (2) 施工前应选择有代表性并不小于500m<sup>2</sup>的路段进行试夯，确定**最佳夯击能、间歇时间、夯间距、夯击次数、夯击遍数**等参数。
- (3) 夯点可采用**正方形或等边三角形**布置，间距宜为5~7m。在强夯能级不变的条件下，宜采用重锤、低落距。
- (4) 强夯和强夯置换施工前应在地表铺设一定厚度的垫层。强夯施工**垫层材料宜采用透水性好的砂、砂砾、石屑、碎石土**等，强夯置换施工**垫层材料宜与桩体材料相同**。垫层宜分层摊铺压实。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

(5) 强夯施工结束30d后，应通过**标准贯入、静力触探**等原位测试，测量地基的夯后承载能力是否达到设计要求。

(6) 强夯置换施工结束30d后，宜采用**动力触探试验**检查置换墩着底情况及承载力，检验数量不少于墩**点数的1%**，**且不少于3点**。检查置换墩**直径与深度**，应满足设计要求。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 9. 软基处理其他方法

公路软土地基处理方法还包括修筑路堤地基隔离墙、爆炸挤淤、真空预压、真空堆载联合预压等。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### (三) 软土地区路堤施工技术要点

1. 软土地区路堤施工应**尽早安排**，施工计划中应考虑地基所需固结时间。
2. 填筑过程中，应严格控制填筑速率，并应进行**动态观测**。
3. 施工期间，路堤**中心线**地面沉降速率24h应不大于10~15mm，**坡脚水平位移**速率24h应不大于5mm。应结合沉降和位移观测结果综合分析地基稳定性。填筑速率应以**水平位移控制为主**，超过标准应立即停止填筑。
4. 桥台、涵洞、通道以及加固工程应在**预压沉降完成后再进行施工**。
5. 应按设计要求的预压荷载、预压时间进行预压。**堆载预压的填料宜采用上路床填料**，并分层填筑压实。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

6. 在软土地基上直接填筑路堤，应符合下列规定：

①水面以下部分应选择**透水性好的填料**，水面以上可用一般土或轻质材料填筑。

②填筑路基的土宜**从取土场取用**。在两侧取土时，取土坑距路堤坡脚的距离应满足路堤稳定的要求。

③反压护道宜与路堤**同时填筑**。分开填筑时，应在路堤达到**临界高度前**完成反压护道施工。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

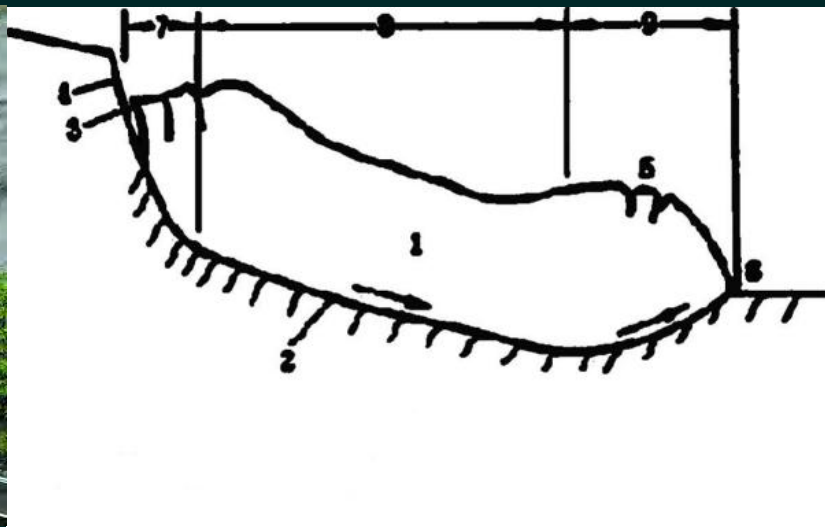
### (四) 旧路加宽软基处理要求

1. 软基路段路基加宽台阶应**开挖一层，填筑一层**。上层台阶应在下层填筑完成后再次开挖，台阶开挖应满足台阶宽度和新老路基处理设计要求。
2. 确定加宽软基处理施工工艺和方案时，应考虑软基处理时软土、震动对老路堤或邻近构筑物的影响。
3. 施工期间应对旧路开挖边坡进行覆盖，并设置必要的临时排水设施。
4. 旧路加宽路段应同步进行**拼宽路基**和**老路基**的沉降观测，观测点宜布置在**同一断面上**。观测点设置宜为**老路路中、老路路肩、拼宽部分中部、拼宽部分外侧**。老路路中、老路路肩沉降观测点设置可采用在路表**埋设观测点**的方法，拼宽部分宜采用**埋设沉降板**的方法。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 二、滑坡地段路基施工





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### (一) 滑坡防治的工程措施

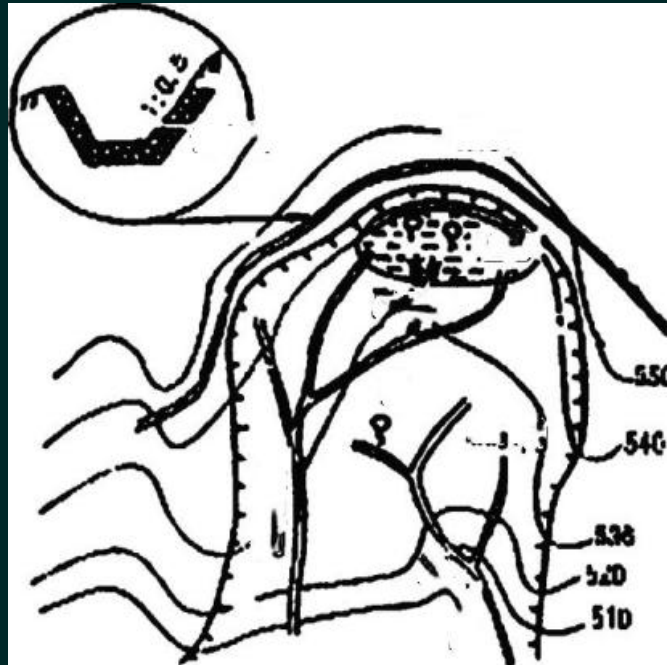
滑坡防治的工程措施主要有**排水**、**力学平衡**和**改变滑带土**三类。

#### 1. 滑坡排水

##### (1) 环形截水沟。

边界以外不少于5m的地方。

截水沟应采用浆砌片石防护。

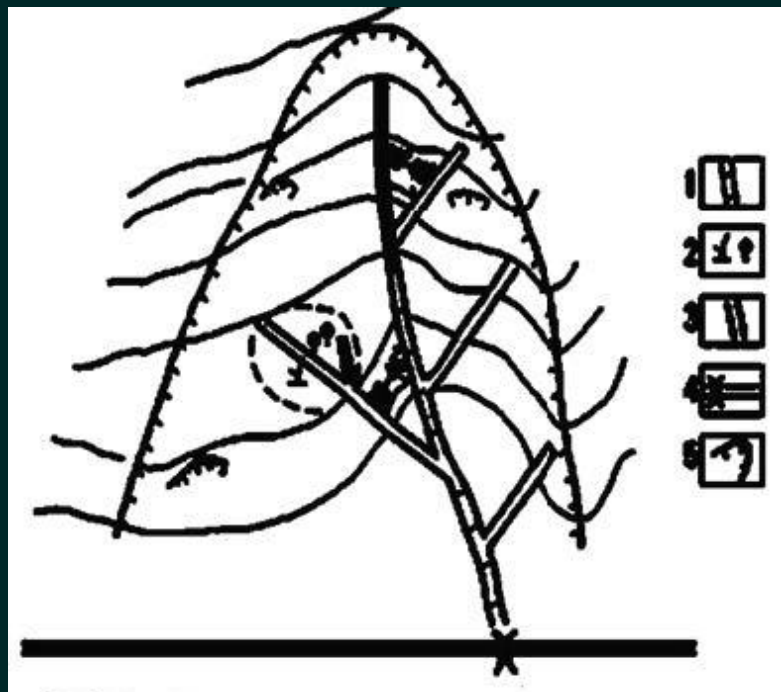




## 1.1.8 特殊路基施工技术

### (2) 树枝状排水沟

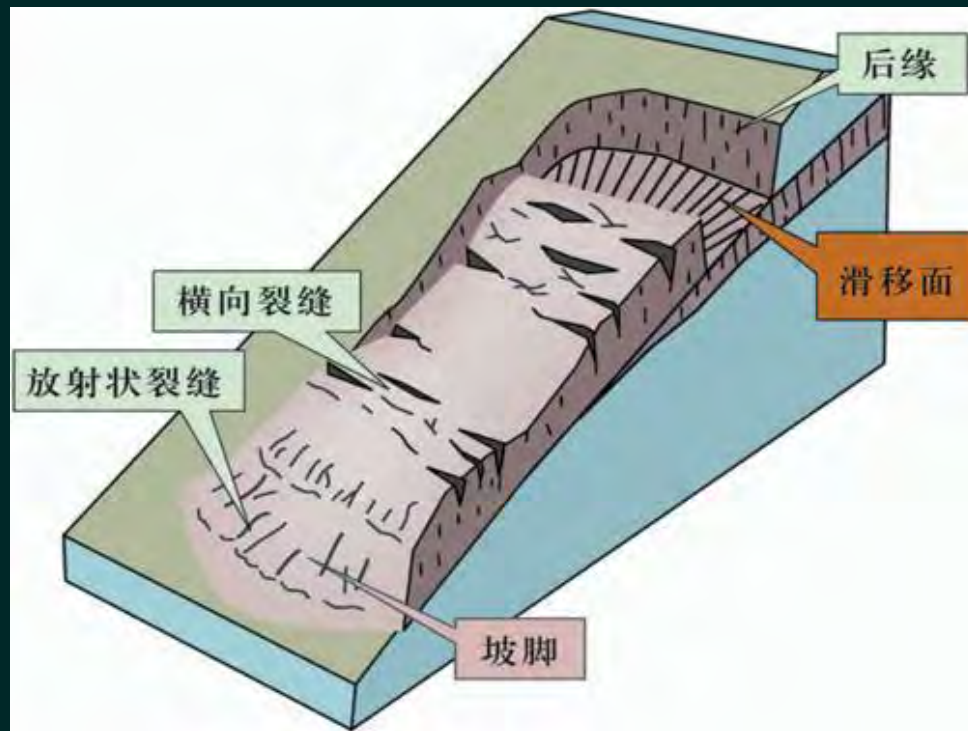
树枝状排水沟的主要作用是**排除滑体坡面上的径流**。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

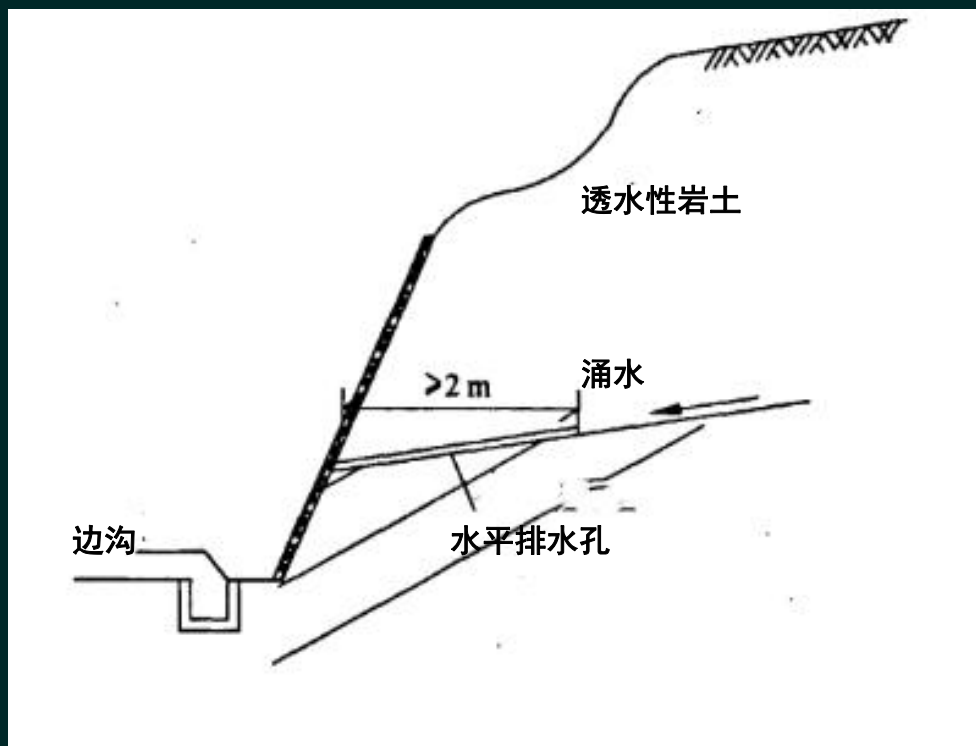
(3) **平整夯实滑坡体表面的土层**。滑坡体上的裂隙和裂缝应采取灌浆、开挖回填夯实等措施予以封闭。当坡面上有封闭的洼地或泉水露头时，应设水沟将其排出滑坡坡面，疏干积水。（改）





## 1.1.8 特殊路基施工技术

(4) 排除地下水的方法较多，有支撑渗沟、边坡渗沟、暗沟、平孔等。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 2. 力学平衡

当挖方路基上边坡发生的滑坡不大时，可采用**刷方（台阶）减重、打桩或修建挡土墙**进行处理以达到路基边坡稳定。



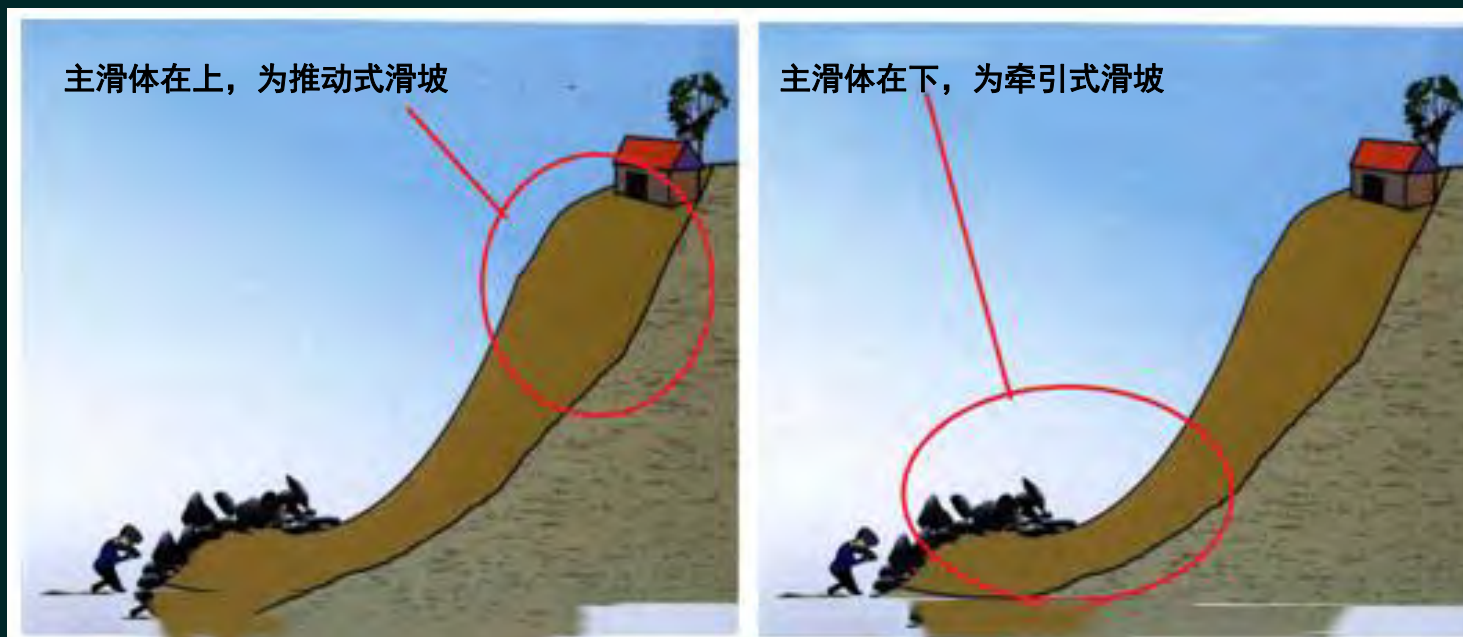




## 1.1.8 特殊路基施工技术

牵引式滑坡、具有膨胀性质的滑坡不宜用滑坡减重法。

牵引式滑坡多发生于粘土和堆积层滑坡中。





## 1.1.8 特殊路基施工技术

### 3. 改变滑带土

一般有焙烧法（烧坡脚）、电渗排水法（排除地下水）和爆破灌浆法（固结滑带土）等。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

### (二) 滑坡地段路基的施工技术要点

#### 1. 削坡减载施工应符合下列规定：

(1) 应**自上而下**逐级开挖，严禁采用爆破法施工。

(2) 开挖坡面不得超挖，开挖面上**有裂缝时应灌浆封闭或开挖夯填。**

(3) 支挡及排水工程在边坡上分级实施时，**宜开挖一级，实施一级。**



## 1.1.8 特殊路基施工技术

2. 填筑反压施工应符合下列规定：

- (1) 反压措施应在**滑坡体前缘**抗滑段实施。
- (2) 反压填料不得堵塞地下水出口，地下排水设施应在填筑反压前完成。**反压填料宜予压实。**
- (3) 应采取措施使受影响的天然河沟保持排水顺畅。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

3. 抗滑支挡工程施工应符合下列规定：

(1) **抗滑桩与挡土墙共同支挡时，应先施作抗滑桩。**挡土墙后有支撑渗沟及其他排水工程时应先施工。

(2) 抗滑桩、锚索施工应**从两端向滑坡主轴方向逐步推进。**

(3) 采取微型钢管桩、山体注浆等加固措施或注浆作为其他处置方案的配套措施时，应采用相应的成孔设备和注浆方式。

(4) 各种支挡结构的基底应置于滑动面以下，**并应嵌入稳定地层。**



## 1.1.8 特殊路基施工技术

【例题】关于抛石挤淤施工说法中，错误的是（ ）。

- A. 该方法适用于常年积水的洼地，排水困难的地方
- B. 该方法适用于淤积处表层无硬壳，片石能沉达底部的泥沼地
- C. 抛投片石的大小由泥炭或软土的稠度确定
- D. 抛投顺序一般情况下应先从路堤两侧向中间进行

【答案】D



## 1.1.8 特殊路基施工技术

【例题】袋装砂井施工工艺流程中，最后一步工艺是（ ）。

- A. 埋砂袋头
- B. 机具移位
- C. 摊铺上层砂垫层
- D. 拔出套管

【答案】C

袋装砂井施工工艺流程：整平原地面-摊铺下层砂垫层-机具定位-打入套管-沉入砂袋-拔出套管-机具移位-埋砂袋头-摊铺上层砂垫层。



## 1.1.8 特殊路基施工技术

【例题】排除滑坡体地下水的设施有（ ）。

- A. 支撑渗沟
- B. 边坡渗沟
- C. 树枝状排水沟
- D. 平孔
- E. 暗沟

【答案】 ABDE

解析：排除地下水的方法较多，有支撑渗沟、边坡渗沟、暗沟、平孔等。





## 1.2 路基防护与支档



# 1.2.1 防护与支挡工程类型

## 一、坡面防护（改）

表 1.2-1 坡面防护工程类型及适用条件

防护类型	亚类	适用条件
植物防护	植草或喷播植草	可用于坡率不陡于 1:1 的土质边坡防护。当边坡较高时，植草可与土工网、土工网垫结合防护
	铺草皮	可用于坡率不陡于 1:1 的土质边坡或全风化、强风化的岩石边坡防护
	种植灌木	可用于坡率不陡于 1:0.75 的土质、软质岩石和全风化岩石边坡防护
	喷混植生	可用于坡率不陡于 1:0.75 的砂性土、碎石土、粗粒土、巨粒土及风化岩石边坡防护，边坡高度不宜大于 10m
骨架植物防护	—	可用于坡率不陡于 1:0.75 的土质和全风化、强风化的岩石边坡防护
工程防护	喷护	可用于坡率不陡于 1:0.5 的易风化但未遭强风化的岩石边坡防护，高速公路、一级公路和环境景观要求高的公路不宜采用
	挂网喷护	可用于坡率不陡于 1:0.5 的易风化、破碎的岩石边坡防护，高速公路、一级公路和环境景观要求高的公路不宜采用
	干砌片石护坡	可用于坡率不陡于 1:1.25 的土质边坡或岩石边坡防护
	浆砌片石护坡	可用于坡率不陡于 1:1 的易风化的岩石和土质边坡防护
	护面墙	可用于坡率不陡于 1:0.5 的土质和易风化剥落的岩石边坡防护



# 1.2.1 防护与支挡工程类型

## 二、沿河路基冲刷防护（改）

表 1.2-2 冲刷防护工程类型及适用条件

防护类型	适用条件	
植物防护	可用于允许流速为 1.2~1.8m/s、水流方向与公路路线近似平行、不受洪水主流冲刷的季节性水流冲刷地段防护。经常浸水或长期浸水的路堤边坡，不宜采用	
砌石或混凝土护坡	可用于允许流速为 2~8m/s 的路堤边坡防护	
土工织物软体沉排、土工膜袋	可用于允许流速为 2~3m/s 的沿河路基冲刷防护	
石笼防护	可用于允许流速为 4~5m/s 的沿河路堤坡脚或河岸防护	
浸水挡墙	可用于允许流速为 5~8m/s 的峡谷急流和水流冲刷严重的河段	
护坦防护	可用于沿河路基挡土墙或护坡的局部冲刷深度过大、深基础施工不便的路段	
抛石防护	可用于经常浸水且水深较大的路基边坡或坡脚以及挡土墙、护坡的基础防护	
排桩防护	可用于局部冲刷深度过大的河湾或宽浅性河流的防护	
导流	丁坝	可用于宽浅性河段，保护河岸或路基不受水流直接冲蚀而产生破坏
	顺坝	可用于河床断面较窄、基础地质条件较差的河岸或沿河路基防护，以调整流水曲度和改善流态



## 1.2.1 防护与支挡工程类型

### 三、防护工程施工（增）

水泥混凝土骨架防护施工工序为：边坡修整→测量放样  
→边坡骨架沟槽开挖→骨架基础沟槽开挖→骨架支模→护  
坡基础混凝土浇筑→方格骨架混凝土浇筑→混凝土养护及  
拆模→骨架内绿化

坡面喷射混凝土防护施工工序为：边坡修整→测量放样  
→钢筋插入与挂网→混凝土初喷→混凝土复喷→混凝土养  
护



## 1.2.1 防护与支挡工程类型

### 三、防护工程施工（增）

浆砌片石护坡施工工序为：边坡修整→测量放样→基坑开挖→砂砾垫层铺设→基础坡面片石浆砌→砌体勾缝→养护维护

浆砌片石护面墙施工工序为：边坡修整→测量放样→基坑开挖→基础施工→片石砌筑→砌体勾缝→养护维护



## 1.2.1 防护与支挡工程类型

### 四、边坡防护施工

#### 1. 水泥混凝土骨架防护施工

(1) 混凝土浇筑应从**护脚开始，由下而上进行浇筑。**

(2) 骨架宜嵌入坡面内，保证骨架紧贴坡面，防治变形或者破坏。

(3) 混凝土浇筑完成后应及时养护，**养护时间宜不少于14d。**





## 1.2.1 防护与支挡工程类型

### 2. 喷射混凝土防护施工

(1) 作业前应进行**试喷**，选择合适的水灰比和喷射压力。  
喷射混凝土宜**自下而上**进行。

(2) 做好**泄水孔**和**伸缩缝**（长度方向上每30m，缝宽10~20mm）。

(3) 喷射混凝土初凝后，应立即养生，养护期宜**不少于7天**。





## 1.2.1 防护与支挡工程类型

### 3. 浆砌片（卵）石护坡施工

- (1) 砂浆初凝后，立即进行养护。
- (2) 宜在路堤沉降稳定后施工。
- (3) 受冻胀影响的土质边坡，护坡底面的碎石或砂砾垫层厚度应不小于100mm。
- (4) 每10~15m应留一伸缩缝，缝宽20~30mm。基底地质有变化处，应设沉降缝，可将伸缩缝与沉降缝合并设置。
- (5) 泄水孔的位置和反滤层的设置应符合设计要求。





## 1.2.1 防护与支挡工程类型

### 4. 浆砌片石护面墙施工

(1) 基础施工前应核实地基承载力和埋深。冰冻地区应埋置在冰冻深度以下至少250mm。

(2) 护面墙背必须与路基坡面密贴，边坡局部凹陷处，应挖成台阶后用与墙身相同的圬工砌补，不得回填土石或干砌片石。





## 1.2.1 防护与支挡工程类型

【例题】下列工程防护中，属于圬工防护的有（ ）。

- A. 框格防护
- B. 捶面
- C. 挂网式坡面防护
- D. 抛石
- E. 锚杆铁丝网喷浆

【答案】ABDE。

解析：圬工防护：框格防护、封面、护面墙、干砌片石护坡、浆砌片石护坡、浆砌预制块护坡、铺杆铁丝网喷浆、喷射混凝土护坡。C选项错误，挂网式坡面防护属于土工织物防护。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### 知识要点

- 【1】支挡工程设置
- 【2】支挡构筑物施工技术



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### 一、支挡工程设置（改）

常用的类型有挡土墙、边坡锚固、土钉支护、抗滑桩等。

挡土墙按其位置划分为路肩墙、路堤墙、路堑墙、山坡墙、浸水墙。

挡土墙按其结构形式划分为重力式挡土墙、半重力式挡土墙、石笼式挡土墙、悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙、锚杆挡土墙、锚定板挡土墙、加筋土挡土墙、桩板式挡土墙等。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

(增)

路堑墙设置在路堑边坡底部，主要用于支撑开挖后不能自行稳定的山坡，同时可减少挖方数量，降低挖方边坡的高度。

路肩墙设置在路肩部位，墙顶是路肩的组成部分，其用途与路堤墙相同，它还可以保护临近路线的既有的重要建筑物。

路堤墙设置在高填土路堤或陡坡路堤的下方，可以防止路堤边坡或路堤沿基底滑动，同时可以收缩路堤坡脚，减少填方数量，减少拆迁和占地面积。山坡墙设置在路堑或路堤上方，用于支撑山坡上可能坍塌的覆盖层、破碎岩层或山体滑坡。

边坡预应力锚固可用于土质、岩质边坡及地基加固。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

(增)

土钉支护可用于硬塑或坚硬的黏质土、胶结或弱胶结的粉土、砂土、砾石、软岩和风化破碎岩层等路堑边坡的临时支护和永久支护。在腐蚀性地层、膨胀土、软黏土、土质松散、地下水较发育及存在不利结构面的边坡，不宜采用土钉支护。

抗滑桩可用于稳定边坡和滑坡、加固不稳定山体以及加固其他特殊路基。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### 二、支挡工程施工

#### (一) 重力式挡土墙施工

##### 1. 特点及适用条件

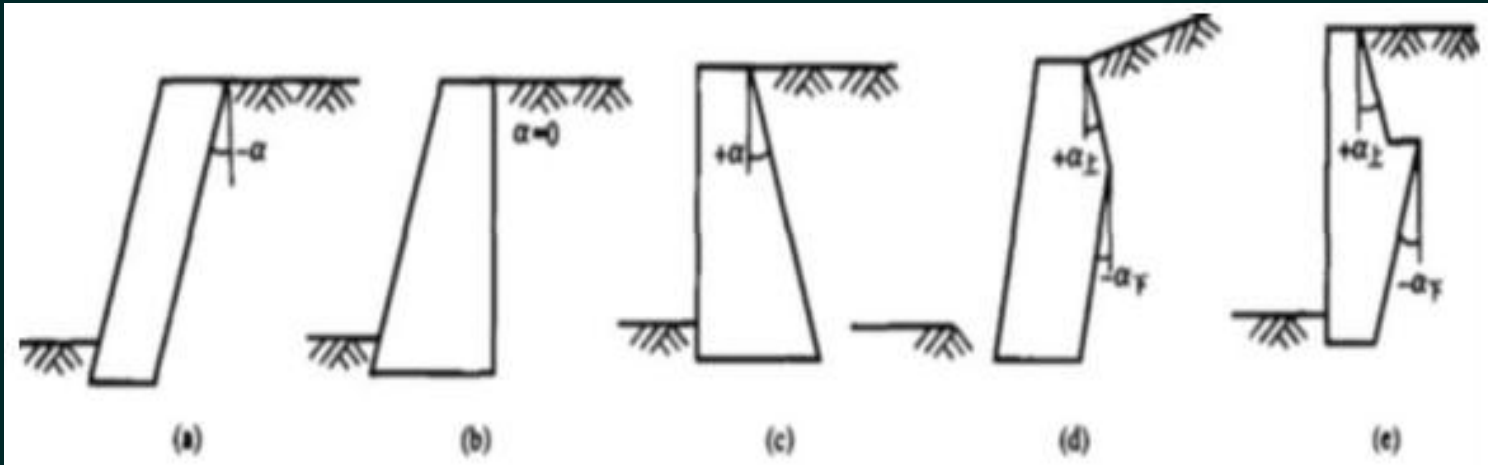
缺点是墙身截面大，圬工数量也大，在软弱地基上修建往往受到**承载力**的限制，墙高不宜过高。





## 1.2.2 支挡工程设置与施工

重力式挡土墙墙背形式可分为仰斜、垂直、俯斜、凸形折线（凸折式）和衡重式五种。



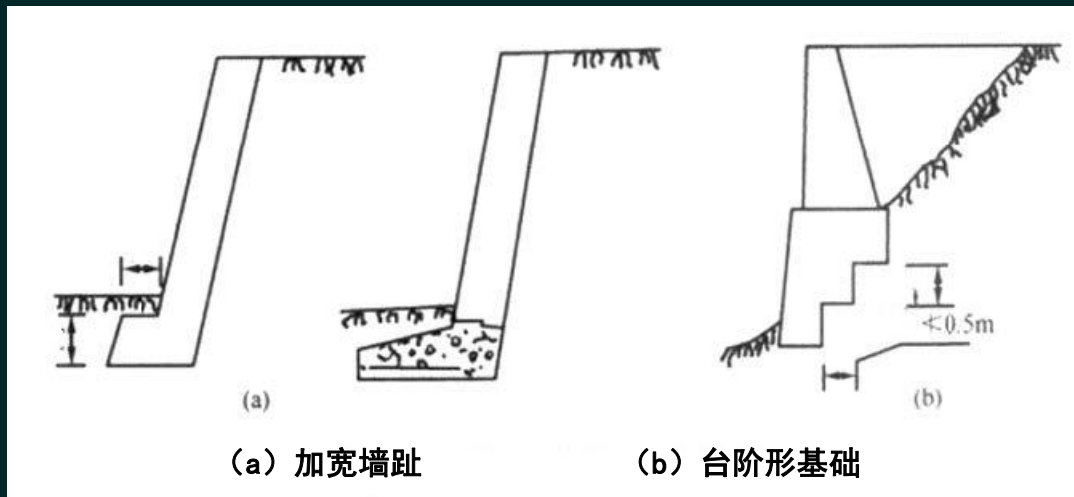




## 1.2.2 支挡工程设置与施工

(1) 仰斜墙背所受的**土压力较小**，用于路堑墙时，墙背与开挖面边坡较贴合，因而开挖量和回填量均较小，但墙后填土不易压实，不便施工。适用路堑墙及墙趾处地面平坦的路肩墙或路堤墙。

(2) 俯斜墙背所受**土压力较大**，其墙身截面较仰斜墙背的大，通常在地面横坡陡峻时，借助陡直的墙面，俯斜墙背可做成**台阶形**，以**增加墙背与填土间的摩擦力**。





## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### 2. 施工要求

墙施工工序为：施工准备→测量放样→基坑开挖→基础施工→墙身施工→附属工程施工

#### (1) 基坑开挖：

①基坑开挖宜分段跳槽进行，分段位置宜结合伸缩缝、沉降缝等设置确定。

②设计挡土墙基底为倾斜面时，应严格控制基底高程，不得超挖填补。

③土质或易风化软质岩石雨季开挖基坑时，应在基坑挖好后及时封闭坑底。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### (2) 基础施工：

①施工前应检查基础底面，清除基底表面风化、松软的土石和杂物。

②硬质岩石上的浆砌片石基础**宜满坑砌筑**。浆砌片石底面应卧浆铺砌，立缝要填浆补实，不得有空隙和立缝贯通现象。

③台阶式基础**宜与墙体连续砌筑**，基底及墙趾台阶转折处**不得砌成垂直通缝**，砌体与台阶壁间的缝隙砂浆应饱满。

④基础应在基础砂浆强度**达到设计强度的75%后**及时分层回填夯实。回填应在表面留3%的向外斜坡。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### (3) 墙身施工：

- ①砌石墙身应分层错缝砌筑，咬缝应不小于砌块长度的 $1/4$ ，且不得出现贯通竖缝。
- ②片石、砌块应大面朝下砌筑，砌块不应直接接触，间距宜不小于20mm。
- ③混凝土墙身应水平分层浇筑，分层振捣。分层厚度应不超过300mm。
- ④混凝土浇筑应连续进行。如间断，间断时间应小于前层混凝土的初凝时间，否则按施工缝处理。
- ⑤浇筑过程中应有专人检查模板及支撑工作情况，发现问题及时处理。
- ⑥挡土墙端部伸入路堤或嵌入挖方部分应与墙体同时砌筑。挡土墙顶应找平抹面或勾缝，其与边坡间的空隙应采用黏土或其他材料夯填封闭。
- ⑦墙身施工完毕后应及时养护。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

(4) 伸缩缝与沉降缝内两侧壁应竖直、平齐，无搭叠。缝中防水材料应按设计要求施工。

(5) 挡土墙与桥台、隧道洞门连接处应协调施工，必要时可设置临时支撑，确保与墙相接的填方或山体的稳定。

(6) 挡土墙混凝土或砂浆强度达到设计强度的75%时，应及时进行墙背回填。距墙背0.5~1.0m内，不得使用重型振动压路机碾压。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

(7) 墙背填料：

①**宜**采用砂性土、卵石土、砾石土或块石土等透水性好、抗剪强度高的材料。

②采用**黏质土**作为填料时，应在墙背设置厚度**不小于300mm的砂砾或其他透水性材料排水层**。排水层顶部应采用黏质土层封闭，土层厚度宜不小于500mm。

③填料中**不得**含有机物、冰块、草皮、树根及生活垃圾。**不得**使用腐殖土、盐渍土、淤泥、白垩土、硅藻土、生活垃圾及有机物等作为墙背填料。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

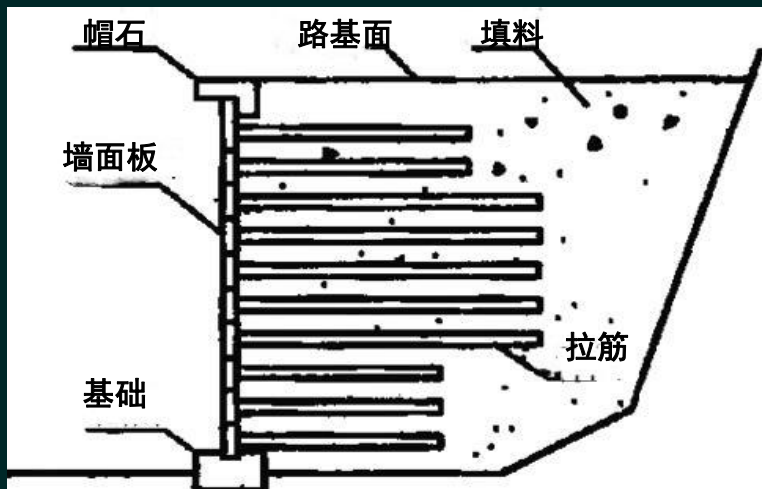
### (二) 加筋土挡土墙工程施工技术

#### 1. 特点及适用条件

加筋土挡土墙由**填料**、**在填料中布置的拉筋**以及**墙面板**三部分组成。

一般应用于地形较为平坦且宽敞的**填方**路段上，在挖方路段或地形陡峭的山坡，由于不利于布置拉筋，一般不宜使用。

加筋土是柔性结构物，能够适应地基轻微的变形。

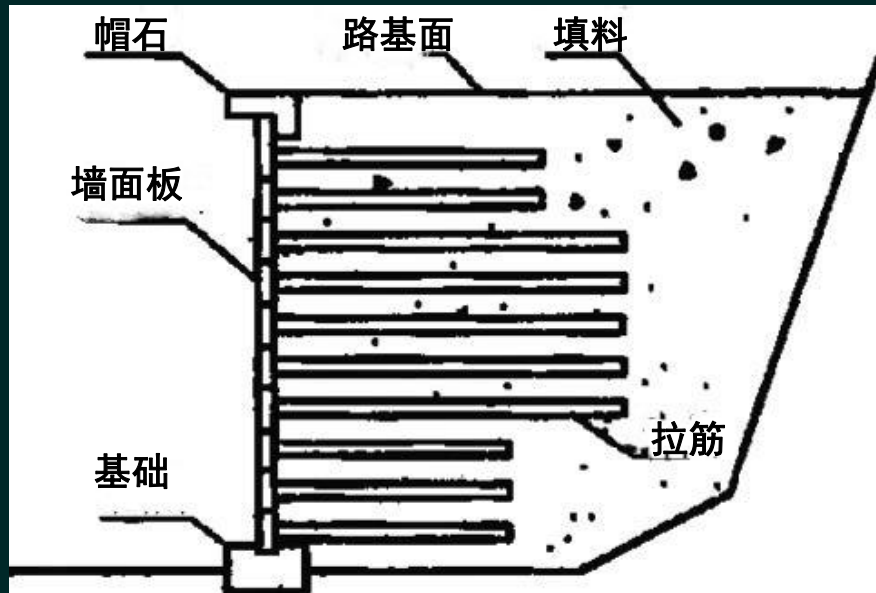




## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### 2. 施工要求

加筋土挡土墙施工主要工序：施工准备→基坑开挖→地基处理→排水设施→基础浇（砌）筑→**构件预制与安装**→**铺设筋带**→**填料填筑与压实**→墙顶封闭。







## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### 2. 施工要求

(1) 墙背拉筋锚固段填料宜采用具有一定级配、透水性好**的砂类土或碎砾石土**，土中的粗颗粒不应含有在压实过程中可能破坏拉筋的带尖锐棱角的颗粒。

(2) 拉筋应按设计位置水平铺设在已经整平、压实的土层上，单根拉筋应垂直于面板，多根拉筋应按设计扇形铺设。聚丙烯土工带拉筋安装应平顺，不得打折、扭曲，不得与硬质、棱角填料直接接触。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

(3) 填料摊铺、碾压应从拉筋**中部**开始平行于墙面碾压，先向拉筋**尾部**逐步进行，然后再向**墙面**方向进行，严禁平行于拉筋方向碾压。

(4) 填土分层厚度及碾压遍数，应根据拉筋间距、碾压机具和密实度要求，通过试验确定，**严禁使用羊足碾碾压**。靠近**墙面板1m范围内**，应使用**小型机具夯实或人工夯实**，不得使用重型压实机械压实。



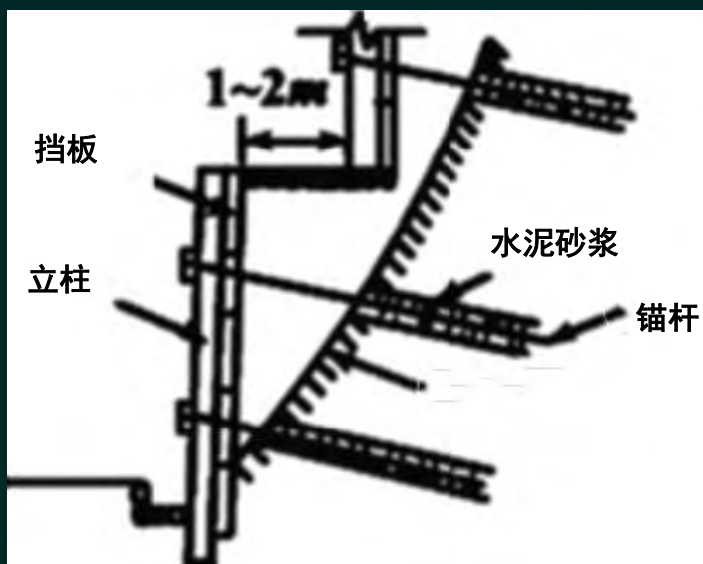


## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### (三) 锚杆挡土墙工程施工技术

#### 1. 特点及适用条件

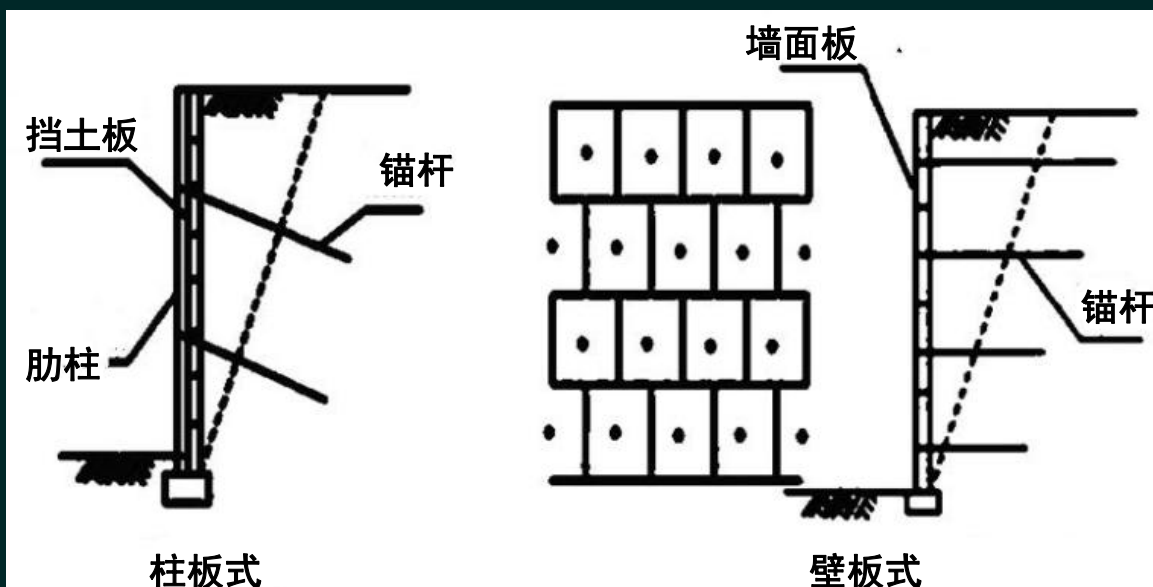
锚杆一端与工程结构物连接，另一端通过钻孔、插入锚杆、灌浆、养护等工序锚固在稳定的地层中。





## 1.2.2 支挡工程设置与施工

按墙面的结构形式可分为**柱板式**锚杆挡土墙和**壁板式**锚杆挡土墙。





## 1.2.2 支挡工程设置与施工

锚杆挡土墙适用于缺乏石料的地区和挖基困难的地段，一般用于岩质路堑路段，但其他具有锚固条件的路堑墙也可使用，还可应用于陡坡路堤。

锚杆挡土墙的**优点**：结构重量轻，节约大量的圬工和节省工程投资；利于挡土墙的机械化、装配化施工，提高劳动生产率；少量开挖基坑，克服不良地基开挖的困难，并利于施工安全。

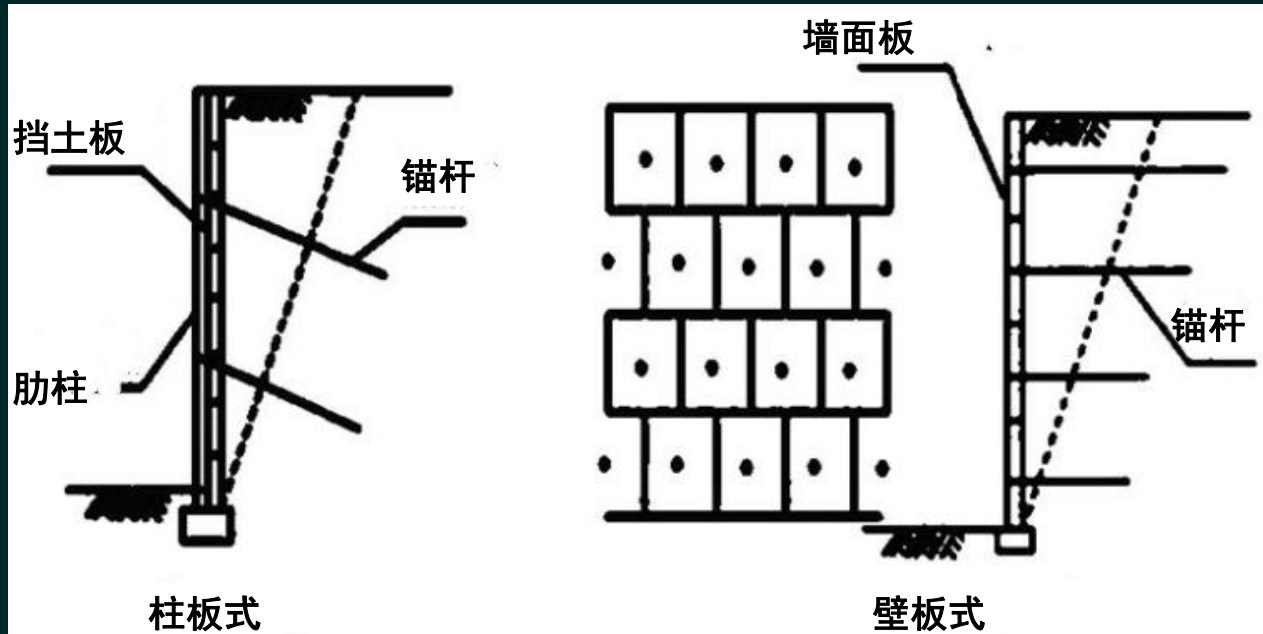
锚杆挡土墙**缺点**：施工工艺要求较高，要有钻孔、灌浆等配套的专用机械设各，且要耗用一定的钢材。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### 2. 施工要求

施工工序：施工准备→基坑开挖→基础浇（砌）筑→锚杆制作→钻孔→锚杆安放与注浆锚固→肋柱和挡土板预制→肋柱安装→挡土板安装→墙后填料填筑与压实→附属工程施工等。





## 1.2.2 支挡工程设置与施工

其施工要求如下：

- (1) 施工时应针对地层和岩石特点，采用与其相适配并能斜孔钻进的钻机，并根据岩质选择钻头。
- (2) 锚孔直径应满足设计要求，钻孔时宜保持孔壁粗糙。
- (3) 挡土板和锚杆的施工应逐层由下向上同步进行，挡土板之间的安装缝应均匀，缝宽宜小于10mm。同一肋柱上两相邻跨的挡土板搭接处净间距宜不小于30mm，并按施工缝处理。
- (4) 挡土板安装时应防止与肋柱相撞，避免损坏角隅或开裂。
- (5) 挡土板后的防排水设施及反滤层应与挡土板安装同步进行。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### (四) 抗滑桩

#### (增)

抗滑桩施工工序为：测量放样及定桩位→孔口护圈浇筑→第一节桩孔土方开挖→桩基中心位置检测→支护壁模板→浇护壁混凝土→安装电动葫芦、吊桶等→开挖、调运第二节桩孔土方→支护壁模板、浇护壁混凝土→依次向下循环作业至桩底→检查验收桩孔→钢筋笼制作、安装→浇筑桩身混凝土→桩基成品检测、验收→抗滑桩与其他支挡结构物连接。





## 1.2.2 支挡工程设置与施工

### (四) 抗滑桩

#### 1. 施工准备

- ① 施工期间应根据实际地质情况考虑开挖时的预加固措施。
- ② 应**整平孔口地面**，并设置地表截、排水及防渗设施。
- ③ 应设置滑坡变形、移动监测点，并进行连续观测。
- ④ 雨期施工时，应在孔口搭设雨篷，做好**锁口**，孔口地面上应加筑适当高度的围埂。





## 1.2.2 支挡工程设置与施工

2. 开挖及支护应符合下列规定：

- (1) **相邻桩不得同时开挖**。开挖桩群应从两端沿滑坡主轴间隔开挖，桩身强度达到**设计强度的75%**后方可开挖邻桩。
- (2) 开挖应分节进行。分节不宜过长，**每节宜为0.5~1.0m**。不得在土石层变化处和滑动面处分节。
- (3) **应开挖一节、支护一节**。灌注前应清除孔壁上的松动石块、浮土。围岩松软、破碎、有水时，护壁宜设泄水孔。
- (4) 开挖应在**上一节护壁混凝土终凝后**进行，护壁混凝土模板支撑应在混凝土强度达到能保持护壁结构不变形后方可拆除。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

(5) 在围岩松软、破碎和有滑动面的节段，应在护壁内顺滑动方向设置临时横撑加强支护，并观察其受力情况，及时进行加固。

(6) 开挖时应采取**照明、排水**等措施，保证施工安全。

(7) 挖除的渣土弃渣**不得堆放在滑坡范围内**。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

3. 桩基开挖过程中，应随时核对滑动面情况，及时进行岩性资料编录。当实际情况与设计不符时，应及时反馈处理。

4. 桩身混凝土施工应符合下列规定：

(1) 灌注前，应检查断面净空，清洗混凝土护壁。

(2) 钢筋笼搭接接头不得设在土石分界和滑动面处。

钢筋保护层厚度应满足设计要求。

(3) 灌注应连续进行，不得中断。

5. 桩间支挡结构及与桩相邻的挡土、排水设施等应与抗滑桩正确连接，配套完整。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

6. 桩板式抗滑挡土墙施工应符合下列规定：

(1) 挡土板应在**桩身混凝土达到设计强度后安装**。挡土板安装时，应边安装边回填，并做好挡土板后排水设施。

(2) 桩间采用土钉墙或喷锚支护时，桩间土体应分层开挖、分层加固。

(3) 应严格控制墙背填土的压实度，压实时应保护好锚索。

7. 施工过程中应对**地下水位、滑坡体位移和变形**进行监测。



## 1.2.2 支挡工程设置与施工

【例题】岩石挖方路段不宜选用的挡土墙是（ ）。

- A. 重力式挡土墙
- B. 加筋土挡土墙
- C. 锚杆挡土墙
- D. 锚定板式挡土墙

【答案】B。

解析：加筋挡土墙一般应用于地形较为平坦且宽敞的填方路段上，在挖方路段或地形陡峭的山坡，由于不利于布置拉筋，一般不宜采用。



## 1.3 路基试验检测



## 1.3.1 最佳含水量测定

### 知识要点

【1】击实试验法

【2】振动台法与表面振动压实仪法





### 1.3.1 最佳含水量测定

最佳含水量是指击实曲线上最大干密度所对应的含水量。

试验方法有**击实试验法**、**振动台法**和**表面振动击实仪法**。



## 1.3.1 最佳含水量测定

### 一、击实试验法

击实试验分**轻型**和**重型**击实。

1. 用干法或湿法制备一组不同含水量（相差约2%）的试样（不少于五个）。
2. 取制备好的土样按所选击实方法分**3次**或**5次**倒入击实筒。
3. 计算各试样干密度，以干密度为纵坐标，含水量为横坐标绘制曲线，曲线上峰值点的纵、横坐标分别为**最大干密度**和**最佳含水量**。





## 1.3.1 最佳含水量测定

### 二、振动台法与表面振动压实仪法

振动台法与表面振动压实仪法均采用**振动方法**测定的最大干密度。

适用于通过0.075mm标准筛的干颗粒、质量百分数不大于15%无黏性自由排水粗粒土和巨粒土。



## 1.3.2 压实度检测

压实度：**现场干密度**和**室内最大干密度**（在最佳含水量的情况下）的比值。

方法	适用条件
灌砂法	适用 <b>路基土</b> 压实度检测， <b>不宜用于填石路堤</b> 等有大孔洞或大孔隙材料的测定。
环刀法	用于 <b>细粒土</b> 的密度测试。
核子密度湿度仪法	利用放射性元素测路基或路面材料的密度和含水率。
无核密度仪法	采用电磁法测量来测量路基密度。



## 1.3.2 压实度检测

【例题】路基压实度的现场测定方法有（ ）。

- A. 重型击实法
- B. 灌砂法
- C. 表面振动压实仪法
- D. 环刀法
- E. 核子密度湿度仪法

【答案】BDE。

解析：压实度是路基质量控制的重要指标之一，是现场干密度和室内最大干密度的比值。压实度越高、路基密实度越大，材料整体性能越好。其现场密度的测定方法包括灌砂法、环刀法和核子密度湿度仪法。



## 1.3.3 弯沉检测

弯沉是指在规定的标准轴载作用下，路基或路面表面轮隙位置产生的总垂直变形（总弯沉），或垂直回弹变形（回弹弯沉），以0.01mm为单位，是路基或路面质量控制的重要指标之一。

常用的几种弯沉值测试方法的特点

1. 贝克曼梁法（静态测试）
2. 自动弯沉仪法（属于静态弯沉）
3. 落锤弯沉仪（属于动态弯沉）





## 1.4 路基工程质量通病及防治措施



## 1.4.1 路基压实质量问题防治

### 一、路基行车带压实度不足原因及预防措施

- (1) 压实遍数不够
- (2) 压实机械与填土土质、填土厚度不匹配
- (3) 碾压不均匀，局部有漏压现象；（预防：碾压轮迹重叠、铺筑段落搭接超压应符合规范要求）
- (4) 含水量偏离最佳含水量，超过有效压实规定值；（预防：填筑土应在最佳含水量 $\pm 2\%$ 时进行碾压）
- (5) 没有对紧前层表面浮土或松软层进行处治；（预防：应处治）
- (6) 土场土质种类多，出现不同类别土混填；（预防：不同类别的土应分别填筑，不得混填，**每种填料层累计厚度一般不宜小于0.6m**）





## 1.4.1 路基压实质量问题防治

(7) 填土颗粒过大 ( $>10\text{cm}$ )，颗粒之间空隙过大，或者填料不符合要求，如粉质土、有机土及高塑性指数的粘土等。（预防：选择级配较好的粗粒土，填土应水平分层填筑，分层压实，压实厚度通常不超过 $20\text{cm}$ ）



## 1.4.1 路基压实质量问题防治

### 二、治理措施

(1) 因含水量不适宜未压实时，处理：洒水或翻晒至最佳含水量时再重新进行碾压；

(2) 因填土土质不适宜未压实时，处理：清除不适宜填料土，换填良性土后重新碾压；

(3) 对产生“**弹簧土**”的部位处理：

①过湿土翻晒；

②掺生石灰粉翻拌，待其含水量适宜后重新碾压；

③或挖除换填含水量适宜的良性土壤后重新碾压。



## 1.4.1 路基压实质量问题防治

### 三、路基边缘压实度不足的原因及防治

#### 原因分析及防治：

- (1) 路基填筑宽度不足，未按超宽填筑要求施工；  
(预防：超宽填筑)
- (2) 压实机具碾压不到边；（预防：保证机具碾压到边）
- (3) 路基边缘漏压或压实遍数不够；（预防：确保轮迹重叠宽度和段落搭接超压长度）
- (4) 采用三轮压路机碾压时，边缘带（0~75cm）碾压频率低于行车带。（预防：确保边缘带碾压频率高于或不低于行车带）



## 1.4.2 路基边坡病害防治

### 一、处治措施（增）

(1) 加强地面排水。设置边沟、截水沟、排水沟、跌水与急流槽等排除地表水。

(2) 采取坡面防护。包括植物防护、工程防护和骨架植物防护等措施。

(3) 排除深层地下水。包括渗沟排水、渗水隧洞排水、平孔排水和集水井排水等措施排除地下水。

(4) 采取土钉支护、预应力锚杆（索）和非预应力锚杆（索）等措施。

(5) 设置挡土墙、抗滑桩等支挡结构物。



## 1.4.3 高填方路基沉降防治

### 一、原因分析

1. 按般路堤设计，**没有验算路堤稳定性**、地基承载力和沉降量。
2. 地基处理不彻底，压实度达不到要求，或**地基承载力不够**。
3. 高填方路堤**两侧超填宽度不够**。
4. 工程地质不良，且未作地基孔隙水压力观察。
5. 路堤受水浸泡部分边坡陡，填料土质差。
6. 路堤填料不符合规定，随意增大填筑层厚度，压实不均匀，且达不到规定要求。
7. 路堤固结沉降。



## 1.4.3 高填方路基沉降防治

### 二、预防措施

1. 高填方路堤应按相关规范要求**进行特殊设计**，进行**路堤稳定性、地基承载力和沉降量**验算。
2. 地基应按规范进行**场地清理**，并碾压至设计要求的**地基承载压实度**。
3. 高填方路堤应严格按设计**边坡度**填筑，路堤两侧必须**做足**，**不得贴补帮宽**；路堤两侧**超填宽度**一般控制在**30~50cm**，逐层填压密实，然后削坡整形。
4. 对软弱土地基，应注意观察地基土**孔隙水压力**情况，根据**孔隙水压**确定填筑速度；除对软基进行必要处理外，**从原地面以上1~2m高度范围内不得填筑细粒土**。



### 1.4.3 高填方路基沉降防治

5. 高填方路堤受水浸泡部分应采用水稳性及透水性好的填料，其边坡如设计无特殊要求时，不宜陡于1：2。
6. 严格控制高路堤填筑料，控制其最大粒径、强度，填筑层厚度要与土质和碾压机械相适应，控制碾压时含水量、碾压遍数和压实度。
7. 高填方路堤应设沉降预留超高，开工后先施工高填方段，留足填土固结时间。



## 1.4.4 路基裂缝防治

### 一、路基纵向开裂病害及防治措施

原因及预防措施：

- (1) 清表不彻底，路基基底存在软弱层或坐落于古河道处。  
(及时发现路基基底暗沟、暗塘，消除软弱层。)
- (2) 沟、塘清淤不彻底，回填不均匀或压实度不足。(选用水稳性好的材料严格分层回填，严格控制压实度，)
- (3) 路基压实不均。
- (4) 旧路利用路段，新旧路基结合部未挖台阶或台阶宽度不足。(半填半挖路段，地面横坡大于1：5及旧路利用路段，应严格按照规范要求将原地面挖成宽度不小于1.0m的台阶并压实。)
- (5) 半填半挖路段未按规范要求设置台阶并压实。





## 1.4.4 路基裂缝防治

(6) 使用渗水性、水稳性差异较大的土石混合料时，错误地采用了纵向分幅填筑。（渗水性、水稳性差异较大的土石混合料应分层或分段填筑，不宜纵向分幅填筑。）

(7) 高速公路因边坡过陡、行车渠化、交通频繁振动而产生滑坡，最终导致纵向开裂。



## 1.4.4 路基裂缝防治

### 二、路基横向裂缝病害及防治措施

#### 原因及预防措施：

- (1) 路基填料直接使用了液限大于50%、塑性指数大于26的土。（预防：禁止直接使用或技术处理）
- (2) 同一填筑层路基填料混杂，塑性指数相差悬殊。  
（预防：不同种类的土应分层填筑，同一填筑层不得混用）
- (3) 路基顶下层平整度填筑层厚度相差悬殊，且最小压实厚度小于8cm。
- (4) 暗涵结构物基底沉降或涵背回填压实度不符合规定。  
（预防：涵背回填透水性材料，层厚宜15cm一层，在场地狭窄时可用小型压路机压实）



## 1.4.4 路基裂缝防治

### 三、路基网裂病害及防治措施

#### 原因及预防措施：

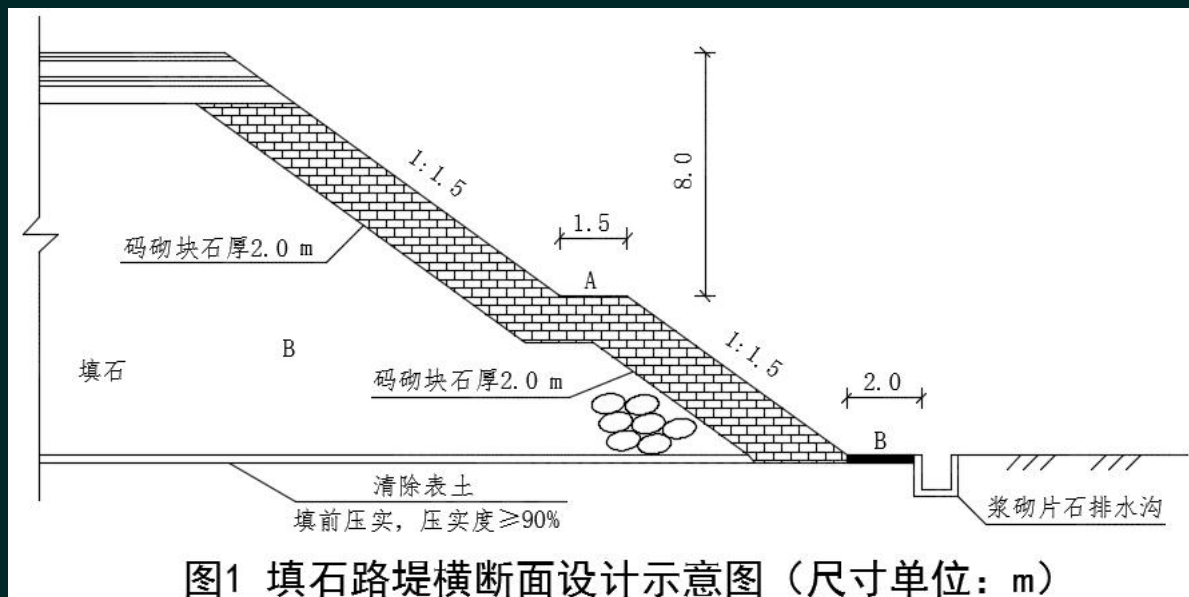
- (1) 土的塑性指数偏高或为膨胀土。（预防：采用合格的填料，或采取掺加石灰、水泥改性处理措施）
- (2) 路基碾压时土含水量偏大，且成型后未能及时覆土。（预防：控制填土最佳含水率时碾压。）
- (3) 路基压实后养护不到位，表面失水过多。（预防：加强养护）
- (4) 路基下层土过湿。（预防：采取换填土或律加生石灰粉等技术措施处治。）



## 案例练习

### 【背景资料】

某施工单位承建了一段二级公路的路基工程，路基宽度12m，其中设计有1250m的填石路堤，其横断面设计示意图如图1所示：





## 案例练习

施工中发生以下事件：

事件一：填石路堤施工前，施工单位选择了地质条件，路基断面形式等具有代表性的

K32+430~K32+530段铺筑了填石路堤试验路段，填料均取自主线K32+010~K32+300段路堑爆破的石灰岩石渣，对拟作为路堤填料的材料进行取样试验，其单轴饱和抗压强度在40~55MPa之间，属于中硬岩石。

通过路堤试验段施工，施工单位总结出一套适用于该段填石路堤施工的方案，确定了满足填石路堤压实质量控制标准的机械组合以及压实机械规格、松铺厚度、沉降差，孔隙率等相关差数与指标，填石路堤机械配置见表1



## 案例练习

机械名称	规格型号	数量	备注
挖掘机	PC400	2	
自卸汽车	20T	4	每车装石渣 11m <sup>3</sup>
装载机	1.5m <sup>3</sup>	2	
C	D85	1	
压路机	18T	1	
压路机	22T	1	
洒水车	8000L	1	
破碎锤		1	
小型夯实机		1	



## 案例练习

事件二：施工中，为控制分层填筑松铺厚度和减少摊铺工作量，施工单位根据车配置和试验路段获取的松铺厚度50cm计算出填石路堤填前正方形网络尺寸。并用石灰粉划分成方格网，采用两边挂线施工以控制松铺厚度，每格上料一车。

事件三：针对设计图要求码砌的2M厚块石工程量，施工单位提出需按干砌块石来单独计量，而监理单位则要求同路基中的填石一起均按填石路堤计量。

事件四：在填石路堤质量检验过程中，施工单位实测的项目有：压实，纵断高程、中线偏位、宽度、平整度、边坡坡度。



## 案例练习

### 【问题】

1. 事件一中，施工单位填石路堤试验路段选择是否正确，说明理由，补充事件一中路堤试验段压实工艺主要参数。

事件一：填石路堤施工前，施工单位选择了地质条件，路基断面形式等具有代表性的

K32+430~K32+530段铺筑了填石路堤试验路段，填料均取自主线K32+010~K32+300段路堑爆破的石灰岩石渣，对拟作为路堤填料的材料进行取样试验，其单轴饱和抗压强度在40~55MPa之间，属于中硬岩石。

通过路堤试验段施工，施工单位总结出一套适用于该段填石路堤施工的方案，确定了满足填石路堤压实质量控制标准的机械组合以及压实机械规格、松铺厚度、沉降差，孔隙率等相关差数与指标。





## 案例练习

### 【参考答案】

1. (1) 施工单位填石路堤试验路段选择不正确的。

理由：试验路段应选择地质条件、路基断面形式等具有代表性的地段，长度宜不小于200m。K32+430~K32+530段的长度等于100m。

(2) 路堤试验段压实工艺主要参数还有碾压遍数、碾压速度、最佳含水率及碾压时含水率范围。



# 案例练习

## 【问题】

2. 写出图1中A、B两处部位的名称，写出表1中机械设备C的名称与作用。

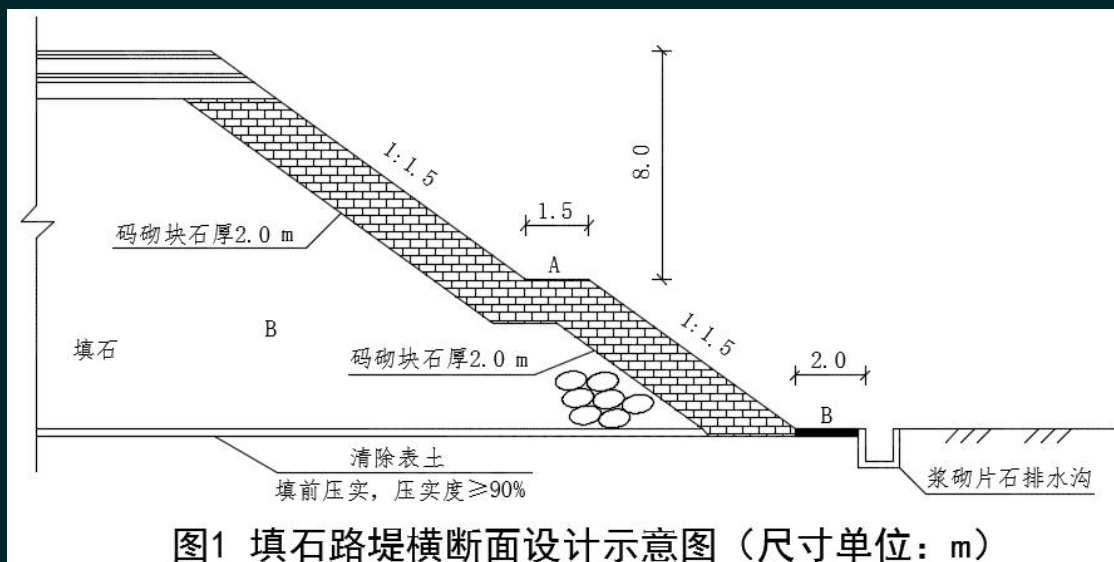


图1 填石路堤横断面设计示意图 (尺寸单位: m)

## 【参考答案】

2. A. 边坡平台、B为护坡道。C推土机。整平。



## 案例练习

### 【问题】

3. 计算事件二中填石路堤填前正方形网格每一格的边长。（单位：m，计算结果保留小数点后1位）

事件二：施工中，为控制分层填筑松铺厚度和减少摊铺工作量，施工单位根据车配置和试验路段获取的松铺厚度50cm计算出填石路堤填前正方形网络尺寸。并用石灰粉划分成方格网，采用两边挂线施工以控制松铺厚度，每格上料一车。

机械名称	规格型号	数量	备注
挖掘机	PC400	2	
自卸汽车	20T	4	每车装石渣 11m <sup>3</sup>
装载机	1.5m <sup>3</sup>	2	
C	D85	1	
压路机	18T	1	
压路机	22T	1	
洒水车	8000L	1	
破碎锤		1	
小型夯实机		1	

【参考答案】3.  $X^2 * 0.5 = 11m^3$ 。  $X = 4.7m$



## 案例练习

### 【问题】

4. 事件三中，施工单位与监理单位的做法哪个正确？说明理由。

事件三：针对设计图要求码砌的2M厚块石工程量，施工单位提出需按干砌块石来单独计量，而监理单位则要求同路基中的填石一起均按填石路堤计量。

**【参考答案】**4. 监理单位；边坡码砌包含在填石路基的单价里，不单独计量。理由：无论当地的习惯如何（除非合同中另有规定），计量必须以净值为准。以图纸尺寸为准，边坡码砌属于路堤的一部分。



## 案例练习

### 【问题】

5. 事件四中填石路堤实测项目中的漏项。写出实测项目中的关键项目。

事件四：在填石路堤质量检验过程中，施工单位实测的项目有：压实，纵断高程、中线偏位、宽度、平整度、边坡坡度。

**【参考答案】**5. 弯沉，横坡，平顺度。关键项目压实、弯沉。

谢 谢 观 看

T h a n k s f o r w a t c h i n g



# 公路工程管理与实务

公路工程

技术

- 路基工程
- 路面工程
- 桥涵工程
- 隧道工程
- 交通工程

法规

- 相关法规
- 相关标准

管理

- 公路工程企业资质与施工组织
- 施工招标投标与合同管理
- 施工进度管理
- 施工质量管理
- 施工成本管理
- 施工安全管理
- 绿色施工及现场环境管理
- 施工技术与设备管理





## 第2章 路面工程



## 2.1 路面基层（底基层）施工



## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

### 知识要点

- 【1】粒料基层的分类及适用范围
- 【2】原材料技术要求
- 【3】填隙碎石施工



## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

### 一、粒料基层包含内容及适用范围

类别	分类	适用范围
粒料基层	嵌锁型（泥结碎石、泥灰结碎石、填隙碎石）	填隙碎石可用于各等级公路的底基层和二级以下公路的基层。
	级配型（级配碎石、级配砾石、符合级配的天然砂砾、部分砾石经轧制掺配而成的级配砾、碎石）	级配碎石可用于各级公路的基层和底基层。级配砾石、级配碎砾石以及符合级配、塑性指数等技术要求的天然砂砾，可适用于轻交通的二级和二级以下公路的基层以及各级公路的底基层。



## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

### 二、对原材料的技术要求

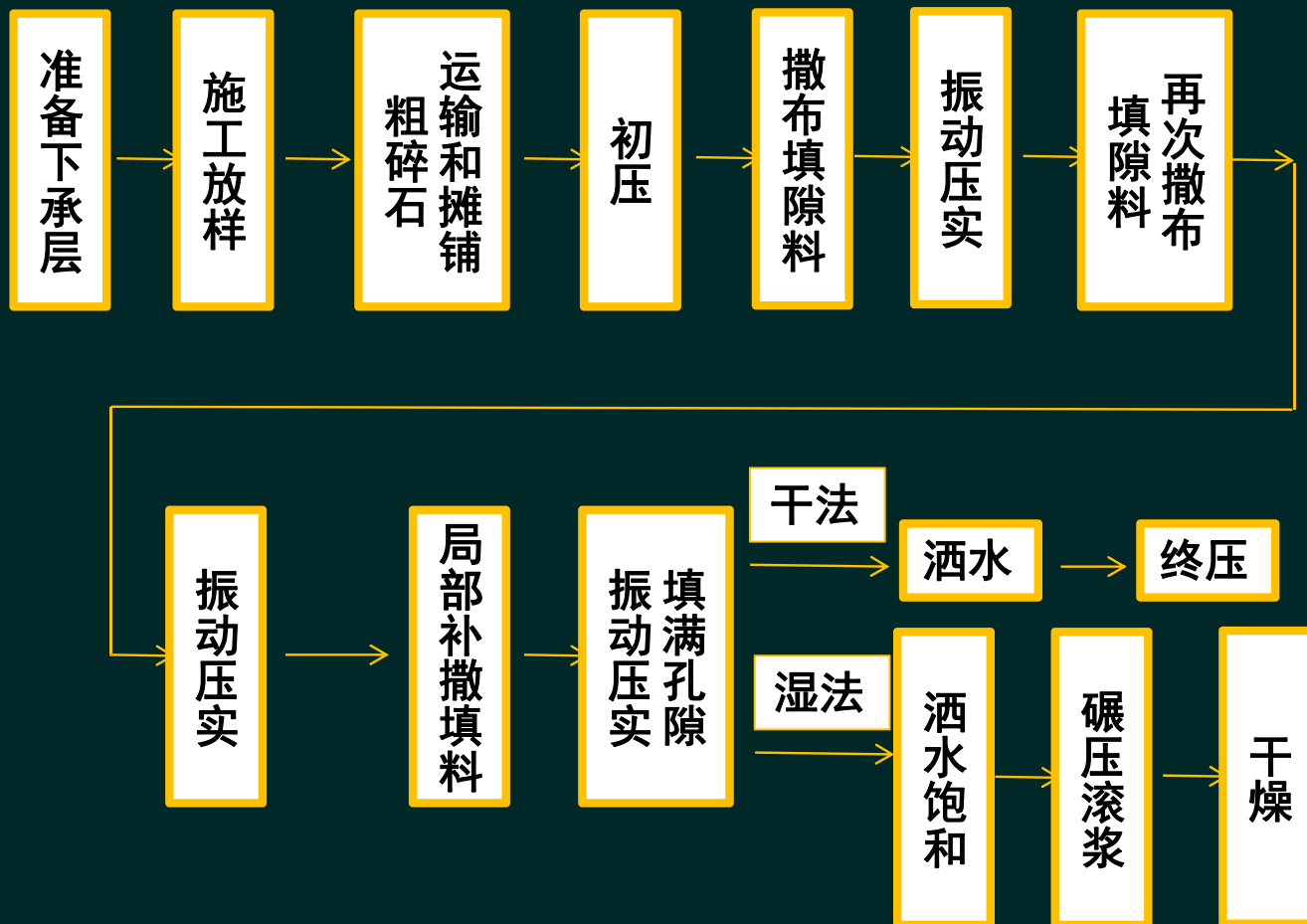
填隙碎石用作基层时，集料的公称最大粒径应不大于53mm；用作底基层时，应不大于63mm。

用作基层时集料的压碎值应不大于26%，用作底基层时应不大于30%。



## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

### 三、填隙碎石施工





## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

1. 填隙碎石可采用**干法**（干旱缺水）或**湿法**施工。干旱缺水地区宜采用干法施工，单层填隙碎石的压实厚度宜为公称最大粒径的1.5~2.0倍。

填隙碎石层上为薄层沥青面层时，宜使集料的棱角外露**3~5mm**。

2. 应根据各路段基层或底基层的**宽度、厚度及松铺系数**，计算各段需要的集料数量，并应根据运料车辆的车厢**体积**，计算每车料的堆放距离。填隙料的用量宜为集料质量的30%~40%。



## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

3. 填隙碎石的干法施工应符合下列规定：

(1) 初压宜用两轮压路机碾压3~4遍。

(2) 填隙料应采用石屑撒布机或类似的设备均匀地撒铺在已压稳的集料层上。松铺厚度宜为25~30mm。

(3) 应采用振动压路机慢速碾压，将全部填隙料振入集料间的空隙中。

(4) 填隙碎石表面空隙全部填满后，宜再用重型压路机碾压1~2遍。在碾压过程中，不应有任何蠕动现象。在碾压之前，宜在表面洒少量水。

(5) 需分层铺筑时，应将已压成的填隙碎石层表面集料外露5~10mm，然后在其上摊铺第二层集料。



## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

4. 填隙碎石湿法施工应按下列要求操作：

- (1) 集料层表面空隙全部填满后，宜立即用洒水车洒水，直到饱和。
- (2) 宜用重型压路机跟在洒水车后碾压。
- (3) 应洒水碾压至填隙料和水形成粉浆，粉浆应填塞全部空隙，并在压路机轮前形成微波纹状。





## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

### 四、级配碎石或砾石施工（增-后调至前）

级配碎石或砾石施工应符合下列规定：

- ①用**平地机**或其他合适的机具将材料均匀地摊铺在预定的宽度上，表面应平整，并具有规定的路拱。
- ②采用不同粒级的碎石和石屑时，宜将大粒径碎石铺在下层，中粒径碎石铺在中层，小粒径碎石铺在上层，洒水使碎石湿润后，再摊铺石屑。
- ③对未筛分碎石，摊铺平整后，应在其较潮湿的情况下，将石屑卸置其上，用平地机并辅以人工将石屑均匀摊铺在碎石层上。



## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

④检查材料层的松铺厚度，必要时，应进行减料或补料工作。

⑤同时摊铺路肩用料。

⑥对级配碎石材料，基层压实度应不小于99%，底基层压实度应不小于97%。

⑦对二级以下公路的级配碎石，可采用平地机或多铧犁与缺口圆盘耙相配合拌和，应符合规范规定。

⑧使用在料场已拌和均匀的级配碎石或砾石混合料，摊铺后有粗细颗粒离析现象时，应用平地机补充拌和。

⑨级配碎石、级配砾石基层未做透层沥青或铺设封层前，严禁开放交通。



## 2.1.1 粒料基层（底基层）施工

【例题】关于填隙碎石基层施工技术要求说法，错误的是（ ）。

- A. 填隙碎石层上为薄沥青面层时，碾压后宜使集料的棱角外露3~5mm。
- B. 填隙料应干燥
- C. 宜采用胶轮压路机静压，碾压时，表面集料间应留有空隙
- D. 填隙碎石基层未洒透层沥青或未铺封层时，不得开放交通

【答案】C。

解析：选项C，正确说法：宜采用振动压路机碾压，碾压后，表面集料间的空隙应填满，但表面应看得见集料。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 知识要点

- 【1】无机结合料的分类及适用范围
- 【2】原材料技术要求
- 【3】混合料的生产、摊铺及碾压
- 【4】无机结合料的养护、交通管制



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 一、无机结合料稳定基层（底基层）包括的内容及适用范围

类别	分类	适用范围
无机结合料基层	水泥稳定土	适用于各级公路的基层和底基层，但水泥稳定细粒土不能用作二级和二级以上公路高级路面的基层
	石灰稳定土	适用于各级公路的底基层，以及二级和二级以下公路的基层，但石灰土不得用做二级公路的基层和二级以下公路高级路面的基层
	石灰工业废渣稳定土	适用于各级公路的基层和底基层，但二灰、二灰土和二灰砂不应作二级和二级以上公路高级路面的基层



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 二、对原材料的技术要求

#### 1. 水泥及添加剂

(1) 强度等级为32.5或42.5，且技术标准满足规范要求的普通硅酸盐水泥等均可使用。

(2) 所用水泥初凝时间应大于3h，终凝时间应大于6h且小于10h。

(3) 在水泥稳定材料中掺加缓凝剂或早强剂时，应对混合料进行试验验证。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 2. 石灰

(1) 生石灰技术要求：在有效氧化钙加氧化镁含量、未消化残渣含量、氧化镁含量三个指标方面，应符合相关规范的规定。

消石灰技术要求：在有效氧化钙加氧化镁含量、含水率、细度、氧化镁含量四个指标方面，应符合相关规范的规定。

(2) 高速公路和一级公路的基层，宜采用磨细消石灰。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 3. 粉煤灰等工业废渣

(1) 干排或湿排的硅铝粉煤灰和高钙粉煤灰等均可用作基层或底基层的结合料。

(2) 各等级公路的底基层、二级及二级以下公路的基层使用的粉煤灰，应进行混合料**强度试验**，达到规格相关要求的强度指标时，方可使用。

(3) 煤矸石、煤渣、高炉矿渣、钢渣及其他冶金矿渣等工业废渣可用于修筑基层或底基层，使用前应**崩解稳定**，且宜通过不同龄期条件下的**强度**和**模量**试验以及**温度收缩**和**干湿收缩**试验等评价混合料性能。

(4) **水泥稳定煤矸石不宜用于高速公路和一级公路。**





## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 4. 粗集料

(1) 高速公路和一级公路**极重、特重**交通荷载等级基层的4.75mm以上粗集料应采用**单一**粒径的规格料。

(2) 应选择适当的碎石加工工艺，用于破碎的原石粒径应为破碎后碎石**公称最大粒径的3倍以上**。高速公路基层用碎石，应采用**反击破碎**的加工工艺。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 5. 材料分档与掺配

(1) 用于二级及二级以上公路基层和底基层的级配碎石或砾石，应由**不少于4种规格**的材料掺配而成。

(2) 级配碎石或砾石类材料中宜掺加石屑、粗砂等材料。

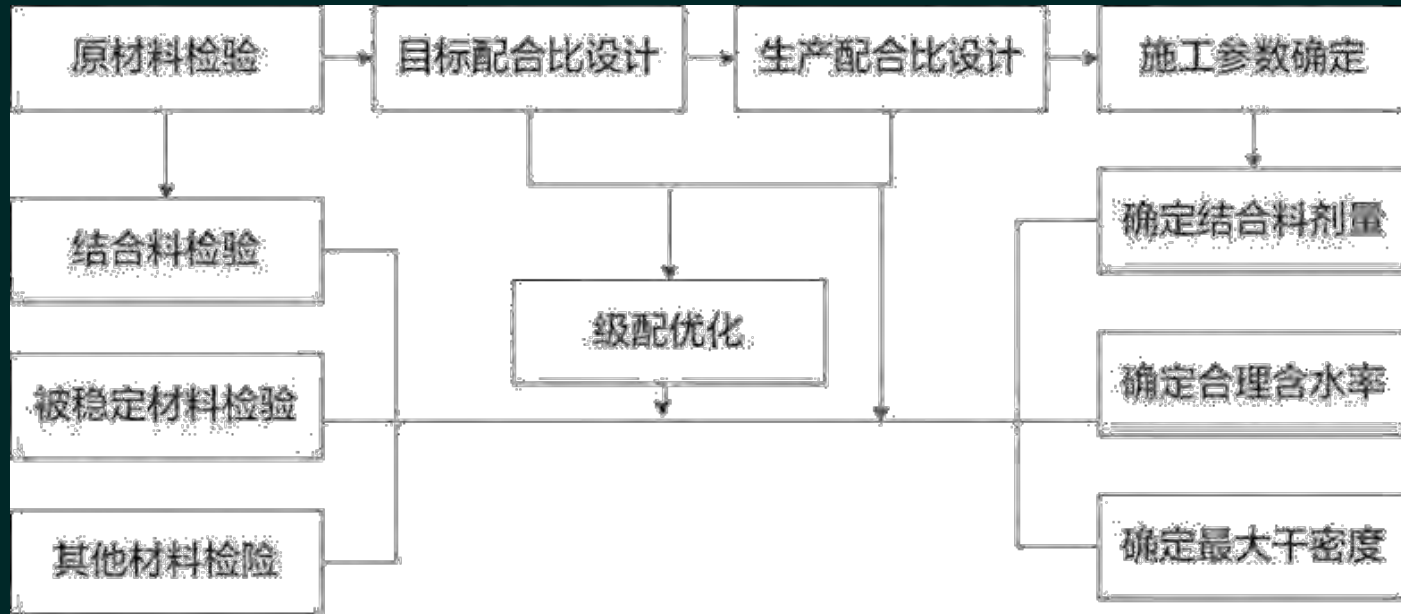
(3) 级配碎石或砾石细集料的**塑性指数应不大于12**。  
不满足要求时，可加**石灰、无塑性的砂或石屑**掺配处理。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 6. 混合料组成设计

(1) 无机结合料稳定材料组成设计应包括**原材料检验**、**混合料的目标配合比设计**、**混合料的生产配合比设计**和**施工参数确定**四部分。





## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

目标配合比设计	生产配合比设计	施工参数确定
<p>①选择级配范围。</p> <p>②确定结合料类型及掺配比例。</p> <p>③验证混合料相关的设计及施工技术指标。</p>	<p>①确定料仓供料比例。</p> <p>②确定水泥稳定材料的容许延迟时间。</p> <p>③确定结合料剂量的标定曲线。</p> <p>④确定混合料的<b>最佳含水率、最大干密度</b>。</p>	<p>①确定施工中结合料的剂量。</p> <p>②<b>确定施工合理含水率及最大干密度</b>。</p> <p>③验证混合料强度技术指标。</p>



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(2) 确定无机结合料稳定材料**最大干密度**指标时宜采用**重型击实方法**，也可采用**振动压实方法**。

(3) 用于基层的无机结合料稳定材料，**强度**满足要求时，尚宜检验其**抗冲刷**和**抗裂**性能。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 三、混合料生产、摊铺及碾压

#### 1. 一般规定

(1) 稳定材料层宽11~12m时，每一流水作业段长度以**500m**为宜。综合考虑下列因素，合理确定每日施工作业段长度：

- ①施工机械和运输车辆的生产效率和数量；
- ②施工人员数量及操作熟练程度；
- ③施工季节和气候条件；
- ④水泥的初凝时间和延迟时间；
- ⑤**减少**施工接缝的数量。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(2) 对水泥稳定材料或水泥粉煤灰稳定材料，宜在2h之内完成碾压成型，应取混合料的初凝时间与容许延迟时间较短的时间作为施工控制时间。

(3) 石灰稳定材料或石灰粉煤灰稳定材料层宜在当天碾压完成，最长不应超过4d。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(4) 无机结合料稳定材料结构层施工应选择适宜的气候环境，针对当地气候变化制订相应的处置预案，并应符合下列规定：

①宜在气温较高的季节组织施工。无机结合料稳定材料施工期的日最低气温应在 $5^{\circ}\text{C}$ 以上，在有冰冻的地区，应在第一次重冰冻到来的 $15\sim 30\text{d}$ 之前完成施工。

②应避免在雨期施工。

(5) 应将室内重型击实试验法确定的干密度作为压实度评价的标准密度。





## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 2. 混合料集中厂拌与运输

(1) 拌和厂应安置在地势相对较高的位置，并做好排水设施。

(2) 工程所需的原材料严禁混杂，应分档**隔仓堆放**，并有明显的标志。

(3) 细集料、水泥、石灰、粉煤灰等原材料应有**覆盖**。

(4) 加**水**量的计量应采用**流量计**的方式。





## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(5) 天气炎热或运距较远时，无机结合料稳定材料拌和时宜适当增加含水率。

对稳定中、粗粒材料，混合料的含水率可高于最佳含水率0.5~1个百分点；对稳定细粒材料，含水率可高于最佳含水率1~2个百分点。

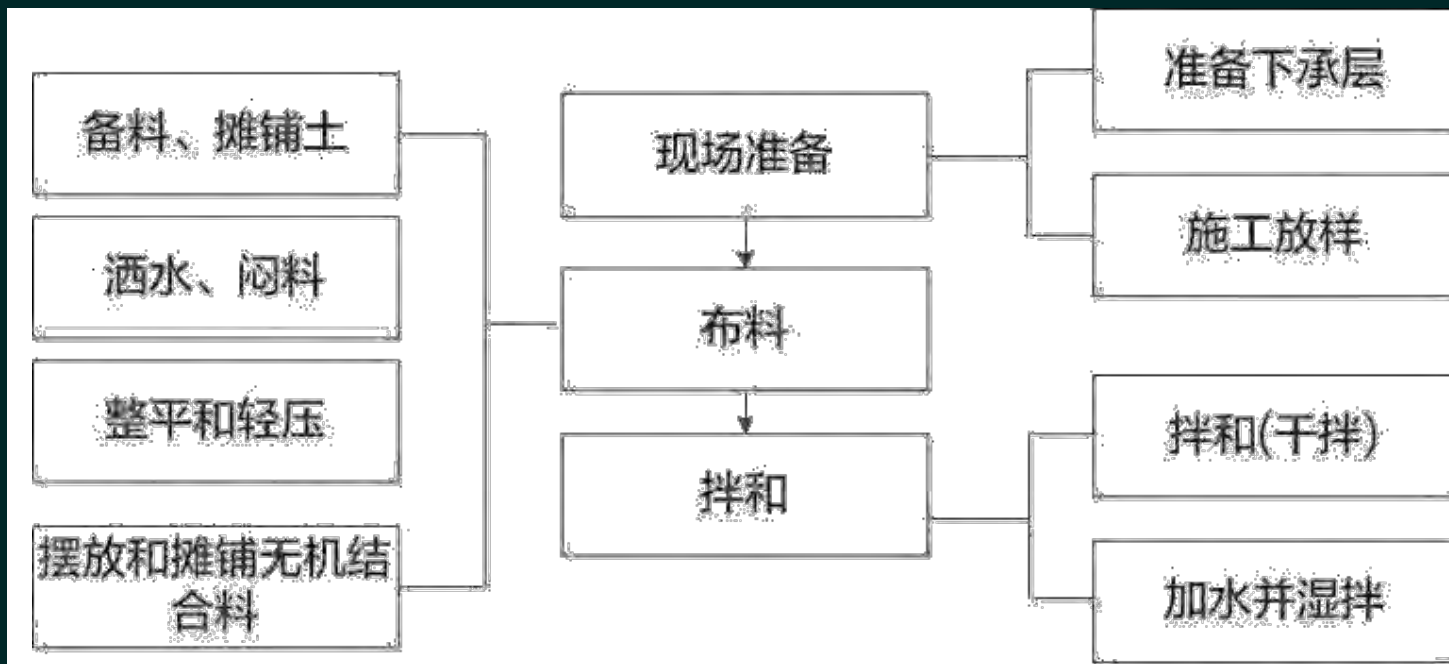
(6) 对高速公路和一级公路，水泥稳定材料从装车到运输至现场，时间宜不超过1h，超过2h时应作为废料处置。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 3. 混合料人工拌和

(1) 混合料人工拌和工艺应包括现场准备、布料和拌和等流程。





## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(2) 下承层为路基时，宜用12~15t三轮压路机或等效的碾压机械碾压3~4遍。

发现“弹簧”现象时，宜采用挖开晾晒、换土、掺石灰或水泥等措施处理。

(3) 下承层为粒料底基层时，应检测弯沉值。

(4) 下承层为原路面时，应检验其材料是否符合底基层材料的技术要求；不符合要求时，应翻松原路面并采取必要的处理措施。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(5) 应按下列方法计算现场拌合时的工程数量：

①根据各路段无机结合料稳定材料层的宽度、厚度及预定的干密度，计算各路段需要的干燥材料的数量。

②根据料场材料的含水率和所用运料车辆的吨位，**计算每车料的堆放距离。**

③根据无机结合料稳定材料层的厚度和预定的干密度及水泥剂量，计算每平方米无机结合料的用量，并确定摆放的纵横间距。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(6) 石灰稳定材料应符合下列规定：

①生石灰块应在使用前7~10d充分消解，消解后的石灰应保持一定的湿度，不得产生扬尘，也不可过湿成团。

②消石灰宜过9.5mm筛，并尽快使用。

③被稳定材料宜先摊平并用两轮压路机碾压1~2遍，再人工摊铺石灰。

(7) 石灰粉煤灰稳定材料应符合下列规定：

采用石灰粉煤灰作稳定材料时，应先将粉煤灰运到现场。

(运到现场的粉煤灰应含有足够的水分)



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(8) 水泥稳定材料应符合下列规定：

①被稳定材料应在**摊铺水泥的前一天**摊铺。

②按计算的每袋水泥摆放的纵横间距，在被稳定材料层上做标记，并将当日施工用水泥卸在做标记的地点，并检查有无遗漏和多余。用刮板将水泥均匀摊开，路段表面应没有空白位置，也没有水泥过分集中的区域，每袋水泥的摊铺面积应相等。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(9) 已整平材料含水率过小时，应在土层上洒水闷料，且应符合下列规定：

①细粒材料应经一夜闷料，中粒和粗粒材料可视其中细粒材料的含量，缩短闷料时间。

②对综合稳定材料（石灰粉煤灰或者水泥石灰综合类材料），应先将石灰和土拌合后一起闷料。

③对水泥稳定材料，应在摊铺水泥前闷料。





## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(10) 严禁在拌和层底部留有素土夹层，并应符合下列规定：拌和深度应达稳定层底并宜侵入下承层不小于5~10mm。

(11) 二级以下公路在没有专用拌和设备时，可用农用旋转耕作机与多铧犁或平地机相配合拌和，拌和时间不可过长。

(12) 拌和过程结束时，应及时检查含水率，含水率宜略大于最佳值。含水率不足时，宜采用喷管式洒水车补充洒水。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 4. 摊铺机摊铺与碾压

(1) 混合料摊铺应保证足够的厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度宜不小于160mm，最大厚度宜不大于200mm。

(2) 下承层是稳定细粒材料时，宜先将下承层顶面拉毛或采用凸块式压路机碾压，再摊铺上层混合料；

下承层是稳定中、粗粒材料时，应先将下承层清理干净，并洒铺水泥净浆，再摊铺上层混合料。

(3) 在施工期间，两台摊铺机的前后间距宜不大于10m，且两个施工段面纵向应有300~400mm的重叠。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(4) 在摊铺机后面应设专人消除粗、细集料离析现象，及时铲除局部粗集料堆积或离析的部位，并用新拌混合料填补。

(5) 二级以下公路没有摊铺机时，可采用摊铺箱摊铺混合料。

(6) 水泥稳定材料结构层施工时，应在混合料处于或略大于最佳含水率的状态下碾压。气候炎热干燥时，碾压时的含水率可比最佳含水率增加0.5~1.5个百分点。

(7) 石灰稳定材料和石灰粉煤灰稳定材料碾压时应处于最佳含水率或略大于最佳含水率状态，含水率宜增加1~2个百分点。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(8) 应根据施工情况配备足够的**碾压设备**，并应符合下列规定：

①双向四车道高速公路或一级公路的半幅摊铺时，应配备不少于4台重型压路机。

②双向六车道的半幅摊铺时，应配备不少于5台重型压路机。

(9) 采用钢轮压路机初压时，宜采用双钢轮压路机稳压2~3遍，再用激振力大于35t的重型振动压路机、18~21t三轮压路机或25t以上的轮胎压路机继续碾压密实，最后采用双钢轮压路机碾压，消除轮迹。

(10) 采用胶轮压路机初压时，应采用25t以上的重胶轮压路机稳压1~2遍，错轮不超过1/3的轮迹带宽度，再采用重型振动压路机碾压密实，最后采用双钢轮压路机碾压，消除轮迹。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(11) 混合料摊铺时，应保持连续。对水泥稳定材料，因故中断时间大于2h时，应设置横向接缝，并应符合下列规定：

①人工将末端含水率合适的混合料整齐，紧靠混合料末端放两根方木，方木的高度应与混合料的压实厚度相同，整平紧靠方木的混合料。

②方木的另一侧用砾石或碎石回填约3m长，其高度应高出方木20~30mm，并碾压密实。

③在重新开始摊铺混合料之前，应将砾石或碎石和方木除去，并将下承层顶面清扫干净。

④摊铺机应返回到已压实层的末端，重新开始摊铺混合料。

⑤摊铺中断大于2h且未按上述方法处理横向接缝时，应将摊铺机附近及其下面未经压实的混合料铲除，并将已碾压密实且高程和平整度符合要求的末端挖成与路中心线垂直并垂直向下的断面，再摊铺新的混合料。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(12) 摊铺时存在纵向接缝时，纵缝应垂直相接，严禁斜接，并应符合下列规定：

①在前一幅摊铺时，宜在靠中央的一侧用方木或钢模板做支撑，方木或钢模板的高度应与稳定材料层的压实厚度相同。

②应在摊铺另一幅之前拆除支撑。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 5. 人工摊铺与碾压

(1) 整形后，混合料的含水率满足要求时，应立即对结构层进行全宽碾压。在直线段和不设超高的平曲线段，宜从两侧路肩向路中心碾压，且轮迹应重叠 $1/2$ 轮宽，后轮应超过两段的接缝处。碾压次数宜为 $6\sim 8$ 遍。

(2) 采用人工摊铺和整形的稳定材料层，宜先用拖拉机或 $6\sim 8\text{t}$ 两轮压路机或轮胎压路机碾压 $1\sim 2$ 遍，再用重型压路机碾压。

(3) 碾压过程中，有“弹簧”、松散、起皮等现象时，应及时翻开重新拌和或用其他方法处理。

(4) 在碾压结束前，应用平地机终平一次，纵坡、路拱和超高应符合设计要求。终平时，应将局部高出部分刮除并扫出路外；对局部低洼处，不再找补。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(5) 同日施工的两工作段的衔接处理应符合下列规定：

①前一段拌和整形后，留5~8m不碾压。

②后一段施工时，在前一段的未压部分再加部分水泥重新拌和，并与后一段一起碾压。





## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(6) 应做好每天最后一段的施工缝，并应符合下列规定：

①在已碾压完成的无机结合料稳定材料层末端，挖一条横贯铺筑层全宽的宽约300mm的槽，直至下承层顶面。形成与路的中心线垂直并垂直向下的断面，并放两根与**压实厚度等厚**、长为全宽一半的方木紧贴垂直面。

②用原挖出的材料回填槽内其余部分。

③第二天邻接作业段拌和后除去方木，用混合料回填。

④靠近方木未能拌和的一小段，应人工补充拌和。

⑤整平时，接缝处的稳定材料应较已完成断面高出约50mm。

⑥新混合料碾压过程中，应将接缝修整平顺。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(7) 施工机械掉头处应符合下列规定：

在准备用于掉头的8~10m长的稳定材料层上，覆盖一张厚塑料布或油毡纸，再铺上约100mm厚的土、砂或砾石。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

四、无机结合料基层（底基层）养护、交通管制、层间处理及其他

### 1. 一般规定

(1) 无机结合料稳定材料层碾压完成并经**压实度检查合格**后，应及时养护。

(2) 无机结合料稳定材料的养护期宜**不少于7d**，养护期宜**延长至上层结构开始施工的前2d**。

(3) 养护可采取**洒水养护、薄膜覆盖养护、土工布覆盖养护、铺设湿砂养护、草帘覆盖养护、洒铺乳化沥青养护**等方式。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 2. 养护方式

(1) 土工布养护应符合下列规定：

- ① 高温期施工，上、下午宜各洒水一次。
- ② 养护至上层结构层施工前1~2d，方可将土工布掀开。

(2) 对沥青面层厚度大于20cm的结构或二级及二级以下公路的无机结合料稳定材料的基层可采用洒铺乳化沥青方式养护。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 3. 交通管制

(1) 正式施工前宜建好施工便道。对高速公路和一级公路，无施工便道，不应施工。

(2) 无机结合料稳定材料养护期间，小型车辆和洒水车的行驶速度应小于40km/h。

(3) 无机结合料稳定材料养护7d后，施工需要通行重型货车时，应有专人指挥，按规定的车道行驶，且车速应不大于30km/h。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 4. 无机结合料稳定材料层之间的处理

(1) 应采用人工、小型清扫车以及洒水冲刷的方式将下层表面的浮浆清理干净。下承层局部存在松散现象时，也应彻底清理干净。

(2) 下承层清理后应封闭交通。在上层施工前1~2h，宜撒布水泥或洒铺水泥净浆。

(3) 可采用上下结构层连续摊铺施工的方式，每层施工应配备独立的摊铺和碾压设备，不得采用一套设备在上下结构层来回施工。

(4) 稳定细粒材料结构层施工时，根据土质情况，最后一道碾压工艺可采用凸块式压路机碾压。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 5. 无机结合料稳定材料基层与沥青面层之间的处理

(1) 在沥青面层施工前1~2d内，应清理基层顶面。

(2) 应采用人工清扫、小型清扫车、空压机以及洒水冲刷等方式将基层表面的浮浆清理干净，并应符合下列规定：

① 基层表面达到无浮尘、无松动状态。

② 清理出小坑槽时，不得用原有基层材料找补。

③ 清理出较大范围松散时，应重新评定基层质量，必要时宜返工处理。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(4) 在基层表面干燥的状态下，可洒铺透层油。透层油宜采用稀释沥青、煤沥青或乳化沥青，沥青洒铺量宜为  $0.3\sim 0.6\text{kg}/\text{m}^2$ 。

(5) 透层油施工后**严禁**一切车辆通行。

(6) 下封层或粘层应在透层油挥发、破乳完成后施工，并封闭交通。





## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

(7) 对极重、特重交通荷载等级或较薄的沥青面层，基层顶面应采用**热洒沥青**的方式加强层间结合。并应符合下列规定：

①根据工程情况，热洒沥青可采用普通沥青、改性沥青或橡胶沥青。对高速公路和一级公路的极重、特重交通荷载等级，或沥青面层厚度小于150mm时，宜选择SBS性沥青或橡胶沥青。

②碎石撒布前应通过拌合设备加热、除尘、筛分，碎石撒布到路面前的温度应不低于80℃。

③高速公路和一级公路，不宜采用同步碎石施工设备，应采用分离式的施工设备。

④1台沥青洒布车配备2台碎石撒布车。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

### 6. 基层收缩裂缝的处理

基层在养生过程中出现裂缝，经过弯沉检测，结构层的承载能力满足设计要求时，可继续铺筑上面的沥青面层，也可采取下列措施处理裂缝：

- (1) 在裂缝位置灌缝。
- (2) 在裂缝位置铺设玻璃纤维格栅。
- (3) 洒铺热改性沥青。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

【例题】不能用于二级和二级以上公路高级路面基层的是（ ）。

- A. 水泥稳定细粒土
- B. 水泥稳定煤矸石
- C. 水泥稳定碎石土
- D. 水泥稳定砂砾

【答案】A。

解析：水泥稳定土包括水泥稳定级配碎石、未筛分碎石、砂砾、碎石土、砂砾土、煤矸石、各种粒状矿渣等，适用于各级公路的基层和底基层，但水泥稳定细粒土不能用作二级和二级以上公路高级路面的基层。



## 2.1.2 无机结合料稳定基层（底基层）施工

【例题】无机结合料稳定材料组成设计流程正确的是（ ）。

- A. 施工参数规定→生产配合比设计→目标配合比设计→原材料检验
- B. 施工参数规定→目标配合比设计→生产配合比设计→原材料检验
- C. 原材料检验→生产配合比设计→目标配合比设计→施工参数确定
- D. 原材料检验→目标配合比设计→生产配合比设计→施工参数确定

【答案】D。

解析：无机结合料稳定材料组成设计流程：原材料检验→目标配合比设计→生产配合比设计→施工参数确定。

## 2.2 沥青路面施工



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 一、沥青路面面层原材料要求

#### 1. 道路石油沥青

沥青等级	适用范围
A级沥青	各个等级的公路，适用于任何场合和层次
B级沥青	1. 高速公路、一级公路沥青下面层及以下层次， 二级及二级公路以下公路的各个层次； 2. 用作改性沥青、乳化沥青、改性乳化沥青、 稀释沥青的基质沥青
C级沥青	三级及三级以下公路的各个层次



## 2.2.1 沥青路面施工准备

(2) 对**高速公路、一级公路**，夏季温度高、高温持续时间长、重载交通、山区及丘陵区上坡路段、服务区、停车场等行车速度慢的路段，尤其是汽车荷载剪应力大的层次，宜采用**稠度大**（沥青稠度：材料的软硬、稀稠程度）、**粘度大**的沥青。

对**冬季寒冷**的地区或交通量小的公路、旅游公路宜选用**稠度小、低温延度大**的沥青；

对温度**日温差、年温差大**的地区宜注意选用**针入度指数大**的沥青。当高温要求与低温要求发生矛盾时应优先考虑满足**高温性能**的要求。



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 2. 乳化石油沥青

用于沥青表面处治、沥青贯入式路面、冷拌沥青混合料路面、修补裂缝，喷洒透层、粘层与封层等。

(1) 阳离子适用于各种集料品种，阴离子适用于碱性石料。

(2) 存放在立式罐中。

分类	品种及代号	适用范围
阳离子乳化沥青	PC-1	表处、贯入式路面及下封层用
	PC-2	透层油及基层养护用
	PC-3	粘层油用
	BC-1	稀浆封层或冷板沥青混合料用
阴离子乳化沥青	PA-1	表处、贯入式路面及下封层用
	PA-2	透层油及基层养护用
	PA-3	粘层油用
	BA-1	稀浆封层或冷板沥青混合料用
非离子乳化沥青	PN-2	透层油用
	BN-1	与水泥稳定集料同时使用





## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 3. 液体石油沥青

(1) 液体石油沥青适用于透层、粘层及拌制冷拌沥青混合料。根据使用目的与场所，可选用快凝、中凝、慢凝的液体石油沥青。

(2) 液体石油沥青宜采用针入度较大的石油沥青。

(3) 基质沥青的加热温度严禁超过 $140^{\circ}\text{C}$ ，液体沥青的贮存温度不得高于 $50^{\circ}\text{C}$ 。



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 4. 改性沥青

(1) 改性沥青可单独或复合采用高分子聚合物、天然沥青及其他改性材料制作。

(2) 供应商在提供改性沥青的质量报告时，应提供基质沥青的质量检验报告或沥青样品。

(3) 改性沥青宜在固定式工厂或在现场设厂集中制作，也可在拌合厂现场边制造边使用，改性沥青的加工温度不宜超过 $180^{\circ}\text{C}$ 。

### 5. 改性乳化沥青



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 6. 粗集料

(1) 沥青层用粗集料包括碎石、破碎砾石、筛选砾石、钢渣、矿渣等，高速公路和一级公路不能使用筛选砾石和矿渣。

(2) 当粗集料与沥青的粘附性不符合要求时，宜掺加消石灰、水泥或用饱和石灰水处理后使用，必要时可同时在沥青中掺加耐热、耐水、长期性能好的抗剥落剂，也可采用掺加改性沥青的措施，使沥青混合料的水稳定性检验达到要求。

(3) 筛选砾石仅适用于三级及三级以下公路的沥青表面处治路面。

(4) 经过破碎且存放期超过6个月以上的钢渣可作为粗集料使用。钢渣在使用前应进行活性检验，要求钢渣中的游离氧化钙含量不大于3%，浸水膨胀率不大于2%。



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 7. 细集料

细集料可采用天然砂、机制砂、石屑。

热拌密级配沥青混合料中天然砂的用量通常不宜超过集料总量的20%，SMA和OGFC混合料不宜使用天然砂。

### 8. 填料

(1) 矿粉必须采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到。

(2) 拌和机的粉尘可作为矿粉的一部分回收使用。每盘不得超过填料总量的25%。

(3) 粉煤灰作为填料时，用量不得超过填料总量的50%。



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 9. 纤维稳定剂

- (1) 纤维应在 $250^{\circ}\text{C}$ 的干拌温度下不变质、不发脆。
- (2) 矿物纤维宜采用玄武岩等岩石制造。



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 二、施工前材料与设备检查（增）

（1）施工前必须检查各种材料的来源和质量。对经招标程序购进的沥青、集料等重要材料，供货单位必须提交最新检测的正式试验报告。

（2）进场的各种材料的来源、品种、质量应与招标及提供的样品一致，不符合要求的材料严禁使用。

（3）正式开工前，各种原材料的试验结果，及据此进行的目标配合比设计和生产配合比设计结果，应在规定的期限内向**业主及监理**提出正式报告，待取得正式认可后方可使用。



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 二、施工前材料与设备检查（增）

（4）沥青面层施工必须在得到**开工令**后方可开工。

（5）沥青混合料生产过程中，必须按规定的检查项目与频度，对各种原材料进行抽样试验，其质量应符合规范规定的技术要求。每个检查项目的平行试验次数或一次试验的试样数必须按相关试验规程的规定执行，并以平均值评价是否合格。



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 三、铺筑试验段（增）

(1) 高速公路和一级公路的沥青路面在施工前应铺筑试验段。其他等级公路在缺乏施工经验或初次使用重大设备时，也应铺筑试验段。当同一施工单位在材料、机械设备及施工方法与其他工程完全相同时，也可利用其他工程的结果，不再铺筑新的试验路段。

(2) 试验段的长度应根据试验目的确定，通常宜为100~200m，宜选在正线上铺筑。





## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 三、铺筑试验段（增）

(3) 热拌热铺沥青混合料路面试验段铺筑分**试拌及试铺**两个阶段，应包括下列试验内容：

- ① 检验各种施工机械的类型、数量及组合方式是否匹配。
- ② 通过试铺确定透层油的喷洒方式和效果、摊铺、压实工艺，**确定松铺系数**等。
- ③ **验证**沥青混合料生产配合比设计，提出生产用的**标准配合比**和**最佳沥青用量**。
- ④ 检测试验段的渗水系数。



## 2.2.1 沥青路面施工准备

### 三、铺筑试验段（增）

⑤建立用**钻孔法**与**核子密度仪**无破损检测路面密度的对比关系。**确定压实度的标准检测方法**。核子仪等无破损检测在碾压成型后热态测定，取13个测点的平均值为1组数据，一个试验段不得少于3组。钻孔法在第2天或第3天以后测定，钻孔数不少于12个。

（4）试验段铺筑应由有关各方共同参加，及时商定有关事项，明确试验结论。铺筑结束后，施工单位应就各项试验内容提出完整的试验路施工、检测报告，取得业主或监理的批复。



## 2.2.1 沥青路面施工准备

【例题】液体石油沥青可适用于（ ）。

- A. 热拌沥青混合料
- B. 透层
- C. SMA混合料
- D. 粘层
- E. 冷拌沥青混合料

【答案】BDE。

解析：液体石油沥青适用于透层、粘层及拌制冷拌沥青混合料。



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### 知识要点

- 【1】透层施工技术
- 【2】粘层施工技术
- 【3】封层施工技术



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### 一、透层施工技术

#### 1. 作用与适用条件

(1) 透层的作用：为使**沥青面层与基层**结合良好，在**基层上浇洒乳化沥青、煤沥青或液体沥青**而形成的透入基层表面的薄层。





## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### (2) 适用条件

沥青路面**各类基层**（除沥青类基层）都必须喷洒透层油，  
沥青层必须在透层油完全渗透入基层后方可铺筑。**基层上**  
**设置下封层时，透层油不宜省略。**



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### 2. 一般要求

(1) 根据基层类型选择渗透性好的液体沥青、乳化沥青、煤沥青作透层油，喷洒后通过钻孔或挖掘确认透层油渗透入基层的深度宜不小于5（无机结合料稳定集料基层）~10mm（无结合料基层）。

(2) 用于半刚性基层的透层油宜紧接在基层碾压成型后表面稍变干燥、但尚未硬化的情况下喷洒。

(3) 在无机结合料粒料基层上洒布透层油时，宜在铺筑沥青层前1~2d洒布。



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### 3. 注意事项

(1) 透层油洒布后应**不致流淌**，应渗入基层一定深度，**不得在表面形成油膜**。

(2) 气温低于 $10^{\circ}\text{C}$ 或大风、即将降雨时，不得喷洒透层油。

(3) 透层油洒布后应待充分渗透，一般不少于24h后才能摊铺上层，但也不能在透层油喷洒后很久不做上层施工，应尽早施工。

(4) 对无机结合料稳定的半刚性基层喷洒透层油后，如果不能及时铺筑面层时，并还需开放交通，应铺撒适量的石屑或粗砂，此时宜将透层油增加10%的用量。用6~8t钢筒式压路机稳压一遍，并控制车速。在摊铺上层时发现局部沥青剥落，应修补，还需清扫浮动石屑或砂。





## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### 二、粘层施工技术

#### (一) 作用与适用条件

##### 1. 粘层的作用

使上下层沥青结构层或沥青结构层与结构物（或水泥混凝土路面）完全粘结成一个整体。





## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

2. 符合下列情况，必须喷洒粘层沥青：

- (1) 双层式或三层式热拌热铺沥青混合料路面的**沥青层之间**。
- (2) 水泥混凝土路面、沥青稳定碎石基层或旧沥青路面层上**加铺沥青层**。
- (3) 路缘石、雨水进水口、检查井等**构造物与新铺沥青混合料**接触的侧面。



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### (二) 一般要求

#### 1. 粘层沥青的技术要求

粘层油宜采用快裂或中裂乳化沥青、改性乳化沥青，也可采用快、中凝液体石油沥青，其规格和质量应符合规范的要求，所使用的基质沥青标号宜与主层沥青混合料相同。



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### (三) 注意事项

1. 喷洒表面一定清扫干净，并表面**干燥**。用水洗刷后需待表面干燥后喷洒。
2. 气温低于 $10^{\circ}\text{C}$ 时不得喷洒粘层油，寒冷季节施工不得不喷洒时可以分成两次喷洒。路面潮湿时不得喷洒粘层油。
3. 粘层油宜在当天洒布，待乳化沥青破乳、水分蒸发完成，或稀释沥青中的稀释剂基本挥发完成后，紧跟着铺筑沥青层，确保粘层不受污染。
4. 喷洒粘层油后，严禁运料车外的其他车辆和行人通过。



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### 三、封层的施工技术

#### (一) 作用与适用条件

##### 1. 封层的作用

一是封闭某一层起着**保水防水**作用；

二是起基层与沥青表面层之间的**过渡和有效联结**作用；

三是路的某一层表面破坏离析松散处的**加固补强**；

四是基层在沥青面层铺筑前，要临时开放交通，**防止基层**因天气或车辆作用**出现水毁**。

封层可分为**上封层**和**下封层**。就施工类型来分，可采用**拌合法**或**层铺法**的单层式表面处治，也可以采用**乳化沥青稀浆封层**。



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### 2. 适用条件

上封层根据情况可选择**乳化沥青稀浆封层、微表处、改性沥青集料封层、薄层磨耗层**或其他适宜的材料。上封层的类型根据使用目的、路面的破损程度选用。

(1) 对二级及二级以下公路的旧沥青路面可以采用普通的乳化沥青稀浆封层，也可在喷洒道路石油沥青后撒布石屑（砂）后碾压作封层。

(2) 对高速公路、一级公路有轻微损坏的宜铺筑微表处。

**下封层宜采用层铺法表面处治或稀浆封层法施工。**稀浆封层可采用乳化沥青或改性乳化沥青作结合料。



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### (二) 一般要求

1. 封层宜选择在干燥和较热的季节施工，并在最高温度低于 $15^{\circ}\text{C}$ 到来以前半个月及雨期前结束。

2. 使用乳化沥青稀浆封层施工上、下封层。稀浆封层两幅纵缝搭接的宽度不宜超过80mm，横向接缝宜做成对接缝。分两层摊铺时，第1层摊铺后至少应**开放交通24h**后方可进行第2层摊铺。



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

### (三) 注意事项

1. 稀浆封层施工时应在**干燥**情况下进行。
2. 稀浆封层铺筑后，必须待乳液破乳、水分蒸发、干燥成型后方可开放交通。
3. 稀浆封层施工气温不得低于 $10^{\circ}\text{C}$ ，**严禁在雨期施工**，摊铺后尚未成型的混合料遇雨时应予铲除。





## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

【例题】沥青路面透层施工中，透层油洒布后待充分渗透，一般不少于（ ）后才能摊铺上层。

- A. 12h
- B. 24h
- C. 36h
- D. 48h

【答案】B。

解析：透层油洒布后待充分渗透，一般不少于24h后才能摊铺上层。



## 2.2.2 沥青路面透层、粘层、封层施工

【例题】关于沥青混凝土路面中封层作用的说法，正确的有（ ）

- A. 封闭某一层，起保水、防水作用
- B. 增加基层的整体强度和厚度
- C. 起基层与沥青表面之间的过渡和有效联结作用
- D. 起路的某一层表层之间的过渡和有效联结作用
- E. 沥青层面铺筑前要临时开放交通，防止基层因天气或车辆作用出现水毁

【答案】ACE。

解析：封层的作用：一是封闭某一层起着保水防水的作用；二是其基层与沥青表层之间的过渡和有效联结作用；三是路的某一层表面破坏离析松散处的加固补强；四是基层在沥青面层铺筑前，要临时开放交通，防止基层因天气或车辆作用出现水毁。



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 知识要点

- 【1】 沥青路面的结构组成
- 【2】 沥青路面的分类
- 【3】 热拌沥青混合料面层施工技术
- 【4】 沥青表面处治施工技术
- 【5】 沥青贯入式面层施工技术
- 【6】 水泥路面改造加铺沥青面层
- 【7】 旧沥青路面再生
- 【8】 SMA沥青混凝土路面施工
- 【9】 SAC沥青混凝土路面施工



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 一、沥青路面结构组成

1. 沥青路面结构层可由面层、基层、底基层、垫层组成。

层次	作用
面层	面层是 <b>直接承受车轮荷载反复作用</b> 和自然因素影响的结构层，可由1~3层组成。
基层	基层是设置在面层之下，并与面层一起将车轮荷载的反复作用传布到底基层、垫层、土基，起 <b>主要承重作用</b> 的层次。
底基层	底基层是设置在基层之下，与面层、基层一起承受车轮荷载反复作用，并起 <b>次要承重作用</b> 的层次。
垫层	垫层是设置在底基层与土基之间的结构层，起 <b>排水、隔水、防冻、防污</b> 等作用。



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 二、沥青路面分类

#### 1. 按技术品质和使用情况分类

分类	特点及适用条件
沥青混凝土	采用 <b>相当数量的矿粉</b> 是沥青混凝土的显著特点。较高的粘结力使路面具有较高的强度， <b>可以承受比较繁重的车辆交通</b> 。
沥青碎石路面	<b>其高温稳定性好，路面不易产生波浪，冬季不易产生冻缩裂缝</b> ，行车荷载作用下裂缝少，热拌沥青碎石适宜用于三、四级公路。中粒式、粗粒式沥青碎石宜用作沥青混凝土面层下层、联结层或整平层。
沥青贯入式	沥青贯入式适用于三、四级公路，也可作为沥青混凝土面层的联结层。
沥青表面处治	一般用于三、四级公路，也可用作沥青路面的磨耗层、防滑层。



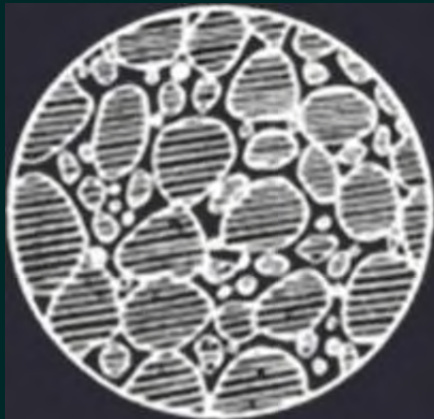
## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 2. 按组成结构分类

分类	典型代表
密实—悬浮结构	AC-I型沥青混凝土
骨架—空隙结构	沥青碎石混合料 (AN) 和排水沥青混合料 (OGFC)
密实—骨架结构	沥青碎石玛蹄脂混合料 (SMA)



密实-悬浮结构



骨架-空隙结构



密实-骨架结构



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 3. 按矿料级配分类

结构类型	分类	典型代表	说明
按矿料级配分类	密级配	沥青混凝土、沥青稳定碎石	I型密实式改性沥青混凝土混合料（剩余空隙率为3%~6%，行人2%~6%） II型半密实式改性沥青混凝土混合料（剩余空隙率为4%~10%）
	半开级配	改性沥青稳定碎石（AM）	压实后剩余空隙率在10%以上
	开级配	排水式沥青磨耗层混合料（OGFC）、排水式沥青稳定碎石（ATPCZB）	压实后空隙率大于15%
	间断级配	沥青玛蹄脂碎石（SMA）	



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 三、热拌沥青混合料面层施工技术（HMA）

热拌沥青混合料适用于各种等级公路的沥青面层。

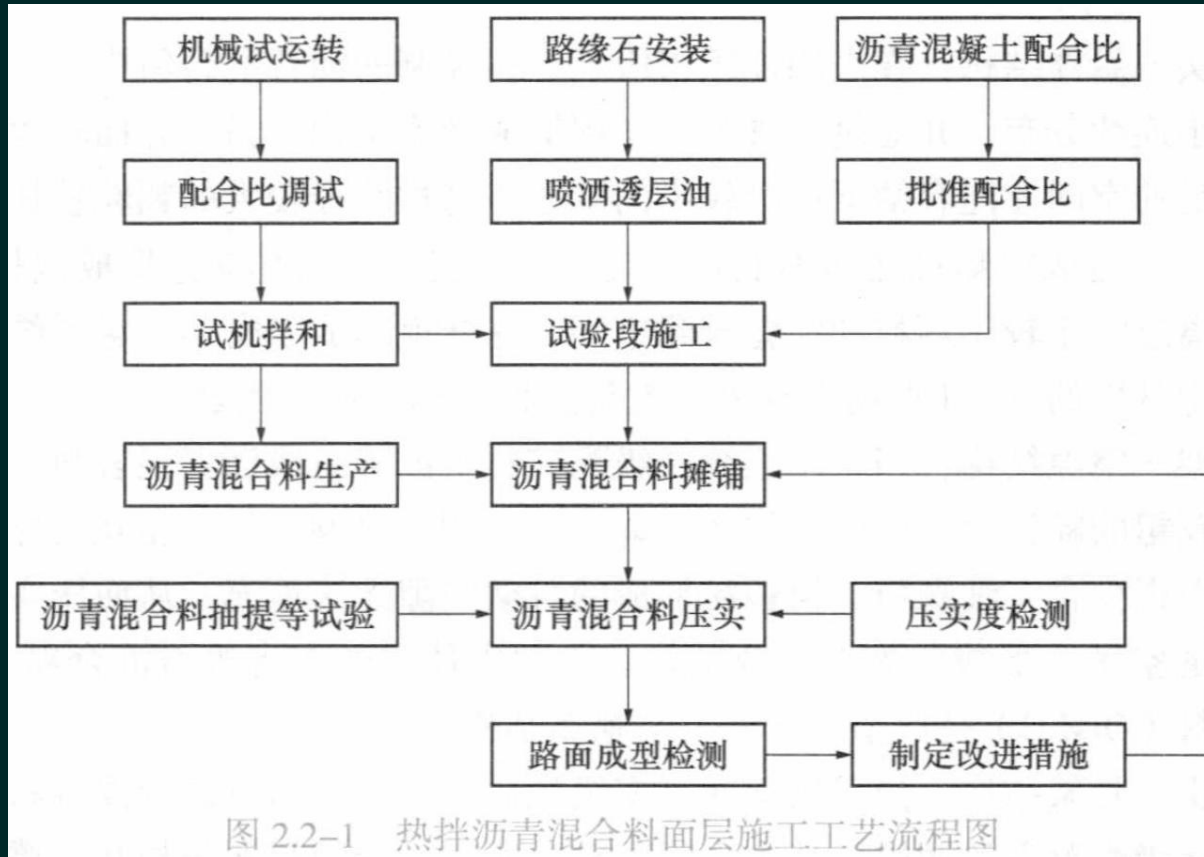


图 2.2-1 热拌沥青混合料面层施工工艺流程图





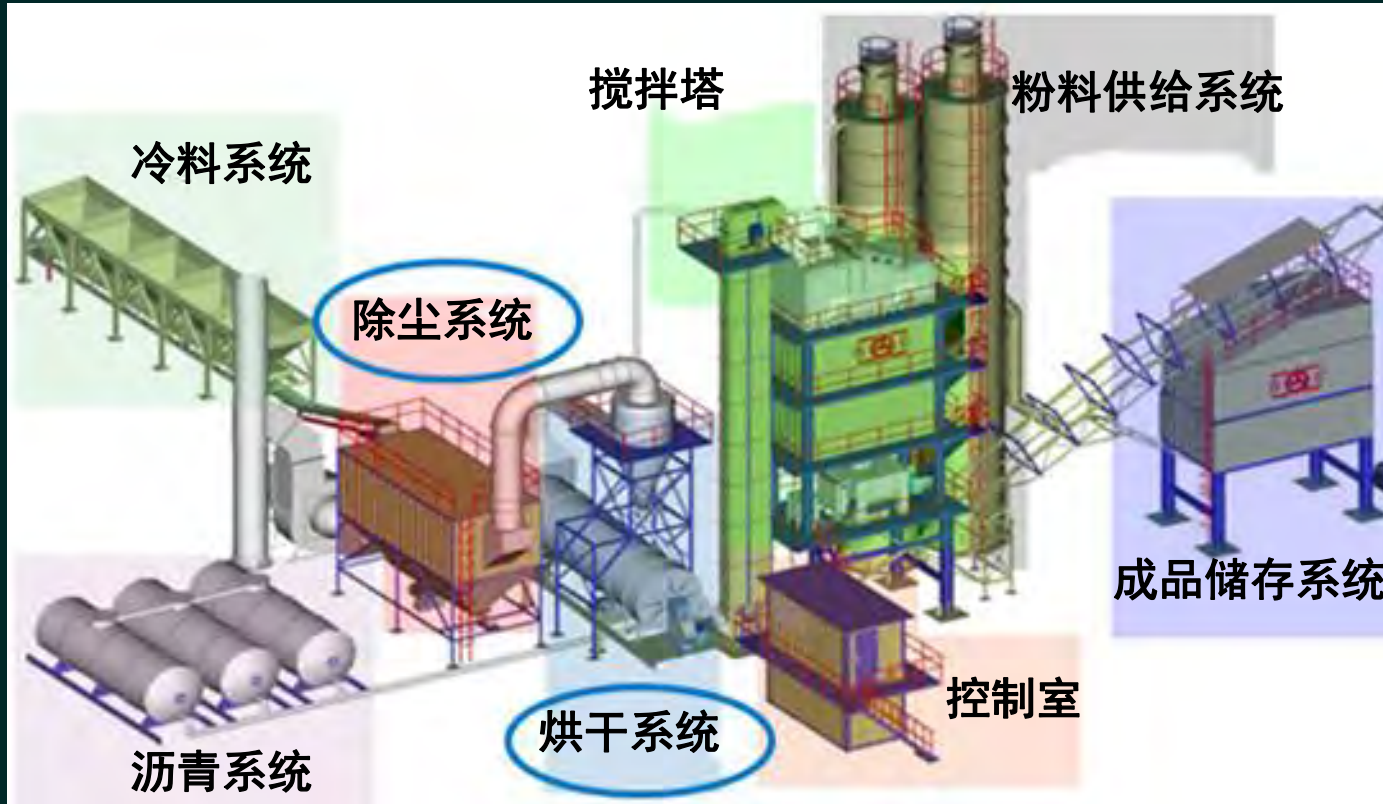
## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 1. 施工准备

- (1) 做好配合比设计报送**监理工程师**审批。
- (2) 对下承层进行清扫，底面层施工前2d在基层上洒透层油。在中底面层上喷洒粘层油。
- (3) 试验段开工前28d安装好试验仪器和设备，配备好后试验人员报请**监理工程师**审核。各层开工前14d在**监理工程师**批准的现场备齐全部机械设备进行试验段铺筑，以确定**松铺系数、施工工艺、机械配备、人员组织、压实遍数**，并检查**压实度，沥青含量，矿料级配，沥青混合料马歇尔各项技术指标**等。



## 2.2.3 沥青路面面层施工





## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 2. 沥青混合料的拌制

(1) 沥青混合料的施工温度与石油沥青的标号有关。

沥青的加热温度控制在规范规定的范围之内，即145~170℃。

集料的加热温度视拌和机类型决定。间歇式拌和机集料的加热温度比沥青温度高10~30℃；连续式拌和机集料的加热温度比沥青温度高5~10℃；

混合料的出料温度控制在135~170℃。当混合料出料温度过高即废弃。

混合料运至现场的温度控制在不低于135~150℃。

(2) 出厂的混合料须均匀一致，无白花料，无粗细料离析和结块现象，不符合要求时应废弃。



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 3. 混合料的运输

已离析、硬化在运输车箱内的混合料，低于规定铺筑温度或被雨淋的混合料应予以废弃。

### 4. 混合料的摊铺

(1) 下、中面层采用走线法施工，表面层采用平衡梁法施工。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

- (2) 摊铺机均匀行驶，不间断地摊铺。在摊铺过程中不准随意变换速度，尽量避免中途停顿。
- (3) 摊铺温度不低于 $125\sim 140^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 开铺前，熨平板加热至不低于 $100^{\circ}\text{C}$ 。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

(5) 双机或三机梯进式施工，邻机间距10~20m，两幅有30~60mm宽度的搭接。

(6) 摊铺机无法作业的地方，在监理工程师同意后人工摊铺。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 5. 混合料的压实（先轻后重，先静后动）

(1) 压路机采用2~3台双轮双振压路机及2~3台重量不小于16t胶轮压路机组成。

(2) 初压：采用钢轮压路机静压1~2遍，正常施工情况下，温度应不低于120℃并紧跟摊铺机进行；复压：紧跟初压后开始，不得随意停顿；密级配沥青砼优先采用胶轮压路机进行搓揉碾压，以增加密水性。总质量不宜小于25t。  
边角部分压路机碾压不到的位置，使用小型振动压路机碾压。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

(3) 采用雾状喷水法，以保证沥青混合料碾压过程中不粘轮。

(4) 压路机不准停留在温度尚未冷却至自然气温以下已完成的路面上。

(5) 碾压进行中压路机不得中途停留、转向或制动。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 6. 接缝处理

纵缝：

(1) 梯队作业采用热接缝。施工时将已铺混合料部分留下100~200mm宽暂不碾压，后摊铺部分完成后，骑缝碾压。

(2) 半幅施工不能采用热接缝时，采用人工顺直刨缝或切缝。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

(3) 横接缝的处理方法：首先用3m直尺检查端部平整度不符合要求时，垂直于路中线切齐清除。清理干净后在端部涂粘层沥青接着摊铺。摊铺时调整好预留高度，接缝处摊铺层施工结束后再用3m直尺检查平整度。

横向接缝的碾压先用双轮双振压路机进行**横压**，碾压时压路机位于已压实的混合料层上伸入新铺层的宽为150mm，然后每压一遍向铺混合料移动150~200mm，直至全部在新铺层上为止，再改为纵向碾压。



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 7. 检查试验

按施工技术规范要求的频率认真做好各种原材料、施工温度、矿料级配、马歇尔试验、压实度等试验工作。

在施工过程中随时检查铺筑厚度、平整度、宽度、横坡度、高程。



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 四、沥青表面处治施工技术（中低级路面）

沥青表处路面简称沥青表处，是由沥青和细粒碎石按比例组成的一种不大于3cm的薄层路面。适用于**三级及三级以下公路的沥青面层**。

沥青表面处治可采用道路石油沥青、乳化沥青、煤沥青铺筑。沥青表面处治通常采用层铺法施工。沥青表面处治宜选择在干燥和较热的季节施工，并在最高温度低于 $15^{\circ}\text{C}$ 到来以前半个月及雨期前结束。

**三层法施工工序**：施工准备→洒透层油→洒第一层沥青→撒第一层集料→碾压→（重复两次）→初期养护成型。



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 五、沥青贯入式面层施工技术（次高级路面）

沥青贯入式面层具有**较高的强度和稳定性**，其强度主要由以矿料的嵌挤为主，沥青的粘结力为辅构成。

**施工工艺流程**：清扫基层→洒透层或粘层沥青→撒主层矿料→碾压→撒布第一遍沥青→撒布第一遍嵌缝料→（重复两次）→撒封层料→碾压→初期养护。



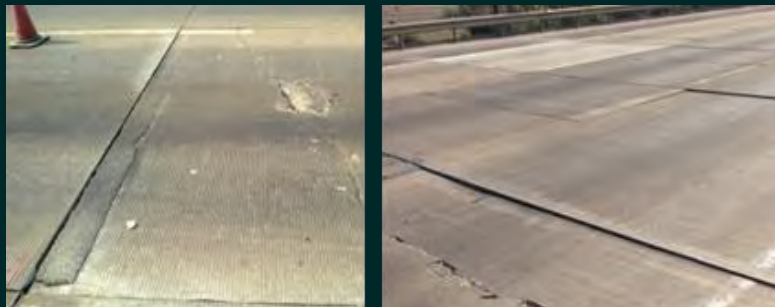
## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 六、水泥路面改造加铺沥青面层

#### 1. 直接加铺法

(1) 对边角破碎深和宽的路面，浇筑同强度等级混凝土；对破损较浅、窄的，凿除50mm以上，用细石拌制的混凝土混合料填平。

(2) 对发生错台或板块网状开裂，应首先考虑是路基质量出现问题，必须将整个板全部凿除，重新夯实路基及基层。浇筑同强度等级混凝土。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

(3) 对于板块脱空、桥头沉陷、板的不均匀沉陷及弯沉较大的部位，应钻穿板块，然后用水泥浆高压灌注处理。

具体的工艺流程：定位→钻孔→制浆→灌浆→灌浆孔封堵→交通控制（3MPa）→弯沉检测（0.3mm）。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

(4) 对接缝的处理。清缝，再用手持式注射枪进行沥青灌缝，然后用改性沥青油毡等材料贴缝，必要时再加铺一层特殊沥青材料的过渡层，吸收或抵抗纵横缝的向上扩展的能量，防止产生反射裂缝。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 2. 碎石化法

#### (1) 路面碎石化前的处理

清除缝内填充物和杂质→完善排水系统→挖除路肩至混凝土路面基层同一高度（排水）

#### (2) 特殊路段的处理

#### (3) 构造物的标记和保护

#### (4) 路面碎石化施工

路面破碎时，先破碎路面两侧的车道，然后破碎中部的行车道。两幅破碎一般要保证100mm左右的搭接破碎宽度。

#### (5) 破碎后的压实

#### (6) 乳化沥青透层的洒布



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 七、旧沥青路面再生

#### (一) 现场冷再生法

在原路面上就地铣刨、翻挖、破碎，再加入稳定剂、水泥、水（或加入乳化沥青）和骨料同时就地拌和，用路拌机原地拌和，最后碾压成型。

现场冷再生中**关键技术**是添加的胶粘剂（如乳化沥青、泡沫沥青、水泥）与旧混合料的均匀拌和技术，其余如旧沥青混合料的铣刨、破碎技术，胶粘剂配比性能也很关键。





## 2.2.3 沥青路面面层施工

### (二) 现场热再生法

现场热再生是一种就地修复破损路面的过程，它通过加热软化路面，铲起路面废料，再和沥青粘合剂混合，有时可能还需要添加一些新的骨料。

1. 整形再生法（适合20~30mm表面层的再生）
2. 重铺再生法（适合40~60mm表面层的再生）
3. 复拌再生法（适合40~60mm表面层的再生）





## 2.2.3 沥青路面面层施工

### (三) 厂拌热再生法

厂拌热再生法就是将旧沥青路面经过翻挖后运回拌和厂，再集中破碎，根据路面不同层次的质量要求，进行配比设计。厂拌热再生技术利用旧沥青回收料一般不超过50%，这种工艺适用范围较广。



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 八、SMA沥青混凝土路面施工

#### (一) 沥青玛蹄脂碎石SMA

1. 沥青玛蹄脂碎石SMA是一种以沥青、矿粉及纤维稳定剂组成的沥青玛蹄脂结合料，填于间断级配的矿料骨架中，形成沥青混合料。具有**抗滑耐磨、密实耐久、抗疲劳、抗车辙、减少低温开裂**的优点。适于用作高速公路、一级公路的抗滑表层材料。



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### (二) 施工技术

#### 1. SMA混合料的拌和

沥青混合料应采用**间歇式**拌合机拌和。

#### 2. SMA的施工温度

SMA拌和、摊铺和碾压温度均较常规路面施工温度要求高，**不得**在天气温度低于 $10^{\circ}\text{C}$ 的气候条件下和雨天施工。

#### 3. SMA结构路面碾压施工

(1) SMA混合料内部含有大量沥青玛蒂脂胶浆，粘度大，温度低时很难压实。

(2) SMA的碾压遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。

(3) **切忌使用胶轮压路机或组合式压路机碾压。**



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### 九、SAC沥青混凝土路面施工

#### (一) 碎石沥青混凝土 (SAC)

碎石沥青混凝土是粗集料**断级配**沥青混凝土中的一种，采用较多的粗碎石形成骨架，沥青胶砂填充骨架中的孔隙并使骨架胶合在一起而形成沥青混合料的形式。



## 2.2.3 沥青路面面层施工

### (二) 施工技术

#### 防治离析现象的发生

- (1) 集料的堆放：堆料采用小料堆。
- (2) 填料的含量：减少混合料中小于0.075mm颗粒的含量
- (3) 拌合时间：干拌不少于10s，湿拌在35s左右。
- (4) 运输：装料分三个不同位置，第一次靠近车厢前部，第二次靠近车厢后部，第三次装料中间。
- (5) 摊铺：整体卸落





## 2.2.3 沥青路面面层施工

【例题】关于沥青混合料压实的说法，正确的有（ ）。

- A. 压路机采用2~3台双轮双振压路机及2~3台重量不小于16t胶轮压路机组成
- B. 采用雾状喷水法，以保证沥青混合料碾压过程不粘轮
- C. 在当天成型的路面上，不得停放各种机械设备或车辆
- D. 初压应采用钢轮压路机紧跟摊铺机振动碾压
- E. 压路机不得在未碾压成型路段上转向、掉头、加水或停留

【答案】ABE。

解析：选项D，正确的说法应为“初压：采用钢轮压路机静压1~2遍，正常施工情况下，温度应不低于120℃并紧跟摊铺机进行”，这个是有前提条件的。



## 2.3 水泥混凝土路面施工



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 一、水泥混凝土路面原材料要求

#### 1. 水泥

(1) 极重、特重、重交通路面宜采用旋窑道路硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥；中、轻交通的路面可采用矿渣硅酸盐水泥；高温天气宜采用普通型水泥，低温天气宜采用早强型水泥。

(2) 选用水泥应通过混凝土配合比试验，根据其配制弯拉强度、耐久性和工作性优选适宜的水泥品种、强度等级。



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 一、水泥混凝土路面原材料要求

(3) 采用机械化铺筑时，宜选用散装水泥。散装水泥的夏季出厂温度：南方不宜高于 $65^{\circ}\text{C}$ ，北方不宜高于 $55^{\circ}\text{C}$ 。混凝土搅拌时的水泥温度：南方不宜高于 $60^{\circ}\text{C}$ ，北方不宜高于 $50^{\circ}\text{C}$ ，且不宜低于 $10^{\circ}\text{C}$ 。（改）

(4) 当贫混凝土和碾压混凝土用作基层时，可使用各种硅酸盐类水泥。不掺入粉煤灰时，宜使用强度等级32.5级以下的水泥。掺入粉煤灰时，只能使用道路水泥、硅酸盐水泥、普通水泥。水泥的抗压强度、抗折强度、安定性和凝结时间必须检验合格。（增）



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 2. 粉煤灰和其他掺合料（改）

（1）面层水泥混凝土可单独或复配掺用符合规定的粉状低钙粉煤灰、矿渣粉或硅灰等掺合料，不得掺用结块或潮湿的粉煤灰、矿渣粉或硅灰。不得使用高钙粉煤灰或III级及III级以下低钙粉煤灰。粉煤灰进货应有等级检验报告。

（2）粉煤灰宜采用散装灰，进货应有等级检验报告。应确切了解所用水泥中已经加入的掺合料种类和数量。

（3）路面和桥面混凝土中可使用硅灰或磨细矿渣，使用前应经过试配检验，确保路面和桥面混凝土**弯拉强度、工作性、抗磨性、抗冻性**等技术指标合格。



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 3. 粗集料

(1) 粗集料应使用质地坚硬、耐久、洁净的碎石、碎卵石和卵石。极重、特重、重交通荷载等级公路面层混凝土用的粗集料质量应不低于II级的要求，中、轻交通荷载等级公路面层混凝土可使用III级粗集料。

(2) 用做路面和桥面混凝土的粗集料不得使用不分级的集料，应按公称最大粒径的不同采用2~4个粒级的集料进行掺配，并应符合合成级配的要求。（改）



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 4. 细集料

(1) 细集料应采用质地坚硬、耐久、洁净的天然砂或机制砂，**不宜使用再生细集料**。

(2) 路面和桥面用天然砂宜为中砂，也可使用细度模数 $2.0\sim 3.5$ 的砂。（改）



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 5. 水

饮用水可直接作为混凝土搅拌和养护用水。

非饮用水应进行水质检验，并符合规范要求。此外，还应与蒸馏水进行水泥凝绪时间与水泥胶砂强度的对比试验；

对比试验的**水泥初凝与终凝时间差均不应大于30min**，

水泥胶砂3d和28d强度不应低于蒸馏水配制的水泥胶砂

3d和28d强度的90%。





## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 6. 外加剂

(1) 外加剂品种主要有：普通**减水剂**、高效减水剂、早强减水剂、缓凝高效减水剂、缓凝减水剂、引气减水剂、引气高效减水剂、引气缓凝高效减水剂、早强高效减水剂、引气早强高效减水剂、**早强剂**、**缓凝剂**、**引气剂**、**阻锈剂**等。供应商应提供有相应资质外加剂检测机构的品质检测报告，检验报告应说明外加剂的主要化学成分，认定对人员无毒副作用。



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

(2) 引气剂应选用表面张力降低值大、水泥稀浆中起泡容量多而细密、泡沫稳时间长、不溶残渣少的产品。

有抗冰（盐）冻要求的地区，各交通等级路面、桥面、路缘石、路肩及贫混凝土基层必须使用引气剂；无抗冰（盐）冻要求的地区，二级及二级以上公路路面混凝土中应使用引气剂。（改）

(3) 各交通等级路面、桥面混凝土宜选用减水率大、坍落度损失小、可调控凝结时间的复合型减水剂。高温施工宜使用引气缓凝（保塑、高效）减水剂；低温施工宜使用引气早强（高效）减水剂。选定减水剂品种前，必须与所用的水泥进行适应性检验。（改）



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

(4) 处在海水、海风、氯离子、硫酸根离子环境或冬季洒除冰盐的路面或桥面钢筋混凝土、钢纤维混凝土中宜掺阻锈剂。(改)

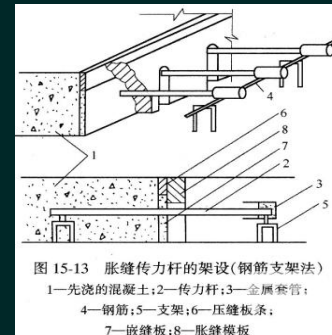


## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 7. 钢筋（改）

(1) 各交通等级混凝土路面、桥面和搭板所用钢筋网、传力杆、拉杆等钢筋应符合国家有关标准的技术要求。

(2) 各交通等级混凝土路面、桥面和搭板所用钢筋应顺直，不得有裂纹、断伤、刻痕、表面油污和锈蚀。**传力杆**钢筋加工应锯断，不得挤压切断；断口应垂直、光圆，用砂轮打磨掉毛刺，并加工成2~3mm的圆倒角。





## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 8. 纤维（抗拉、抗弯、抗裂）

(1) 钢纤维抗拉强度不宜低于600MPa。

(2) 钢纤维长度应与混凝土粗集料最大公称粒径相匹配，最短长度宜大于粗集料最大公称粒径的1/3；最大长度不宜大于粗集料最大公称粒径的2倍；钢纤维长度与标称值的偏差不应超过±10%。（增）

(3) 路面和桥面混凝土中，宜使用防锈蚀处理的钢纤维；宜使用有锚固端的钢纤维。不得使用表面磨损前后裸露尖端导致行车不安全的钢纤维；不宜使用搅拌易成团的钢纤维。（增）



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 9. 接缝材料（改）

（1）应选用能适应混凝土面板膨胀和收缩、施工时不变形、弹性复原率高、耐久性好的胀缝板。高速公路、一级公路宜采用塑胶、橡胶泡沫板或沥青纤维板；其他公路可采用各种胀缝板。

（2）常温施工式填缝料主要有聚（氨）酯、硅树脂类，氯丁橡胶泥类，沥青橡胶类等。加热施工式填缝料主要有沥青玛蹄脂类、聚氯乙烯胶泥类、改性沥青类等。

高速公路、一级公路应优选树脂类、橡胶类或改性沥青类填缝材料，并宜在填缝料中加入耐老化剂。



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 10. 其他材料（改）

#### （1）传力杆套（管）帽

①用于滑模摊铺传力杆自动插入装置（DBI）缩缝传力杆塑料套管，其管壁厚度不应小于0.5mm，套管与传力杆应密切贴合，套管长度应比传力杆一半长度长30mm。

②用于胀缝传力杆端部的套帽宜采用镀锌管或塑料管，厚度不应小于2.0mm；要求端部密封不透水，内径宜较传力杆直径大1.0~1.5mm，塑料套帽长度宜为100mm左右，镀锌套帽长度宜为50mm左右，顶部空隙长度均不应小于25mm。



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 10. 其他材料（改）

（2）水泥混凝土面层用**养护剂**应采用由石蜡、适宜高分子聚合物与适量稳定剂、增白剂经胶体磨制成的水乳液，**不得**采用以水玻璃为主要成分的养护剂。养护剂宜为白色胶体乳液，不宜为无色透明的乳液。使用养护剂时，高速公路、一级公路水泥混凝土面层应使用满足一级品要求的养护剂，其他等级公路可使用满足合格品要求的养护剂。





## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 二、铺筑试验路段（增）

（1）二级及二级以上公路水泥混凝土上面层施工前，应制定试验路段的施工方案和质量检测计划，并应铺筑试验路段。其他等级公路施工前宜铺筑试验路段，试验路段长度不应短于100m，高速公路、一级公路宜在主线路面以外进行试铺。

（2）试验路段铺筑应达到下述目的：

- ①确定拌合楼的拌和参数、实际生产能力和配料精度。
- ②检验混凝土的施工性能、技术参数和实测强度。
- ③检验铺筑机械、工艺参数及与拌和能力匹配情况。
- ④检验施工组织方式、质量控制水平和人员配备。



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

### 二、铺筑试验路段（增）

（3）拌合楼应通过动、静态标定检验合格后方可试拌。

（4）用于试验段的拌合楼（机）试拌合格后，方可进行试验路段铺筑。

（5）试验路段铺筑时，应确定下列内容：

①主要铺筑设备的工艺性能、质量指标和生产能力满足要求；辅助设备的配备合理、适用；模板架设固定方式或基准线设置方式能够保证高程和厚度控制要求。

②实测试验路段的松铺系数、摊铺速度、振捣时间与频率、滚压遍数、碾压遍数、压实度、拉杆与传力杆置入精度、抗滑构造深度、摩擦系数、接缝顺直度等。



## 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备

【例题】公路面层水泥混凝土可采用矿渣硅酸盐水泥的交通等级是（ ）。

- A. 极重交通荷载等级
- B. 特重交通荷载等级
- C. 重交通荷载等级
- D. 中交通荷载等级

【答案】D。

解析：极重、特重、重交通荷载等级公路面层水泥混凝土应采用旋窑生产的道路硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，中、轻交通荷载等级公路面层水泥混凝土可采用矿渣硅酸盐水泥。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

水泥混凝土面层铺筑的技术方法有小型机具铺筑、滑模机械铺筑、三辊轴机组铺筑和碾压混凝土等方法。





## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 一、模板及其架设与拆除

1. 施工模板应采用足够刚度的槽钢，轨模或钢制边侧模板，不应使用木模板、塑料模板等易变形模板。
2. 支模前在基层上应进行模板安装及摊铺位置的测量放样，核对路面标高、面板分板、胀缝和构造物位置。
3. 纵横曲线路段应采用短模板，每块横板中点应安装在曲线切点上。
4. 模板拆除应在混凝土抗压强度**不小于8.0MPa**方可进行。





## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 二、混凝土拌合物搅拌

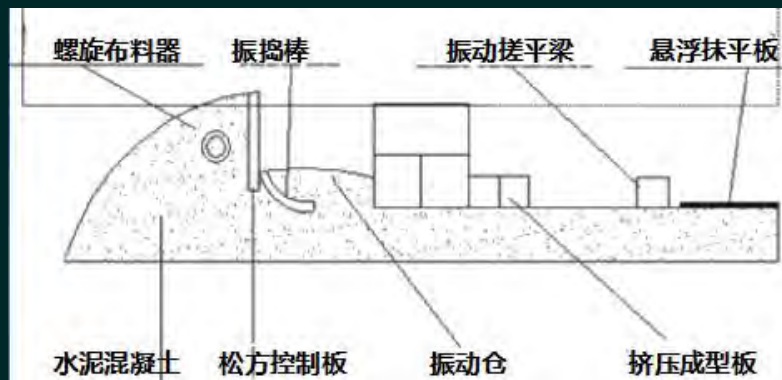
1. 拌合楼的配备，应优先选配间歇式搅拌楼，也可使用连续拌合楼。
2. 每台拌合楼在投入使用前，必须进行标定和试拌。施工中应每15d校验一次拌合楼计量精确度。
3. 外加剂应以稀释溶液加入，其稀释用水和原液中的水量，应从拌合加水量中扣除。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 三、滑模摊铺机铺筑施工

采用滑模摊铺机铺筑水泥混凝土面层的施工工艺。其特征是不架设边缘固定模板，布料、摊铺、振捣密实、挤压成型、抹面装饰等施工流程在摊铺机行进过程中连续完成。





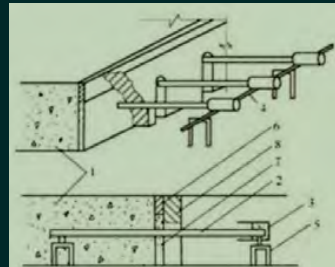
## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 1. 一般规定

(1) 采用滑模摊铺机在基层上行走的铺筑方案时，基层侧边缘到滑模摊铺面层边缘的宽度不宜小于650mm。

(2) 传力杆和胀缝拉杆钢筋宜采用前置支架法施工，也可采用滑模摊铺机配备的自动插入装置（DBI）施工。

(3) 上坡纵坡大于5%、下坡纵坡大于6%、平面半径小于50m或超高横坡超过7%的路段，不宜采用滑模摊铺机进行摊铺。







## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

(4) 滑模摊铺机械系统应配套齐全，负责设备的数量和生产能力应满足铺筑进度要求，可按下列要求进行配备：

①滑模铺筑无传力杆水泥混凝土路面时，布料可使用轻型挖掘机或推土机。

②滑模铺筑连续配筋混凝土路面、钢筋混凝土路面、桥面和桥头搭板，路面中设传力杆钢筋支架、胀缝钢筋支架时，布料应采用侧向上料的布料机或供料机。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 2. 准备工作

(1) 滑模摊铺面层前，应准确架设基准线。基准线架设与保护应符合下列规定：

①滑模摊铺**高速公路、一级公路**时，应采用**单向坡双线基准线**；横向连接摊铺时，连接一侧可依托已铺成的路面，另一侧设置**单线基准线**。

②滑模整体铺筑**二级公路**的双向坡路面时，应设置**双线基准线**，滑模摊铺机底板应设置为路拱形状。

③基准线桩纵向间距直线段不宜大于10m，桥面铺装、隧道路面及竖曲线和平曲线路段宜为5~10m，大纵坡与急弯道可加密布置。基准线桩最小距离不宜小于2.5m。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 3. 水泥混凝土面层滑模摊铺机铺筑

(1) 滑模摊铺机的施工参数设定及校准应符合下列规定：

①振捣棒应均匀排列，间距宜为300~450mm；混凝土摊铺厚度较大时，应采用较小间距。两侧最边缘振捣棒与摊铺边缘距离不宜大于200mm。振捣棒下缘位置应位于挤压底板最低点以上。

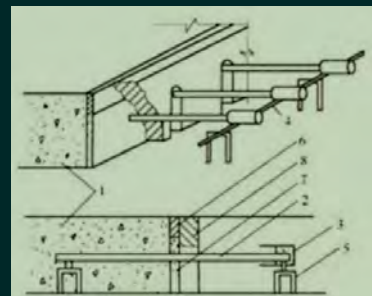
②挤压底板的前倾角宜设置为3°。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

(2) 当面层传力杆、胀缝与隔离缝钢筋采用前置支架法施工时，不得在支架顶面直接卸料。**传力杆以下的混凝土宜在摊铺前采用手持振捣棒振实。**

(3) 滑模摊铺机起步时，应先开启振捣棒，在2~3min内调整振捣到适宜的振捣频率，使进入挤压地板前缘拌合物振捣密实，无大气泡冒出破灭，方可开动滑模机平稳推进摊铺。





## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

(4) 滑模摊铺应缓慢、匀速、连续不间断地作业。滑模摊铺速度应根据板厚、混凝土工作性能、布料能力、振捣排气效果等确定，可在 $0.75\sim 2.5\text{m}/\text{min}$ 之间选择，宜采用 $1\text{m}/\text{min}$ 。

(5) 滑模摊铺振捣频率应根据板厚、摊铺速度和混凝土工作性能确定，以保证拌合物不发生过振、欠振或漏振。振捣频率可在 $100\sim 183\text{Hz}$ 之间调整，宜为 $150\text{Hz}$ 。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

(6) 抗滑纹理做毕，应立即开始保湿养护。养护龄期不应少于5d，且混凝土强度满足要求后，方可连接摊铺相邻车道面板。履带在新铺面层上行走时，钢履带底部应铺橡胶垫或使用有橡胶垫履带的摊铺机。纵缝横向连接高差不应大于2mm。

(7) 摊铺中应经常检查振捣棒的工作情况和位置。

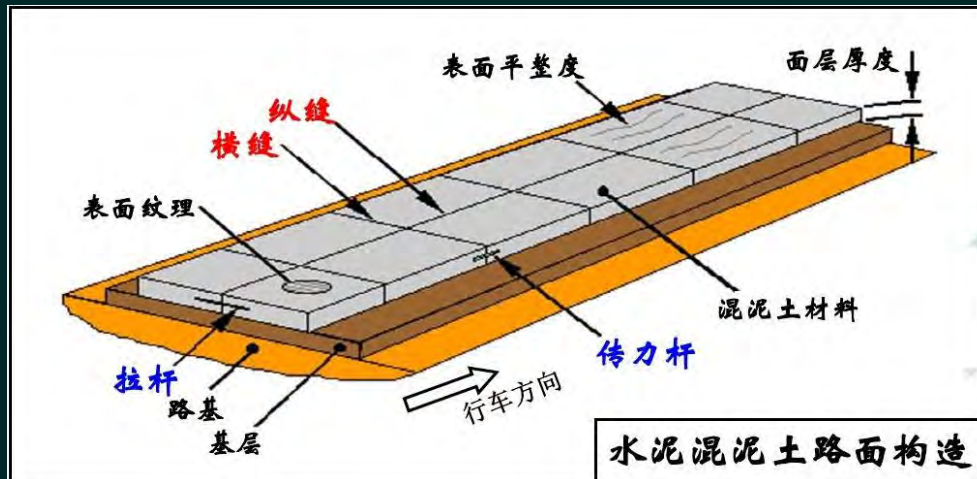
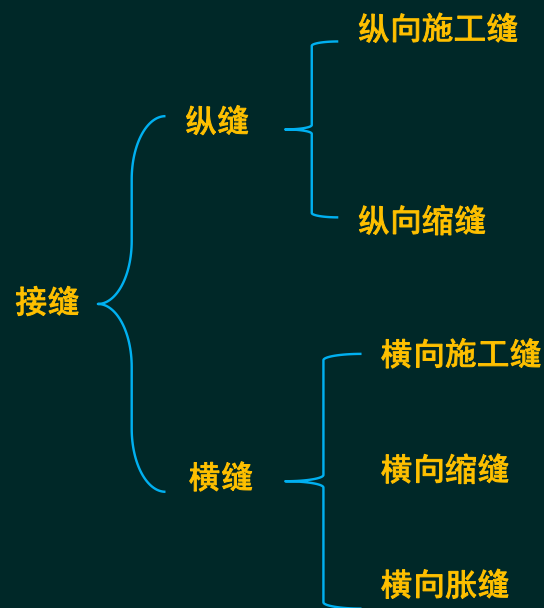
①面层出现条带状麻面现象时，应停机检查振捣棒是否损坏；

②摊铺面层上出现发亮的砂浆条带时，应检查振捣棒位置是否异常。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

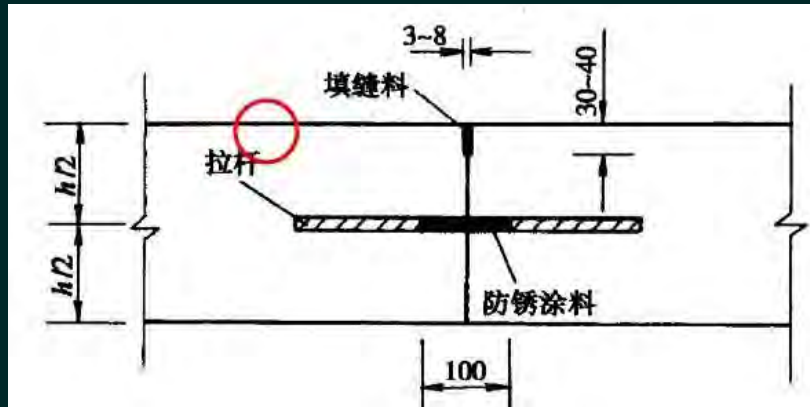
### 四、纵缝的设置与施工





## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

纵缝包括纵向施工缝和纵向缩缝两类，构造上分为**设拉杆平缝型**和**设拉杆的假缝型**。



注：拉杆。它的作用是防止因混凝土面板的相对位移产生接缝变宽、拉住接缝两边的板块，而不是分布车轮荷载。拉杆设在板厚的中央，应采用直径为12~16mm的螺纹钢筋。





## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

1. 当一次铺筑宽度小于路面宽度时，应设纵向施工缝，位置应避免轮迹，并重合或靠近车道线，构造可采用平缝加拉杆型。纵向施工缝的拉杆可用摊铺机的侧向拉杆装置插入。采用固定模板施工方式时，应在振实过程中，从侧模预留孔中手工插入拉杆。

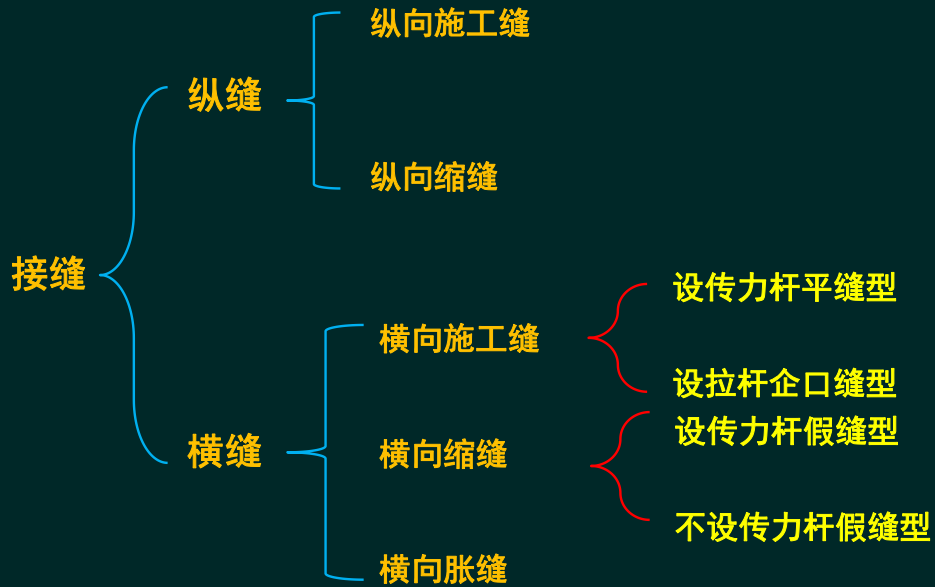


2. 当一次铺筑宽度大于4.5m时，应设置纵向缩缝，应采用假缝拉杆型纵缝，即锯切纵向缩缝位置应按车道宽度设置。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 五、横缝设置与施工



注：传力杆。它将作用在接缝板边的轮载分布到相邻板块上。传力杆应采用光面钢筋。其长度的一半再加5cm应涂以沥青或加塑料套。胀缝的传力杆还应在涂沥青一端加一套子，内留3cm空隙并填充纱头或泡沫塑料。套子宜在相邻板间交错布置。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

1. 每天摊铺结束或摊铺因故中断时，应设置横向施工缝，其位置尽可能与胀缝或缩缝重合。

① 横向施工缝设在缩缝处应采用设传力杆平缝型。

② 施工缝设在胀缝处，其构造与胀缝相同。

③ 确有困难设在缩缝之间时，横向施工缝应采用设拉杆

企口缝型。

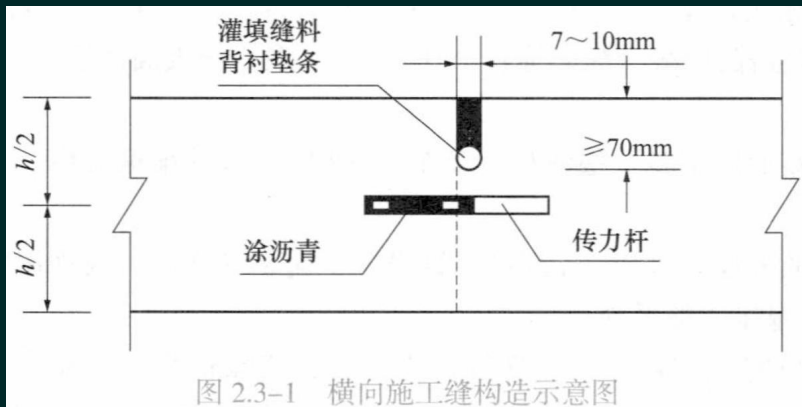
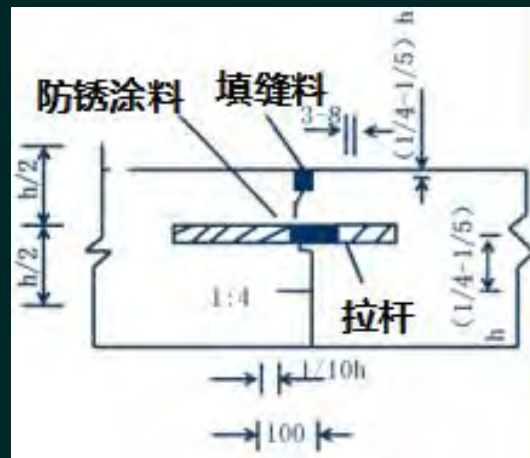


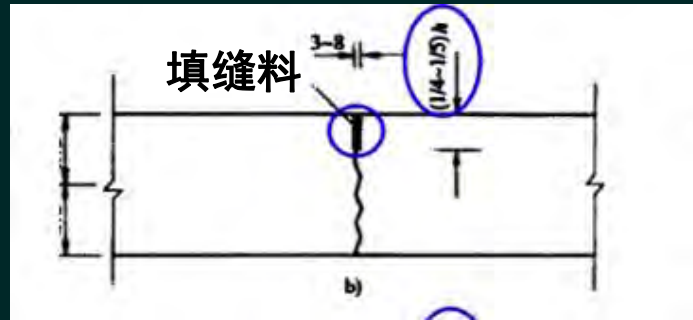
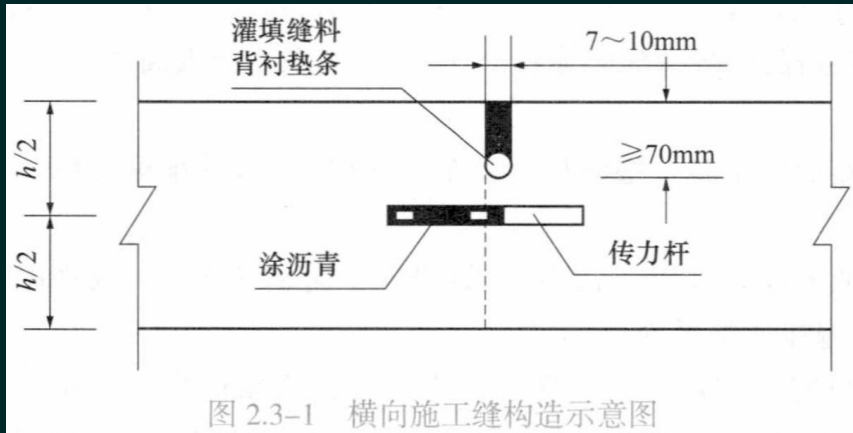
图 2.3-1 横向施工缝构造示意图





## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

2. 在特重和重交通公路、收费广场、邻近横向胀缝或路面自由端的3条缩缝应采用设传力杆假缝型。其他情况可采用不设传力杆假缝型。





## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

3. 邻近桥梁或其他固定构造物处或与其他道路相交处，应设置横向胀缝。

普通混凝土路面、钢筋混凝土路面和钢纤维混凝土路面的胀缝间距视集料的温度膨胀性大小、当地年温差和施工季节综合确定：

高温施工，可不设胀缝；

常温施工，集料温缩系数和年温差较小时，可不设胀缝；

集料温缩系数或年温差较大，路面两端构造物间距不小于500m时，宜设一道中间胀缝；

低温施工，路面两端构造物间距不小于350m时，宜设一道胀缝。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

4. 普通混凝土路面的横向胀缝应包括补强钢筋支架、胀缝板和传力杆。传力杆一半以上长度的表面应涂防粘涂层，端部应戴活动套帽，套帽材料与尺寸应符合有关规定的要求。胀缝板应与路中心线垂直，缝壁垂直；缝隙宽度一致；缝中完全不连浆。

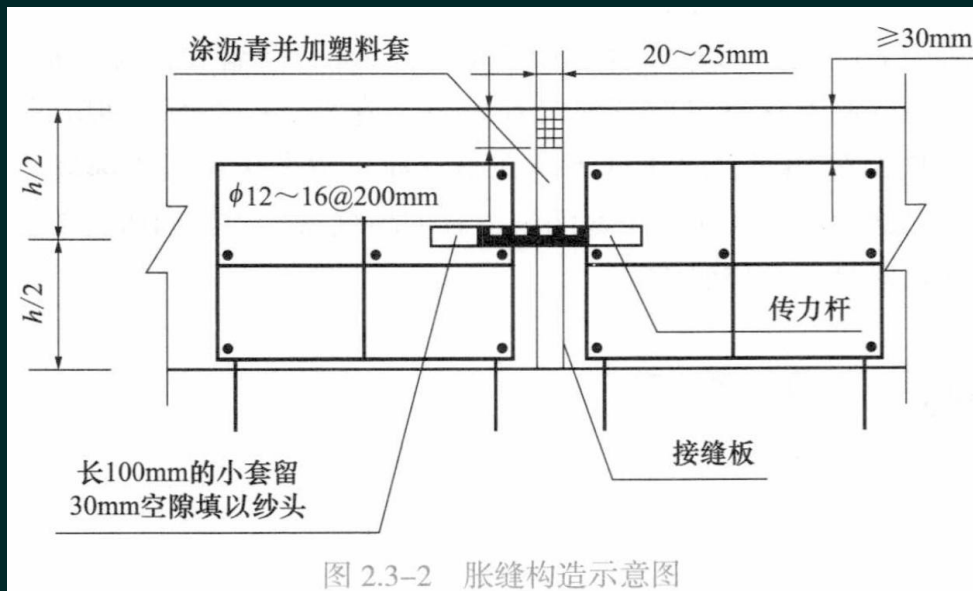


图 2.3-2 胀缝构造示意图



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

5. 横向胀缝应采用前置钢筋支架法施工，也可采用预留一块面板，高温时再铺封。前置法施工，应预先加工、安装和固定胀缝钢筋支架，并在使用手持振捣棒振实胀缝板两侧的混凝土后再摊铺。宜在混凝土未硬化时，剔除胀缝板上部的混凝土，嵌入（20~25）mmx20mm的木条，整平表面。胀缝板应连续贯通整个路面板宽度。





## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 六、抗滑构造施工

1. 摊铺完毕或精整平表面后，宜使用钢支架拖挂1~3层叠合麻布、帆布或棉布，洒水湿润后作拉毛处理。人工修整表面时，宜使用木抹。用钢抹修整过的光面，必须再拉毛处理，以恢复细观抗滑构造。

2. 当日施工进度超过500m时，抗滑沟槽制作宜选用拉毛机械施工，没有拉毛机时，可采用人工拉槽方式。







## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 七、混凝土路面养护

1. 混凝土路面铺筑完成或软作抗滑构造完毕后立即开始养生。机械摊铺的各种混凝土路面、桥面及搭板宜采用喷洒养生剂同时保湿覆盖的方式养生。在雨天或养护用水充足的情况下，也可采用覆盖保湿膜、土工毡、土工布、麻袋、草袋、草帘等洒水湿养护方式，不宜使用围水养护方式。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

2. 养护时间根据混凝土弯拉强度增长情况而定，不宜小于设计弯拉强度的80%，应特别注重前7d的保湿（温）养护。一般养护天数宜为14~21d，高温天不宜小于14d，低温天不宜小于21d。掺粉煤灰的混凝土路面，最短养生时间不宜少于28d，低温天应适当延长。

3. 混凝土板养生初期，严禁人、畜、车辆通行，在达到设计强度40%后，行人方可通行。在路面养生期间，平交道口应搭建临时便桥。面板达到设计弯拉强度后开放交通。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

### 八、灌缝

1. 应先采用切缝机清除接缝中夹杂的砂石、凝结的泥浆等，再使用压力不小于0.5MPa的压力水和压缩空气彻底清除接缝中的尘土及其他污染物，确保缝壁及内部清洁、干燥。缝壁检验以擦不出灰尘为灌缝标准。

2. 常温施工式填缝料的养护期，低温天宜为24h，高温天宜为12h。

加热施工式填缝料的养护期，低温天宜为12h，高温天宜为6h。在灌缝料养护期间应封闭交通。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

【例题】重交通公路水泥混凝土路面邻近横向胀缝的3条横向缩缝应采用的形式是（ ）。

- A. 设传力杆平缝型
- B. 设传力杆假缝型
- C. 设拉杆企口缝型
- D. 设拉杆平缝型

【答案】B。

解析：为解决水泥砼面板的热胀冷缩，采取此办法。



## 2.3.2 水泥混凝土路面的施工

【例题】关于水泥混凝土路面胀缝设置的说法，正确的是（ ）。

- A. 高温施工时应设置胀缝
- B. 常温施工时，集料温缩系数小时应设置胀缝
- C. 邻近构造物或与其他道路相交处应设置胀缝
- D. 常温施工时，年温差较小时应设置胀缝

【答案】C。



## 2.4 路面防、排水施工



## 2.4.1 路面防水施工

### 一、路面防水

#### 1. 概述

路面表面防、排水设施由路拱横坡、路肩坡度和拦水带等组成。





## 2.4.1 路面防水施工

### 2. 施工注意事项

(1) 降落在路面上的雨水，应通过路面横向坡度向两侧排走，避免行车道路面范围内出现积水。

(2) 在路线纵坡平缓、汇水量不大、路堤较低且边坡坡面不会受到冲刷的情况下采用在路堤边坡上横向漫流的方式排除路面表面水。

(3) 设置拦水带汇集路面表面水时，拦水带过水断面内的水面，在高速公路及一级公路上不得漫过右侧车道外边缘，在二级及二级以下公路不得漫过右侧车道中心线。拦水缘石一般采用混凝土预制块或用路缘石成型机现场铺筑的沥青混凝土，拦水缘石高出路肩120mm，顶宽80~100mm。





## 2.4.1 路面防水施工

### 二、封堵、阻隔防水

1. 在干旱、少雨地区，通常采用透水性小的密级配沥青混合料做表面层。
2. 对多雨、潮湿地区，表面层可采用上封层组成防滑面层。
3. 当面层渗水性大而基层、底基层及路基的水稳定性较差者，可在基层做下封层防止或减少地表水下渗。
4. 对于地下水位较高、路基长期处于潮湿状态，强度和稳定性会降低，在重载作用下路面会出问题的地段，应设置透水性小的垫层，隔绝地下水向上入浸。



## 2.4.2 路面排水施工

### 一、路面内部排水

#### 1. 概述

(1) 目的是将渗入路面结构内的水分迅速排除。

(2) 路面内部排水系统的使用条件：

①年降水量为600mm以上的湿润和多雨地区，路基由渗水差的细粒土（渗透系数不大于 $10^{-5}\text{cm/s}$ ）组成的高速公路、一级公路或重要的二级公路。

②路基两侧有滞水，可能渗入路面结构内。

③严重冰冻地区，路基由粉性土组成的潮湿、过湿路段。

④现有路面改建或改善工程，需排除积滞在路面结构内的水分。

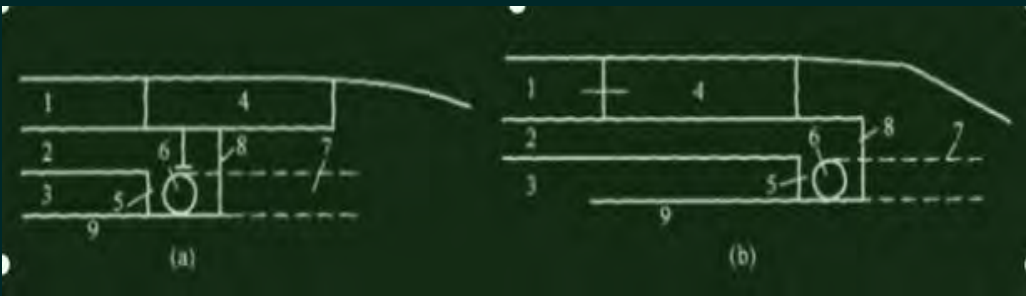


## 2.4.2 路面排水施工

### 二、路面基层排水

#### 1. 概述

路面基层排水系统是直接在面层下设置透水性排水基层，在其边缘设置纵向集水沟和排水管以及横向出水管等，采用透水性材料做基层，使渗入路面结构内的水分，先通过竖向渗流进入排水层，然后横向渗流进入纵向集水和排水管，再由横向出水管引出路基。



1. 面层 2. 排水基层 3. 不透水垫层  
4. 路肩面层 5. 集水沟 6. 排水管  
7. 出水管 8. 反滤层 9. 路基



## 2.4.2 路面排水施工

### 2. 施工注意事项

(1) 排水层也采用横贯路基整个宽度的形式，不设纵向集水沟和排水管以及横向出水管。渗入排水层内的自由水，横向渗流，直接排泄到路基坡面外。

在一些特殊地段，如连续长纵坡坡段、曲线超高过渡段和凹形竖曲线段等，排水层内渗流的自由水有可能被堵封或者渗流路径超45~60m。在这些路段，应增设横向排水管以拦截水流，缩短渗流长度。



## 2.4.2 路面排水施工

(2) 排水层的透水性材料可以采用经水泥或者沥青处置，或者未经处治的升级配碎石集料。未经处治碎石集料的透水性一般比水泥或沥青处治的要低，沥青处治的碎石集料的透水性略高于水泥处置的碎石。

(3) 纵向集水沟布置在路面横坡的下方。行车道路面采用双向坡路拱时，在路面两侧都设纵向集水沟。集水沟内侧边缘可设在行车道面层边缘处，但有时为了避免排水管被面层施工机械压裂，或者避免路肩铺面受集水沟沉降变形的影响，将集水沟向外侧移出600~900mm。路肩采用水泥混凝土铺面时，集水沟内侧边缘可外移到路肩面层边缘。

(4) 排水基层下必须设置不透水垫层或反滤层，以防止表面水向下渗入垫层，浸湿垫层和路基，同时防止垫层或路基土中的细粒进入排水基层而造成堵塞。



## 2.4.2 路面排水施工

【例题】路面基层排水层的透水材料，透水性从高到低排序正确的是（ ）。

A. 未经处治的开级配碎石集料 > 沥青处治的碎石集料 > 水泥处治的碎石集料

B. 水泥处治的碎石集料 > 未经处治的开级配碎石集料 > 沥青处治的碎石集料

C. 沥青处治的碎石集料 > 水泥处治的碎石集料 > 未经处治的开级配碎石集料

D. 未经处治的开级配碎石集料 > 水泥处治的碎石集料 > 沥青处治的碎石集料

【答案】C。

## 2.5 路面试验检测



## 2.5.1 无侧限抗压强度试验检测

### 一、适用范围

适用于测定无机结合料稳定土（包括稳定细粒土、中粒土和粗粒土）试件的无侧限抗压强度，有室内配合比设计试验及现场检测，本试验包括：按照预定的干密度用静力压实法制备试件以及用锤击法制备试件，试件都是高：直径=1：1的圆柱体。





## 2.5.1 无侧限抗压强度试验检测

### 二、试验仪器设备

(1) 圆孔筛

(2) 试模

细粒土（最大粒径不超过10mm）：试模的直径×高=  
50mm×50mm；

中粒土（最大粒径不超过25mm）：试模的直径×高  
=100mm×100mm；

粗粒土（最大粒径不超过40mm）：试模的直径×高  
=150mm×150mm。

(3) 脱模器

(4) 反力框架

(5) 液压千斤顶

(6) 夯锤和导管等





## 2.5.2 马歇尔试验检测技术

目的与适用范围：

马歇尔稳定度试验是对标准击实的试件在规定的温度和速度等条件下受压，测定**沥青混合料的稳定度和流值**等指标所进行的试验。





## 2.5.2 马歇尔试验检测技术

**空隙率**是评价沥青混合料压实程度的指标。

**沥青饱和度**是指压实沥青混合料试件中沥青实体体积占矿料骨架实体以外的空间体积的百分率，又称为沥青填隙率。

**稳定度**是指沥青混合料在外力作用下抵抗变形的能力，在规定试验条件下，采用马歇尔仪测定的沥青混合料试件达到最大破坏的极限荷载。

**流值**是评价沥青混合料抗塑性变形能力的指标。

**残留稳定度**是反映沥青混合料受水损害时抵抗剥落的能力。



## 2.5.3 水泥混凝土路面抗压、抗折强度试验检测

### 一、水泥混凝土抗压强度试验方法

(1) 目前，混凝土抗压强度试件以边长为150mm的正立方体为标准试件，混凝土强度以该试件标准养护到28d，按规定方法测得的强度为准。

(2) 当混凝土抗压强度采用非标准试件时应进行换算。





## 2.5.3 水泥混凝土路面抗压、抗折强度试验检测

### 二、水泥混凝土抗折（抗弯拉）强度试验方法

水泥混凝土抗折强度是以 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 550\text{mm}$ 的梁形试件在标准养护条件下达到规定龄期后，净跨径 $450\text{mm}$ ，双支点荷载作用下的弯拉破坏，并按规定的计算方法得到强度值。





## 2.5.3 水泥混凝土路面抗压、抗折强度试验检测

试验步骤：

- (1) 试件的成型并养护；
- (2) 试件外观检查、修整；
- (3) 标记试件；
- (4) 加载试验；
- (5) 整理试验数据，提供试验报告。



## 2.5.3 水泥混凝土路面抗压、抗折强度试验检测

【例题】混凝土抗折强度的试验步骤包括：①试件的成型和养护；②标记试件；③试件外观检查、修整；④加载试验；⑤整理试验数据、提供试验报告。正确的顺序为（ ）。

- A. ①→②→③→④→⑤
- B. ①→③→②→④→⑤
- C. ①→③→④→②→⑤
- D. ①→②→④→③→⑤

【答案】B。

解析：混凝土抗折强度的试验步骤：（1）试件的成型并养护。（2）试件外观检查、修整。（3）标记试件。（4）加载试验。（5）整理试验数据，提供试验报告。



## 2.6 路面工程质量通病及防治措施





## 2.6.1 无机结合料基层裂缝的防治

### 一、石灰稳定土底基层裂缝病害及防治措施

#### 1. 原因分析

- (1) 石灰土成型后未及时做好养护；
- (2) 土的塑性指数较高，粘性大，石灰土的收缩裂缝随土的塑性指数的增高而增多、加宽；
- (3) 拌和不均匀，石灰剂量愈高，愈容易出现裂缝；
- (4) 含水量控制不好；
- (5) 工程所在地温差大，一般情况下，土的温缩系数比干缩系数大4~5倍，进入晚秋、初冬之后，温度收缩裂缝尤为加剧。



## 2.6.1 无机结合料基层裂缝的防治

### 2. 预防措施

- (1) 石灰土成型后应及时洒水或覆盖塑料薄膜养生，或铺上一层素土覆盖；
- (2) 选用塑性指数合适的土，或适量掺入砂性土、粉煤灰和其他粒料，改善施工用土的土质；
- (3) 加强剂量控制，使石灰剂量准确，保证拌和遍数和石灰土的均匀性；
- (4) 控制压实含水量，在较大含水量下压实的石灰土，具有较大的干裂，宜在最佳含水量 $\pm 1\%$ 时压实；
- (5) 尽量避免在不利季节施工，最好在第一次冰冻来临一个半月前结束施工。



## 2.6.1 无机结合料基层裂缝的防治

### 二、水泥稳定碎石基层裂缝病害及防治措施

#### 1. 原因分析

- (1) 水泥剂量偏大或水泥稳定性差；
- (2) 碎石级配中细粉料偏多，石粉塑性指数偏高；
- (3) 集料中粘土含量大，因为粘土含量越大，水泥稳定碎石的干缩、温缩裂纹越大；
- (4) 碾压时混合料含水量偏大，不均匀；
- (5) 混合料碾压成型后养护不及时，易造成基层开裂；
- (6) 养护结束后未及时铺筑封层。



## 2.6.1 无机结合料基层裂缝的防治

### 2. 预防措施

- (1) 控制水泥质量，在保证强度的情况下，应适当降低水泥稳定碎石混合料的水泥用量；
- (2) 碎石级配应接近要求级配范围的中值；
- (3) 应严格集料中粘土含量；
- (4) 应严格控制加水量；
- (5) 混合料碾压成型后及时洒水养生，保持碾压成型混合料表面的湿润；
- (6) 养护结束后应及时铺筑下封层；
- (7) 宜在春季末和气温较高的季节组织施工，工期的最低温度在 $5^{\circ}\text{C}$ 以上，并在第一次冰冻到来之前一个月内完成，基层表面在冬期上冻前应做好覆盖层（下封层或摊铺下面层或覆盖土）。



## 2.6.2 沥青路面接缝病害的防治

### 一、原因分析

#### (一) 横向接缝

1. 采用平接缝，边缘未处理成垂直面。采用斜接缝时，施工方法不当。

2. 新旧混合料的粘结不紧密。

3. 摊铺、碾压不当。

#### (二) 纵向接缝

1. 施工方法不当。

2. 摊铺、碾压不当。



## 2.6.2 沥青路面接缝病害的防治

### 二、预防措施

#### (一) 横向接缝

1. 尽量采用平接缝。将已摊铺的路面尽头边缘在冷却但尚未结硬时锯成垂直面，并与纵向边缘成直角，或趁未冷透时用凿岩机或人工垂直刨除端部层厚不足的部分。采用斜接缝时，注意搭接长度，一般为0.4~0.8m。

2. 预热软化已压实部分路面，加强新旧混合料的粘结。

3. 摊铺机起步速度要慢，并调整好预留高度，摊铺结束后立即碾压，压路机先进行横向碾压（从先铺路面上跨缝逐渐移向新铺面层），再纵向碾压成为一体，碾压速度不宜过快。同时也要注意碾压的温度符合要求。



## 2.6.2 沥青路面接缝病害的防治

### (二) 纵向接缝

1. 尽量采用热接茬施工，采用两台或两台以上摊铺机梯队作业。

当半幅路施工或因特殊原因而产生纵向冷接茬时，宜加设挡板或加设切刀切齐，也可在混合料尚未冷却前用镐刨除边缘留下毛茬的方式。铺另半幅前必须将缝边缘清扫干净，并涂洒少量粘层沥青。

2. 将已摊铺混合料留10~20cm暂不碾压，作为后摊铺部分的高程基准面，待后摊铺部分完成后一起碾压。纵缝如为热接缝时，应以1/2轮宽进行跨缝碾压；纵缝如为冷接缝时，应先在已压实路上行走，只压新铺层的10~15cm，随后将压实轮每次再向新铺面移动10~15cm。

3. 碾压完成后，用3m直尺检查，用钢轮压路机处理棱角。



## 2.6.3 水泥混凝土路面裂缝防治

### 原因分析（一）横向裂缝

1. 混凝土路面切缝不及时，由于温缩和干缩发生断裂。混凝土连续浇筑长度越长，浇筑时气温越高，基层表面越粗糙越易断裂。
2. 切缝深度过浅，由于横断面没有明显削弱，应力没有释放，因而在临近缩缝处产生新的收缩缝。
3. 混凝土路面基础发生不均匀沉陷（如穿越河洪、沟槽，拓宽路段处），导致板底脱空而断裂。
4. 混凝土路面板厚度与强度不足，在行车荷载和温度应用下产生强度裂缝。
5. 水泥干缩性大；混凝土配合比不合理，水灰比大；材料计量不准确；养护不及时。
6. 混凝土施工时，振捣不均匀。





## 2.6.3 水泥混凝土路面裂缝防治

### (二) 纵向裂缝

1. 路基发生不均匀沉陷，如由于纵向沟槽下沉、路基拓宽部分沉陷、路堤一侧积水、排灌等导致路基基础下沉，板块脱空而产生裂缝。

2. 由于基础不稳定，在行车荷载和水温的作用下，产生塑性变形或者由于基层材料水稳性不良，产生湿软膨胀变形，导致各种形式的开裂，纵缝也是其中一种破坏形式。

3. 混凝土板厚度与基础强度不足产生的荷载型裂缝。



## 2.6.3 水泥混凝土路面裂缝防治

### (三) 龟裂

1. 混凝土浇筑后，表面没有及时覆盖，在炎热或大风天气，表面游离水分蒸发过快，体积急剧收缩，导致开裂。
2. 混凝土拌制时水灰比过大；模板与垫层过于干燥，吸水大。
3. 混凝土配合比不合理，水泥用量和砂率过大。
4. 混凝土表面过度振捣或抹平，使水泥和细骨料过多上浮至表面，导致缩裂。



## 2.6.4 水泥混凝土路面断板防治

### 一、原因分析

1. 混凝土板的切缝深度不够、不及时，以及压缝距离过大。
2. 车辆过早通行。
3. 原材料不合格。
4. 由于基层材料的强度不足，水稳性不良，以致受力不均，出现应力集中而导致开裂断板。
5. 基层标高控制不严和不平整
6. 混凝土配合比不当。
7. 施工工艺不当。
8. 边界原因（另外一幅路的影响）。



## 2.6.4 水泥混凝土路面断板防治

### 二、预防措施

1. 做好压缝并及时切缝。
2. 控制交通车辆。
3. 合格的原材料是保证混凝土质量的必要条件。
4. 强度、水稳性、基层标高及平整度的控制。
5. 施工工艺的控制。
6. 边界影响的控制。



## 2.6.4 水泥混凝土路面断板防治

### 三、治理措施

#### (一) 裂缝的灌浆封闭

对于轻微断裂，裂缝无剥落或轻微剥落，裂缝宽度小于3mm的断板，宜采用灌入胶结剂的方法灌缝封闭。灌缝工艺有直接灌浆法、压注灌浆法、扩缝灌注法。



## 2.6.4 水泥混凝土路面断板防治

### (二) 局部带状修补

1. 对轻微断裂，裂缝有轻微剥落时，按画线位置凿开深5~7cm的长方形凹槽，刷洗干净后，用快凝小石子填补。

2. 对轻微断裂，裂缝较宽且有轻微剥落的断板，应按裂缝两侧至少各20cm的宽度放样，按画线范围开凿成深至板厚一半的凹槽，此凹槽底部裂缝应与中线垂直，刷洗干净凹槽，在凹槽底部裂缝的两侧用冲击钻沿与中线平行方向，间距30~40cm，打眼贯通至板厚达基层表面，然后再清洗凹槽和孔眼，在孔眼安设Ⅱ形钢筋，冲击钻钻头采用 $\Phi 30$ 规格，Ⅱ形钢筋采用 $\Phi 22$ 螺纹钢制作，安设钢筋完成后，用高强度砂浆填塞孔眼至密实，最后用与原路面相同强度的快凝混凝土浇筑至路面齐平。



## 2.6.4 水泥混凝土路面断板防治

3. 较为彻底的办法是将凹槽凿至贯通板厚，在凹槽边缘两侧板厚中央打洞，深10cm，直径4cm，水平间距30~40cm。每个洞应先将其周围润湿，插入一根直径18~20mm、长约200mm的钢筋，然后用快凝砂浆填塞捣实，待砂浆硬后浇筑快凝混凝土夯捣实齐平路面即可。



## 2.6.4 水泥混凝土路面断板防治

### (三) 整块板更换

对于严重断裂，裂缝处有严重剥落，板被分割成3块以上，有错台或裂块已开始活动的断板，应采用整块板更换的措施。





## 2.6.4 水泥混凝土路面断板防治

【例题】水泥混凝土路面中，对于严重断裂，缝隙处有严重剥落，路版被分割成3块以上且裂块已开始活动的断板，最合适的治理方法是（ ）。

- A. 扩缝灌注法
- B. 裂缝灌浆封闭
- C. 整块版更换
- D. 压注灌浆法

【答案】C。

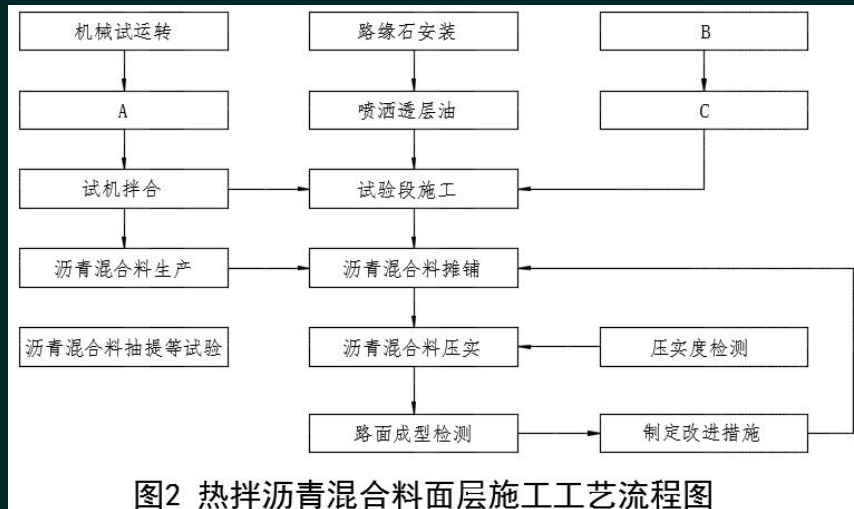
解析：只有采取整块板更换，才能保证质量。



# 案例练习

## 【背景资料】

某施工单位承建了长度10km的路基工程，该路面工程采用热拌沥青混合料面层，施工单位中标后，项目负责人立即授权人员进场。技术负责人组织编写了路面施工方案，其中热拌沥青混合料面层施工工艺流程图如图2所示：





## 案例练习

施工中发生以下事件：

事件一：施工单位喷洒透层油时，施工技术要求如下：

- (1) 透层油采用沥青洒布车，按设计喷油量分两次均匀洒布。
- (2) 透层油洒布后应不致流淌，应渗入基础一定深度，在表面形成油膜。
- (3) 气温低于 $10^{\circ}\text{C}$ 或大风、即将降雨时，不得喷洒透层油。
- (4) 透层油洒后应待充分渗透，一般不少于24h后才能摊铺上层。
- (5) 在进行下一道工序前，应将局部有多余的未渗入基层的透层油清除。



## 案例练习

事件二：施工单位通过试验段施工，确定了松铺系数、施工工艺、机械配备等指标，且通过沥青混合料马歇尔试验评价了沥青混合料在外力作用下抵抗变形的能力，抗塑性变形的能力等指标。

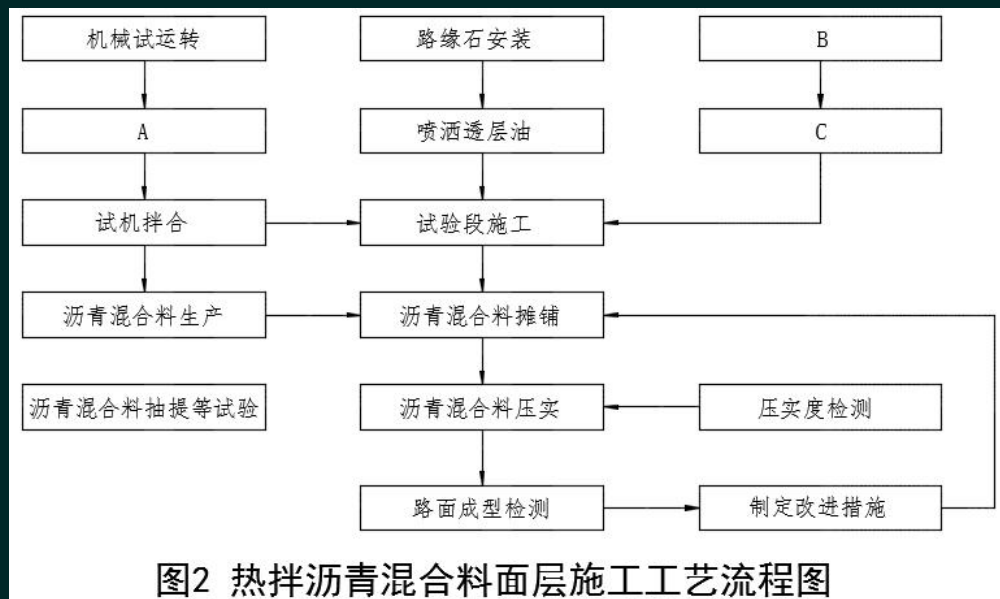
事件三：参与项目施工的施工设备建立了管理台账，每台设备进行了归档，主要归档内容如下：

- (1) 设备的名称、类别、数量、统一编号，
- (2) 产品合格证及生产许可证（复印件及其他证明材料）。
- (3) 《大、中型设备安装、拆卸方案》、《施工设备验收单》及《安装验收报告》。

# 案例练习

## 【问题】

1. 写出图3中工艺A、B、C的内容。（从“沥青混凝土配合比、配合比调试、批准配合比”中选择）



## 【参考答案】

1. A-配合比调试，B-沥青混凝土配合比，C-批准配合比。



## 案例练习

### 【问题】

2. 逐条判断事件一中的施工技术要求是否正确，若不正确写出正确的施工技术要求。

事件一：施工单位喷洒透层油时，施工技术要求如下：

- (1) 透层油采用沥青洒布车，按设计喷油量分两次均匀洒布。
- (2) 透层油洒布后应不致流淌，应渗入基础一定深度，在表面形成油膜。
- (3) 气温低于 $10^{\circ}\text{C}$ 或大风、即将降雨时，不得喷洒透层油。
- (4) 透层油洒后应待充分渗透，一般不少于24h后才能摊铺上层。
- (5) 在进行下一道工序前，应将局部有多余的未渗入基层的透层油清除。

### 【参考答案】

- (1) 不正确。改正：透层油宜采用沥青洒布车一次喷洒均匀。
- (2) 不正确。改正：透层油洒布后应不致流淌，应渗入基层一定深度，不得在表面形成油膜。
- (3) 正确。
- (4) 正确。
- (5) 正确。



## 案例练习

### 【问题】

3. 写出事件二中马歇尔试验评价沥青混合料在外力作用下抵抗变形的能力指标。

事件二：施工单位通过试验段施工，确定了松铺系数、施工工艺、机械配备等指标，且通过沥青混合料马歇尔试验评价了沥青混合料在外力作用下抵抗变形的能力，抗塑性变形的能力等指标。

### 【参考答案】

3. 稳定度是指沥青混合料在外力作用下抵抗变形的能力，在规定试验条件下，采用马歇尔仪测定的沥青混合料试件达到最大破坏的极限荷载。流值是评价沥青混合料抗塑性变形能力的指标。在马歇尔稳定度试验时，当试件达到最大荷载时，其压缩变形值，即为流值。



## 案例练习

### 【问题】

4. 事件三中，机械设备档案内容还有哪些？

事件三：参与项目施工的施工设备建立了管理台账，每台设备进行了归档，主要归档内容如下：

- (1) 设备的名称、类别、数量、统一编号，
- (2) 产品合格证及生产许可证（复印件及其他证明材料）。
- (3) 《大、中型设备安装、拆卸方案》、《施工设备验收单》及《安装验收报告》。

### 【参考答案】

4. 机械设备档案内容还有：设备的购买日期、使用说明书等技术资料、各设备操作人员资格证明材料。



谢 谢 观 看

T h a n k s f o r w a t c h i n g



# 公路工程管理与实务

公路工程

技术

路基工程  
路面工程  
桥涵工程  
隧道工程



法规

相关法规  
相关标准



管理

公路工程企业资质与施工组织  
施工招标投标与合同管理  
施工进度管理  
施工质量管理  
施工成本管理  
施工安全管理  
绿色施工及现场环境管理  
施工技术与设备管理



# 桥涵工程





## 3.1 桥梁工程

# 第3章 桥涵工程



## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

### 知识要点

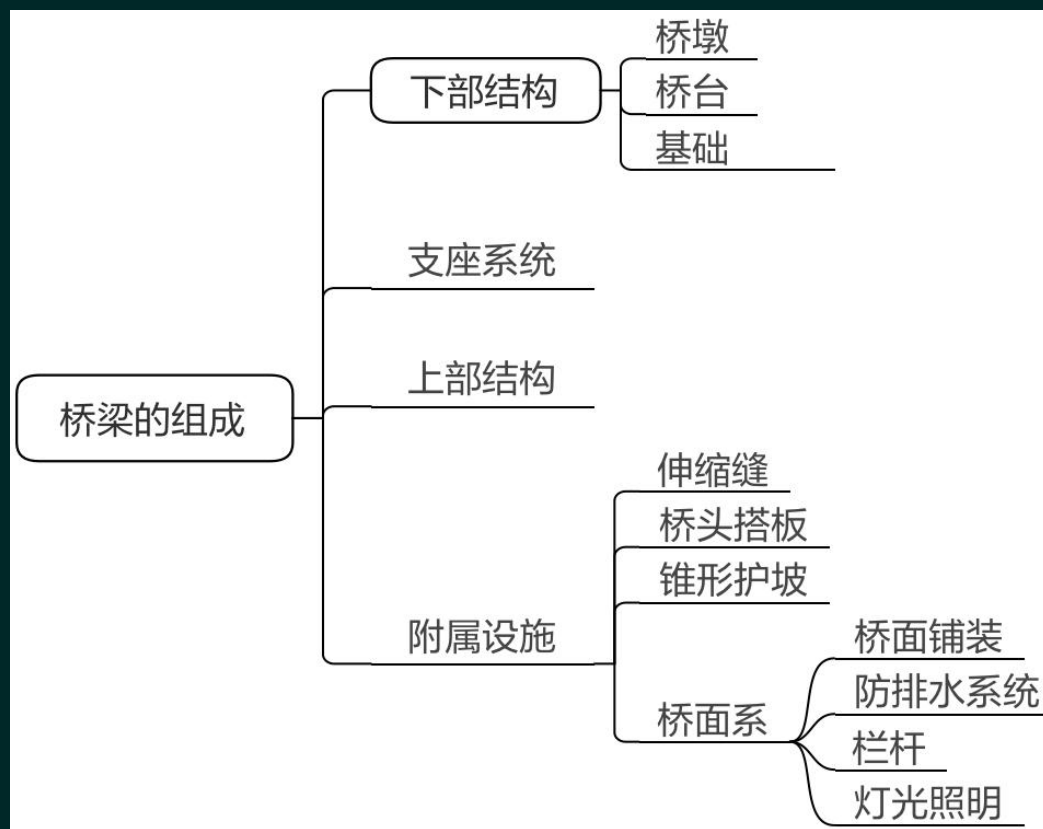
- 【1】 桥梁的组成
- 【2】 桥梁的分类
- 【3】 施工准备（增）



## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

### 一、桥梁的组成和分类

#### (一) 桥梁的组成





## 3.1.1 桥梁构造与施工准备



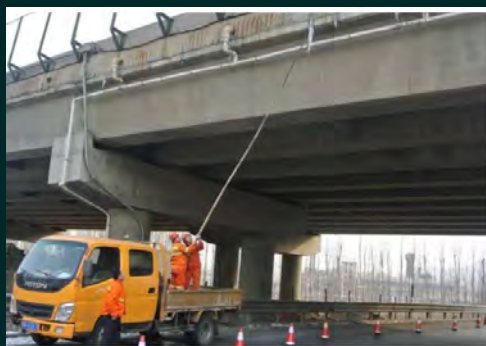




## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

附属设施：桥面系、伸缩缝、桥头搭板、锥形护坡

桥面系：桥面铺装、排水防水系统、栏杆、灯光照明





## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

### (二) 相关尺寸和术语名称

(1) 净跨径：梁式桥是设计洪水位上相邻两个桥墩（或桥台）之间的**净距**。拱式桥是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。

(2) 总跨径：孔**净跨径**的总和，也称桥梁孔径。

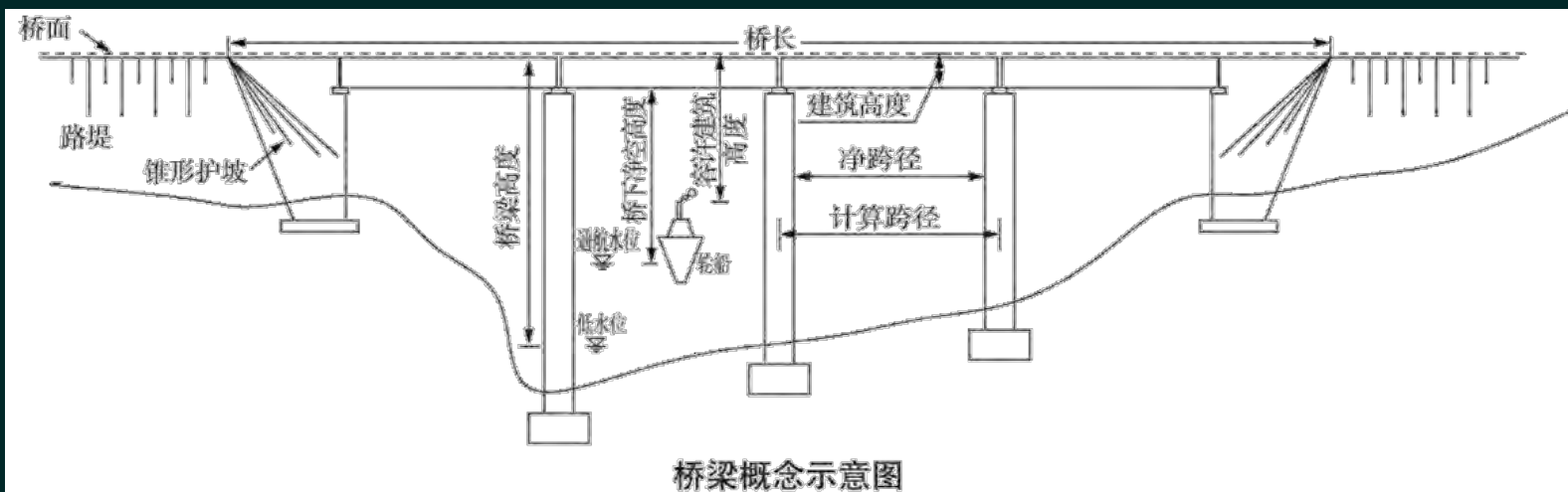
(3) 计算跨径：对于具有支座的桥梁，是指桥跨结构相邻两个**支座中心**之间的距离。拱桥为拱轴线两端点之间的水平距离。



### 3.1.1 桥梁构造与施工准备

(4) 桥梁全长：是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离，简称桥长。

(5) 桥梁高度：指桥面与**低水位**（或地面）之间的高差，或指桥面与桥下线路路面之间的距离。

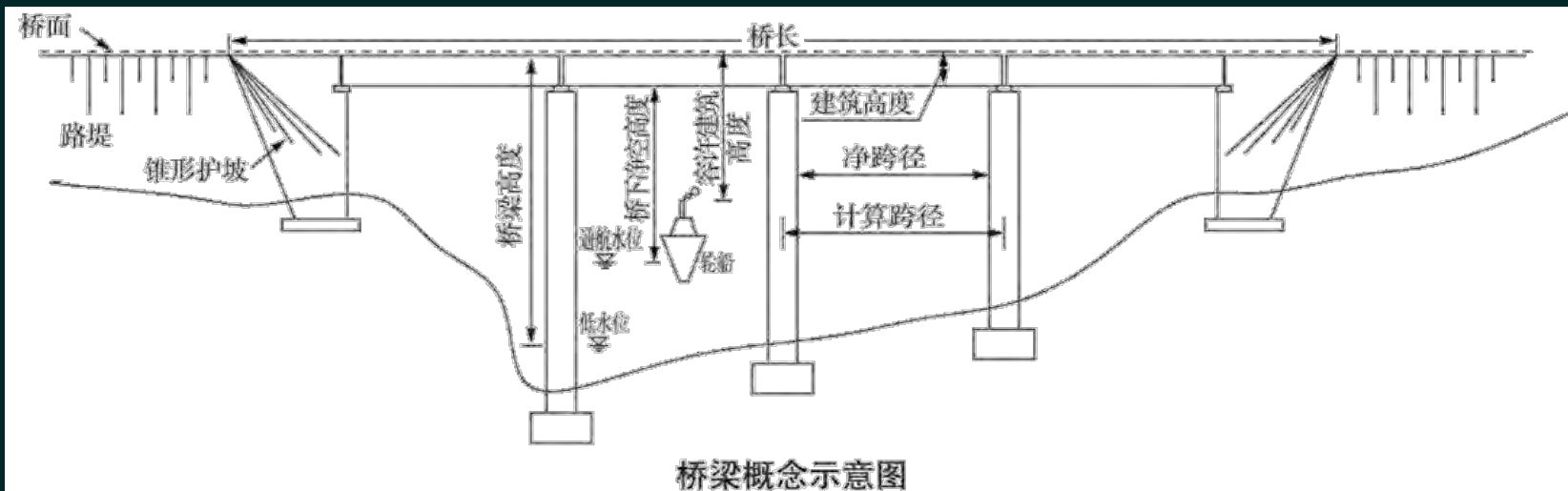




## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

(6) 桥下净空高度：设计洪水位、计算通航水位或桥下线路路面至桥跨结构最下缘之间的距离。

(7) 建筑高度：桥上行车路面（或轨顶）标高至桥跨结构最下缘之间的距离。

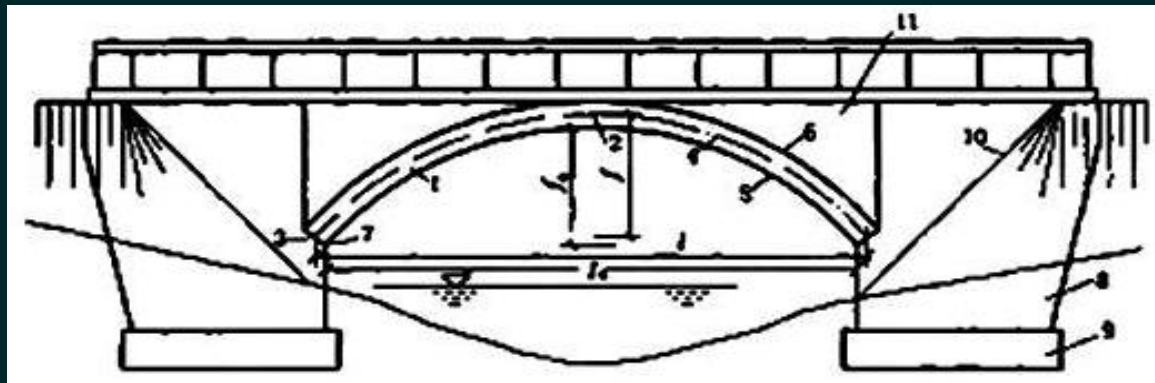




### 3.1.1 桥梁构造与施工准备

(8) 净矢高：从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点之连线的垂直距离。计算矢高：从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离。

(9) 矢跨比：是拱桥中拱圈的计算矢高 $f$ 与计算跨径 $l$ 之比。





## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

### (二) 桥梁的分类 (改)

按受力体系分类，桥梁有**梁式**、**拱式**、**悬索**三大基本体系，其中梁式桥以受弯为主、拱式桥以受压为主、悬索桥以受拉为主。例外还包括刚构桥、斜拉桥等组合体系桥梁。

#### 1. 梁式桥

梁作为承重结构是以它的**抗弯**能力来承受荷载的。梁分**简支梁**、**悬臂梁**、**连续梁**等。

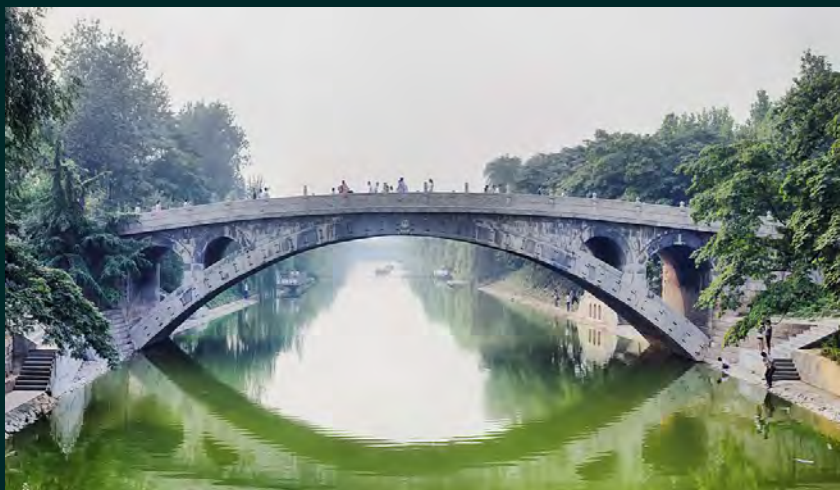




## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

### 2. 拱式桥

拱式桥的主要承重结构是**拱圈**或**拱肋**。通常采用抗压能力强的圬工材料（砖石、混凝土、钢筋混凝土）来修建。拱是有推力的结构，对地基要求较高，一般常建于地基良好的地区。



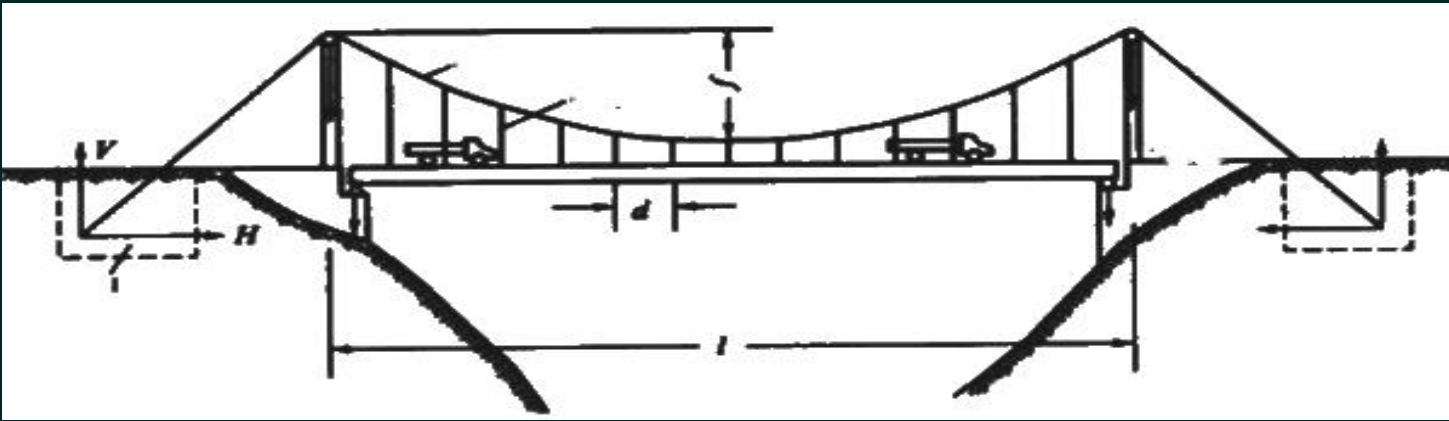


## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

### 3. 悬索桥

悬索桥是用悬挂在塔架上的强大**缆索**作为主要承重结构。

悬索桥的承载系统包括**缆索**、**塔柱**和**锚碇**三部分，结构自重较轻，能够达到其他任何桥形无法达到的特大跨度，是大跨桥梁的主要形式。







## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

4. 刚构桥

5. 斜拉桥





## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

【例题】从桥梁拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离称为（ ）。

- A. 净矢高
- B. 计算矢高
- C. 桥梁高度
- D. 桥梁建筑高度

【答案】B。

解析：从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离称为计算矢高，用 $f$ 表示。



## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

### 二、施工准备（增）

#### （一）施工技术准备

（1）桥涵工程施工前应熟悉设计文件，对结构设计尺寸和关键施工参数进行核对，且应由设计单位进行设计交底。

（2）对技术复杂或危险性较大的分部分项工程，应制定安全可靠、技术可行、经济合理的专项施工方案。

（3）开工前应完成现场的“四通一平”工作。“四通”是指水通、电通、路通、通信通；“一平”是指场地平整。



## 3.1.1 桥梁构造与施工准备

### (二) 桥涵施工测量

(1) 施工过程中，应对控制网（点）进行不定期的检测和定期复测，**定期复测周期应不超过6个月**。

(2) 桥涵工程施工的平面控制测量应符合相关规定，在布设**平面控制点**时，一级平面控制网中相邻点之间的距离在平原、微丘区不得小于**200m**，重丘、山岭区不得小于**100m**；最大距离应不大于平均边长的2倍。平面控制测量应采用**卫星定位测量、导线测量、三角测量或三边测量**等方法进行。



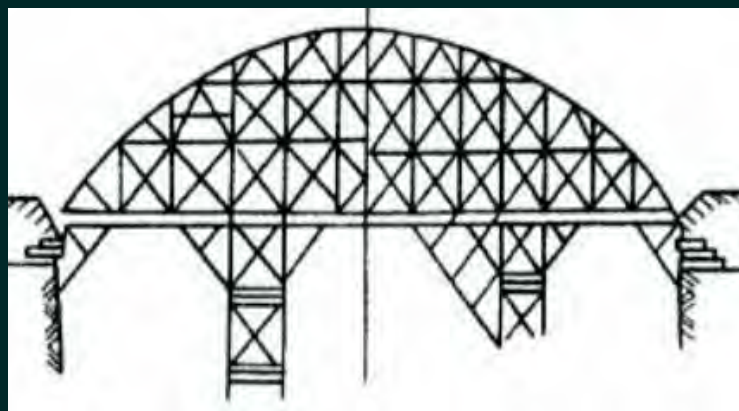
## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

### 知识要点

- 【1】模板、支架和的设计与施工
- 【2】拱架的设计与施工

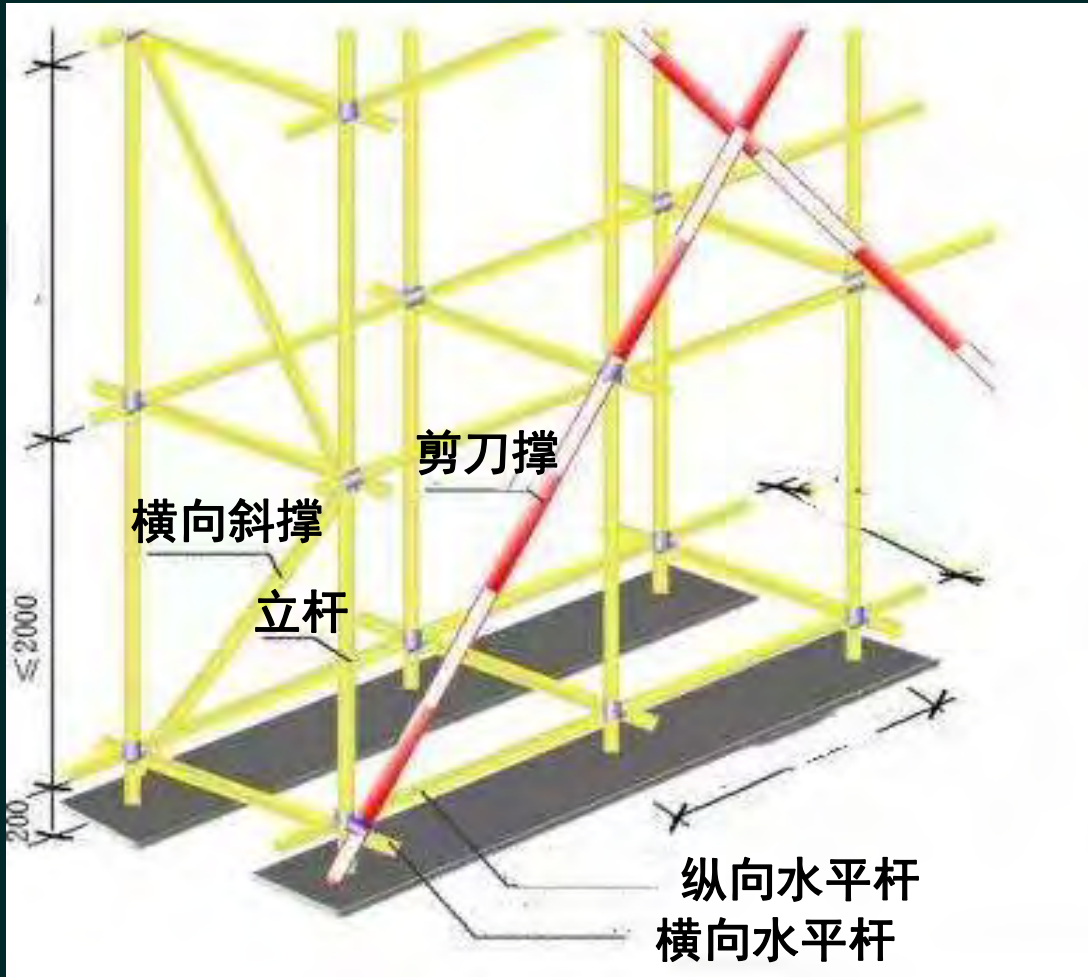


## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工





### 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工





## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

### 一、常用模板、支架的设计与施工

#### (一) 一般规定

1. 模板宜采用钢材、胶合板或其他适宜的材料制作；支架宜采用钢材或常备式定型钢构件等材料制作。
2. 模板和支架应具有足够的**强度、刚度和稳定性**，应能承受施工过程中所产生的各种荷载。
3. 在模板上设置的吊环应采用HPB300级钢筋，**严禁采用冷加工钢筋制作**。每个吊环应按两肢截面计算、在模板自重标准值作用下，吊环的拉应力应**不大于65MPa**。





## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

### (二) 模板、支架的设计

1. 模板、支架的设计应根据**工程结构形式、荷载情况、地基土类别、施工设备和材料性能**等条件进行，且宜优先采用标准化、定型化的构件。（增）

2. 模板背面应设置**主肋和次肋**作为其支承系统，主肋和次肋的布置应根据模板的荷载和刚度要求进行。

3. 支架的构造形式宜综合所采用的**材料类别、所支承的结构及其荷载、地形及环境条件、地基情况**等因素确定。支架的立杆之间应根据其受力要求和结构特点设置水平和斜向等支撑连接杆件，增强支架的整体刚度和稳定性。托架结构宜设置成三角形且与预埋件的连接固定方式应可靠。



## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

4. 模板、支架应考虑下列荷载，按规定进行荷载组合：

- (1) 模板、支架自重。
- (2) 新浇筑混凝土、钢筋、预应力筋或其他圬工结构物的重力。
- (3) 施工人员及施工设备、施工材料等荷载。
- (4) 振捣混凝土时产生的振动荷载。
- (5) 新浇筑混凝土对模板侧面的压力。
- (6) 混凝土入模时产生的水平方向的冲击荷载。
- (7) 设于水中的支架所承受的水流压力、波浪力、流冰压力、船只及其他漂浮物的撞击力。
- (8) 其他可能产生的荷载，如风荷载、雪荷载、冬季保温设施荷载等。



### 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

模板、支架和拱架设计计算的荷载组合		
模板结构名称	计算强度用	计算刚度用
梁、板和拱的底模板以及支承板、支架及拱等	(1) + (2) + (3) + (4) + (7) + (8)	(1) + (2) + (7) + (8)
缘石、人行道、栏杆、柱、梁、板、拱等的侧模板	(4) + (5)	(5)
基础、墩台等厚大建筑物的侧模板	(5) + (6)	(5)



## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

5. 验算模板、支架的刚度时，其变形值不得超过下列允许值：

- (1) 结构表面外露的模板，挠度为模板构件跨度的 $1 / 400$ ；
- (2) 结构表面隐蔽的模板，挠度为模板构件跨度的 $1 / 250$ ；
- (3) 支架、拱架受载后挠曲的杆件（盖梁、纵梁），其弹性挠度为相应结构跨度的 $1 / 400$ ；
- (4) 钢模板的面板变形为 $1.5\text{mm}$ ；
- (5) 钢模板的钢棱和柱箍变形为 $L / 500$ 和 $B / 500$ （其中 $L$ 为计算跨径， $B$ 为柱宽）。

6. 验算模板、支架在自重和风荷载等作用下的抗倾倒稳定时，抗倾覆的稳定系数不得小于**1.3**。



## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

### (三) 模板的制作及安装

#### 1. 滑升模板应该遵循以下规定

(1) 模板的**高度**宜根据结构物的实际情况确定；模板的结构应具有足够的**强度、刚度和稳定性**。

(2) 模板的滑升速度宜不大于250mm/h，滑升时应检测并控制其位置。滑升模板的施工宜连续进行，因故中断时，宜在中断前将混凝土浇筑齐平，**中断期间模板仍应继续缓慢地滑升**，直到混凝土与模板不致粘住时为止。

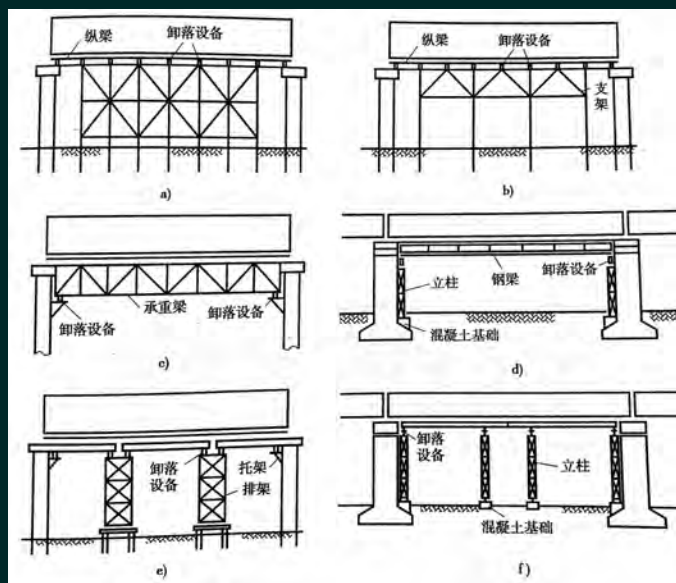


## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

### (四) 支架的制作及安装

#### 1. 支架的安装应符合下列规定：

支架在安装完成后，应对其**平面位置、顶部高程、节点连接及纵、横向稳定性**进行全面检查，符合要求后，方可进行下一工序。





## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

2. 支架宜根据其结构形式、所用材料和地基情况的不同，在施工前确定是否对其进行**预压**，并应符合下列规定：

(1) 对位于**刚性**地基上的刚度较大且非弹性变形可确定控制在一定范围内的支架，在经计算并通过一定审核程序，确认其满足强度、刚度和稳定性等要求的前提下，可不预压；但在施工过程中应对支架的材料和安装施工质量采取严格的管控措施。

(2) 对位于**软土**地基或软硬不均地基上的支架，宜通过**预压**的方式，消除地基的**不均匀沉降**和**支架的非弹性变形**。

(3) 对支架进行预压时，预压荷载宜为支架所承受荷载的**1.05~1.10**倍，预压荷载的分布宜模拟需承受的结构荷载及施工荷载。

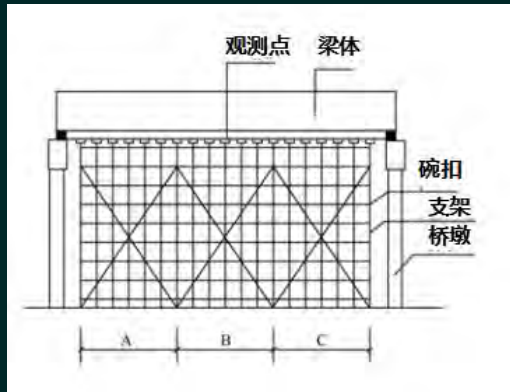


## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

3. 支架应结合模板的安装并考虑设置预拱度和卸落装置，并应符合下列规定：

(1) 设置的预拱度值，应包括**结构本身需要的预拱度**和**施工需要的预拱度**两部分。

预拱度：为抵消梁、拱、桁架等结构在荷载作用下产生的挠度，而在施工或制造时所预留的与位移方向相反的校正值。







## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

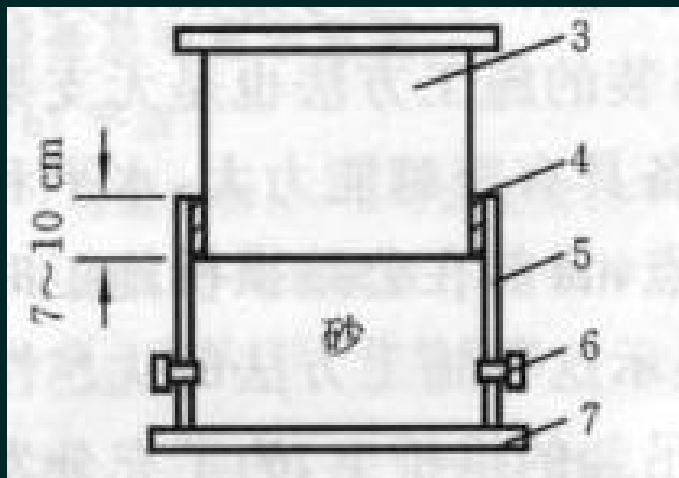
(2) 施工预拱度应考虑下列因素：

- ①模板、支架承受施工荷载引起的**弹性**变形；
- ②受载后由于杆件接头的挤压和卸落装置压缩而产生的**非弹性**变形；
- ③支架地基在受载后的**沉降**变形。



## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

(3) 专用支架应按其产品的要求进行模板的卸落；自行设计的普通支架应在适当部位设置相应的木楔、木马、砂筒或千斤顶等卸落模板的装置，并根据结构形式、承受的荷载大小确定卸落量。





## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

### (五) 模板、支架的拆除

1. **非承重侧模板**应在混凝土抗压强度达到2.5MPa，且能保证其表面及棱角不致因拆模而受损坏时方可拆除。
2. 芯模和预留孔道的**内模**时，应在混凝土强度能保证其表面不发生塌陷或裂缝现象时方可拆除。
3. 钢筋混凝土结构的**承重**模板、支架，应在混凝土强度能承受其自重荷载及其他可能的叠加荷载时，方可拆除。





## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

4. 对**预应力**混凝土结构，其侧模应在预应力钢束张拉前拆除；底模及支架应在结构建立预应力后方可拆除。

5. 模板、支架的拆除应遵循**后支先拆、先支后拆**的原则顺序进行。墩、台的模板宜在其上部结构施工前拆除。

6. 拆除梁、板等结构的承重模板时，在横向应同时、在纵向应对称均衡卸落。简支梁、连续梁结构的模板宜**从跨中向支座**方向依次循环卸落；悬臂梁结构的模板宜从悬臂端开始顺序卸落。



## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

### 二、拱架的设计与施工（改）

#### （一）拱架的设计要求

1. 对拱架各截面的强度进行验算时，应根据拱架的结构形式和所承受的荷载大小，按分环分段浇筑或砌筑施工的工况，分别验算其拱顶、拱脚和1/4跨等特征截面的应力，并应对特征拱架节点进行受力分析。
2. 应严格控制拱架的**刚度**，拱架受载后，对落地式拱架，其弹性挠度应不大于相应结构跨度的1/2000；对拱式拱架，其弹性挠度应不大于相应结构跨度的1/1000。
3. 稳定性的验算应包括拱架的整体稳定和局部稳定，抗倾覆稳定系数应不小于**1.5**。



## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

### (二) 拱架的制作及安装

1. 对钢拱架，宜采用标准化、通用化的**常备式构件**，或**型钢、钢管**等材料；在特殊情况下采用木拱架时，应选择材质坚硬、无损伤且湿度较小的材料。

2. 拱架在安装前，应对桥**轴线、拱轴线、跨径和高程**等进行校核，确认无误后方可进行拼装。拼装应根据拱架的构造确定适宜的方法进行，分片或分段拼装时应有保证拱架稳定的临时措施，必要时应设置缆风绳进行固定；拱架拼装时尚应设置足够的平联、斜撑和剪刀撑，保证其横向的稳定。



## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

3. 拱架应设置施工预拱度和卸落装置，其施工要求除应符合前述支架相关规定外，拱式拱架尚应考虑其受载后产生水平位移所引起的拱圈挠度。



## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

### (三) 拱架的拆卸

1. 现浇混凝土拱圈的拱架，拆除期限应符合设计的规定；设计未规定时，应在拱圈混凝土达到设计强度的85%后，方可卸落支架。

2. 卸落拱架应按提前拟定的卸落程序进行，且宜分步卸落；在纵向应对称均衡卸落，在横向应同时一起卸落。满布式落地拱架卸落时，可从拱顶向拱脚依次循环卸落；拱式拱架可在两支座处同时均匀卸落；多孔拱桥卸架时，若桥墩允许承受单孔施工荷载，可单孔卸落，否则应多孔同时卸落，或各连续孔分阶段卸落。





## 3.1.2 常用模板、支架和拱架的设计与施工

3. 石拱桥的拱架卸落时间应符合下列要求：

- ① 浆砌石拱桥，应待砂浆强度达到**设计强度的85%**后方可卸落；设计另有规定时，应从其规定。
- ② 跨径小于10m的小拱桥，宜在拱上建筑全部完成后卸架；中等跨径的实腹式拱，宜在护拱砌完后卸架；大跨径空腹式拱，宜在拱上小拱横墙砌好（未砌小拱圈）时卸架。

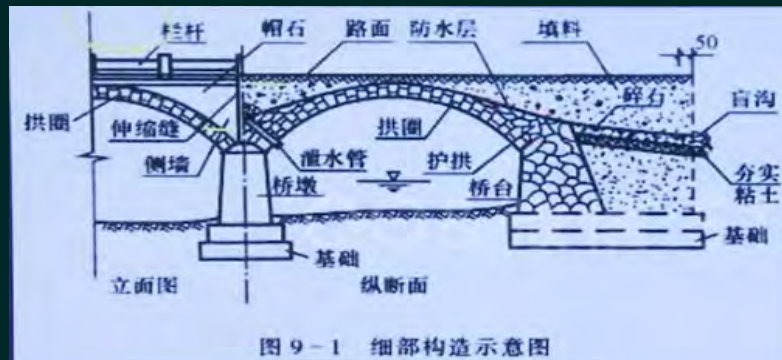


图 9-1 细部构造示意图



## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### 知识要点

- 【1】 钢筋工程施工
- 【2】 混凝土工程施工
- 【3】 预应力混凝土施工



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工



HRB：热轧带肋钢筋



HPB：热轧光圆型钢筋



## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### 一、钢筋工程施工

#### (一) 一般规定

钢筋应具有**出厂质量证明书**和**试验报告单**，

进场时除应检查其外观和标志外，尚应按不同的钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批抽取试样进行**力学性能**检验，检验试验方法应符合现行国家标准的规定。

钢筋经进场检验合格后方可使用。在工地存放时，应按不同品种、规格，分批分别堆置整齐，不得混杂，并应设立识别标志，存放的时间**不宜超过6个月**。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

钢筋的级别、种类和直径应按设计规定采用，当需要代换时，应得到**设计**认可。预制构件的吊环，必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作，且其使用时的计算拉应力应**不**大于**65MPa**。





## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### (二) 普通钢筋的加工制作

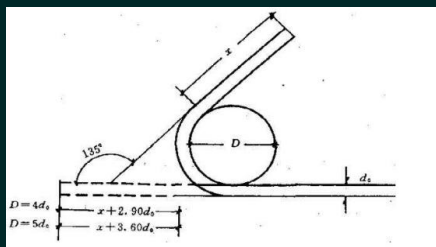
1. 钢筋的表面应洁净，使用前应将表面油渍、漆皮、鳞锈等清除干净，钢筋外表有严重**锈蚀、麻坑、裂纹夹砂和夹层**等缺陷时应予剔除，不得使用。钢筋应平直，无局部弯折，成盘的钢筋和弯曲的钢筋均应**调直**才能使用。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

2. 箍筋的末端应做弯钩，弯钩的弯曲直径应大于被箍受力主钢筋的直径，且HPB300级钢筋应不小于箍筋直径的2.5倍，HRB400级钢筋应不小于箍筋直径的5倍。弯钩平直部分的长度，一般结构不宜小于箍筋直径的5倍，有抗震要求的结构，不应小于箍筋直径的10倍。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

3. 钢筋的连接宜采用**焊接接头**或**机械连接接头**。

绑扎接头仅当钢筋构造复杂施工困难时方可采用，绑扎接头的钢筋直径不宜大于28mm，对轴心受压和偏心受压构件中的受压钢筋可不大于32mm；**轴心受拉和小偏心受拉构件不应采用绑扎接头。**







### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

4. 钢筋的纵向焊接应采用**闪光对焊**，或采用**电弧焊**、**电渣压力焊**或**气压焊**，但电渣压力焊仅可用于竖向钢筋的连接，**不得**用作水平钢筋和斜筋的连接。

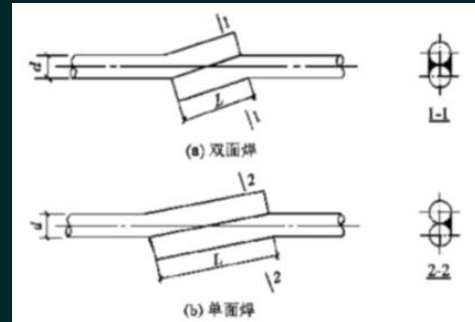




### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

5. 钢筋焊接前，应先选定焊接工艺和焊接参数，按实际条件进行**试焊**，并检验接头外观质量及规定的力学性能，试焊质量经检验合格后方可正式施焊。焊接时，对施焊场地应有适当的防风、雨、雪、严寒的设施。

6. 采用搭接电弧焊时，两钢筋搭接端部应预先折向一侧，**使两接合钢筋轴线一致**。电弧焊接头的焊缝长度，对双面焊缝的长度不应小于 $5d$ ，单面焊缝的长度不应小于 $10d$ 。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

7. 钢筋的机械连接宜采用**镦粗直螺纹、滚扎直螺纹或套筒挤压**连接接头。

(1) 钢筋机械连接接头的等级应选用I级或II级；

(2) 钢筋机械连接件的最小混凝土保护层厚度，应符合设计受力主筋混凝土保护层厚度的规定，且**不得小于20mm**；连接件之间或连接件与钢筋之间的横向净距**不宜小于25mm**。

(3) 连接套筒、锁母、丝头在运输和储存过程中应采取防护措施，防止雨淋、沾污和损伤。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

8. 受力钢筋焊接或绑扎接头应设置在内力较小处，并错开布置，

对于绑扎接头，两接头间距**不小于1.3倍搭接长度**。

对于焊接接头和机械接头，在接头长度区段内，同一根钢筋不得有两个接头。配置在接头长度区段内的受力钢筋，其接头的截面面积占总截面面积的百分率应符合规定。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

9. 钢筋骨架的焊接拼装应在坚固的工作台上进行，操作时应符合下列要求：

(1) 拼装前应按设计图纸放大样，放样时应考虑焊接变形的预留拱度。拼装时，在需要焊接的位置宜采用楔形卡卡紧，防止焊接时出现局部变形。

(2) 骨架焊接时，**不同直径**钢筋的中心线应在同一平面上，较小直径的钢筋在焊接时，下面宜垫以厚度适当的钢板。施焊顺序宜由中到边对称地向两端进行。先焊骨架下部，后焊骨架上部。**相邻的焊缝应采用分区对称跳焊，不得顺方向一次焊成。**



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

#### 10. 钢筋安设、支承及固定要求

(1) 安装钢筋时，钢筋的级别、直径、根数、间距等应符合设计的规定。

(2) 钢筋与模板之间应设置垫块，混凝土垫块应具有不低于结构本体混凝土的强度，并应有足够的密实性；垫块的制作厚度不应出现负误差，正误差应不大于1mm。垫块应相互错开、分散设置在钢筋与模板之间，但不应横贯混凝土保护层的全部截面进行设置。垫块在结构或构件侧面和底面所布设的数量应不少于4个/m<sup>2</sup>，重要部位宜适当加密。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

11. 灌注桩钢筋骨架的制作、运输与安装应符合下列规定：

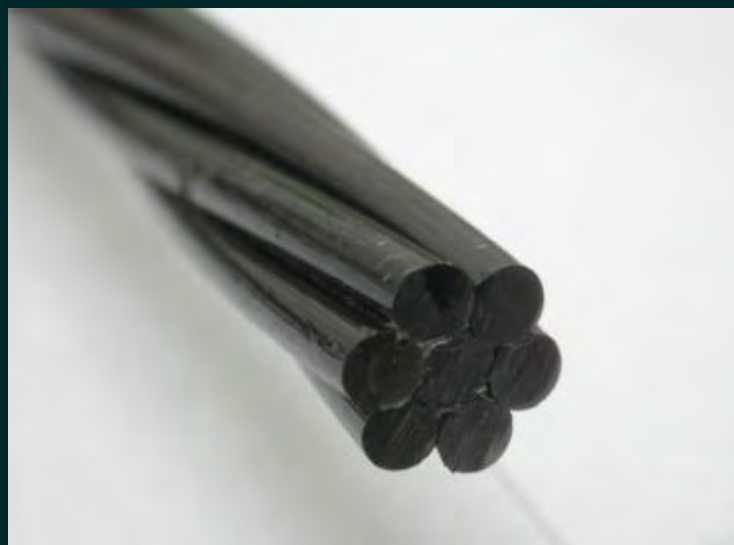
- (1) 制作时应采取必要措施，保证骨架的**刚度**，主筋的接头应错开布置。大直径长桩的钢筋骨架宜在胎架上分段制作，且宜编号，安装时应按编号顺序连接。
- (2) 应在骨架外侧设置控制混凝土保护层厚度的垫块，垫块的间距在竖向不应大于2m，在横向圆周不应少于4处。
- (3) 钢筋骨架在运输过程中，应采取适当的措施防止其变形。**骨架的顶端应设置吊环。**



## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### (三) 预应力钢筋的加工制作 (改)

1. 预应力混凝土结构所采用的**钢丝、钢绞线和热轧带肋钢筋**等材料的性能和质量，应符合现行国家标准的规定。







### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

2. 预应力钢筋进场时应分批验收，验收时，除应对其质量证明书、包装、标志和规格等进行检查外，尚须按下列规定进行检查：

类型	分批	取样	检验
钢丝	60t	每批中抽查5% 且不少于5盘	表面质量
		逐盘	抗拉强度、弯曲和伸长率的 试验
钢绞线	60t	3盘	表面质量、直径偏差和力学 性能试验
热轧带肋 钢筋	100t	逐根	表面质量
		2根	拉伸试验



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

3. 预应力筋制作时的下料应符合下列规定：

(1) 预应力筋的下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、墩头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉工作长度等因素。

(2) 钢丝束两端采用墩头锚具时，宜采用等长下料法对钢丝进行下料。

(3) 预应力筋的下料，应采用切断机或砂轮锯切断，**严禁采用电弧切割。**





## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### 二、混凝土工程施工

#### (一) 一般规定

1. 在进行混凝土强度试配和质量检测时，混凝土的抗压强度应以边长为150mm的立方体尺寸**标准试件**测定，且应取其保证率95%。试件以同龄期者三块为一组，并以同等条件制作和养护，每组试件的抗压强度应以三个试件测值的**算术平均值**为测定值。

如有一个测值与中间值的差值超过中间值的15%时，则取中间值为测定值；如有两个测值与中间值的差值均超过15%时，则该组试件无效。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

#### (二) 混凝土的配合比

1. 混凝土的配合比，应以质量比计，并应通过**设计**和**试配**选定。

2. 公路桥涵工程使用的外加剂，与水泥、矿物掺合料之间应具有良好的相容性。所采用的外加剂，应是经过具备相关资质的检测机构检验并附有检验合格证明的产品。在混凝土中掺入外加剂时，应符合下列规定：

(1) 在钢筋混凝土和预应力混凝土中，均不得掺用氯化钙、氯化钠等氯盐。

(2) 减水剂宜采用聚羧酸类减水剂。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

3. 除应对由各种组成材料带入混凝土中的碱含量进行控制外，尚应控制混凝土的总碱含量。每立方米混凝土的总碱含量，对一般桥涵宜不大于3.0kg，对特大桥、大桥和重要桥梁宜不大于2.1kg。当混凝土结构处于受严重侵蚀的环境时，不得使用有碱活性反应的集料。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

4. 泵送混凝土的配合比应符合下列规定：

(1) 胶凝材料用量宜不小于 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 。水泥宜选用**硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥**；细集料宜采用中砂，粗集料宜采用连续级配。

(2) 应通过试验掺用适量的泵送剂或减水剂，且宜掺用矿物掺合料。

(3) 试配时应考虑坍落度经时损失。



## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### (三) 混凝土的拌制与运输

1. 混凝土的配料宜采用自动计量装置，各种衡器的精度应符合要求，计量应准确。计量器具应定期标定，迁移后应重新进行标定。

2. 混凝土搅拌完毕后，应检测混凝土拌合物的坍落度及其损失，宜在搅拌地点和浇筑地点分别取样检测：

(1) 每一工作班或每一单元结构物应不少于两次，评定时应以浇筑地点的测值为准。

(2) 当混凝土拌合物从搅拌机出料起至浇筑入模的时间不超过15min时，其坍落度可仅在搅拌地点取样检测。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

3. 混凝土的运输能力应适应混凝土凝结速度和浇筑速度相匹配，应使浇筑工作不间断并使混凝土运到浇筑地点时仍能保持均匀性及适宜浇筑的坍落度。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

4. 混凝土采用泵送混凝土应符合下列规定：

混凝土的供应宜使输送混凝土的泵能连续工作，泵送的间歇时间宜不超过15min。在泵送过程中，受料斗内应具有足够的混凝土，应防止吸入空气产生阻塞。

5. 用搅拌运输车运输已拌成的混凝土时，途中应以 $2\sim 4\text{r}/\text{min}$ 的慢速进行搅动，卸料前应采用快档旋转搅拌罐不少于20s。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

6. 混凝土运至浇筑地点后发生离析、严重泌水或坍落度不符合要求时，应进行第二次搅拌。二次搅拌时**不得任意加水**，确有必要时，可同时加水、相应的胶凝材料 and 外加剂，并保持其**原水胶比不变**；二次搅拌仍不符合要求时，则不得使用。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

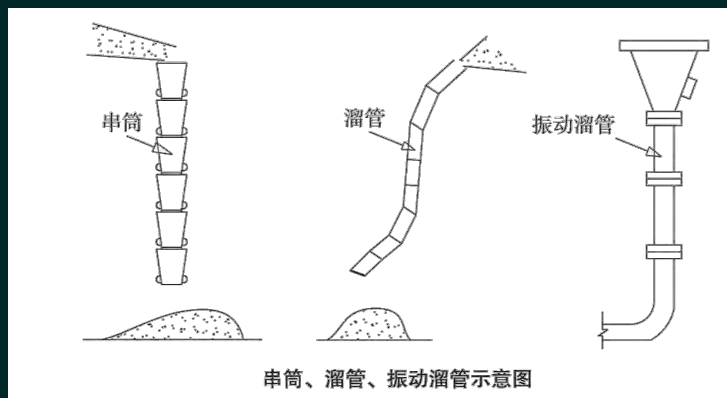
#### (四) 混凝土的浇筑

1. 自高处向模板内倾卸混凝土时，应防止混凝土离析。

(1) 直接倾卸时，其自由倾落高度不宜超过2m；

(2) 超过2m时，应通过串筒、溜管或振动溜管等设施下落；

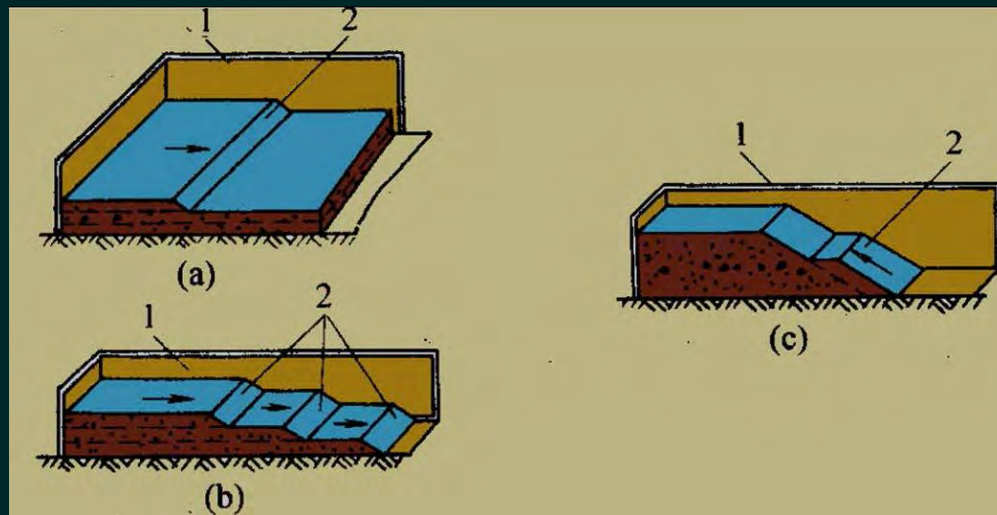
(3) 倾落高度超过10m时，应设置减速装置。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

2. 混凝土应按一定厚度、顺序和方向分层浇筑，应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成上层混凝土。上、下层同时浇筑时，上层与下层前后浇筑距离应保持1.5m以上。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，保持水平分层。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

3. 混凝土的浇筑应连续进行，如因故必须间断时，其间断时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑的时间。超出时应按浇筑中断处理，并应留置施工缝。

混凝土的运输、浇筑及间歇的全部允许时间 (min)

混凝土强度等级	气温不高于25℃	气温高于25℃
≤C30	210	180
>C30	180	150



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

4. **施工缝**的位置宜留置在结构受剪力和弯矩较小且便于施工的部位，施工缝宜设置成水平面或垂直面。

(1) 施工缝处混凝土表面的光滑表层、松弱层应予凿除，凿毛的最小深度应不小于8mm。对施工缝处混凝土的强度，当采用水冲洗凿毛时，应达到0.5MPa；人工凿毛时，应达到2.5MPa；采用风动机凿毛时，应达到10MPa。

(2) 经凿毛处理后的混凝土面，应采用洁净水冲洗干净。

(3) 重要部位应在施工缝处补插锚固钢筋，钢筋可比主筋小一个规格，间距宜不小于150mm，插入和外露的长度均不宜小于300mm；有抗渗要求的施工缝宜做成凹形、凸形或设置止水带。

(4) 施工缝为斜面时应浇筑或凿成台阶。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

5. 新浇筑混凝土的强度达到2.5MPa之前，不得使其承受行人、运输工具、模板、支架及脚手架等荷载。



## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### (五) 混凝土的养护

1. 一般混凝土浇筑完成后，应在**收浆后**尽快予以覆盖和洒水养护。
2. 混凝土的养护严禁采用海水。混凝土的洒水养护时间一般为7d，对重要工程或有特殊要求的混凝土，应根据环境**湿度、温度和水泥品种及掺用的外加剂和掺合料**等情况，酌情延长养护时间，并使混凝土表面始终保持湿润状态。
3. 当气温低于 $5^{\circ}\text{C}$ 时，应采取保温养护措施，不得向混凝土面上洒水。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

4. 新浇筑的混凝土与流动的地表水或地下水接触时，应采取防水措施，保证混凝土在浇筑后7d以内且强度达到设计强度的50%以前，不受水的冲刷侵袭。

当环境水具有侵蚀作用时，应保证混凝土在10d以内，且强度达到设计强度的70%以前，不受水的侵袭。

混凝土处于冻融循环作用的环境时，宜在结冰期到来4周前完成浇筑施工，且在混凝土强度未达到设计强度等级的80%前不得受冻，否则应采取技术措施，防止发生冻害。



## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### (六) 大体积混凝土施工

1. 大体积混凝土选用原材料和进行配合比设计时，应按照国家降低水化热温升的原则进行。

(1) 宜选用低水化热和凝结时间长的水泥品种。粗集料宜采用连续级配，细集料宜采用中砂。宜掺用可降低混凝土早期水化热的外加剂和矿物掺合料，外加剂宜采用缓凝剂、减水剂；掺合料宜采用粉煤灰、高炉粒化矿渣粉等。

(2) 进行配合比设计时，在保证混凝土强度、和易性及坍落度要求的前提下，减少单方混凝土的水泥用量。

(3) 大体积混凝土进行配合比设计及质量评定时，可按60d龄期的抗压强度控制。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

2. 大体积混凝土的浇筑、养护和温度控制应符合下列规定：

(1) 对大体积混凝土进行温度控制时，应使其内部最高温度不大于 $75^{\circ}\text{C}$ 、内表温差不大于 $25^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 分层浇筑时，在上层混凝土浇筑之前应对下层混凝土的顶面作凿毛处理。且新浇筑混凝土与下层已浇筑混凝土的温差宜小于 $20^{\circ}\text{C}$ ，并应采取措施将各层间的浇筑间歇期控制在7d以内。

(3) 分块浇筑时，块与块之间的竖向接缝面应平行于结构物的短边，并应在浇筑完成拆模后按施工缝的要求进行凿毛处理。后浇段宜采用微膨胀混凝土，并应一次浇筑完成。

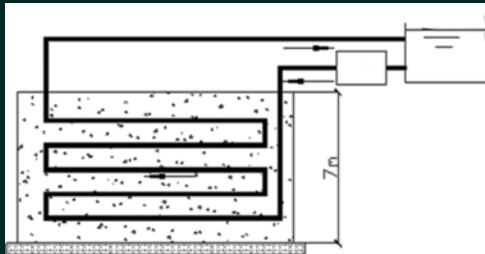
(4) 大体积混凝土的浇筑宜在气温较低时进行，但混凝土的入模温度应不低于 $5^{\circ}\text{C}$ ；热期施工时，宜采取措施降低混凝土的入模温度，且其入模温度不宜高于 $28^{\circ}\text{C}$ 。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(5) 大体积混凝土的温度控制宜按照“内降外保”的原则，对混凝土内部采取设置冷却水管通循环水冷却，对混凝土外部采取覆盖蓄热或蓄水保温等措施进行。

- ① 进出口水的温差宜小于或等于 $10^{\circ}\text{C}$
- ② 水温与内部混凝土的温差宜不大于 $20^{\circ}\text{C}$
- ③ 降温速率宜不大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{d}$ ；
- ④ 养护水温度与混凝土表面温度的差值应不大于 $15^{\circ}\text{C}$ 。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(6) 大体积混凝土采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时，其浇筑后的养护时间不宜少于14d，采用其他品种水泥时不宜少于21d。



## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### 三、预应力混凝土施工

#### (一) 预应力材料及预应力管道

1. 预应力材料必须保持清洁，在存放和搬运过程中应避免机械损伤和有害的锈蚀。如进场后需长时间存放，必须安排**定期的外观检查**。

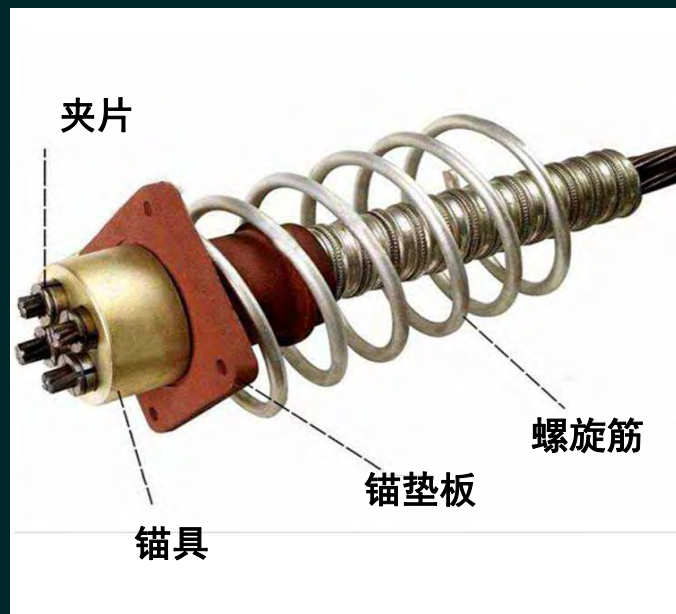
2. 预应力钢筋和金属管道在仓库内保管时，仓库应干燥、防潮、通风良好、无腐蚀气体和介质；在室外存放时，**时间不宜超过6个月**，不得直接堆放在地面上，必须采取**垫以枕木并用苫布覆盖**等有效措施，防止雨露和各种腐蚀性气体、介质的影响。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

3. 锚具、夹具和连接器均应设专人保管。存放、搬运时均应妥善保护，避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤或散失。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

4. 预应力筋锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的使用性，能保证充分发挥预应力筋的强度、安全地实现预应力张拉作业，并应符合现行《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370的要求。
5. 预应力筋锚具应按设计要求采用。锚具应满足分级张拉、补张拉以及放松预应力的要求。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

6. 夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和安全的重复使用性能，主要锚固零件应具有良好的防锈性能，**可重复使用的次数不应少于300次**。需敲击才能松开的夹具，必须保证其对预应力筋的锚固没有影响，且对操作人员的安全不造成危险。

7. 混凝土结构或构件中的永久性预应力筋连接器，应符合锚具的性能要求；用于先张法施工且在张拉后还需进行放张和拆卸的连接器，应符合夹具的性能要求。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

8. 锚垫板应具有足够的**强度**和**刚度**，且宜设置锚具对中止口以及压浆孔或排气孔，压浆孔的内径不宜小于20mm。与后张预应力筋用锚具或连接器配套的锚垫板和局部加强钢筋，在规定的局部承压试件尺寸及混凝土强度下，应满足传力性能要求。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

9. 锚具、夹具和连接器进场时，除应按出厂合格证和质量证明书核查锚固性能类别、型号、规格及数量外，还应按下列规定进行验收：

类型	分批	检验	取样	不合格
锚具	2000套	外观检查 尺寸检验 硬度检验	2%且不少于10	不合格双倍、不合格逐个
夹具	500套		2%且不少于10	
连接器	500套		3%且不少于5	
组件		静载锚固性能试验	6套组成3个组装件	不合格双倍、不合格废弃



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

10. 锚具、夹具和连接器在存放、搬运及使用期间均应妥善防护，避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤、混淆和散失，但临时性的防护措施应不影响其安装和永久性防腐的实施。

11. 预应力筋用锚具产品应**配套使用**，同一结构或构件中应采用同一生产厂的产品，工作锚不得作为工具锚使用。夹片式锚具的限位板和工具锚宜采用与工作锚同一生产厂的配套产品。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

12. 在后张有粘结预应力混凝土结构或构件中，预应力筋的孔道宜由浇筑在混凝土中的刚性或半刚性管道构成，或采取钢管抽芯、胶管抽芯及金属伸缩套管抽芯等方法进行预留。设置于混凝土中的刚性或半刚性管道不应有漏浆现象，且应具有足够的强度和刚度，应能在浇筑混凝土重力的作用下保持原有的形状，并能按要求传递粘结应力。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

13. 管道的进场检验应符合下列规定：

(1) 进场时除应按合同检查出厂合格证和质量保证书，核对其类别、型号、规格及数量外，尚应对其外观、尺寸、集中荷载下的径向刚度、荷载作用后的抗渗漏及抗弯曲渗漏等进行检验。

(2) 管道应按批进行检验。金属波纹管每批应由同一钢带生产厂生产的同一批钢带所制造的产品组成。

(3) 检验时应先进行外观质量的检验，合格后再进行其他指标的检验。当其他指标中有不合格项时，应取双倍数量的试件对该不合格项进行复验；复验仍不合格时，则该批产品为不合格。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

#### (二) 混凝土的浇筑

1. 浇筑混凝土时，宜根据结构的不同形式选用**插入式**、**附着式**或**平板式**等振动器进行振捣。
2. 用于判断现场预应力混凝土结构或构件强度的混凝土试件，应置于现场与结构或构件**同环境**、**同条件**养护。





## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### (三) 施加预应力

#### 1. 机具及设备要求

(1) 预应力筋的张拉宜采用**穿心式双作用千斤顶**，整体张拉或放张宜采用具有自锚功能的千斤顶；张拉千斤顶的额定张拉力宜为所需张拉力的1.5倍，且不得小于1.2倍。与千斤顶配套使用的压力表应选用防振型产品，其最大读数应为张拉力的1.5~2.0倍，标定精度应不低于1.0级。张拉机具设备应与锚具产品**配套使用**，并应在使用前进行校正、位验和标定。







### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(2) 张拉用的千斤顶与压力表应**配套标定、配套使用**，标定应在经国家授权的法定计量技术机构定期进行，标定时千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。当处于下列情况之一时，应**重新**进行标定：

- ①使用时间超过6个月。
- ②张拉次数超过300次。
- ③使用过程中千斤顶或压力表出现异常情况。
- ④千斤顶检修或更换配件后。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(3) 采用测力传感器测量张拉力时，测力传感器应按相关国家标准的规定每年送检一次。



## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### 2. 施加预应力准备工作

(1) 施加预应力之前，施工现场的准备工作及结构或构件需达到的要求应符合下列规定：

①施工现场应具备经批准的张拉顺序、张拉程序和施工作业指导书。

②经培训掌握预应力施工知识和正确操作的施工人员，以及能保证操作人员和设备安全的防护措施。

③锚具安装正确，结构或构件混凝土已达到要求的强度和弹性模量（或龄期）。实施张拉时，应使千斤顶的张拉力作用线与预应力筋的轴线重合一致。



## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### 3. 张拉应力控制

(1) 预应力筋的张拉控制应力应符合设计要求。当施工中预应力筋需要超张拉或计入锚圈口预应力损失时，可比设计要求提高5%，但在任何情况下不得超过设计规定的最大张拉控制应力。

(2) 预应力筋采用**应力控制**方法张拉时，应以**伸长值**进行校核，实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求，设计无规定时，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在**6%以内**，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措予以调整后，方可继续张拉。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(3) 预应力筋的理论伸长值  $\Delta L_L$  (MM) 可按下列公式计算：

$$\Delta L_L = \frac{P_p L}{A_p E_p}$$

$P_p$ —预应力筋的平均张拉力 (N) ；

$L$ —预应力筋的长度 (mm) ；

$A_p$ —预应力筋的截面面积 (mm<sup>2</sup>) ；

$E_p$ —预应力筋的弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>) 。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(4) 预应力筋张拉时，应先调整到**初应力**，该初应力宜为张拉控制应力  $\sigma_{con}$  的10%~25%，伸长值应从初应力时开始量测。预应力筋的实际伸长值除量测的伸长值外，必须加上初应力以下的推算伸长值。

预应力筋张拉的实际伸长值  $\Delta L_s$  (mm)，可按式计算：

$$\Delta L_s = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

$\Delta L_1$ —从初应力至最大张拉应力间的实测伸长值 (mm)；

$\Delta L_2$ —初应力以下的推算伸长值 (mm)，可采用相邻级的伸长值。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

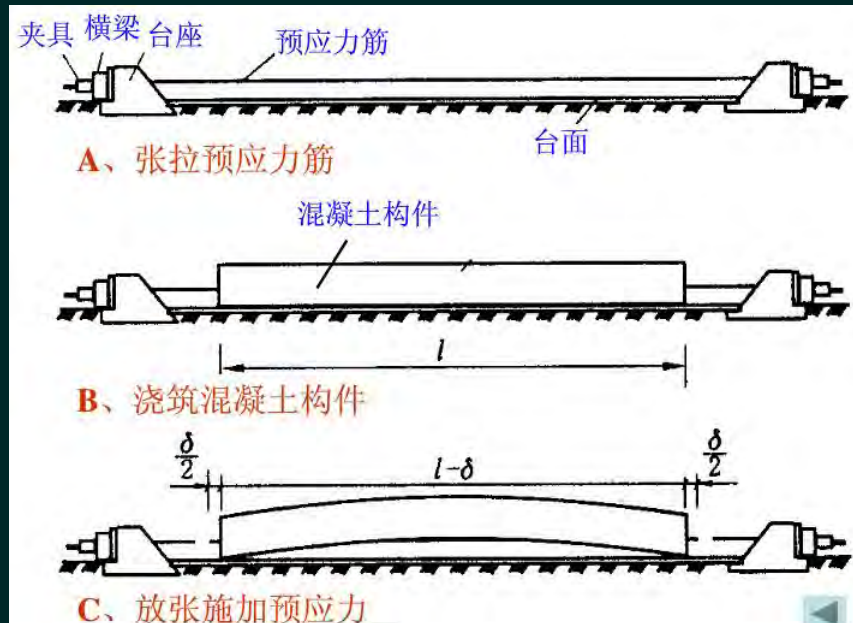
(5) 张拉锚固后，建立在锚下的实际有效预应力与设计张拉控制应力的相对偏差应不超过 $\pm 5\%$ ，且同一断面中预应力束的有效应力的不均匀度应不超过 $\pm 2\%$ 。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

#### 四、先张法

先张法预制梁板施工工艺流程：张拉台座准备→穿预应力筋、调整初应力→张拉预应力筋→钢筋骨架制作→立模→浇筑混凝土→混凝土养生→拆模→放松预应力筋→成品存放、运输。





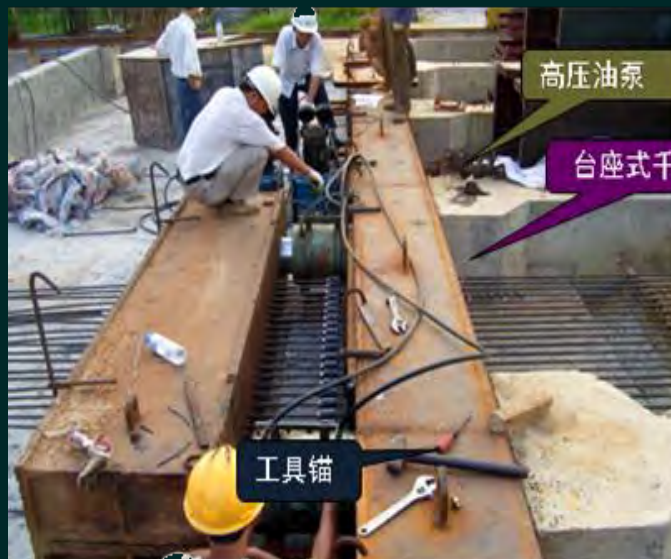


### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

1. 墩式台座结构应符合下列规定：

(1) 承力台座应进行专门设计，并应具有足够的**强度、刚度和稳定性**，其抗倾覆安全系数应不小于1.5，抗滑移系数应不小于1.3。

(2) 锚固横梁应有足够的刚度，受力后挠度应**不大于2mm**。

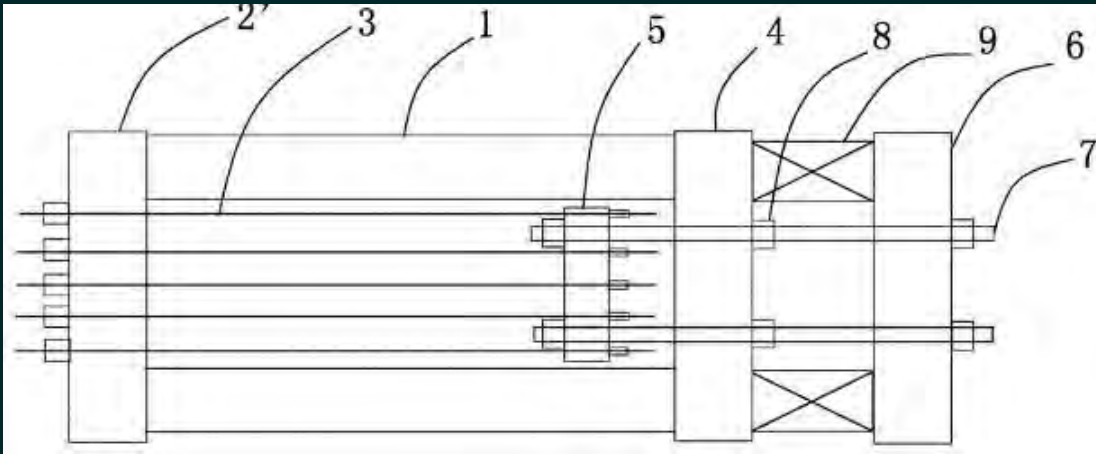




### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

2. 预应力筋的安装宜自下而上进行，并应采取措施防止其被台座上涂刷的隔离剂污染。

预应力筋与锚固横梁间的连接，宜采用张拉螺杆。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

3. 先张法预应力筋的张拉应符合下列规定：

(1) 张拉前，应对台座、锚固横梁及各项张拉设备进行详细检查，符合要求后方可进行操作。

(2) 同时张拉多根预应力筋时，应预先调整其初应力，使相互之间的应力一致，再整体张拉；张拉过程中，应使**活动横梁与固定横梁始终保持平行**，并应抽查预应力筋的预应力值，其偏差的绝对值不得超过按一个构件全部预应力筋预应力总值的5%。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

#### (3) 张拉程序规定

预应力筋种类		张拉程序
钢丝、 钢绞线	夹片式等具有自 锚性能的锚具	低松弛预应力筋： 0→初应力→ $\sigma_{con}$ （持荷5min锚固）
	其他锚具	0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ （持荷5min） →0→ $\sigma_{con}$ （锚固）
螺纹钢筋		0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ （持荷5min） → $0.9\sigma_{con}$ → $\sigma_{con}$ （锚固）



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(4) 张拉时，同一构件内预应力钢丝、钢绞线的断丝数量不得超过1%，同时对于热轧带肋钢筋不容许断筋。

(5) 预应力筋张拉完毕后，其位置与设计位置的偏差不得大于5mm，同时不应大于构件最短边长的4%，且宜在4h内浇筑混凝土。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

4. 先张法预应力筋的放张应符合下列规定：

(1) 预应力筋放张时构件混凝土的强度和弹性模量（或龄期）应符合设计规定；设计未规定时，混凝土的强度应不低于设计强度等级值的80%，弹性模量应不低于混凝土28d弹性模量的80%。当采用混凝土龄期代替弹性模量控制时应不少于5d。

(2) 在**预应力筋放张之前**，应将限制位移的侧模、翼缘模板或内模拆除。

(3) 预应力筋的放张顺序应符合设计规定；设计未规定时，应分阶段、均匀、对称、相互交错地放张。

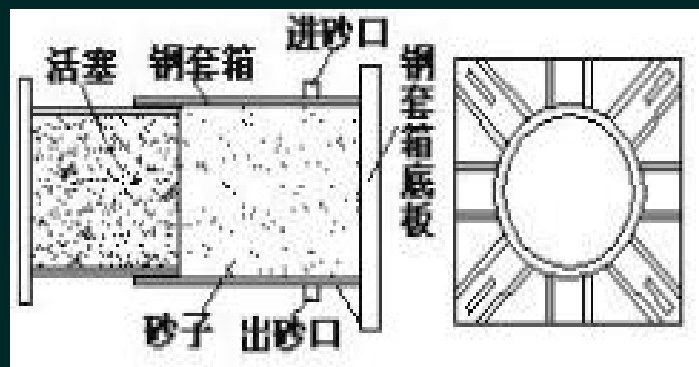


### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(4) 多根整批预应力筋的放张：

- ①当采用砂箱放张时，放砂速度应均匀一致；
- ②采用千斤顶放张时，放张宜分数次完成；
- ③单根钢筋采用拧松螺母的方法放张时，宜先两侧后中间，并不得二次将一根预应力筋松完。

放张后，预应力筋在构件端部的内缩值宜不大于1.0mm。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(5) 预应力筋放张后，对**钢丝和钢绞线**，应采用**机械切割**的方式进行切断；对**螺纹钢**筋，可采用**乙炔一氧气切割**，但应采取必要措施防止高温对其产生不利影响。

(6) 长线台座上预应力筋的切断顺序，应由放张端开始，依次向另一端切断。



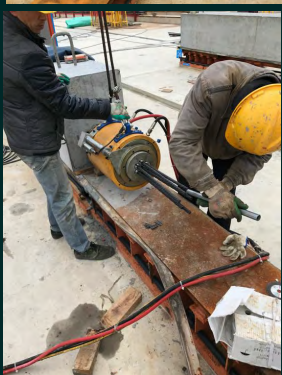
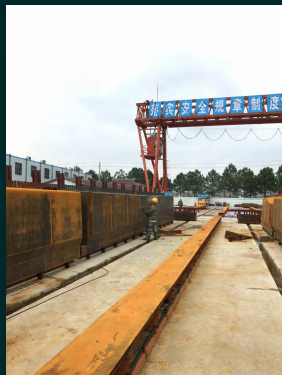


## 3.1.3 钢筋和混凝土施工

### 五、后张法

台座制作→绑扎钢筋（安装预应力孔道）→模板安装→  
混凝土浇筑→养生→拆模→预应力筋穿束并张拉→压浆封

锚





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

1. 采用金属或塑料管道构成后张预应力混凝土结构或构件的孔道时，应符合下列规定：

(1) 管道的规格、尺寸应符合设计规定，且其内横截面积应**不小于预应力筋净截面积的2倍**；对长度大于60m的管道，宜通过**试验**确定其**面积比**是否可以正常的压浆作业。

(2) 管道应按设计规定的坐标位置进行安装，并应采用定位钢筋固定，使其能牢固地置于模板内的设计位置，且在混凝土浇筑期间不产生位移。管道与普通钢筋重叠时，应移动普通钢筋，不得改变管道的设计坐标位置。固定各种成孔管道用的定位钢筋的间距，对钢管宜不大于1.0m；波纹管宜不大于0.8m；位于曲线上的管道和扁平波纹管应适当加密。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(3) 管道接头处的连接管宜采用大一级直径的同类管道，其长度宜为被连接管道内径的5~7倍。

塑料波纹管应采用专用焊接机进行**热熔焊接**或采用具有密封性能的塑料结构**连接器**连接。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(4) 所有管道均应在每个顶点设排气孔及需要时在每个低点设排水孔，在每个顶点和两端设检查孔。压浆管、排气管和排水管应是最小内径为20mm的标准管或适宜的塑性管，与管道之间的连接应采用金属或塑料结构扣件，长度应足以从管道引出结构物以外。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

2. 预应力筋的安装应符合下列规定：

(1) 预应力筋可在浇筑混凝土之前或之后穿入孔道，穿束前应检查锚垫板和孔道，锚垫板的位置应准确；孔道内应畅通，无水和其他杂物。

(2) 宜将一根钢束中的全部预应力筋编束后整体穿入孔道中，整体穿束时，束的前端宜设置穿束网套或特制的牵引头，应保持预应力筋顺直，且仅应前后拖动，不得扭转。

对钢绞线，可采用穿束机逐根将其穿入孔道内，但应保证其在孔道内不发生相互缠绕。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(3) 采用蒸汽养护混凝土时，在养护完成之前不应安装预应力筋。

(4) 在任何情况下，当在安装有预应力筋的结构或构件附近进行电焊时，均应对全部预应力筋、管道和附属构件进行保护，防止溅上焊渣或造成其他损坏。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

3. 后张法预应力筋的张拉和锚固应符合下列规定：

(1) 预应力张拉之前，宜对不同类型的孔道进行至少一个孔道的摩阻测试，通过测试所确定的  $\mu$ （孔道摩阻系数）值和  $k$ （孔道偏差系数）值宜用于对设计张拉控制应力的修正。对长度大于60m的孔道宜适当增加摩阻测试的数量。

(2) 张拉时，结构或构件混凝土的强度、弹性模量（或龄期）应符合设计规定；设计未规定时，混凝土的强度应不低于设计强度等级值的80%。弹性模量应不低于混凝土28d弹性模量的80%。当采用混凝土龄期代替弹性模量控制时应不少于5d。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(3) 预应力筋的张拉顺序应符合设计规定；设计未规定时，可采取分批、分阶段的方式对称张拉。

(4) 预应力筋应整束张拉锚固。对扁平管道中平行排放的预应力钢绞线束，在保证各根钢绞线不会叠压时，可采用小型千斤顶逐根张拉，但应考虑逐根张拉时预应力损失对控制应力的影响。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(5) 张拉原则：

- ①对钢束长度小于20m的直线预应力筋可在一端张拉；对曲线预应力筋或钢束长度大于或等于20m的直线预应力筋，应采用两端张拉。
- ②当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜分别交错设置在结构或构件的两端。
- ③预应力筋采用两端张拉时，宜两端同时张拉；或先在一端张拉锚固后，再在另一端补足预应力值进行锚固。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

#### (6) 张拉程序

预应力筋种类		张拉程序
夹片式等具有自锚性能的锚具	钢绞线束 钢丝束	低松弛力筋： 0→初应力→ $\sigma_{con}$ （持荷5min锚固）
其他锚具	钢绞线束	0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ （持荷5min） → $\sigma_{con}$ （锚固）
	钢丝束	0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ （持荷5min） →0→ $\sigma_{con}$ （锚固）
螺母锚固锚具	螺纹钢筋	0→初应力→ $\sigma_{con}$ （持荷5min） →0→ $\sigma_{con}$ （锚固）



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(7) 预应力筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固。对夹片式锚具，锚固后夹片顶面应平齐，其相互间的错位不宜大于2mm，且露出锚具外的高度不应大于4mm。

(8) 切割后预应力筋的外露长度不应小于30mm，且不应小于1.5倍预应力筋直径。锚具应采用封端混凝土保护，当需长期外露时，应采取防止锈蚀的措施。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

#### 4. 后张法预应力孔道压浆及封锚

(1) 预应力筋张拉锚固后，孔道应尽早压浆，且应在48h内完成，否则应采取避免预应力筋锈蚀的措施。压浆用水泥浆的强度应符合设计规定。

(2) 后张预应力孔道应采用专用压浆料或专用压浆剂配制的浆液进行压浆。

①**水泥**应采用性能稳定、强度等级不低于42.5的低碱硅酸盐或低碱普通硅酸盐水泥。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

②矿物掺合料的品种宜为I级粉煤灰、粒化高炉矿渣粉或硅灰。膨胀剂宜采用钙矾石系或复合型膨胀剂，不得采用以铝粉为膨胀源的膨胀剂（掺入后强度不够或膨胀量不够）或总碱量0.75%以上的高碱膨胀剂（减少碱骨料反应）。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(3) 压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入；对结构或构件中以上下分层设置的孔道，应按先下层后上层的顺序进行压浆。同一管道的压浆应连续进行，一次完成。压浆应缓慢、均匀地进行，不得中断，并将所有最高点的排气孔依次打开和关闭，使孔道内排气通畅。

(4) 浆液自拌制完成至压入孔道的延续时间不宜超过40min，且在使用前和压注过程中应连续搅拌，对因延迟使用所致流动度降低的水泥浆，不得通过额外加水增加其流动度。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(5) 压浆的充盈度应达到孔道另一端饱满且排气孔排出与规定**流动度相同的水泥浆**为止，关闭出浆口后，宜保持一个不小于0.5MPa的稳压期，该稳压期的保持时间宜为3~5min。

(6) 压浆时，每一工作班应制作留取不少于3组尺寸为40mm×40mm×160mm的试件，标准养护28d，进行**抗压强度**和**抗折强度**试验，作为质量评定的依据。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(7) 压浆过程中及压浆后48h内，结构或构件混凝土的温度及环境温度不得低于 $5^{\circ}\text{C}$ ，否则应采取保温措施，并按冬期施工的要求处理，浆液中可适量掺用引气剂，但不得掺用防冻剂。当环境温度高于 $35^{\circ}\text{C}$ 时，压浆宜在夜间进行。

(8) 压浆完成后，应及时对锚固端按设计要求进行封闭保护或防腐处理，需要封锚的锚具，应在压浆完成后对梁端混凝土凿毛并将其周围冲洗干净，设置钢筋网浇筑封锚混凝土；封锚应采用与结构或构件同强度的混凝土并应严格控制封锚后的梁体长度。长期外露的锚具，应采取防锈措施。





### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

(9) 对后张预制构件，在孔道压浆前不得安装就位；压浆后，应在浆液强度达到规定的强度后方可移运和吊装。

(10) 孔道压浆应填写施工记录。记录项目应包括：压浆材料、配合比、压浆日期、搅拌时间、出机初始流动度、浆液温度、环境温度、压浆量、稳压压力及时间，采用真空辅助压浆工艺时尚应包括真空度。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

【例题】桥梁施工模板吊环设计计算拉应力应（ ）

65MPa。

- A. 不大于
- B. 不小于
- C. 大于
- D. 等于

【答案】A。

解析：预制构件、模板等的吊环，必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作，且其使用时的计算拉应力应不大于65MPa。



### 3.1.3 钢筋和混凝土施工

【例题】关于普通钢筋焊接施工的说法，正确的有（ ）。

- A. 接头采用搭接电弧焊时，应使接合钢筋轴线一致
- B. 接头搭接双面焊时，两钢筋不得弯折，应直接紧贴焊接
- C. 焊接接头应设置在弯矩、剪力较小断面
- D. 接头应集中布置在内力较小的同一断面内
- E. 单面焊缝的长度不应小于 $5d$ （ $d$ 为钢筋直径）

【答案】AC。

解析：钢筋接头采用搭接电弧焊时，两钢筋搭接端部应预先折向一侧，使接合钢筋轴线一致；接头双面焊缝的长度不应小于 $5d$ ，单面焊缝的长度不应小于 $10d$ 。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 知识要点

- 【1】 桥梁基础的分类
- 【2】 各类基础适用条件
- 【3】 浅基础
- 【4】 桩基础施工



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

桥梁下部工程包括桥梁桩基础（沉入桩、挖孔桩、钻孔灌注桩）、基坑、浅基础、承台、桥墩、桥台等。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 桩基础（按施工方法）

类型		适用条件	
桩基础	沉桩	锤击沉桩	松散、中密砂土，黏性土
		振动沉桩法	砂土、硬塑及软塑的黏性土、中密及较松的碎石土
		射水沉桩法	密实砂土，碎石土的土层中
		静力压桩法	贯入度 $N < 20$ 的软黏土中
		钻孔埋置桩	黏性土、砂土、碎石土中大直径圆桩
	钻孔灌注桩	黏性土、砂土、砾卵石、碎石、岩石等各类土层	
	挖孔灌注桩	无地下水或少量地下水，且较密实的土层或风化	



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 一、沉入桩施工（增）

沉入桩所用的基桩主要为预制的**钢筋混凝土桩**、**预应力混凝土桩**和**钢管桩**。断面形式常用的有实心方桩和空心管桩两种。沉入桩的施工方法主要有：锤击沉桩、振动沉桩、射水沉桩等。

沉桩顺序宜由一端向另一端进行，当基础尺寸较大时，宜由中间向两端或四周进行；如桩埋置有深浅，宜先深后浅；在斜坡地带，应先坡顶后坡脚。在桩的沉入过程中，应始终保持**锤**、**桩帽**和**桩身**在同一轴线上。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### (一) 锤击沉桩

(1) 预制钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩在锤击沉桩前，桩身**混凝土强度**应达到设计要求。

(2) 桩锤的选择宜根据地质条件、桩身结构强度、单桩承载力、锤的性能并结合试桩情况确定，且宜选用液压锤和柴油锤。

(3) 开始沉桩时，宜采用较低落距，且桩锤、送桩与桩宜保持在同一轴线上；在锤击过程中，应采用**重锤低击**。





### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(4) 沉桩过程中，若遇到贯入度剧变，桩身突然发生倾斜、移位或有严重回弹，桩顶出现严重裂缝、破碎，桩身开裂等情况时，应暂停沉桩，查明原因，采取有效措施后方可继续沉桩。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

(5) 锤击沉桩控制，应根据地质情况、设计承载力、锤型、桩型和桩长综合考虑：

①设计桩尖土层为一般黏性土时，应以高程控制。桩沉入后，桩顶高程的允许偏差为（+100mm，0）。

②设计桩尖土层为砾石、密实砂土或风化岩时，应以贯入度控制。当沉桩贯入度已达到控制贯入度，而桩端未达到设计高程时，应继续锤击贯入100mm或锤击30~50击，其平均贯入度应不大于控制贯入度，且桩端距设计高程宜不超过1~3m（硬土层顶面高程相差不大时取小值）。

③设计桩尖土层为硬塑状黏性土或粉细砂时，应以高程控制为主，贯入度作为校核。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### (二) 振动沉桩

(1) 振动沉桩机、机座、桩帽应连接牢固，与桩的中心轴线应保持在同一直线上。

(2) 开始沉桩时，宜利用桩自重下沉或射水下沉，待桩身入土达一定深度确认稳定后，再采用振动下沉。每一根桩的沉桩作业，宜一次完成，不宜中途停顿过久，避免土的阻力恢复，使继续下沉困难。

(3) 振动沉桩时，应以设计规定的或通过试桩验证的桩尖**高程控制为主**，以最终**贯入度**（mm/min）作为**校核**。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### (三) 射水沉桩

(1) 在砂类土层、碎石类土层中，锤击沉桩困难时，可采用射水锤击沉桩，以射水为主，锤击配合；在黏性土、粉土中采用射水锤击沉桩时，应以锤击为主，射水配合；在湿陷性黄土中采用射水沉桩时，应按设计要求进行。

(2) 射水锤击沉桩时，应根据土质情况随时调节射水压力，控制沉桩速度。当桩尖接近设计高程时，应停止射水，改用锤击，保证桩的承载力。停止射水的桩尖高程，可根据沉桩试验确定的数据及施工情况决定，当缺乏资料时，距设计高程不得小于2m。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(3) 钢筋混凝土桩或预应力混凝土桩采用射水配合锤击沉桩时，宜采用**较低落距**锤击。

(4) 采用中心射水法沉桩时，应在桩垫和桩帽上留有排水通道；采用侧面射水法沉桩时，射水管应对称设置。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

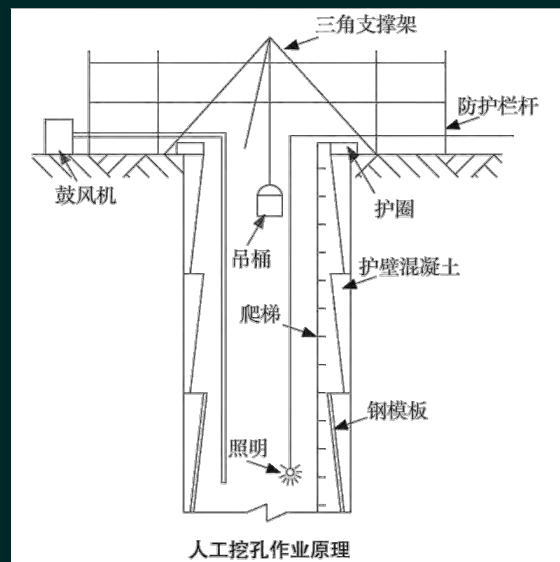
### 二、挖孔灌注桩施工

在**无地下水或有少量地下水**，且较密实的土层或风化岩层中，或无法采用机械成孔或机械成孔非常困难且水文、地质条件允许的地区，可采用人工挖孔施工。岩溶地区和采空区不宜采用人工挖孔施工；孔内空气污染物超过《环境空气质量标准》GB3095—2012规定的三级标准浓度限值，且无通风措施时，不得采用人工挖孔施工；**桩径或最小边宽度小于1200mm时不得采用人工挖孔施工。**



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

挖孔桩施工现场应配备气体浓度检测仪器，进入桩孔前应先通风15min以上，并经检查确认孔内空气符合现行《环境空气质量标准》GB3095规定的三级标准浓度限值。人工挖孔作业时，应持续通风，现场应至少备用1套通风设备。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 1. 挖孔桩施工的技术要求

(1) 孔口处应设置高出地面**不小于300mm的护圈**，并应设置临时排水沟，**防止地表水流入孔内**。

(2) 挖孔施工时相邻两柱孔不得同时开挖，宜**间隔交错跳挖**。

(3) 采用混凝土护壁支护的桩孔，护壁混凝土的强度等级，当桩径小于或等于1.5m时应不小于C25，桩径大于1.5m时应不小于C30。挖孔作业时**必须挖一节浇筑一节护壁**，护壁的节段高度必须按专项施工方案执行，宜不超过1m，护壁模板应在混凝土强度达到5MPa以上后拆除。**严禁只挖不及时浇筑护壁的冒险作业**。





### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(4) 桩孔直径应符合设计规定，孔壁支护不得占用桩径尺寸。挖孔过程中，应经常检查桩孔尺寸、平面位置和竖轴线倾斜情况，如偏差超出规定范围应随时纠正。

(5) 挖孔的弃土应及时转运，孔口四周作业范围内不得堆积弃土及其他杂物。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 2. 挖孔桩施工的安全要求

(1) 施工前应制订专项安全技术方案并应对作业人员进行安全技术交底。

(2) 桩孔内的作业人员必须戴安全帽、系安全带，穿防滑鞋、安全绳必须系在孔口。作业人员应通过带护笼的直梯进出，人员上下不得携带工具和材料。**作业人员不得利用卷扬机上下桩孔。**

(3) 桩孔内应设**防水带罩**灯泡照明，电压应为**安全电压**，电缆应为**防水绝缘**电缆，并应设置漏电保护器。当需要设置水泵、电钻等动力设备时，应严格接地。

(4) 孔深大于10m时，必须采取机械强制通风措施。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(5) 孔深不宜超过15m。孔深超过15m的桩孔内应配备有效的通信器材，作业人员在孔内连续作业不得超过2h；桩周支护应采用钢筋混凝土护壁，护壁上的爬梯应每间隔8m设一处休息平台。孔深超过30m的应配备作业人员升降设备。

(6) 孔内遇到岩层需爆破时，应专门设计，宜采用浅眼松动爆破法。孔深大于5m时，必须采用导爆索或电雷管引爆。桩孔内爆破后应先通风排烟15min并经检查无有害气体后，施工人员方可下井继续施工。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 三、钻孔灌注桩施工

钻孔前应先布置**施工平台**。桩位位于旱地时，可在原地适当平整并填土压实形成工作平台；桩位位于浅水区时，宜采用筑岛法施工；桩位位于深水区时，宜搭设钢制平台，当水位变动不大时，亦可采用浮式工作平台，但在水流湍急或潮位涨落较大的水域，不应采用浮式平台。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

钻孔灌注桩施工的主要工序有：埋设护筒、制备泥浆、钻孔、成孔检查与清孔、钢筋笼制作与吊装以及灌注水下混凝土等。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 1. 埋设护筒

护筒能稳定孔壁、防止塌孔，还有隔离地表水、保护孔口地面、固定桩孔位置和起钻头导向作用。

护筒内径宜比桩径大200mm。

护筒中心与桩中心平面位置的偏差不得大于50mm，倾斜度不得大于1%。（对深水基础中的护筒，在竖直方向的倾斜度宜不大于1/150，平面位置的偏差可适当放宽，但应不大于80mm。）

护筒高度宜高出地面0.3m或水面1.0~2.0m。

护筒埋置深度一般情况埋置深度宜为2~4m。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 2. 制备泥浆

泥浆由水、黏土（膨润土）和添加剂组成。

泥浆具有浮悬钻渣、冷却钻头、润滑钻具、增大静水压力，隔断孔内外渗流，防止塌孔的作用。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 3. 钻孔

常用的方法有：正循环回旋钻孔、反循环回旋钻孔、潜水钻机钻孔、冲抓钻孔、冲击钻孔、旋挖钻机钻孔。



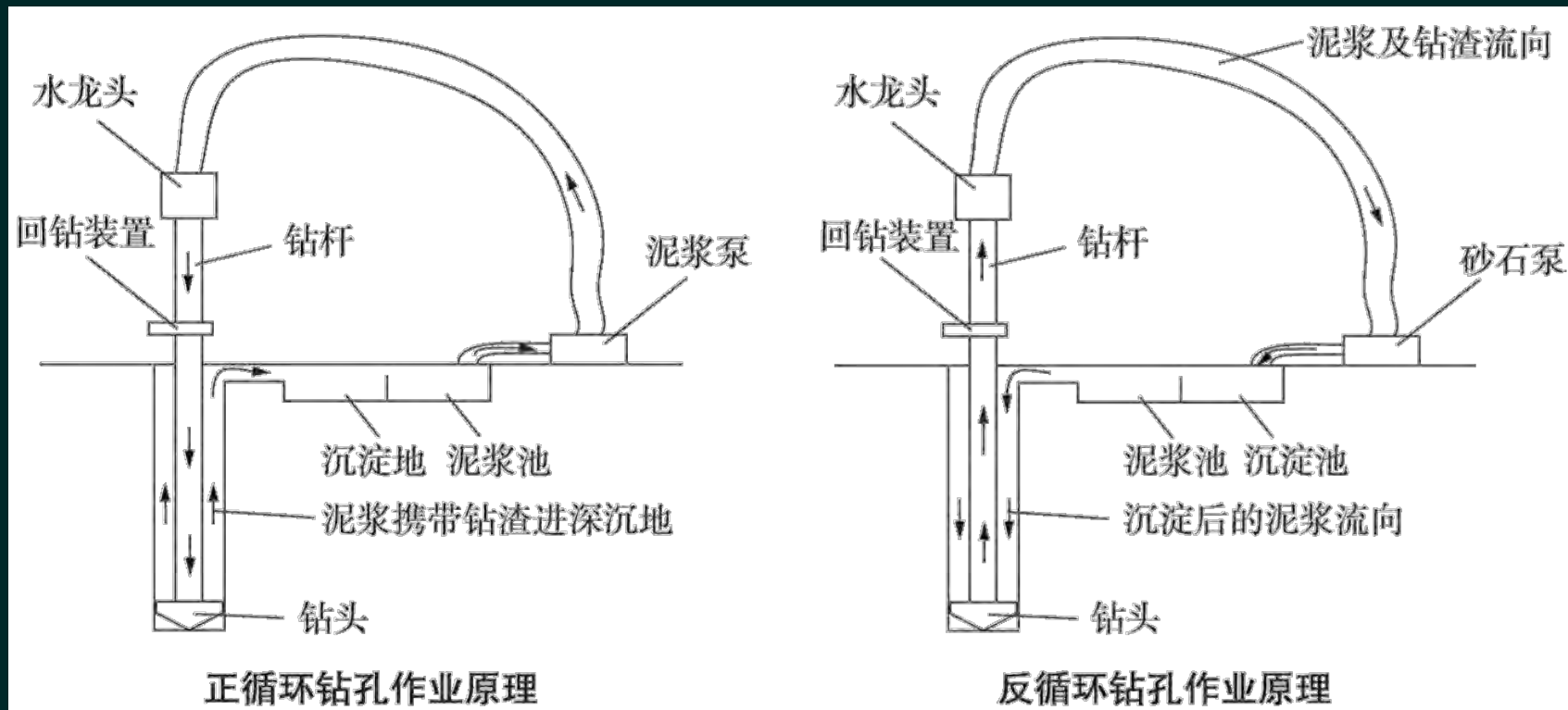




## 3.1.4 桥梁下部结构施工

1) 正循环回转钻孔;

2) 反循环回转钻孔





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

(1) 正循环回转钻孔：钻进与排渣同时连续进行，在适用的土层中钻进速度较快，但需设置泥浆槽、沉淀池等，施工占地较多，且机具设备较复杂。

(2) 反循环回转钻孔：钻进与排渣效率较高，但接长钻杆时装卸麻烦，钻渣容易堵塞管路。另外，因泥浆是从上向下流动，孔壁坍塌的可能性较正循环法的大，为此需用较高质量的泥浆。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### (3) 冲击钻孔

适用于黄土、黏性土或粉质黏土和人工杂填土层，**特别适合于在有孤石的砂砾石层、漂石层、硬土层、岩层中使用。**

冲击钻成孔一个最重要的关键点，就是泥浆护壁，护壁泥浆含砂量一定要小。

开始钻进宜慢不宜快，因为护筒刃脚周围岩层的密实有个过程，需反复冲击挤压，因为这个位置最容易穿孔。

岩层一般是倾斜的，与钻机接触面位置垂直，此处位置通过回填卵石反复冲钻，直到岩层平整，然后再继续钻进，防止卡钻、孔位倾斜等。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### (4) 旋挖钻机钻孔：

旋挖钻机一般适用黏土、粉土、砂土、淤泥质土、人工回填土及含有部分卵石、碎石的地层。对于具有大扭矩动力头和自动内锁式伸缩钻杆的钻机，可适用微风化岩层的钻孔施工。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

(5) 钻孔施工应符合下列规定：

①采用正、反循环回旋钻机（含潜水钻）钻孔时，宜根据成孔的不同阶段、不同地层及岩层坡面等情况，采取不同的钻进工艺。减压钻进（减压钻进是在钻具重量超过所需钻进压力时，进行减压钻进。由于此时要达到钻进的目的）时，钻机的主吊钩始终应承受部分钻具的重力，孔底承受的钻压应不超过钻具重力之和（扣除浮力）的80%。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 4. 成孔检查与清孔

包括：孔位、孔径、孔形、孔深和倾斜度。

①孔径、孔形、倾斜度和孔底沉淀厚度宜采用专用仪器检测，孔深可采用专用测绳检测。采用钻杆测斜法量测桩的倾斜度时，量测应从钻孔平台顶面起算至孔底。

②清孔的方法有抽浆法、换浆法、掏渣法、喷射清孔法以及用砂浆置换钻渣清孔法。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

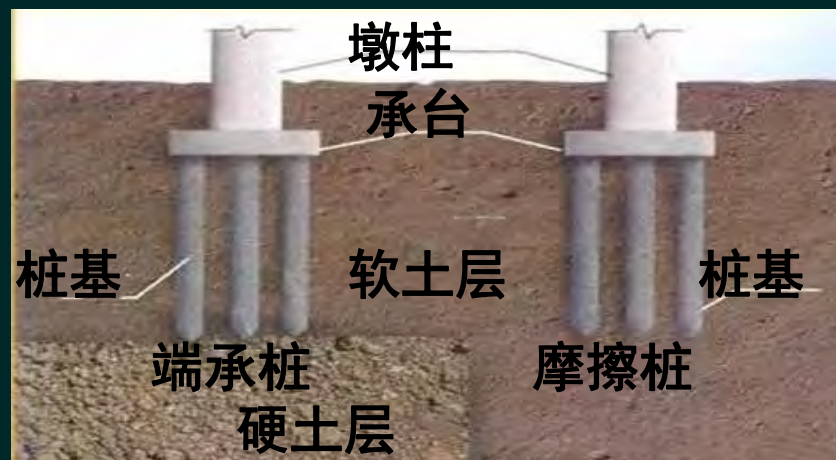
### ③清孔的质量要求

对摩擦桩，孔底沉淀厚度应符合设计规定，设计未规定时，对于直径小于1.5m的桩， $\leq 200\text{mm}$ ；

对桩径大于1.5m或桩长大于40m或土质较差的桩， $\leq 300\text{mm}$ ；

对支承桩， $\leq 50\text{mm}$ 。

④不得采用加深钻孔深度的方式代替清孔。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 5. 钢筋笼制作与吊装

安装制筋骨架时，不得直接将钢筋骨整支承在孔底，应将其吊挂在孔口的**钢护筒**上，或在孔口地面上设置扩大受力面积的装置进料进行吊挂。







## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 6. 灌注水下混凝土

(1) 水下混凝土宜采用钢导管灌注，导管内径为200~350mm。导管使用前应进行**水密承压**和**接头抗拉**试验，严禁用压气试压。进行水密试验的水压应不小于孔内水深1.3倍的压力，亦应不小于导管壁和焊缝可能承受灌注混凝土时最大内压力 $p$ 的1.3倍。





### 3.1.4 桥梁下部结构施工

$$p = \gamma_c h_c - \gamma_w H_w$$

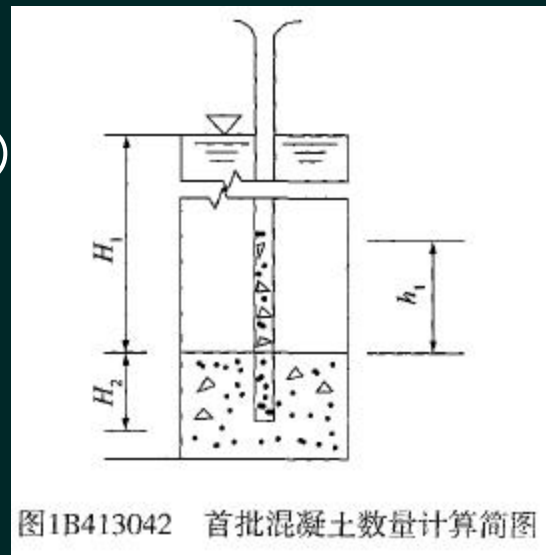
式中： $p$ ——导管可能受到的最大内压力（kPa）；

$\gamma_c$ ——混凝土拌合物的重度（取 $24\text{kN/m}^3$ ）；

$h_c$ ——导管内混凝土柱最大高度（m），以导管全长或预计的最大高度计；

$\gamma_w$ ——桩孔内水或泥浆的重度（ $\text{kN/m}^3$ ）

$H_w$ ——桩孔内水或泥浆的深度（m）





### 3.1.4 桥梁下部结构施工

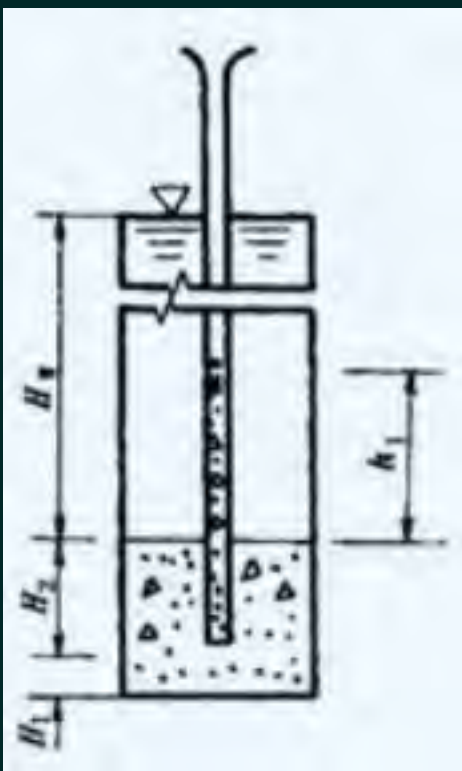
(2) 混凝土拌合物应具有良好的和易性，灌注时应能保持足够的流动性。坍落度宜为160~220mm，且应充分考虑气温、运距及施工时间的影响导致的坍落度损失。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(3) 首批灌注混凝土的数量应能满足导管首次埋置深度和填充导管底部的需要。

$$V = \frac{\pi D^2}{4}(H_1 + H_2) + \frac{\pi d^2}{4}h_1$$



式中：V—灌注首批混凝土所需数量（m<sup>3</sup>）；

D—桩孔直径（m）；

H<sub>1</sub>—桩孔底至导管底端间距（m），一般为0.3~0.4m；

H<sub>2</sub>—导管初次埋置深度（m）；

d—导管内径（m）；

h<sub>1</sub>—桩孔内混凝土达到埋置深度H<sub>2</sub>时，导管内混凝土柱平衡导管外（或泥浆）压力所需的高度（m），即

$$\text{即 } h_1 = H_w \gamma_w / \gamma_{co}$$



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(4) 在灌注过程中，导管的埋置深度宜控制在 $2\sim 6\text{m}$ 。在确保能将导管顺利提升的前提下，方可根据现场的实际情况适当放宽导管的埋深，但最大埋深应不超过 $9\text{m}$ 。

(5) 为防止钢筋骨架上浮，当灌注的混凝土顶面距钢筋骨架底部 $1\text{m}$ 左右时，应降低混凝土的灌注速度；混凝土顶面上升到骨架底部 $4\text{m}$ 以上时，宜提升导管，使其底口高于骨架底部 $2\text{m}$ 以上后再恢复正常灌注速度。

(6) 灌注的桩顶标高应比设计高出一定高度，一般不小于 $0.5\text{m}$ ，以保证混凝土强度，多余部分接桩前必须凿除，桩头应无松散层。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 7. 灌注桩质量检验与质量标准

对桩身的完整性进行检验时，检测的数量和方法应符合设计或合同的规定。宜选择有代表性的桩采用**无破损法**进行检测，重要工程或重要部位的桩宜逐桩进行检测；设计有规定或对无破损法检测和桩的质量有疑问时，应采用**钻取芯样法**对桩进行检测；当需检验柱桩的桩底沉淀与地层的结合情况时，其芯样应钻至**桩底0.5m以下**。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 四、基坑施工（改）

#### 1. 基坑施工的一般规定

(1) 基坑开挖前应根据水文、地质、开挖方式及施工环境条件等因素，验算基坑边坡的稳定，确定是否对坑壁采取支护措施。当基坑**深度较小且坑壁土层稳定**时，可直接放坡开挖；坑壁土层**不易稳定且有地下水**影响，或放坡开挖场地受到限制，或放坡开挖工程量过大时，应按设计要求对坑壁进行支护，设计未要求时，应结合实际情况选择适宜的坑壁支护方案，并应进行支护的专项设计。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

(2) 基坑开挖时，应根据其等级和规模，对基坑结构的**受力、变形、稳定性、坑外重要构筑物**和**地下管线的位移变形**等进行监测控制，保证施工安全以及周边重要构筑物和地下管线的安全。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 2. 土石围堰施工

水中开挖基坑前，通常采用土石围堰封水。由于土石围堰的堰身断面较大，土石围堰的填筑将导致压缩河床断面、改变水流的方向和增加流速、增加对河床的冲刷、缩小航道宽度等，应根据工程施工要求、水深与流速、对河道影响等多种因素，选择合适的土石围堰类型。

(1) 堰顶面的高程应高出施工期间可能出现的最高水位（包括浪高） $0.5\sim 0.7\text{m}$ 。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(2) 围堰的填筑应分层进行，应达到防水严密，减少渗漏，并应满足堰身强度和整体稳定的要求。

(3) 堰顶的宽度宜根据施工需要确定，边坡的坡度应按围堰位置的不同、高度及基坑开挖深度等条件确定。

(4) 土袋围堰——水深在3m以内，流速在1.5m/S以内。

竹笼、木笼、铅丝笼及钢笼围堰——水深在4m以内，流速较大，且能满足泄洪要求时，可筑竹笼、木笼或铅丝笼围堰；水深超过4m时可筑钢笼围堰。

膜袋围堰——水深在5m以内，流速在3.0m/s以内。



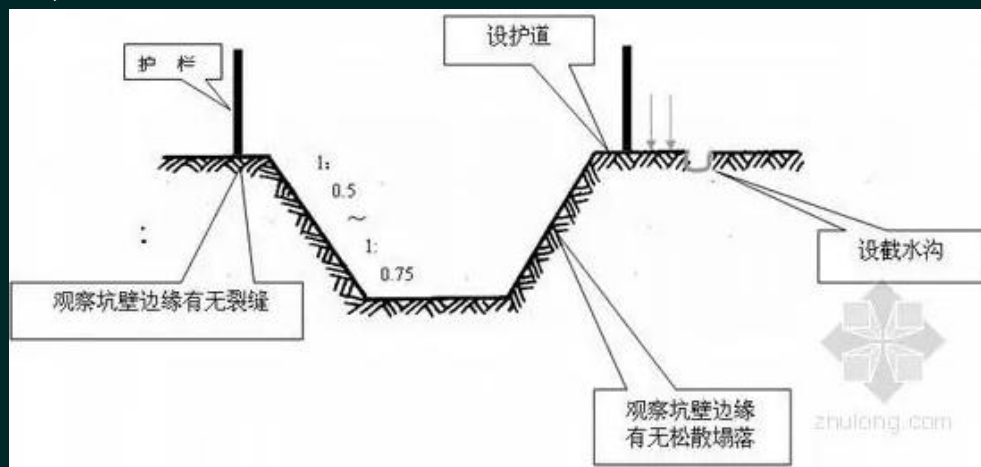
## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 3. 基坑开挖

#### 1) 基坑的开挖规定

(1) 基坑边缘的顶面应设置**截水沟**等防止地面水流入基坑的设施。

(2) 深基坑四周距基坑边缘不小于1m处应设立钢管护栏、挂密目式安全网，靠近道路侧应设置安全警示标志和夜间警示灯带。





### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(3) 基坑开挖时，应对基坑边缘顶面的各种荷载进行严格限制，基坑周边**1m范围内**不得堆载和停放设备。

在基坑边缘与荷载之间应设置**护道**，基坑深度小于或等于4m时护道的**宽度应不小于1m**。

(4) 挖基施工宜安排在枯水或少雨季节进行。基坑的开挖应连续施工，对有支护的基坑应采取防碰撞的措施；基坑附近有其他结构物时，应有可靠的防护措施。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(5) 在开挖过程中进行排水时，应不对基坑的安全产生影响；确认基坑坑壁稳定的情况下，方可进行基坑内的排水。排水困难时，宜采用水下挖基方法，但应保持基坑中的原有水位高程。

(6) 采用机械开挖时应避免超挖，宜在挖至基底前预留一定厚度，再由人工开挖至设计高程；如超挖，则应将松动部分清除，并应对基底进行处理。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(7) 基坑开挖施工完成后不得长时间暴露、被水浸泡或被扰动，应及时检验其尺寸、高程和基底承载力，检验合格后应尽快进行基础工程的施工。

(8) 基坑开挖过程中应监测边坡的稳定性、支护结构的位移和应力、围堰及邻近建（构）筑物的沉降与位移、地下水位变化、基底隆起等项目。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

#### 2) 不支护坑壁进行开挖的基坑施工

对于在干涸无水河滩、河沟中，或有水经改河或筑堤能排除地表水的河沟中，在地下水位低于基底，或渗透量少，不影响坑壁稳定；以及基础埋置不深，施工期较短，挖基坑时，不影响邻近建筑物安全的施工场所，可考虑选用坑壁不加支撑的基坑。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

3) 坑壁采取挡板支护措施进行基坑开挖时

基坑较浅且渗水量不大时，可采用竹排、木板、混凝土板或钢板等对坑壁进行支护；

基坑深度小于或等于4m且渗水量不大时，可采用槽钢、H型钢或工字钢等进行支护；

地下水位较高，基坑开挖深度大于4m时，宜采用锁口钢板桩或锁口钢管桩围堰进行支护，其施工要求应符合相关规范规定；在条件许可时亦可采用水泥土墙、混凝土围圈或桩板墙、钢筋混凝土挡板等支护方式。







### 3.1.4 桥梁下部结构施工

4) 基坑坑壁采用喷射混凝土、锚杆喷射混凝土、预应力锚索和土钉支护等方式进行加固时，应符合下列规定：

(1) 对基坑开挖深度小于10m的较完整中风化基岩，可直接喷射混凝土加固坑壁，喷射混凝土之前应将坑壁上的松散层或岩渣滑理干净。





### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(2) 对锚杆、预应力锚索和土钉支护，均应在施工前按设计要求进行**抗拉拔力**的验证试验，并确定适宜的施工工艺。并确定适宜的施工工艺。（改）

(3) 采用锚杆挂网喷射混凝土加固坑壁时，各层锚杆进入稳定层的长度、间距和钢筋的直径应符合设计要求。

孔深**小于或等于3m**时，宜采用先注浆后插入锚杆的施工工艺；

孔深**大于3m**时，宜先插入锚杆后注浆。锚杆插入孔内后应居中固定，注浆应采用孔底注浆法，注浆管应插至距孔底50~100mm处，并随浆液的注入逐渐拔出，注浆的压力宜不小于0.2MPa。

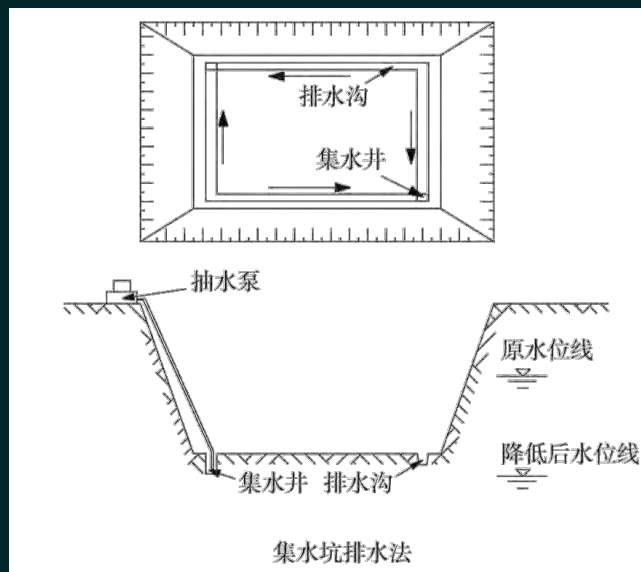


## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 4. 基坑排水

桥梁基础施工中常用的基坑排水方法有**集水坑排水**、**井点降水**、**止水帷幕法**等。

(1) 集水坑排水法。除严重流砂外，一般情况下均可适用。

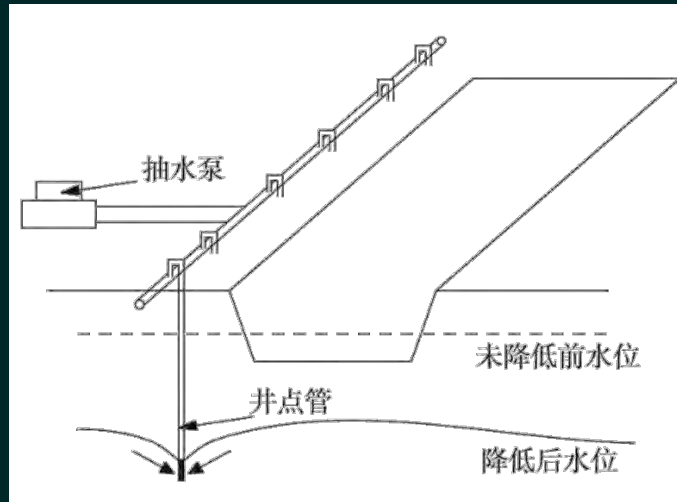




### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(2) 井点降水法。适用于严重粉砂、细砂、地下水位较高、有承压水、挖基较深、坑壁不易稳定的土质基坑，在无砂的黏质土中不宜使用。

①井管的成孔可根据土质分别采用射水成孔或冲击钻机、旋转钻机及水压钻探机成孔。井点降水曲线应**低于基底设计高程或开挖高程至少0.5m**。





### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(3) 止水帷幕法：对于土质渗透性较大、挖掘较深的基坑，（硅化法、深层搅拌桩隔水墙、压力注浆、高压喷射注浆、冻结帷幕法）。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 5. 基底处理

#### 1) 基底处理方法

基底处理的主要方法有：换填土法、桩体挤密法、砂井法、袋装砂井法、预压法加固地基、强夯法、电渗法、振动水冲法、深层搅拌桩法、高压喷射注浆法、化学固化剂法等。

对于一般软弱地基土层加固处理方法可归纳为四种类型，即：（1）换填土法；（2）桩体挤密法；（3）胶结土法；（4）土工聚合物法。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 2) 基底处理要求

地基处理的范围应宽出基础之外不小于0.5m。

(1) 对坚硬的倾斜岩层，宜将岩层面凿平；倾斜度较大无法凿平时，则宜凿成多级台阶，台阶的宽度宜不小于0.3m。

(2) 多年冻土地基的处理应符合下列规定：

①基础位于多年冻土层（即永冻土）上时，基底之上应设置隔温层或保温层材料，其铺筑宽度应在基础外缘加宽1m。

②施工期间如有明水，应在距坑顶边缘10m之外设置排水沟，并应将水引向远离基坑的位置排出；有融化水时亦应及时排除。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 6. 基底检验

#### 1) 基底检验内容

- (1) 检查基底平面位置、尺寸和基底高程。
- (2) 检查基地质情况和承载力是否与设计资料相符。
- (3) 检查基底处理和排水情况是否符合规范要求。
- (4) 施工记录及有关试验资料等。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 2) 基底检验方法:

(1) 小桥涵的地基, 一般采用**直观**或**触探**方法, 必要时进行土质试验。

(2) 大、中桥和地基土质复杂、结构对地基有特殊要求的地基检验, 宜采用**触探**和**钻探** (钻深至少4m) 取样做土工试验, 亦可按设计的特殊要求进行荷载试验。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 五、浅基础与承台施工（改）

#### （一）浅基础施工（增-原明挖扩大基础）

浅基础施工的主要工序包括基础的**定位放样、基坑开挖、基坑排水、基底处理以及基础结构物的浇筑（砌筑）**等。

在开挖基坑前，应做好复核基坑中心线、方向和高程，并按地质水文资料，结合现场情况，决定开挖坡度、支护方案以及地面的防水、排水措施。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

浅基础的基底为非黏性土或干土时，在施工前应将其润湿，并按设计要求浇筑混凝土垫层，垫层顶面不得高于基础底面设计高程；地基为淤泥或承载力不足时，应按设计要求处理后方可进行基础的施工；基底为岩石时，应采用水冲洗干净，且在基础施工前应铺设一层不低于基础混凝土强度等级的水泥砂浆。

浅基础的施工宜采用钢模板。混凝土宜在全平截面范围内水平分层进行浇筑，且机械设备的能力应满足混凝土浇筑施工的要求。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### (二) 承台施工





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 1) 承台施工方式的选择

当承台处于干处时，一般直接采用明挖基坑。

当承台位于水中时，常采用围堰法进行施工，一般先设围堰将群桩围在堰内，然后在堰内河底灌注水下混凝土封底，凝结后，将水抽干，使各桩处于干处，再安装承台模板，在干处灌注承台混凝土。常用的围堰类型包括土石围堰、钢筋混凝土套箱围堰和钢围堰，其中钢围堰类型有**钢板桩围堰、锁口钢管桩围堰、钢套箱围堰**等。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 2) 钢围堰施工

现场浇筑的承台施工采用钢围堰作为挡水（土）设施时，应根据承台的结构特点、水文、地质和施工条件等因素确定适宜的围堰形式，并应对围堰进行专项设计。

#### (1) 钢围堰设计与施工

①围堰内侧距承台边缘的净距宜不小于1m（围堰内侧兼作模板时除外）。围堰的顶面高程应高出施工期间可能出现的最高水位（包括浪高）0.5~0.7m。

②钢围堰的混凝土封底厚度应符合设计规定；设计未规定时，应根据桩周摩擦力、浮力、围堰结构自重及封底混凝土自身强度等因素经计算后确定。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

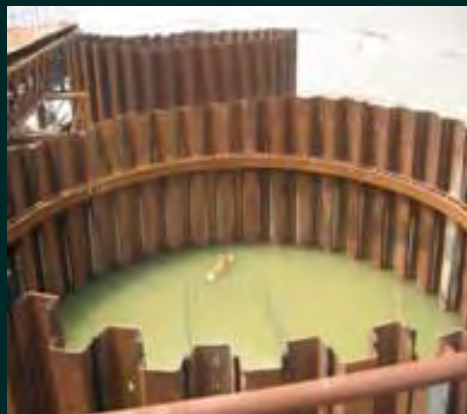
### (2) 钢板桩围堰

①施打前，钢板桩的锁口应用止水材料**捻缝**，以防漏水；

②施打钢板桩必须有**导向**设备，以保证钢板桩的位置准确；

③施打顺序一般**由上游分两头向下游合龙**；

④接长的钢板桩，其相邻两钢板桩的接头位置应上下错开。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### (3) 锁口钢管桩围堰

①锁口的形式应根据土层地质状况和止水要求确定。当用于水中或透水性土层中的围堰时，应对锁口采取可靠的止水处理措施。

②施打钢管时，如土层中有孤石、片石或其他障碍物，其底口应作加强处理。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### (4) 钢套箱围堰

①对有底钢套箱，除应进行结构的计算和验算外，尚应针对套箱内抽干水后的工况进行抗浮验算。

②钢套箱内的排水应在封底混凝土符合设计规定的强度后或达到设计强度的80%及以上时方可进行，在封底混凝土未达到规定强度之前，应打开套箱上设置的连通器，保持套箱内外水头一致，排水时不应过快，并应在排水过程中加强对套箱情况变化的监测；对有底钢套箱，必要时可设反压装置抵抗过大的浮力。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 3) 承台底的处理

承台基底为**非黏性土或者干土**时，在施工前应将其湿润，并按设计浇筑混凝土垫层，顶面不得高于基础底面设计高程；

地基为**淤泥或者承载力不足**时，应按设计处理后进行基础施工；

基底为**岩石**时，应采用水冲洗干净，且在基础施工前应铺设一层不低于基础混凝土强度等级的水泥砂浆。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 六、桥墩、桥台施工

#### (一) 桥墩施工





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 1. 高度小于40m的桥墩施工

(1) 桥墩施工前，应对其施工范围内基础顶面的混凝土进行凿毛处理，并应将表面的松散层、石屑等清理干净；对分节段施工的桥墩，其接缝亦应作相同的凿毛和清洁处理。

(2) 应尽量缩短首节桥墩墩身与承台之间浇筑混凝土的间隔时间，间歇期宜不大于10d，当不能满足间歇期要求时，应采取防止墩、台身混凝土开裂的有效措施。墩身平面尺寸较大时，首节墩身可与承台同步施工。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(3) 桥墩高度小于或等于10m时可整体浇筑施工；高度超过10m时，可分节段施工，节段的高度宜根据施工环境条件和钢筋定尺长度等因素确定。上一节段施工时，已浇节段的混凝土强度应不低于2.5MPa。各节段之间浇筑混凝土的间歇期宜控制在7d以内。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 2. 高度大于或等于40m的高墩施工

除应符合上述高度小于40m的桥墩施工要求之外，尚应符合下列规定：

(1) 施工前应编制**专项施工方案**，对各项临时受力结构和临时设施应进行必要的施工设计计算和验算。

(2) 宜设置塔式起重机或其他可靠的起重设备，用于施工期间钢筋或其半成品材料以及其他材料的垂直起吊运输。

(3) 宜设置**施工电梯**作为运送作业人员 and 小型机具、操作工具的垂直运输设施。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(4) 混凝土的垂直输送宜采用泵送方式，泵管可沿已施工完成的墩身或搭设专用支架进行布设，而不应布设在塔式起重机和施工电梯上。

(5) 混凝土的浇筑施工应符合相关规定，**每一节段混凝土的养护时间应不少于7d**。养护用的水管可布设在墩身上，且应与电缆分开设置。

(6) 高墩施工前应编制测量控制方案，施工过程中应对墩身的**平面位置**和**垂直度**进行监控，条件具备时宜采用激光铅垂仪进行控制。施工测量中应考虑日照对墩身扭转的影响，当日照影响较大时，测量宜在夜间气温相对稳定的时段进行。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### (二) 桥台施工

桥台在施工前应在基础顶面测量放样出台身的**纵横向轴线和内外轮廓线**，其平面位置应准确。当台身较长需要设置沉降缝时，应在施工前确定其设置位置。

#### 1. 重力式桥台施工

(1) 混凝土或钢筋混凝土台身宜一次连续浇筑完成，当台身较长或截面积过大，一次连续浇筑完成难以保证混凝土质量时，可分段或分层浇筑。分段浇筑时，其接缝宜设置在沉降缝处；分层浇筑时应采取有效措施控制接缝的外观质量，防止产生过大的层间错台。





## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### 2. 加筋土桥台施工

(1) 混凝土面板的预制施工应符合相关规定。露于面板混凝土外面的钢拉环、钢板锚头应作防锈处理，加筋带与钢拉环的接触面应作隔离处理。筋带的强度和受力后的变形应满足设计要求，筋带应能与填料产生足够的摩擦力，接长和与面板的连接应简单。

(2) 面板应按要求的垂度挂线安砌，安砌时单块面板可内倾 $1/100 \sim 1/200$ ，作为填料压实时面板外倾的预留度。不得在未完成填土作业的面板上安砌上一层面板。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(3) 钢带应平顺铺设于已压实整平的填料上，不得弯曲或扭曲；钢筋混凝土带可直接铺设在已压实整平的填料上或在填料上挖槽铺设；加筋带应呈扇形辐射状铺设，不宜重叠，不得卷曲或折曲，并不得与尖锐棱角的粗粒料直接接触。在与桥台立柱或肋板相互干扰时，筋带可适当避让。

(4) 台背筋带锚固段的填筑宜采用粗粒土或改性土等填料。当填料为黏性土时，宜在面板后不小于0.5m范围内回填砂砾材料。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(5) 填料摊铺厚度应均匀一致，表面平整，并应设置不小于3%的横坡。当采用机械摊铺时，摊铺机械距面板应不小于1.5m。机械的运行方向应与筋带垂直，并不得在未覆盖填料的筋带上行驶或停车。

(6) 台背填料应严格分层碾压，碾压时宜先轻后重，并不得使用羊足碾。压实作业应先从筋带中部开始，逐步碾压至筋带尾部，再碾压靠近面板部位，且压实机械距面板应不小于1.0m。台背填筑施工过程中应随时观测加筋土桥台的变化。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(三) 现浇墩台帽、盖梁、系梁、挡块和支座垫石（增）

(1) 墩台帽、盖梁、系梁、挡块和支座垫石的施工应在墩、台身质量检验合格后方可进行。

(2) 墩台帽、盖梁和系梁施工支撑方式采用**落地支架**、**剪力销托架**或**抱箍挑架**等临时结构，具体应用须根据现场实际情况通过受力分析计算与验算确定。

当支架支承在承台以外的软弱地基上时，首先需要对基坑的回填进行妥善加固处理。为保证沉降均匀，应对支架进行必要的**预压**。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

(3) 混凝土浇筑顺序宜从中间向两端对称、分层连续浇筑。混凝土强度达到2.5MPa以上，并应保证其表面及棱角不因拆除模板而受损后，方可拆除其侧模板。底模的拆除应待混凝土达到一定强度，使梁体能够承担自身重量及其他可能的叠加荷载时，方可拆除。



## 3.1.4 桥梁下部结构施工

### （四）圬工结构墩台施工

桥梁的墩台可由砌石、混凝土预制块砌体或片石混凝土等圬工结构砌筑而成。

1. 砌块在使用前应浇水湿润，砌块的表面如有泥土、水锈，应清洗干净。

2. 砌筑基础的第一层砌块时，如基底为土质，可直接坐浆砌筑；如基底为岩层或混凝土地基，应先将基底表面清洗、湿润，再坐浆砌筑。





### 3.1.4 桥梁下部结构施工

3. 砌体应分层砌筑，砌体较长时可分段分层砌筑，但两相邻工作段的砌筑差一般不宜超过1.2m；分段位置尽量设在沉降缝、伸缩缝处，各段水平砌缝应一致。

4. 各砌层应先砌外圈定位行列，然后砌筑里层，外圈砌块应与里层砌块交错连成一体。

砌体外露面应进行勾缝，并应在砌筑时靠外露面预留深约20mm的空缝备作勾缝之用。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

【例题】挖孔桩孔内有岩层需要爆破时，应采用（ ）  
爆破。

- A. 药壶炮
- B. 猫洞炮
- C. 深孔炮
- D. 浅眼炮

【答案】D。

解析：挖孔桩需要嵌岩或孔内有岩层需要爆破时，应采取浅眼爆破法，严格控制炸药用量，并按爆破安全规程的规定，一丝不苟地组织好爆破作业。





### 3.1.4 桥梁下部结构施工

【例题】钻孔灌注桩施工中埋设护筒，不属于护筒作用的是（ ）。

- A. 稳定孔壁
- B. 钻头导向
- C. 隔离地表水
- D. 增强桩身强度

【答案】D。

解析：本题考查的是护筒的作用。埋设护筒：护筒能稳定孔壁、防止塌孔，还有隔离地表水、保护孔口地面、固定桩孔位置和起钻头导向作用等。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

【例题】桥梁桩基础正循环回转钻孔施工中，护壁泥浆循环路径包括：①桩孔内；②钻杆中心；③钻头口；④泥浆泵笼头；⑤泥浆沉淀池。则泥浆循环的正确顺序（ ）。

- A. ①→②→③→④→⑤
- B. ④→②→③→①→⑤
- C. ②→③→④→①→⑤
- D. ⑤→①→③→②→④

【答案】B。

解析：正循环回转钻孔：钻具旋转切削土体钻进，泥浆泵将泥浆压进泥浆笼头，通过钻杆中心从钻头喷入钻孔内，泥浆挟带钻渣沿钻孔上升，从护筒顶部排浆孔排出至沉淀池，钻渣在此沉淀而泥浆流入泥浆池循环使用。



### 3.1.4 桥梁下部结构施工

【例题】桥梁浅挖基坑施工中，当土质较差且有较严重流沙现象时，宜采用（ ）排水。

- A. 井点
- B. 集水坑
- C. 板桩法
- D. 帷幕法

【答案】A。

解析：当土质较差有严重流沙现象，地下水位较高，挖基较深，坑壁不稳定，用普通排水法难以解决时，采用井点排水法



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

### 知识要点

- 【1】 桥梁上部结构装配式施工
- 【2】 桥梁上部结构支架施工
- 【3】 桥面及附属工程施工



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

### 一、装配式梁、板预制安装





## 3.1.5 桥梁上部结构施工

### （一）钢筋混凝土和预应力混凝土梁（板）桥施工

#### 1. 一般要求

（1）装配式桥的构件在脱底模、移运、存放和吊装时，混凝土的强度应不低于设计规定的吊装强度；设计未规定时，应**不低于设计强度的80%**。

（2）构件安装前应检查其外形、预埋件的尺寸和位置，允许偏差不得超过设计规定。

（3）安装构件时，支承结构（墩台、盖梁）的混凝土强度和预埋件（包括预留锚栓孔、锚栓、支座钢板等）的**尺寸、高程及平面位置**应符合设计要求。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

2. 构件预制场的布置应满足预制、移运、存放及架设安装的施工作业要求，场地应平整、坚实，应根据地基情况和气候条件，设置必要的防排水设施，并应采取有效措施防止场地沉陷。

3. 构件预制台座应符合下列规定：

(1) 预制台座应采用适宜的材料和方式制作，且应保证其坚固、稳定、不沉陷。

(2) 台座表面应光滑、平整，在2m长度上平整度的允许偏差应不超过2mm，且应保证底座或底模的挠度不大于2mm。

(3) 当后张预应力混凝土梁预计的上拱度值较大时，可考虑在预制台座上设置反拱。

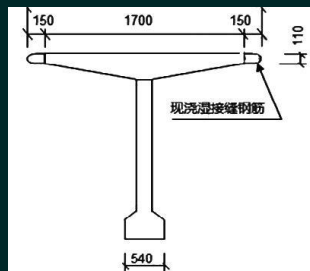


## 3.1.5 桥梁上部结构施工

4. 各种构件混凝土的浇筑应符合下列规定：

(1) 腹板底部为扩大断面的T形梁，应先浇筑扩大部分并振实后，再浇筑其上部腹板。

(2) U形梁可上下一次浇筑或分两次浇筑。一次浇筑时，宜先浇筑底板至底板承托顶面，待底板混凝土振实后再浇筑腹板；分两次浇筑时，宜先浇筑底板至底板承托顶面，按施工缝处理后，再浇筑腹板混凝土。







### 3.1.5 桥梁上部结构施工

(3) 箱形梁宜一次浇筑完成，且宜先浇筑底板至底板承托顶面，待底板混凝土振实后再浇筑腹板、顶板。

(4) 中小跨径的空心板浇筑混凝土时，对芯模应有防止上浮和偏位的可靠措施。

5. 对高宽比较大的预应力混凝土T形梁和I形梁，应对称、均衡地施加预应力，并采取有效措施防止梁体产生侧向弯曲。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

6. 构件的场内移运应符合下列规定：

(1) 对后张预应力混凝土梁、板，在施加预应力后可将其从预制台座吊移至场内的存放台座再进行孔道压浆：

(先存梁→后压浆)

①从预制台座上移出梁、板仅限一次，不得在孔道压浆前多次倒运。

②吊移的范围必须限制在预制场内的存放区域，不得移往他处。

③吊移过程中不得对梁、板产生任何冲击和碰撞。

④不得将构件安装就位后再进行预应力孔道压浆。



### 3.1.5 桥梁上部结构施工

(2) 后张预应力混凝土梁、板在孔道压浆后进行移运的，其压浆浆体强度应不低于设计强度的80%。（先压浆→后存梁）

(3) 梁、板构件移运时的吊点位置应符合设计规定；设计未规定时，应根据计算决定。构件的吊环必须采用未经冷拉的HPB300钢筋制作，且吊环应顺直。吊绳与起吊构件的交角小于 $60^\circ$ 时，应设置吊架或起吊扁担，使吊环垂直受力。吊移板式构件时，不得吊错上、下面。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

7. 构件的存放应符合下列规定：

(1) 存放台座应坚固稳定，且宜高出地面200mm以上。存放场地应有相应的防排水设施，并应保证梁、板等构件在存放期间不致因支点沉陷而受到损坏。

(2) 梁、板构件存放时，其支点应符合设计规定的位置，支点处应采用垫木和其他适宜的材料进行支承，不得将构件直接支承在坚硬的存放台座上；存放时混凝土养护期未满足的，应继续养护。





### 3.1.5 桥梁上部结构施工

(3) 构件应按其安装的先后顺序编号存放，预应力混凝土梁、板的存放时间**不宜超过3个月**，特殊情况下不应超过5个月。存放时间超过3个月时，应对梁、板的**上拱度值**进行检测。

(4) 当构件多层叠放时，层与层之间应以**垫木**隔开，各层垫木的位置应设在设计规定的支点处，上下层垫木应在**同一条竖直线**上；叠放的高度宜按构件强度、台座地基的承载力、垫木强度及叠放的稳定性等经计算确定，**大型构件宜为2层，不应超过3层，小型构件宜为6~10层。**





## 3.1.5 桥梁上部结构施工

8. 构件的运输应符合下列规定：

(1) 板式构件运输时，宜采用特制的固定架稳定构件。

(2) 梁的运输应按高度方向竖立放置，并应有防止倾倒的固定措施；装卸梁时，必须在支撑稳妥后，方可卸除吊钩。

(3) 采用平板拖车或超长拖车运输大型构件时，车长应能满足支点间的距离要求，支点处应设活动转盘防止搓伤构件混凝土。





### 3.1.5 桥梁上部结构施工

9. 简支梁、板的安装应符合下列规定：

(1) 安装前应对墩台的施工质量进行检验，并应对支座或临时支座的平面位置和**高程**进行复测，合格后方可进行梁、板等构件的安装。

(2) 采用架桥机进行安装作业时，其抗倾覆稳定系数应不小于1.3；架桥机过孔时，应将起重小车置于对稳定最有利的位置，且抗倾覆稳定系数应不小于1.5。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

双导梁架桥机施工工艺流程主要包括：①梁体预制及运输、铺设轨道→②架桥机及导梁拼装→③试吊→④架桥机前移至安装跨→⑤支顶前支架→⑥运梁、喂梁→⑦吊梁，纵移到位→⑧降梁，横移到位→⑨安放支座，落梁→⑩重复第⑤~⑨步，架设下一片梁→⑪铰缝施工，完成整跨安装→⑫架桥机前移至下一跨，直至完成整桥安装。







### 3.1.5 桥梁上部结构施工

(4) 采用吊机吊装构件时，如采用1台吊机起吊，应在吊点位置的上方设置吊架或起吊扁担；如采用两台吊机起吊，应统一指挥，协调一致，使构件的两端同时起吊、同时就位。

(5) 采用缆索吊机进行安装时，应事先对缆索吊机进行**1.2倍最大设计荷载的静力试验**和**设计荷载下的试运行**，全面验收合格后方可使用。

(6) 梁、板安装施工期间及架桥机移动过孔时，严禁行人、车辆和船舶在作业区域的桥下通行。





## 3.1.5 桥梁上部结构施工

(7) 梁、板就位后，应及时设置保险垛或支撑将构件临时固定，对横向自稳性较差的T形梁和I形梁等，应与先安装的构件进行可靠的横向连接，防止倾倒。

(8) 安装在同一孔跨的梁、板，其预制施工的龄期差不宜超过10d，特殊情况下不超过30d，梁、板上有预留孔道的，其中心应在同一轴线上，偏差应不大于4mm。梁、板之间的横向湿接缝，应在一孔梁、板全部安装完成后方可进行施工。





### 3.1.5 桥梁上部结构施工

10. 先简支后连续的梁，其施工应符合下列规定：

(1) 在一片梁中，临时支座顶面的相对高差不应大于2mm。

(2) 对湿接头处的梁端，应按施工缝的要求进行凿毛处理。永久支座应在设置湿接头底模之前安装。





### 3.1.5 桥梁上部结构施工

(3) 湿接头的混凝土宜在一天中气温相对较低的时段浇筑，且一联中的全部湿接头应一次浇筑完成。湿接头混凝土的养护时间应不少于14d。

(4) 湿接头按设计要求施加预应力、孔道压浆且浆体达到规定强度后，应立即**拆除临时支座**，按设计规定的顺序完成体系转换。**同一片梁的临时支座应同时拆除。**



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

### (二) 预应力混凝土箱梁施工

1. 箱梁的预制宜采用定型钢模板，模板应具有足够的强度和刚度，并应能满足多次重复使用不变形的要求。

(1) 钢模板在加工制作时，模板的全长和跨度应考虑箱梁反拱度的影响及预留压缩量。附着式振捣器的支座应交错布置，安设牢固，并使振动力先传向模板的骨架，再由骨架传向面板。

(2) 模板的拆除期限除，对外侧模和端模，尚应满足箱梁混凝土的表层温度与环境温度之差不大于 $15^{\circ}\text{C}$ 的要求；





## 3.1.5 桥梁上部结构施工

2. 箱梁混凝土宜一次连续浇筑完成，且宜采取水平分层、斜向推进的方式浇筑，水平分层的厚度不得大于300mm，各层间混凝土的间隔浇筑时间不应超过其**初凝时间**。

梁体腹板下部的底板混凝土宜采用设于底模处的附着式振捣器振动；

腹板混凝土宜采用插入式振捣器及附着式振捣器辅助振捣。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

3. 箱梁混凝土浇筑完成后，应符合下列规定：

(1) 蒸汽养护：

养护阶段	温度要求	备注
静停	不低于5℃	混凝土浇筑完成4h后方可升温
升温		速度不得大于10℃/h
恒温	控制在50℃以下	恒温时间宜由试验确定
降温		速度不得大于5℃/h
自然养护		蒸汽养护结束后，应立即进入自然养护阶段，且养护时间不宜少于7d



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

(2) 自然养护:

①对暴露于大气环境中的混凝土表面应采用适宜的材料进行覆盖，并洒水养护；

②拆模后尚未达到养护时间的梁体混凝土表面，宜采用喷淋方式或采用养护剂喷洒养护。

③当环境相对湿度小于60%时，自然养护的时间不宜少于28d；

④相对湿度大于或等于60%时，不宜少于14d。





## 3.1.5 桥梁上部结构施工

### 4. 张拉时机：

①梁体混凝土的抗压强度达到设计强度的 $1/3$ 以上、弹性模量不低于设计值的 $50\%$ 时，可对部分预应力钢束进行**初张拉**，但其张拉应力不应超过设计张拉控制应力的 $1/3$ ，且初张拉的预应力钢束编号及张拉应力应符合设计规定。

②对箱梁预应力钢束的**终张拉**，应在其混凝土抗压强度达到设计强度的 $80\%$ 、弹性模量不小于设计值的 $80\%$ 后进行。设计对张拉有具体规定时应从其规定。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

### 5. 封锚要求：

- ①压浆结束后应将锚具外部清理干净，并应对梁端混凝土进行凿毛；
- ②对锚具进行防锈处理，按设计要求设置钢筋网片；
- ③浇筑封端混凝土。封端应采用无收缩混凝土。



### 3.1.5 桥梁上部结构施工

6. 箱梁的场内移运及存放应符合下列规定：

(1) 箱梁在场内的移运可采用**龙门吊机**或**轮胎式移梁机**，且应预设相应的移运通道。

(2) 采用滑移方式移梁时，滑道应设在坚固稳定的地基基础上。滑道应保持平整，滑移时4个支点的相对高差不得超过4mm，两滑道之间的高差不得超过50mm。滑移的动力设施应经计算及试验确定。滑移过程中应采取有效措施保证梁体不受损伤。





## 3.1.5 桥梁上部结构施工

7. 箱梁的运输应符合下列规定：

(1) 当采用运梁车运输箱梁时，运梁线路的路面应平坦，地基应有足够的承载能力，纵向坡度应不大于3%，横向坡度（人字坡）应不大于4%，**最小曲率半径应不小于运梁车的允许转弯半径**。在运梁车通过的限界内，不得有任何障碍物。

(2) 运梁车装载箱梁时，其支承应牢固，起步和运行应缓慢，平稳前进，严禁突然加速或紧急制动。重载运行时的速度宜控制在5km/h以内，曲线、坡道地段应严格控制在3km/h以内。当运梁车接近卸梁地点或架桥机时，应减速徐停。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

8. 箱梁的架设安装应符合下列规定：

(1) 箱梁应采用通过技术质量监督部门产品认证的专用架桥机，或由海事部门颁发船舶证书及起重检验证书的起重船进行架设安装，且起重参数应能满足架梁的要求，起重船的锚泊系统应能满足作业水域的条件。吊架和吊具应专门设计。起重设备、吊架和吊具等应经试吊确认安全后方可用于正式施工，吊具应定期进行探伤检查。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

(2) 采用架桥机安装作业时，其抗倾覆稳定系数不应小于1.3；架桥机过孔时，起重小车应位于对稳定最有利的位罝，且抗倾覆稳定系数不应小于1.5。

(3) 在墩顶设置的临时支座，其形式和位置应符合设计规定，梁底与支座应密贴；4个临时支座的顶面相对高差不得超过4mm。

(4) 箱梁架设安装后的吊梁孔应采用收缩补偿混凝土封填。



### 3.1.5 桥梁上部结构施工

9. 箱梁简支变连续时的体系转换除尚应符合下列规定：

(1) 需浇筑湿接头的箱梁端部的形状应符合设计规定，预应力钢束及其他预留孔道的位置偏差应不大于4mm。

(2) 宜先将一联箱梁采用型钢在纵向予以**临时固结**，且宜在一天中气温最低且温度场均匀稳定的时段浇筑湿接头混凝土。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

### 二、桥梁上部结构支架施工（现浇箱梁）



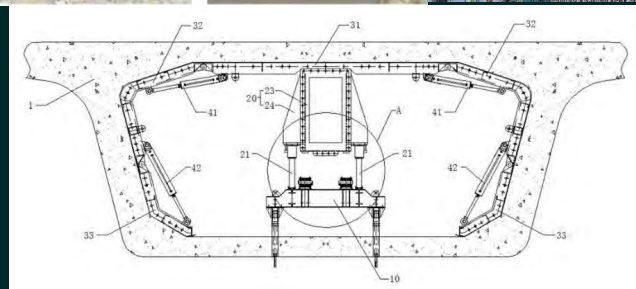




## 3.1.5 桥梁上部结构施工

支架现浇施工工艺流程主要包括：

地基处理→支架搭设→模板系统安装→支架加载预压→  
调整模板→钢筋、预应力安装→内模安装→混凝土浇筑→  
混凝土养护→预应力张拉→预应力孔道压浆→模落架、板  
支架拆除





### 3.1.5 桥梁上部结构施工

(1) 地基处理形式：地基换填压实、混凝土条形基础、桩基础加混凝土横梁等。地基处理时要做好地基的排水，防止雨水或混凝土浇筑和养护过程中滴水对地基的影响。

(2) 支架的布置根据梁截面大小并通过计算确定以确保强度、刚度、稳定性满足要求。对高度超过8m、跨度超过18m的支架，应对其稳定性进行安全论证，确认无误后方可施工。

(3) 支架应根据技术规范的要求进行预压，以收集支架、地基的变形数据，作为设置预拱度的依据。预拱度设置时要考虑张拉上拱的影响，预拱度一般按二次抛物线设置。



### 3.1.5 桥梁上部结构施工

(4) 模板：模板由底模、侧模及内模三个部分组成。

混凝土的脱模剂应采用清洁的机油、肥皂水或其他质量可靠的脱模剂，**不得使用废机油。**



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

### 2. 普通钢筋、预应力筋施工

(1) 在安装并调好底模及侧模后，开始底、腹板普通钢筋绑扎及预应力管道的预设，混凝土一次浇筑时，在底、腹板钢筋及预应力管道完成后，安装内模，再绑扎顶板钢筋及预应力管道。

混凝土采用二次浇筑时，底、腹板钢筋及预应力管道完成后，浇筑第一次混凝土，混凝土终凝后，再支内模顶板，绑扎顶板钢筋及预应力管道，进行混凝土的第二次浇筑。



## 3.1.5 桥梁上部结构施工

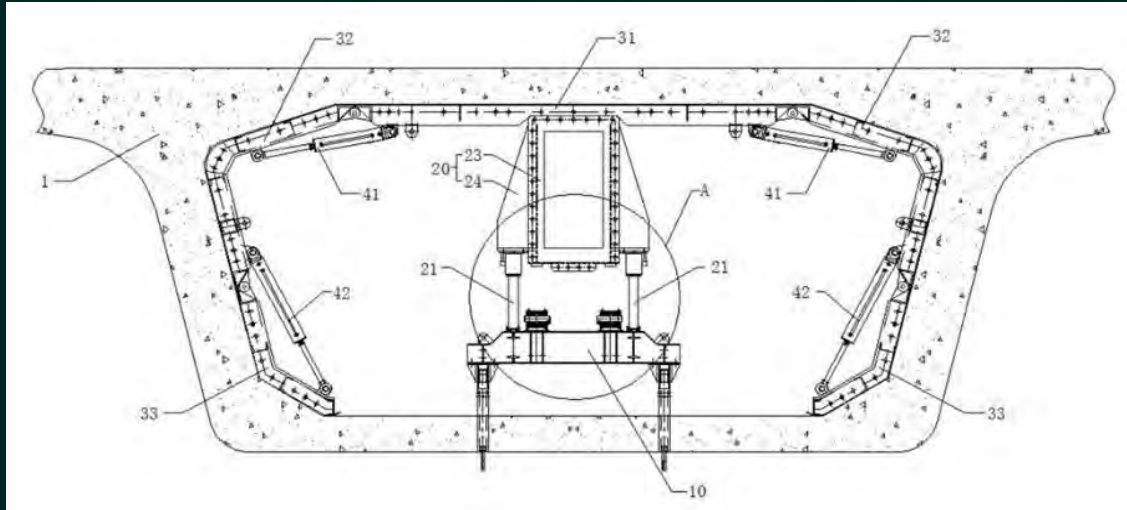
### 3. 混凝土的浇筑

(1) 在直线段一次浇筑长度超过70m时（对于小半径匝道，长度可以适当减少），宜分段浇筑，防止混凝土因收缩和温度变化等因素引起开裂，纵向分段接缝宜设在 $1/5$ 跨的弯矩零点附近。（增）



### 3.1.5 桥梁上部结构施工

(2) 梁桥现浇施工时，梁体混凝土在顺桥向宜从低处向高处进行浇筑，在横桥向宜对称进行浇筑。混凝土浇筑过程中，应对支架的变形、位移、节点和卸架设备的压缩及支架地基的沉降等进行监测。混凝土如采用分次浇筑，第二次混凝土浇筑时，应将接触面上第一次混凝土凿毛，清除浮浆。





## 3.1.5 桥梁上部结构施工

### 4. 预应力张拉

(1) 箱梁预应力的张拉采用**双控**，即以**张拉力控制为主**，以钢束的**实际伸长量进行校核**，实测伸长值与理论伸长值的误差不得超过规范要求。

(2) 张拉顺序按图纸要求进行，无明确规定时按分段、分批、对称的原则进行张拉。



## 3.1.6 桥面及附属工程施工（增）

桥面及附属工程包括**支座、伸缩装置、桥面防水与排水、桥面铺装、桥面防护设施及桥头搭板**等。

### 1. 支座

桥梁支座是连接桥梁上部结构和下部结构的重要结构部件，位于桥梁上部结构和垫石之间，它可将桥梁上部结构承受的荷载和变形（位移和转角）可靠地传递给桥梁下部结构，是桥梁的**重要传力装置**。桥梁支座有**固定支座和活动支座**两种，桥梁工程常用的支座形式包括：**板式橡胶支座、球型支座、特殊支座**等。





### 3.1.6 桥面及附属工程施工（增）

(1) 支座应存放在干燥通风的库房内，并不得直接置于地面，应垫高堆放整齐，保持清洁；支座不得与酸、碱、油类和有机溶剂等相接触，且应距热源至少1m以上。

(2) 支座在安装前，应对支座垫石的混凝土强度、平面位置、顶面高程、预留地脚螺栓孔和预埋钢垫板等进行复核检查，确认符合设计要求后方可进行安装。支座垫石的顶面高程应准确，表面应平整、清洁；对先安装后填灌浆料的支座，其垫石的顶面应预留出足够的灌浆料层的厚度。



## 3.1.6 桥面及附属工程施工（增）

### 2. 伸缩装置

桥梁伸缩缝指的是为满足桥面变形的要求，通常在两片梁端之间、梁端与桥台之间或桥梁的铰接位置上设置的伸缩缝。要求伸缩缝在平行、垂直于桥梁轴线的两个方向，均能自由伸缩，牢固可靠，车辆行驶过时应平顺、无突跳。在设置伸缩缝处，栏杆与桥面铺装都要断开。桥梁伸缩缝的作用是调节由车辆荷载和桥梁所引起的上部结构之间的位移和联结。



### 3.1.6 桥面及附属工程施工（增）

（1）伸缩装置安装预留槽口的尺寸应符合设计规定，锚固钢筋的位置应准确。伸缩装置安装前应对预留槽口的混凝土进行凿毛并清理干净。

（2）伸缩装置宜在桥面铺装施工完成后，采用反开槽的方式进行安装；当采用先安装再铺装桥面的方式时，应采取有效措施对安装好的伸缩装置进行妥善保护。



## 3.1.6 桥面及附属工程施工（增）

### 3. 桥面防水与排水

（1）铺设桥面防水层时应符合下列规定：

- ①防水层材料应在进场时进行检测，在符合产品的相应标准后方可使用。
- ②铺设防水材料前应清除桥面的浮浆和各类杂物。
- ③防水层在横桥向应闭合铺设，底层表面应平顺、干燥、干净。防水层不宜在雨天或低温下铺设。
- ④防水层通过伸缩缝或沉降缝时，应按设计规定铺设。
- ⑤水泥混凝土桥面铺装层当采用织物与沥青粘合的防水层时，应设置隔断缝。
- ⑥防水层施工完成后，在未达到规定的时间内，不得开放交通。



## 3.1.6 桥面及附属工程施工（增）

### 4. 混凝土桥面铺装

（1）沥青混凝土桥面铺装的施工应符合下列规定：

①铺装的层数和厚度应符合设计规定，铺装前应对桥面进行检查，桥面应平整、粗糙、干燥、整洁。

②沥青混凝土桥面铺筑前应洒布粘层沥青。



### 3.1.6 桥面及附属工程施工（增）

（2）水泥混凝土桥面铺装的施工应符合下列规定：

①铺装的厚度、材料、铺装层结构、混凝土强度、防水层设置等均应符合设计规定。

②水泥混凝土桥面铺装，其做面应采取防滑措施，做面宜分两次进行，第二次抹平后，应沿横坡方向拉毛或采用机具压槽，拉毛或压槽的深度应符合有关规定。



## 3.1.6 桥面及附属工程施工（增）

### 5. 桥面防护设施

（1）混凝土防撞护栏的施工应符合下列规定：

①防撞护栏应在桥面的**两侧对称**进行施工；对结构重心位于梁体以外的悬臂式防撞护栏，应在与主梁横向联结或拱上结构完成后方可施工。

②对就地现浇的防撞护栏，宜在顺桥向每间隔5~8m设一道**断缝或假缝**；在温差较大的地区，断缝或假缝的设置间距宜再适当减小。



## 3.1.6 桥面及附属工程施工（增）

### 6. 桥头搭板

（1）桥头搭板下台后填土的填料宜以透水性材料为主，并应分层填筑、压实。

（2）台后地基如为软土，应按设计要求对地基进行处理并对台后填土进行**预压**，预压应在搭板施工前完成。

（3）钢筋混凝土桥头搭板的施工应符合下列规定：

①钢筋混凝土搭板及枕梁宜采用就地浇筑的方式施工。

②浇筑搭板混凝土时应按搭板的坡度由低处向高处进行，振捣时应避免碰撞钢筋、模板。



## 3.2 涵洞工程



## 3.2.1 涵洞组成和分类

为了区别于桥梁，凡是单孔跨径不到5m和多孔跨径的全长不到8m的泄水结构物，均称为涵洞；且圆管涵和箱涵不论孔径、跨径大小均称为涵洞。

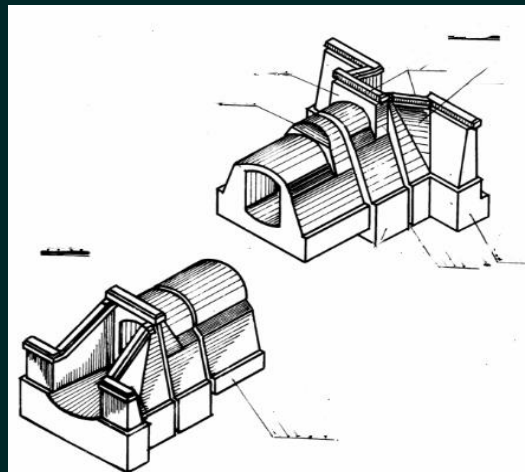




## 3.2.1 涵洞组成和分类

### 一、涵洞的组成

涵洞是公路路基通过洼地或跨越水沟（渠）时设置的，或为把汇集在路基上方的水流宣泄到下方而设置的横穿路基的小型地面排水结构物，涵洞由洞身和洞口两部分组成，洞口包括进口和出口。





## 3.2.1 涵洞组成和分类

### 二、涵洞的分类

#### 1. 按构造形式分类

按构造形式不同，涵洞分为**圆管涵**、**拱涵**、**盖板涵**、**箱涵**等。

#### 2. 按洞顶填土情况分类

按洞顶填土情况涵洞可分为洞顶不填土的**明涵**和洞顶填土厚度大于500mm的**暗涵**两类。





## 3.2.2 涵洞施工

### 一、涵洞施工的一般规定

(1) 除设置在岩石地基上的涵洞外，涵洞的洞身及基础应根据地基土的情况，按设计要求设置**沉降缝**，且沉降缝处的两端面应竖直、平整，上下不得交错。填缝料应具有弹性和不透水性，并应填塞紧密。预制圆管涵的沉降缝应设在管节接缝处，预制盖板涵的沉降缝应设在盖板的接缝处，沉降缝应贯穿整个洞身断面。

**波纹钢管涵可不设沉降缝。**



## 3.2.2 涵洞施工

(2) 涵洞施工完成后，砌体砂浆或混凝土强度达到设计强度的85%时，方可进行涵洞洞身两侧的回填。

涵洞两侧紧靠涵台部分的回填土不宜采用大型机械进行压实施工，宜采用人工配合小型机械的方法夯填密实。

填土的每侧长度应符合设计规定；设计未规定时，应不小于洞身填土高度的1倍，特殊地形条件下应根据实际情况适当加长，填筑应在两侧同时对称、均衡地分层进行，填筑的压实度应不小于96%。涵洞顶部的填土厚度必须大于0.5m后方可通行车辆和筑路机械。



## 3.2.2 涵洞施工

### 二、混凝土管涵施工

#### 1. 圆管涵施工主要工序

测量放线→基坑开挖→砌筑圬工基础或现浇混凝土管座  
基础→安装圆管→出入口浆砌→防水层施工→涵洞回填及  
加固。





## 3.2.2 涵洞施工

### 2. 涵管预制

管涵的管节宜在工厂内**集中预制**，再运到现场安装。混凝土圆涵管可采用**振动制管法、离心法、悬辊法和立式挤压法**。运输条件限制时，也可在现场就地制造。





## 3.2.2 涵洞施工

### 3. 管节的安装施工要求

(1) 各管节应顺流水坡度安装平顺，当管壁厚度不一致时应调整高度使内壁齐平。

(2) 插口管安装时，接口应平直，环形间隙应均匀，并应安装特制的胶圈或用沥青、麻絮等防水材料填塞；对平接管，接缝宽度应不大于10~20mm，**不得采用加大接缝宽度来满足涵洞长度要求。**



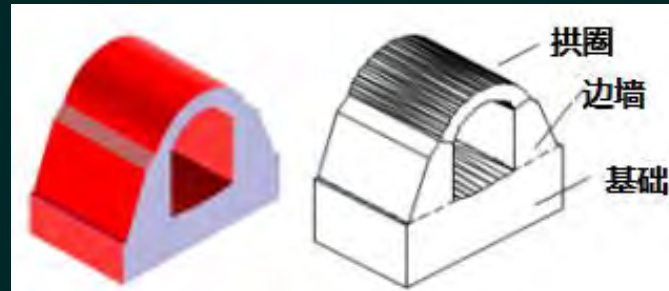


## 3.2.2 涵洞施工

### 三、拱涵、盖板涵施工

#### 1. 石拱涵或钢筋混凝土拱涵施工主要工序

测量放样→基坑开挖、排水及换填→混凝土基础或浆砌基础施工→拱涵涵身、台座立模灌注→支立拱架，安装拱模→对称灌注拱圈混凝土或浆砌拱圈→养护拱圈混凝土或砂浆强度达85%设计值→对称拆除拱架、拱模→施做防水层→涵顶对称填土夯实→出入口、八字墙等附属工程施工。





## 3.2.2 涵洞施工

### 2. 盖板涵（预制吊装）施工主要工序

测量放线→基坑开挖→下基础→浆砌墙身→现浇板座→  
吊装盖板→出入口浆砌→防水层施工→涵洞回填及加固。





## 3.2.2 涵洞施工

### 3. 拱涵、盖板涵的施工要求

(1) 拱圈和出入口拱上端墙的施工，应由**两侧向中间同时对称**进行。

(2) 预制构件的混凝土强度应达到**设计强度的85%**后，方可搬运安装，设计有规定时应从其规定。



## 3.2.2 涵洞施工

(3) 拱架拆除和拱顶填土应符合下列规定：

①先拆除拱架再进行拱顶填土时，拱圈和护拱的物筑砂浆或混凝土的强度应符合设计规定，设计未规定时，应达到设计强度的85%后，方可拆除拱架，且在拱梁拆除时位先完成拱脚以下部分回填土的填筑：达到设计强度的100%，方可进行拱顶填土。

②在拱架未拆除的情况下进行拱顶填土时，拱圈和护拱砌筑砂浆或混凝土的强度应符合设计规定：设计未规定时，应达到设计强度的85%后，方可进行拱顶填土。拱架应在拱圈强度达到设计强度的100%后，方可拆除。



## 3.2.2 涵洞施工

### 四、箱涵施工

钢筋混凝土箱涵主要有**预制安装**和**现浇**施工工艺

#### 1. 现浇箱涵施工主要工序

基坑开挖与基础处理→砂砾垫层施工→基础模板安装→  
基础混凝土浇筑→墙身及顶板混凝土施工→拆模与养护→  
进出口及附属工程施工→台背填土及加固。





## 3.2.2 涵洞施工

2. 就地浇筑的箱涵可视具体情况分阶段施工，且宜先进行**底板**和**梗肋**的混凝土浇筑，然后再完成剩余部分的混凝土浇筑。本阶段施工时前一阶段的混凝土强度要求以及施工缝的处理，应符合相关规范规定。

3. 混凝土强度达到设计强度的85%时，方可拆除支架；达到设计强度的100%后，方可进行涵顶回填土。设计有具体要求的应从其规定。





## 3.2.2 涵洞施工

### 五、波形钢涵洞施工

#### 1. 波纹钢涵洞施工主要工序

测量放线→基坑开挖→管座基础施工→安装管身→出入口浆砌→涵洞回填及加固。







## 3.2.2 涵洞施工

2. 管节的地基应予压实，并应做成与管身弧度密贴的弧形管座，管座所采用的材料应匀质且无大石块等硬物。波形钢管**不得**直接置于岩石地基或混凝土基座上，应在管节和地基之间设置砂砾垫层或其他适宜材料。

对于软土地基，应先对其进行处理后，再填筑一层**厚度不小于200mm的砂砾垫层**并夯实，方可安装管节。在寒冷地区，应对换填深度以及砂砾垫层材料的最大粒径和粉黏粒含量进行控制。

3. 拼装管节时，上游管节的端头应置于下游管节的内侧，不得反置。



## 3.2.2 涵洞施工

### 六、桥涵及结构物的回填施工技术

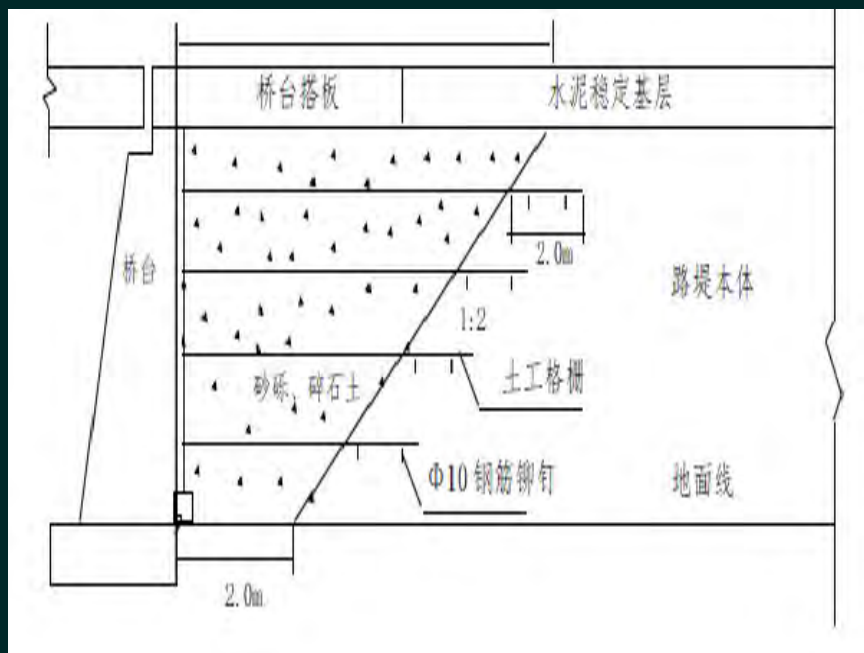
#### (一) 填筑要求

桥涵台背、锥坡、护坡及拱上各种填料，宜采用透水性材料，**不得**采用含有泥草、腐殖物或冻土块的土。透水性材料不足时，可采用**石灰土**或**水泥稳定土**回填；回填土的分层厚度宜为0.1~0.2m。台背和涵洞洞身两侧的填土应分层夯实，其压实度不应小于96%。



## 3.2.2 涵洞施工

台背填土顺路线方向长度，应自台身起，顶面不小于桥台高度加2m，底面不小于2m。锥坡填土应与台背填土**同时**进行，并按设计宽度一次填足。





## 3.2.2 涵洞施工

1. 台背及与路堤间的回填施工应符合以下规定：

①二级及二级以上公路应按设计做好过渡段，过渡段路堤压实度应不小于96%，并按设计做好纵向和横向防排水系统。

②二级以下公路的路堤与回填的联结部，应按设计要求预留台阶。

③台背回填部分的路床宜与路堤路床同步填筑。

④桥台背和锥坡的回填施工宜同步进行。



## 3.2.2 涵洞施工

2. 涵洞回填施工应符合以下规定：

(1) 洞身两侧，应对称分层回填压实，填料粒径宜小于150mm。

(2) 两侧及顶面填土时，应采取防止压实过程对涵洞产生不利后果。





## 3.2.2 涵洞施工

### (二) 填筑方法

#### 1. 桥台台背填筑的方法

①采用**水平分层**填筑的方法，人工摊铺为主，分层松铺厚度宜**小于200mm**。

②当采用小型低等级夯具时，一级以上公路松铺厚度宜**小于150mm**。压实尽量使用大型机械，在临近桥台边缘或狭窄地段，则采用小型夯压机械，分薄层认真夯压密实。为保证填土与桥台衔接处的压实质量，施工中可采用夯压机械**横向碾压**的方法。



## 3.2.2 涵洞施工

### 2. 涵洞回填一般要求

①涵洞完成后，当涵洞砌体砂浆或混凝土强度达到**设计强度的85%**时，方可进行涵洞洞身两侧的回填。涵洞洞身填土每侧长度不应小于洞身填土高度的一倍，亦不应小于设计值，应同时、水平、分层、对称地进行填筑，**压实度不应小于96%**。

②涵洞两侧紧靠涵台部分的回填土不得用大型机械施工，宜采用人工配合小型机械的方法夯填密实。

③用机械填土时，一般情况下，**涵顶填土厚度必须大于0.5~1.0m**时，方允许机械通过。



## 案例展示

### 【背景资料】

某施工单位承建了一段二级公路，其中1号桥梁起讫桩号为K30+500~K30+596，桥型立面布置示意图如图所示，该桥为单向双室现浇预应力混凝土连续箱梁，下部结构为浇灌式桥墩，轻型桥台，桥梁纵坡为1%，2号墩承台尺寸为 $8 \times 3.6 \times 3.5\text{m}$ （横桥向 $\times$ 纵桥向 $\times$ 高）。地下水位高程为953.0m，上部结构采用满堂式支架现浇施工。





# 案例展示

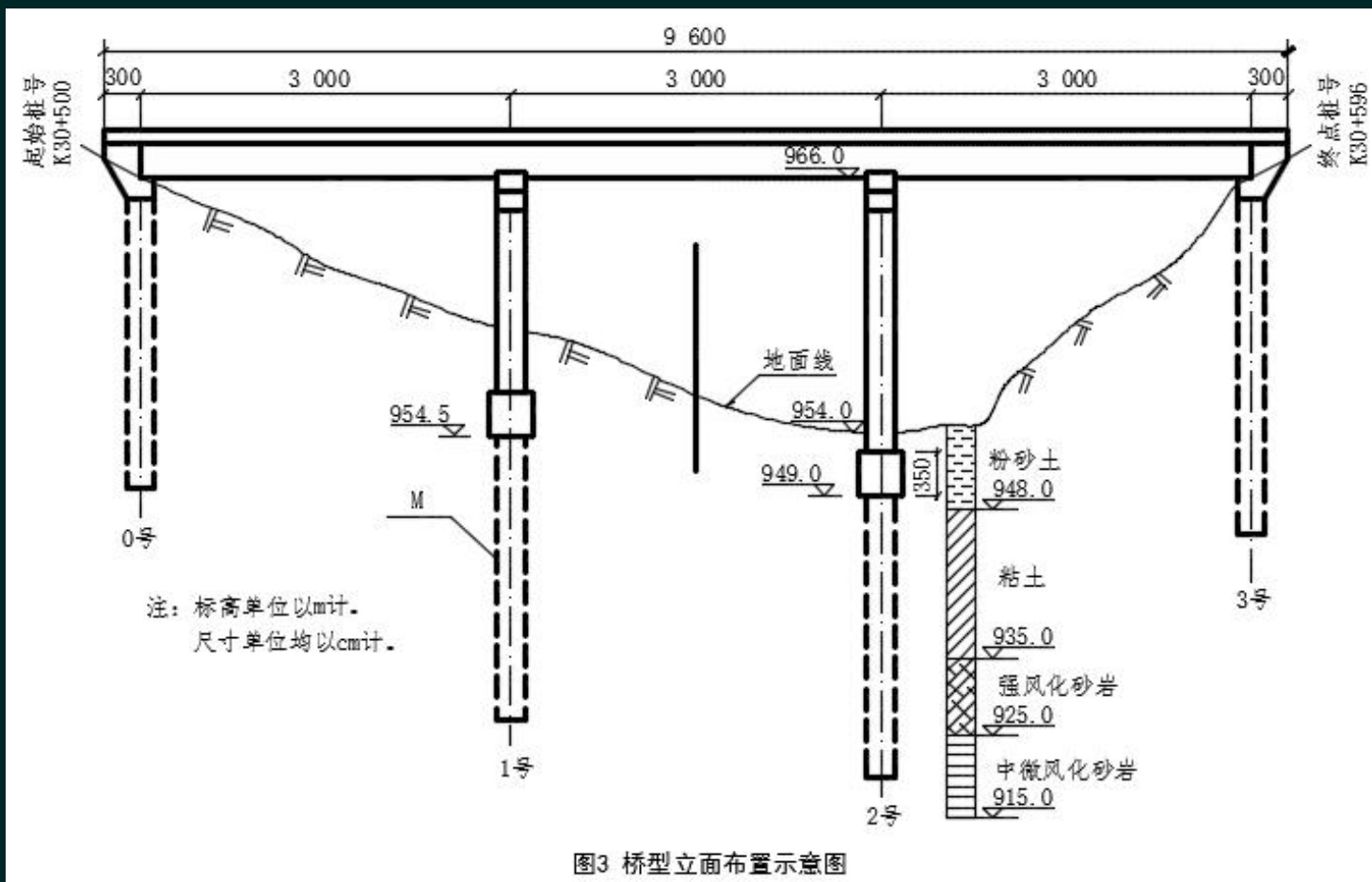


图3 桥型立面布置示意图



## 案例展示

施工中发生以下事件：

事件一：2号墩地下水位较高，根据2号墩处地质资料，其承台基坑开挖时采取坑壁加固措施。

事件二：“1号桥薄壁墩专项施工方案”中，确定了施工质量控制关键点：

(1) ……； (2) ……； (3) ……； (4) ……； (5) 墩顶支座预埋件位置、数量控制； (6) 墩身与承台连接处混凝土裂缝控制； (7) 墩身实心段混凝土裂缝控制。



## 案例展示

事件三：按照《公路工程施工安全技术规范》要求，项目部编制了“1号桥现浇专项施工方案”。专项施工方案中支架现浇施工工艺流程主要包括：地基处理→A→模板系统安装→B→钢筋、预应力钢筋安装→C→混凝土浇筑→混凝土养护→预应力筋张拉→落梁、模板支架拆除。

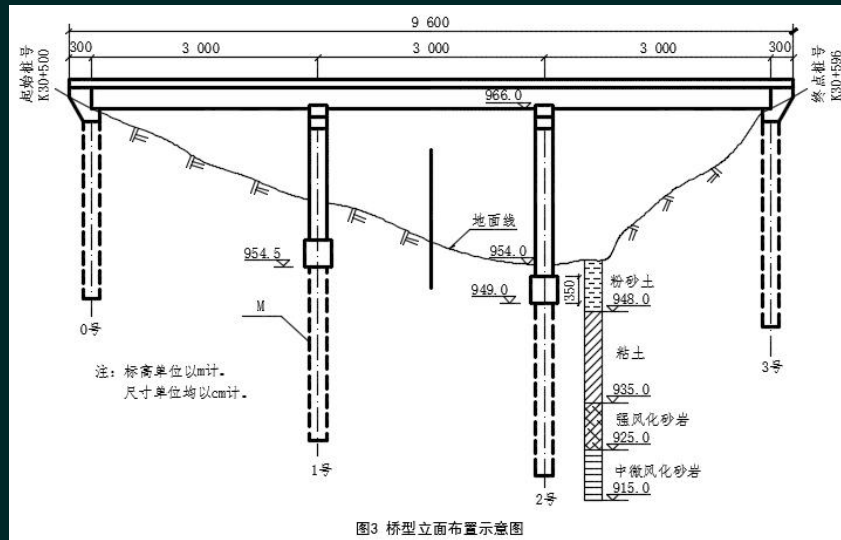
事件四：项目部编制的“1号桥现浇梁专项施工方案”，经项目总工程师审核，总监理工程师审查后，即开始实施。



# 案例展示

问题：

1. 写出图2中构造物M的名称。



参考答案：

1. M-桩基础。



## 案例展示

问题：

2. 事件一中，2号墩承台施工宜采用哪两种坑壁支护方式？

事件一：2号墩地下水位较高，根据2号墩处地质资料，其承台基坑开挖时采取坑壁加固措施。

2. 宜采用的坑壁支护方式：锁口钢板桩或锁口钢管桩围堰。



## 案例展示

问题：

3. 写出事件二中薄壁墩施工质量控制关键点（1）、（2）、（3）、（4）的内容。

事件二：“1号桥薄壁墩专项施工方案”中，确定了施工质量控制关键点：（1）……；（2）……；（3）……；（4）……；（5）墩顶支座预埋件位置、数量控制；（6）墩身与承台连接处混凝土裂缝控制；（7）墩身实心段混凝土裂缝控制。

3. （1）墩身锚固钢筋预埋质量控制。

（2）墩身平面位置控制。

（3）墩身垂直度控制。

（4）模板接缝错台控制。



## 案例展示

问题：

4. 写出事件三中工序A、B、C的名称。

事件三：按照《公路工程施工安全技术规范》要求，项目部编制了“1号桥现浇专项施工方案”。专项施工方案中支架现浇施工工艺流程主要包括：地基处理→A→模板系统安装→B→钢筋、预应力钢筋安装→C→混凝土浇筑→混凝土养护→预应力筋张拉→落梁、模板支架拆除。

4. A-支架搭设。B-支架加载预压。C-内模安装。



## 案例展示

问题：

5. 事件四中，专项施工方案的审批程序是否正确？若不正确写出正确的审批程序。

事件四：项目部编制的“1号桥现浇梁专项施工方案”，经项目总工程师审核，总监理工程师审查后，即开始实施。

5. 不正确。

正确做法专项施工方案应当由施工单位技术负责人审核签字、加盖单位公章，并由总监理工程师审查签字、加盖执业印章后方可实施。对于超过一定规模的危大工程，施工单位应当组织召开专家论证会对专项施工方案进行论证。



谢谢观看

Thanks for watching

Thank you for your attention



# 公路工程管理与实务

公路工程

技术

路基工程  
路面工程  
桥涵工程  
隧道工程



法规

相关法规  
相关标准



管理

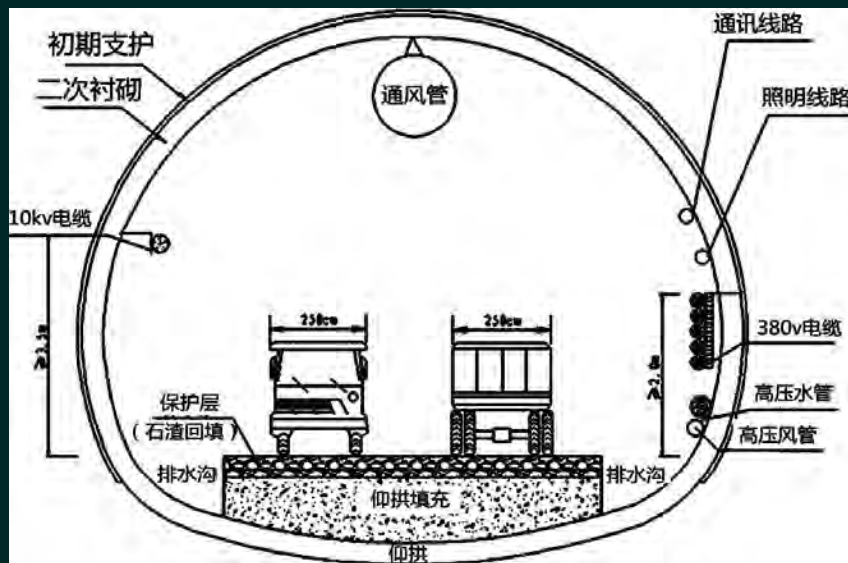
公路工程企业资质与施工组织  
施工招标投标与合同管理  
施工进度管理  
施工质量管理  
施工成本管理  
施工安全管理  
绿色施工及现场环境管理  
施工技术与设备管理



# 第4章 隧道工程



# 第4章 隧道工程





## 4.1 隧道围岩分级与隧道构造



## 4.1.1 隧道围岩分级

### 一、公路隧道围岩分级（改）

施工方法的选择、衬砌结构类型及尺寸的确定、隧道施工劳动定额、材料消耗标准的制订都要以围岩分级作为主要依据。

围岩级别	围岩或土体主要定性特征	围岩基本质量指标BQ或围岩修正质量指标[BQ]
I	坚硬岩，岩体完整	>550
II	坚硬岩，岩体较完整；较坚硬岩，岩体完整	550~451
III	坚硬岩，岩体较破碎；较坚硬岩，岩体较完整； 较软岩，岩体完整，整体状或巨厚层状结构	450~351
IV	坚硬岩，岩体破碎；较坚硬岩，岩体较破碎~破碎；较软岩，岩体较完整~较破碎；软岩，岩体完整~较完整	350~251
	土体：1. 压密或成岩作用的黏性土及砂性土；2. 黄土（Q <sub>1</sub> 、Q <sub>2</sub> ）； 3. 一般钙质、铁质胶结的碎石土、卵石土、大块石土	—
V	较软岩，岩体破碎；软岩，岩体较破碎~破碎；全部极软岩和全部极破碎岩；一般第四系的半干硬至硬塑的黏性土及稍湿至潮湿的碎石土，卵石土、圆砾、角砾土及黄土（Q <sub>1</sub> 、Q <sub>2</sub> ），非黏性土呈松散结构，黏性土及黄土呈松软结构	≤250
VI	软塑状黏性土及潮湿、饱和粉细砂层、软土	—



## 4.1.1 隧道围岩分级

### 二、围岩分级的判定方法

1. 隧道围岩分级的综合评判方法宜采用两步分级。

(1) 根据岩石的**坚硬程度**和岩体**完整程度**两个基本因素的定性特征和定量的岩体基本质量指标，综合进行初步分级。

2. 岩质围岩详细定级时，应根据**地下水、主要软弱结构面、初始应力状态**的影响程度，对岩体基本质量指标BQ进行修正。（改）



## 4.1.1 隧道围岩分级

【例题】隧道围岩分级一般采用两步分级的综合评判方法，其初步分级考虑的基本因素是（ ）。

- A. 围岩的坚硬程度和地下水
- B. 围岩完整程度和初始应力
- C. 岩石的坚硬程度和岩体的完整程度
- D. 岩体的完整程度和地下水

【答案】C。

解析：本题考查的是围岩分级。根据岩石的坚硬程度和岩体完整程度两个基本因素的定性特征和定量的岩体基本质量指标，综合进行初步分级。





## 4.1.2 隧道构造

公路隧道结构构造，由**主体构造物**和**附属构造物**两大类组成。主体构造物通常指**洞身衬砌**和**洞门构造物**。

附属构造物是主体构造物以外的其他建筑，是为了运营管理、维修保养、给水排水、供蓄发电、通风、照明、通信、安全等而修建的构造物。





## 4.1.2 隧道构造

### 一、公路隧道的分类

#### 1. 公路隧道按跨度分类

按跨度分类	开挖宽度B (m)	说明
小跨度隧道	$B < 9$	平行导洞、服务隧道、车行横洞、人行横洞、风道及施工通道
一般跨度隧道	$9 \leq B < 14$	单洞双车道隧道
中等跨度隧道	$14 \leq B < 18$	单洞三车道隧道、单洞双车道+紧急停车带隧道
大跨度隧道	$B \geq 18$	单洞四车道隧道、单洞三车道+紧急停车带隧道、其他跨度大于18m的隧道



## 4.1.2 隧道构造

### 一、公路隧道的分类

#### 2. 公路隧道按长度分类

隧道分类	短隧道	中隧道	长隧道	特长隧道
隧道长度 L (m)	$L \leq 500$	$500 < L \leq 1000$	$1000 < L \leq 3000$	$L > 3000$



## 4.1.2 隧道构造

### 二、洞门类型及构造

#### 1. 洞门类型（改）

洞门形式主要有两类：**端墙式洞门**和**明洞式洞门**。

端墙式洞门包括：**墙式洞门**、**翼墙式洞门**、**台阶式洞门**、**柱式洞门**、**拱墙式洞门**。

明洞式洞门包括：**直削式洞门**、**削竹式洞门**、**倒削式洞门**、**喇叭口式洞门**、**棚洞式洞门**和**框架式洞门**。



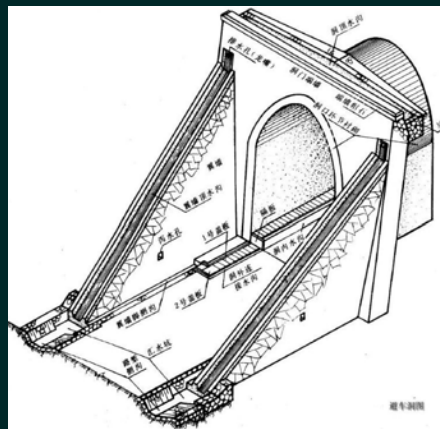


## 4.1.2 隧道构造

### 2. 洞门构造

(1) 洞门墙墙身最小厚度不应小于0.5m，翼墙墙身厚度不应小于0.3m。（增）

(2) 洞口仰坡坡脚至洞门墙背的水平距离不应小于1.5m，洞门端墙与仰坡之间的水沟的沟底至衬砌拱顶外围的高度不应小于1.0m，洞门墙顶应高出仰坡坡脚0.5m以上。





## 4.1.2 隧道构造

(3) 洞门墙应根据实际需要设置**伸缩缝**、**沉降缝**和**泄水孔**。

(4) 洞门端墙基础应置于稳固地基上，并埋入地面下一定深度。嵌入**岩石**地基的深度不应小于**0.2m**；埋入**土质**地基的深度不应小于**1.0m**。基底埋置深度应大于靠墙设置的各种沟、槽底的埋置深度。地基为**冻胀土层**时，基底高程应在最大冻结深度以下不小于**0.25m**。（增）



## 4.1.2 隧道构造

(5) 明洞式洞门构造应符合下列规定：（增）

①洞口段衬砌应采用钢筋混凝土结构。

②洞口段衬砌应伸出原山坡坡面或设计回填坡面不小于500mm。

③洞口段衬砌端面可呈直削、削竹、倒削竹或喇叭形。

④采用削竹式洞门时，削竹面**仰斜坡率应陡于或等于原山坡坡率或设计回填坡面坡率。**

⑤设计回填坡面宜按自然山坡坡度回填。采用土石回填时，坡率不宜陡于1：1，表面宜植草覆盖。



## 4.1.2 隧道构造

### 三、明洞类型及构造

#### 1. 明洞类型（改）

洞顶覆盖层薄，不宜大开挖修建路堑且难于用暗挖法建隧道时；路基或隧道洞口或路堑地段受塌方、岩堆、落石、泥石流等不良地质危害时；修建路堑会危及附近重要建（构）筑物安全时；公路、铁路、沟渠和其他人工构造物在隧道上方通过，不宜采用暗挖施工或立交桥跨越时；为减少洞口开挖、保护洞口自然景观，需延伸隧道长度时，宜设置明洞。

明洞结构类型分为**拱形**明洞和**矩形**明洞。（增）





## 4.1.2 隧道构造

### 2. 明洞构造（改）

（1）半路堑拱形明洞应考虑偏压，拱形明洞外侧边墙宜适当加厚。地形条件允许时，可采用反压回填或设置反压墙。

（2）当拱形明洞侧压力较大或地基承载力不足时，应设仰拱。

（3）在地质条件有明显变化的地段，应设置沉降缝；气温变化较大地区，可根据明洞长度设置伸缩缝。



## 4.1.2 隧道构造

### 四、隧道衬砌形式及构造

#### 1. 隧道衬砌形式（改）

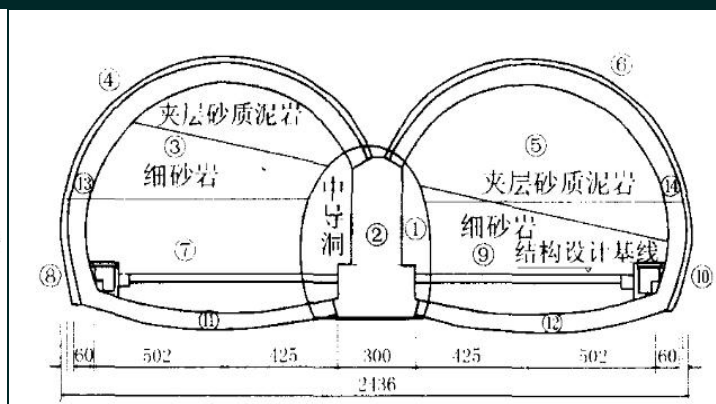
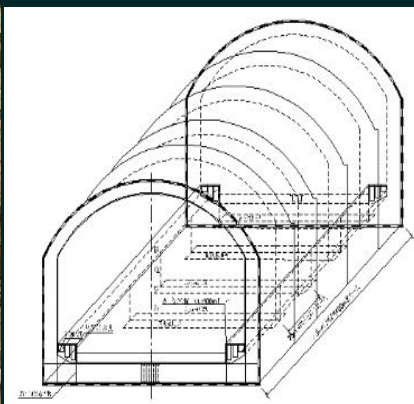
隧道衬砌形式主要有**锚喷衬砌**、**整体式衬砌**和**复合式衬砌**。按隧道断面形状分为**曲墙式**、**直墙式**和**连拱式**等。

高速公路、一级公路、二级公路的隧道应采用复合式衬砌；三级及三级以下公路的隧道洞口段、IV~V级围岩洞身段应采用复合式衬砌或整体式衬砌；I~III级围岩洞身段可采用喷锚衬砌。隧道衬砌断面形式常用的有**曲墙拱形衬砌**和**直墙拱形衬砌**。



## 4.1.2 隧道构造

曲墙式、直墙式和连拱式





## 4.1.2 隧道构造

### 2. 隧道衬砌构造（增）

(1) 衬砌断面宜采用曲边墙拱形断面。

(2) 围岩较差、侧压力较大、地下水丰富的地段可设仰拱。路面与仰拱之间可采用混凝土或片石混凝土填充。

隧底围岩较好、边墙基底承载力和稳定性满足要求时，可不设仰拱。

(3) 洞口段应设加强衬砌，两车道隧道不应小于10m。

(4) 围岩较差地段衬砌应向围岩较好地段延伸5~10m。



## 4.1.2 隧道构造

(5) 偏压衬砌段应向一般衬砌段延伸，延伸长度应根据偏压情况确定，不宜小于10m。

(6) 净宽大于3.0m的横通道与主洞的交叉段，主洞与横通道衬砌均应加强。加强段衬砌应向各交叉洞延伸，主洞延伸长度不应小于5.0m，横通道延伸长度不应小于3.0m。延伸长度范围内不宜设变形缝。



## 4.2 隧道地质超前预报和监控量测技术



## 4.2.1 隧道地质超前预报

### 一、隧道地质超前预报的目的

1. 在施工前期地质勘察成果的基础上，进一步查明掌子面前方一定范围内围岩的地质条件，进而预测前方的不良地质以及隐伏的重大地质问题。
2. 为信息化设计和施工提供可靠依据。
3. 降低地质灾害发生的风险。
4. 为编制竣工文件提供可靠的地质资料。



## 4.2.1 隧道地质超前预报

### 二、公路隧道地质超前预报方法（改）

方法	适用范围
地质调查法	是隧道地质超前预报的基础工作，适用于各种地质条件下的隧道超前地质预报，调查内容应包括隧道地表补充地质调查和隧道内地质素描
物探法	适用于长、特长隧道或地质条件复杂隧道的超前地质预报
	弹性波反射法 适用于划分地层界线、查找地质构造、探测不良地质体的厚度和范围
	地质雷达法 适用于岩溶、采空区、空洞、断层破碎带、软弱夹层等不均匀地质体的探测。硬岩地层的有效探测距离宜取20~30m；泥质和软弱破碎地层、潮湿含水层或岩溶发育区的有效探测距离宜取10~20m，连续预报时前后两次宜重叠5m以上
	高分辨直流电法 高分辨直流电法有效探测距离不宜超过80m，连续探测时前后两次宜重叠10m以上
超前地质钻探法	宜采用中距离钻探，必要时可采用长距离钻探，连续钻探时前后两次宜重叠5~10m
超前导洞预报法	可采用平行超前导洞法和隧道内超前导洞法，两座并行隧道可根据先行开挖的隧道预测后开挖隧道的地质条件





## 4.2.1 隧道地质超前预报

### 三、公路隧道地质超前预报的分级与分类

根据地质复杂程度，包括岩溶发育程度、涌水涌泥程度、断层稳定程度、地应力影响程度和瓦斯影响程度。（改）

分级	预报方法
A级	地质调查法、弹性波反射法（地震波反射法、水平声波剖面法、陆地声呐法）、地质雷达法、高分辨直流电法、超前地质钻探法等
B级	地质调查法、弹性波反射法（地震波反射法、水平声波剖面法、陆地声呐法），辅以高分辨直流电法、地质雷达法，必要时进行超前地质钻探法
C级	地质调查法为主。对重要地质层界面、断层或物探异常地段宜采用弹性波反射法（地震波反射法、水平声波剖面法、陆地声呐法）进行探测，必要时采用超前地质钻探法
D级	地质调查法



## 4.2.1 隧道地质超前预报

超前地质预报按预报长度可分为以下三类：

类型	长度L	采用方法
短距离预报	$L < 30\text{m}$	地质调查法、地质雷达法及超前钻探法
中距离预报	$30\text{m} \leq L < 100\text{m}$	地质调查法、弹性波反射法及超前钻探法
长距离预报	$L \geq 100\text{m}$	地质调查法、弹性波反射法及超前钻探法



## 4.2.2 隧道施工监控量测

### 一、量测内容与方法

#### 1. 量测项目分必测项目（5个）和选测项目（12个）

序号	项目名称	方法及工具	布置
1	洞内、外观 察	现场观测、地质罗盘	开挖及初期支护后进行
2	周边位移	收敛计、全站仪	每5~50m一个断面
3	拱顶下沉	水准仪、铟钢尺、全 站仪	每5~50m一个断面
4	地表下沉	水准仪、铟钢尺、全 站仪	洞口段、浅埋段 ( $h \leq 2.5b$ )
5	拱脚下沉	水准仪、铟钢尺、全 站仪	富水软弱破碎围岩等



## 4.2.2 隧道施工监控量测

2. 在复合式衬砌和喷锚衬砌隧道施工时必须进行必测项目的量测。（增）

3. 洞内必测项目，各测点宜在靠近掌子面、不受爆破影响范围内尽快安设，初读数应在每次开挖后12h内、下一循环开挖前取得，最迟不得超过24h。选测项目测点埋设时间宜根据实际需要确定。（改）

4. 测点应牢固、可靠、易于识别，应能真实反映围岩、支护的动态变化信息。洞内必测项目各测点应埋入围岩中，深度不应小于0.2m，不应焊接在钢架上，外露部分应有保护装置。（增）



## 4.2.2 隧道施工监控量测

5. 各项量测作业均应持续到量测断面开挖支护全部结束，临时支护拆除完成，且变形基本稳定后15~20d。



## 4.2.2 隧道施工监控量测

### 三、量测数据处理与应用

1. 实测位移值不应大于隧道的极限位移，并按位移管理等级管理。

管理等级	项目名称	施工状态
III	$U < (U_0/3)$	正常施工
II	$(U_0/3) \leq U \leq (2U_0/3)$	加强支护
I	$U > (2U_0/3)$	应采取特殊措施

注：U—实测位移值       $U_0$ —设计极限位移值



## 4.2.2 隧道施工监控量测

### 2. 根据位移速率判断：（增）

位移速率	施工状态
$> 1.0\text{mm/d}$	加强初期支护
$0.2\text{mm/d} \sim 1.0\text{mm/d}$	加强观测，做好加固的准备
$< 0.2\text{mm/d}$	围岩达到基本稳定

### 3. 根据位移速率变化趋势判断：（增）

位移速率变化趋势	施工状态
围岩位移速率不断下降时	稳定状态
围岩位移速率保持不变时	围岩尚不稳定，应加强支护
围岩位移速率上升时	危险状态，必须立即停止掘进，采取应急措施



## 4.2.2 隧道施工监控量测

4. 初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比（增）

初期支护承受的应力、应变、压力 实测值与允许值之比	施工状态
$\geq 0.8$	围岩不稳定，应加强初期支护
$< 0.8$	围岩处于稳定状态





## 4.2.2 隧道施工监控量测

### 四、监控量测资料整理

竣工文件中应包括  
的量测资料

1. 现场监控量测计划

2. 实际测点布置图

3. 围岩和支护的位移—时间曲线图、空间关系曲线图以及量测记录汇总表

4. 经量测变更设计和改变施工方法地段的信息反馈记录

5. 现场监控量测说明



## 4.3 隧道施工



## 4.3.1 隧道施工准备与施工测量（增）

### 一、施工准备

#### 1. 施工场地与临时工程

(1) 施工场地布置应遵循因地制宜、统一规划、安全方便、节地环保的原则。

(2) 临时工程主要包括四通（**通水、通电、通路、通信畅通**）一平（**平整场地**）及临时房屋等。

(3) 严禁将临时房屋和设施布置在受洪水、泥石流、塌方、滑坡及雪崩等自然灾害威胁的地段。



## 4.3.1 隧道施工准备与施工测量（增）

（4）施工便道应符合下列规定：

- ①线形、纵坡、宽度、路基及路面结构应满足大型设备、材料及出渣运输的需要。
- ②应设置必要的安全防护、排水设施和警示、提醒标志。
- ③使用期间应养护。



## 4.3.1 隧道施工准备与施工测量（增）

### 二、施工测量

#### 1. 一般规定

(1) 隧道**施工**测量的平面坐标系和高程系统宜与**定测**隧道控制网坐标系和高程系统一致。

(2) 短隧道可能不需要布设专门的导线和水准测量控制网，使用常规的测量手段就能满足施工要求，但亦需要对测量人员、仪器和方法等进行规划。

(3) 控制测量对隧道相向施工贯通面**横向贯通中误差**极限值在**洞外为45mm，洞内为60mm，整个贯通区间为75mm**；**高程中误差**极限值在**洞外为25mm，洞内为25mm，整个贯通区间为35mm**。



## 4.3.1 隧道施工准备与施工测量（增）

### 2. 测量控制

平面控制测量可采用卫星定位测量、导线测量。洞外平面控制测量宜利用已有的定测控制网，并应符合关于隧道贯通误差的有关规定和隧道施工要求。隧道贯通长度小于1000m时，平面控制测量等级为一级。

每个洞口和井口平面控制测量点应不少于3个，高程控制测量点应不少于2个。



## 4.3.1 隧道施工准备与施工测量（增）

洞内平面控制测量应符合下列规定：

- (1) 洞内平面控制测量宜采用导线测量。
  - (2) 洞内导线，应布置成多边形导线环；应根据贯通精度的要求布点，宜选择在施工干扰小、稳固可靠、通视良好的地方。导线边长在直线地段不宜小于200m，在曲线地段不宜小于70m。
  - (3) 掘进长度超过2倍导线边长时，应进行一次洞内导线延伸测量。导线测量视线与障碍物距离不应小于0.2m。
- 洞外平面控制网和高程控制网应不定期复测，复测周期宜不大于6个月，复测精度应与建网精度相同。



### 4.3.1 隧道施工准备与施工测量（增）

隧道高程控制测量等级和误差应符合四等测量等级的规定。高程控制测量宜采用水准测量，洞外四等高程控制测量也可采用光电测距三角高程测量。





## 4.3.1 隧道施工准备与施工测量（增）

### 3. 放样测量

(1) 用**中线法**进行洞内测量的隧道，中线点点位横向偏差不得小于5mm。中线点间距曲线部分不宜小于50m，直线部分不宜小于100m。直线地段宜采用正倒镜延伸直线法。

(2) 洞内施工用的水准点，应根据洞外、洞内已设定的水准点，按施工需要加设。为使施工方便，在导坑内拱部、边墙施工地段宜**每100m**设立一个**临时水准点**，并定期复核。



## 4.3.1 隧道施工准备与施工测量（增）

### 4. 贯通误差测定及调整

隧道贯通后，洞内导线、施工中线及高程的实际贯通误差，应在贯通面两侧未衬砌段调整，该贯通误差调整段的长度应根据中线形式、贯通误差值、支护和衬砌（包括仰拱）施工情况综合确定，宜大于100m，贯通面两侧对称。该段的后续工序均应以调整后的中线及高程为准进行放样。

两端开挖至贯通误差调整地段时，开挖断面宜适当加宽，二次衬砌在贯通前施工时，贯通误差调整地段开挖断面应加宽；加宽值宜不超过贯通极限误差允许值的一半。

贯通误差极限值应小于150mm，高程中误差极限值小于70mm。



## 4.3.1 隧道施工准备与施工测量（增）

### 5. 交（竣）工测量

（1）应在中线复测的基础上埋设永久中线点，永久中线点应用混凝土包埋金属标志。直线上的永久中线点，每200~250m设一个，曲线上应在缓和曲线的起终点各设一个；曲线中部，可根据通视条件适当增加。永久中线点设立后，应在隧道边墙上画出标志。

（2）应在直线地段每50m、曲线地段每20m及需要加测断面处，测绘以路线中线为准的隧道实际净空，标出拱顶高程、起拱线宽度、路面水平宽度。



## 4.3.2 隧道洞口、明洞施工

### 一、洞口工程（改）

洞口工程是指洞口土石方、边仰坡、洞门及其相邻的翼墙、挡土墙及洞口排水系统等。

洞口开挖和进洞施工宜避开雨季和融雪期。

隧道洞口开挖前，应结合设计文件，遵循“早进晚出”的原则，复核确认明暗分界位置的合理性，控制边仰坡开挖高度。洞口段存在偏压时，应采取偏压防治措施。





## 4.3.2 隧道洞口、明洞施工

### 1. 洞口土石方的开挖与防护应符合的规定

(1) 洞口边坡及仰坡应自上而下开挖，不得掏底开挖或上下重叠开挖。

(2) 宜采用人工配合机械开挖，或者采用控制爆破措施减少对边仰坡及围岩的扰动，**严禁采用大爆破。**

(3) 边仰坡防护应及时施作。

(4) 应随时监测边坡和仰坡的变形状态。





## 4.3.2 隧道洞口、明洞施工

### 二、明洞工程

#### 1. 明洞回填施工

(1) 明洞拱背回填应在**外模拆除、防水层和排水盲管**施工完成后进行。人工回填时，拱圈混凝土强度应不小于设计强度的75%。机械回填时，拱圈混凝土强度应不小于设计强度。

(2) 明洞两侧回填**水平宽度小于1.2m**的范围应采用浆砌片石或同级混凝土回填。

(3) 回填材料不宜采用膨胀岩土。



## 4.3.2 隧道洞口、明洞施工

- (4) 回填顶面0.2m可用耕植土回填。
- (5) 明洞土石回填应对称分层夯实，分层厚度不宜大于0.3m，两侧回填高差不应大于0.5m，回填到**拱顶以上1.0m**后，方可采用机械碾压。**压实度**应符合设计规定。
- (6) 单侧设有反压墙的明洞回填应在反压墙施工完成后进行。
- (7) 回填时**不得倾填**作业。
- (8) 明洞回填时，应采取防止损伤防水层的措施。
- (9) 洞门顶排水沟砌筑在填土上时，应在夯实后砌筑。



## 4.3.2 隧道洞口、明洞施工

### 三、浅埋段工程（增）

浅埋段的开挖施工应遵循“**管超前、严注浆、短开挖、强支护、早封闭、勤量测、速反馈、控沉陷**”的原则。

围岩自稳能力差的浅埋段，可选择地表降水、地表加固、管棚、超前小导管、预注浆等辅助工程措施。

浅埋隧道应加强初期支护和减小爆破振动，及时施作初期支护、尽早施作二次衬砌。





### 4.3.3 隧道开挖

#### 一、一般规定（增）

应根据隧道长度、跨度、结构形式、掌子面稳定性、地质条件等选择适宜的开挖方法，并应根据开挖方法选择配套的机械设备。

隧道爆破应采用光面爆破。

隧道对向开挖的两工作面相距达到4倍隧道跨度时，两端施工应加强联系，统一指挥；两工作面不得同时起爆。土质和软弱破碎围岩，两开挖面间距达到3.5倍隧道跨度时，应改为单向开挖；围岩条件较好地段，两开挖面间距达到2.5倍隧道跨度时，应改为单向开挖。



## 4.3.3 隧道开挖

### 二、开挖方法（改）

应根据地质条件、隧道开挖断面和围岩稳定情况选择开挖方法。不同围岩条件和开挖断面适宜的开挖方法。

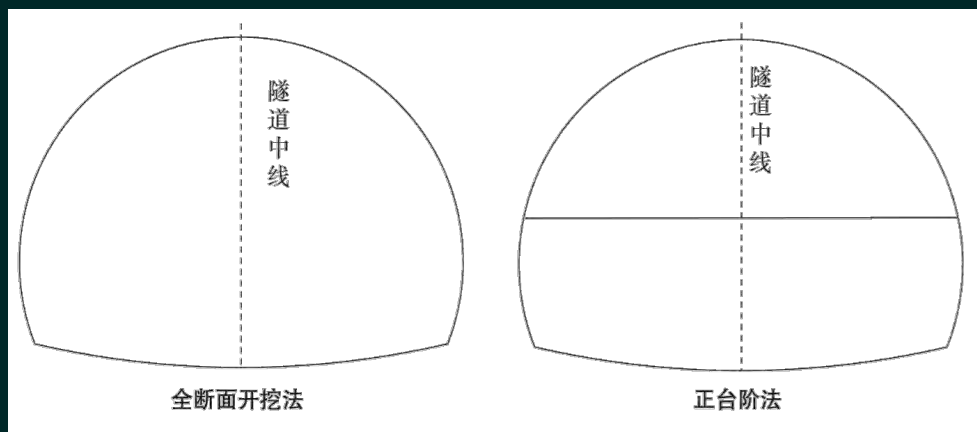
序号	开挖方法		围岩级别
1	全断面法		I ~ III
2	台阶法	长台阶法	III ~ IV
		短台阶法	IV ~ V
		超短台阶法	V
3	分部开挖法	环形开挖预留核心土法	V ~ VI
		中隔壁法（CD法）	V ~ VI
		交叉中隔壁法（CRD法）	V ~ VI
		双侧壁导坑法	—



## 4.3.3 隧道开挖

### 1. 全断面法

应根据掌子面围岩稳定情况、爆破振动、钻孔和出渣效率、超挖控制等确定**循环进尺**；III级围岩宜控制在3m左右，I、II级围岩，使用气腿式凿岩机时可控制在4m左右，使用凿岩台车时可根据围岩稳定情况适当调整。





## 4.3.3 隧道开挖

### 2. 台阶法

(1) 台阶开挖高度宜为2.5~3.5m。台阶数量可采用二台阶或者三台阶，不宜大于三个台阶。

(2) 上台阶开挖每循环进尺，Ⅲ级围岩宜不大于3m；Ⅳ级围岩宜不大于2榀钢架间距；Ⅴ级围岩宜不大于1榀钢架间距。Ⅳ、Ⅴ级围岩下台阶每循环进尺宜不大于2榀钢架间距。下台阶单侧拉槽长度宜不超过15m。





### 4.3.3 隧道开挖

(3) 下台阶左、右侧开挖宜前后错开3~5m，同一榀钢架两侧不得同时悬空。

(4) 下部施工应减少对上部围岩、支护的干扰和破坏。

(5) 下台阶应在上台阶喷射混凝土强度达到设计强度的70%以后开挖。

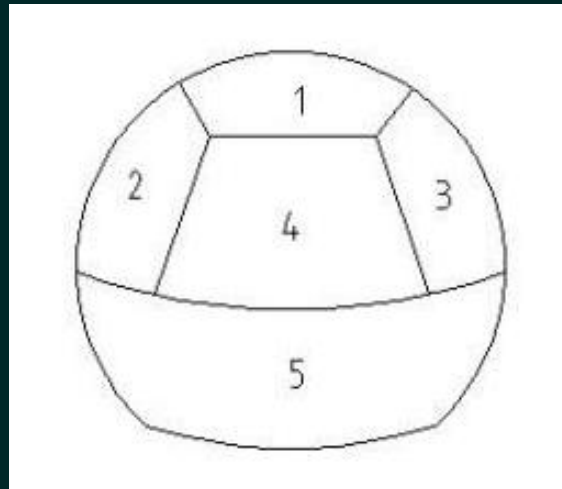


## 4.3.3 隧道开挖

### 3. 环形开挖预留核心土法

(1) 台阶开挖高度宜为2.5~3.5m。

(2) 环形开挖每循环进尺，V级围岩宜不大于1榀钢架间距，IV级围岩宜不大于2榀钢架间距。中下台阶每循环进尺，不得大于2榀钢架间距。核心土面积宜不小于断面面积的50%。





### 4.3.3 隧道开挖

(3) 上台阶钢架施工时，应采取有效措施控制其下沉和变形。

(4) 拱部超前支护完成后，方可开挖上台阶环形导坑；留核心土长度宜为3~5m，宽度宜为隧道开挖宽度的1/3~1/2。

(5) 各台阶留核心土开挖每循环进尺宜与其他分部循环进尺相一致。

(6) 核心土与下台阶开挖应在上台阶支护完成且喷射混凝土强度达到设计强度的70%后进行。下台阶左、右侧开挖应错开3~5m，同一榀钢架两侧不得同时悬空。



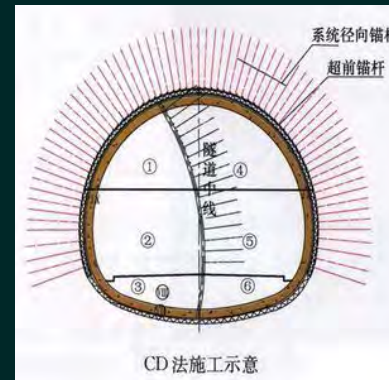
## 4.3.3 隧道开挖

### 4. 中隔壁法—CD法

(1) 初期支护完成、强度达到设计规定后方可进行下一分部开挖。

(2) 当开挖形成全断面时，应及时完成全断面初期支护闭合。

(3) 临时支护拆除宜在仰拱施工前进行，一次拆除长度应与仰拱浇筑长度相适用。临时支护拆除后，应及时浇筑仰拱和仰拱填充、施作拱墙二次衬砌。





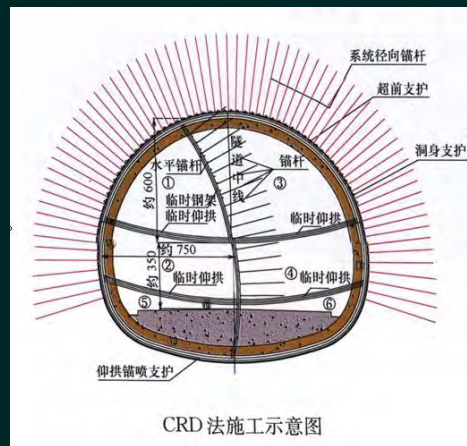


## 4.3.3 隧道开挖

### 5. 交叉中隔壁法（CRD法）

(1) 各分部开挖时，周边轮廓应圆顺。开挖进尺不得大于1榀钢架间距。

(2) 初期支护完成、强度达到设计规定后方可进行下一分部开挖。每个台阶底部均应按设计规定及时施作临时钢架或临时仰拱。



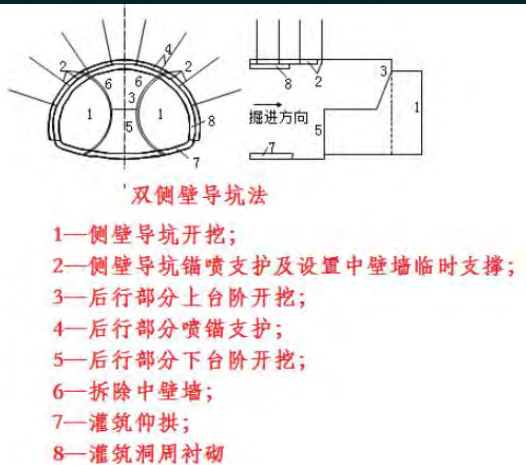


## 4.3.3 隧道开挖

### 6. 双侧壁导坑法

(1) 导坑与中间土体同时施工时，导坑应超前30~50m。

(2) 侧壁导坑开挖后，应及时施工初期支护并尽早形成封闭环。





## 4.3.3 隧道开挖

### 7. 仰拱部位开挖

(1) 应控制仰拱到掌子面的距离。必要时，仰拱应紧跟掌子面。

(2) 仰拱开挖长度：土和软岩应不大于3m，硬岩应不大于5m。开挖后应及时施作仰拱初期支护、二次衬砌及填充。

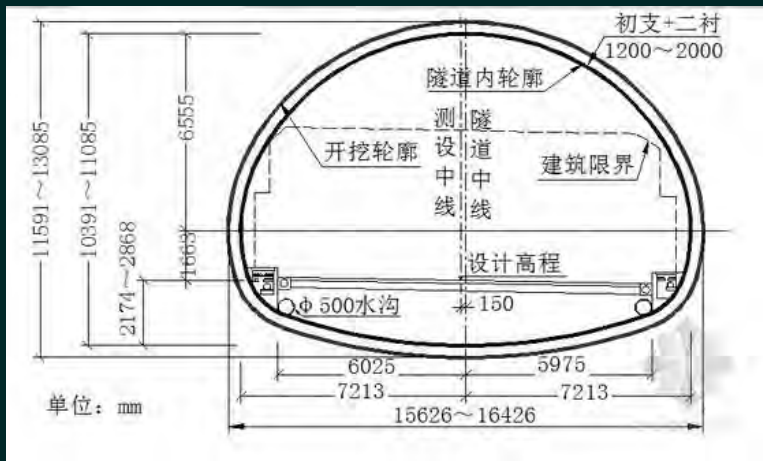




## 4.3.3 隧道开挖

### 三、超欠挖控制

1. 当岩层完整，岩石抗压强度大于30MPa，并确认不影响衬砌结构稳定和强度时，允许岩石个别突出部分（每1m<sup>2</sup>内不宜大于0.1m<sup>2</sup>）欠挖，但其隆起量不得大于50mm。拱脚、墙脚以上1m范围内及净空图折角对应位置严禁欠挖。





### 4.3.3 隧道开挖

2. 超挖应回填密实。超挖回填应符合设计规定：

(1) **拱部**坍塌形成的超挖处理应编制方案，并经审批后按方案处理。

(2) **沿设计轮廓线**的均匀超挖，有钢架时，可采用喷射混凝土回填，或增大钢架支护断面尺寸，使钢架贴近开挖轮廓，在施工二次衬砌时，以二次衬砌混凝土回填；无钢架时，可在施工二次衬砌时，以二次衬砌混凝土回填。

(3) 局部超挖，超挖量不超过200mm时；宜采用喷射混凝土回填密实。

(4) **边墙**部位超挖，可采用混凝土或片石混凝土回填。



## 4.3.3 隧道开挖

### 四、钻爆（改）

#### （一）钻爆设计规定

钻爆设计的内容应包括：爆破方法，炮孔（掏槽孔、辅助孔、周边孔）的布置、数目、深度和角度、炸药种类，装药量和装药结构，起爆方法，起爆器材和爆破顺序等。

钻爆设计图应包括炮孔布置图、周边孔装药结构图、钻爆参数表、主要技术经济指标及必要的说明。



## 4.3.3 隧道开挖

### (二) 光面爆破

- (1) 应根据围岩特点合理选择周边孔距及周边孔的最小抵抗线。
- (2) 应严格控制周边孔的装药量，并使药量沿炮孔全长合理分布。
- (3) 周边孔宜采用小直径药卷不耦合装药或装填低威力炸药。可借助导爆索实现空气间隔装药。



### 4.3.3 隧道开挖

光面爆破和预裂爆破的相同点：光面爆破和预裂爆破均是控制爆破的方法。通过控制能量释放，有效控制破裂方向和破坏范围，使隧道达到稳定、平整的设计要求。

光面爆破和预裂爆破的不同点：

(1) 炮孔起爆顺序不同。光面爆破是主爆区先爆，光爆孔后爆；预裂爆破是预裂孔先爆，主爆区后爆。

(2) 自由面数目不同。光面爆破有两个自由面，预裂爆破只有一个自由面。

(3) 单位炸药消耗量不同。光面爆破单位炸药消耗量小，预裂爆破由于夹制性大炸药单耗大。

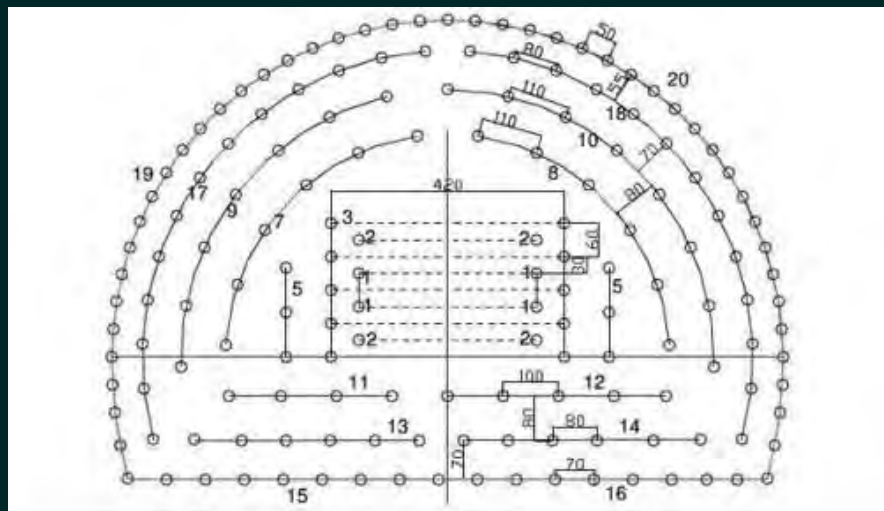




### 4.3.3 隧道开挖

#### (三) 炮孔布置

- (1) 掏槽孔宜布置在开挖断面的中央稍靠下部。
- (2) 两个掏槽孔间距不宜小于200mm。
- (3) 掏槽孔宜比辅助孔孔底深100~200mm。爆破后开挖面凹凸较大时，应按实际情况调整炮孔深度及装药量





### 4.3.3 隧道开挖

(四) 装药作业应符合下列规定：

(1) 严禁装药与钻孔平行作业。

(2) 严禁作业人员穿戴化纤衣服。

(3) 应使用木质或竹质炮棍装药。非间隔装药各药卷间应彼此密接。

(4) 已装药的炮孔应及时堵塞密封。除膨胀岩土地段和寒区隧道外，炮泥宜采用水炮泥、黏土炮泥。严禁用块状材料、煤粉或其他可燃材料作炮泥。



### 4.3.3 隧道开挖

#### (五) 连线起爆作业

(1) 起爆前，应确认邻近爆破工作面未装炸药及雷管。

(2) 爆破员应最后离开爆破地点，撤离到有掩护的安全地点起爆。

(3) 起爆前班组长应清点人数，确认无误后，方可下达起爆指令。爆破员接到起爆指令后，应先发出爆破警号，至少等5s后，方可起爆。



### 4.3.3 隧道开挖

爆破效果应达到**围岩稳定、无大剥离或坍塌、块度适于出渣**的要求。应对开挖断面形状、轮廓尺寸及爆破效果进行检查，并应符合下列规定：

(1) 超欠挖量应符合规范要求。前后茬炮衔接段的台阶形误差**不宜大于150mm**，使用凿岩台车时可根据实际情况另行确定。

(2) **硬岩的炮孔痕迹保存率应不小于80%**，**中硬岩的炮孔痕迹保存率应不小于70%**，**软岩的炮孔痕迹保存率应不小于50%**，松散岩土**不规定炮孔痕迹保存率**，但开挖周边轮廓平整圆顺。

爆破作业应在上一循环喷射混凝土**终凝3h**后进行。



### 4.3.3 隧道开挖

#### 五、小净距隧道及连拱隧道施工

小净距隧道施工需要遵循“少扰动、快加固、勤量测、早封闭”的原则。

小净距隧道施工应结合中夹岩厚度、围岩条件、地下水水量及分布情况、埋深、有无偏压等制定专项施工方案。

小净距隧道应尽早封闭初期支护、尽早浇筑仰拱。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

### 一、一般规定（改）

支护与衬砌的强度、形状和尺寸应能保持围岩稳定，满足设计要求。

隧道喷锚支护应紧随开挖及时施作。

隧道衬砌中线、高程应满足设计要求，施工误差不得导致衬砌结构厚度减薄、侵入隧道设计内轮廓线。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

### 二、喷射混凝土

喷射混凝土配合比应满足强度和喷射工艺的要求。喷射混凝土1d龄期的抗压强度不应低于8MPa。

喷射混凝土施工宜采用湿喷工艺。

喷射混凝土机具应具有连续、均匀的工作性能，技术条件应能满足喷射作业需要。

喷射混凝土混合料应采用机械搅拌，应拌和均匀，搅拌时间不应小于2min。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

喷射混凝土作业应符合下列规定：

- (1) 喷射混凝土应直接喷在围岩面上，与围岩密贴，受喷面不得填塞杂物。
- (2) 喷射混凝土作业应按**初喷**和**复喷**混凝土分别进行，复喷混凝土可分层多次施作。
- (3) 喷射混凝土应分段、分片、分层**由下而上**顺序进行，拱部喷射混凝土应对称作业。
- (4) 初喷混凝土厚度宜控制在20~50mm，岩面有较大凹洼时，可结合初喷找平。





## 4.3.4 隧道支护与衬砌

(5) 根据喷射混凝土设计厚度、喷射部位和钢架、钢筋网设置情况，复喷可采用一次作业或分层作业。拱顶每次复喷不宜大于100mm。边墙每次复喷厚度不宜大于150mm。复喷最小厚度不宜小于50mm。

(6) 后一层喷射混凝土应在前一层喷射混凝土终凝后进行，若终凝后初喷混凝土表面已蒙上粉尘时，后一层喷射混凝土作业前，受喷面应吹洗干净。

(7) 未掺入速凝剂的混合料存放时间不宜大于2h。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

(8) 喷射混凝土作业时喷嘴宜垂直岩面，喷枪头到受喷面的距离宜为0.6~1.5m。喷射机工作压力宜根据混凝土坍落度、喷射距离、喷射机械、喷射部位确定，可先在0.2~0.7MPa选择，并根据现场试喷效果调整。

(9) 喷射混凝土不得挂模喷射。

(10) 喷射混凝土回弹物不得重新作喷射混凝土材料。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

### 三、锚杆

- (1) 锚杆钻孔直径应大于锚杆杆体直径15mm。
- (2) 钻孔深度应满足设计要求，与设计锚杆长度允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。
- (3) 锚杆孔灌浆时，灌浆管应插至距孔底 $50\sim 100\text{mm}$ 处，并随砂浆的灌入缓慢匀速拔出。
- (4) 锚杆孔内注浆应密实饱满、浆体强度不应低于M20。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

### 四、钢筋网

- (1) 钢筋网应随受喷岩面起伏铺设，与初喷混凝土面的最大间隙不宜大于50mm，**不宜将钢筋预焊成片后铺挂。**
- (2) 钢筋网钢筋每节长度不宜小于2.0m，钢筋搭接长度**不应小于30倍钢筋直径。**
- (3) 钢筋网每个交点和搭接段均应绑扎或焊接。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

### 五、钢架

- (1) 钢架可分节段制作，每节段长度应根据设计尺寸和开挖方法确定，每节段长度不宜大于4m。
- (2) 钢架应在初喷混凝土后安装。
- (3) 应清除钢架拱脚虚渣，使之支承在稳固的地基上。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

### 六、模筑混凝土衬砌

(1) 拼装式模板一次浇筑长度宜为3.0~8.0m。

(2) 台车模板应表面光滑、接缝严密，台车钢模板厚度不宜小于10mm。

(3) 模板应留振捣窗，振捣窗纵向间距不应大于2.5m，与端头模板距离不应大于1.8m，横向间距不应大于2.0m，振捣窗不宜小于450mm×450mm，振捣窗周边模板应加强刚度，窗门应平整、严密、不漏浆。

(4) 采用模板台车浇筑的混凝土，一次浇筑长度宜为6.0~12.0m。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

### 七、仰拱衬砌、仰拱回填和垫层

(1) 仰拱初期支护喷射混凝土不得与仰拱混凝土衬砌一次浇筑。

(2) 仰拱混凝土衬砌应先于拱墙混凝土衬砌施工，超前距离应根据围岩级别、施工机械作业环境要求确定，一般不宜大于拱墙衬砌浇筑循环长度的2倍。

(3) 仰拱衬砌混凝土应整幅一次浇筑成形，不得左右半幅分次浇筑，一次浇筑长度不宜大于5.0m。

(4) 仰拱和仰拱填充混凝土应在其强度达到2.5MPa后方可拆模。



## 4.3.4 隧道支护与衬砌

(5) 仰拱填充和垫层混凝土强度达到设计强度100%后方可允许运渣车辆通行。

(6) 仰拱、仰拱填充和垫层混凝土浇筑宜采用插入式振捣器振捣密实。





## 4.3.5 隧道防水与排水

### 一、一般规定

隧道防排水措施应遵循“**防、排、截、堵相结合，因地制宜，综合治理**”的原则，应对地表水、地下水妥善处理，形成一个完整通畅的防排水系统，应使防水可靠、排水畅通。

二次衬砌施工前，应严格按设计做好衬砌背后的防排水设施，防水层不得有影响衬砌厚度的褶皱、绷弦现象，二次衬砌背后纵向盲管不得侵占二次衬砌结构空间。



## 4.3.5 隧道防水与排水

### 二、施工期间排水

隧道洞口、辅助坑道洞口、斜（竖）井洞口进洞开挖前应做好排水系统，完善排水设施。

（1）边坡、仰坡坡顶的截水沟出水口应接入周边排水沟渠。

（2）洞外路堑向隧道内为下坡时，路堑边沟应做成反坡，不应将洞外水排入洞内。

（3）洞顶排水沟应与洞门结构同时完成。



## 4.3.5 隧道防水与排水

隧道内边墙基坑、仰拱基坑积水应及时抽排。

隧道施工为顺坡排水时，宜尽早修筑永久排水沟并保持畅通。

隧道施工为反坡排水时，应采用水泵抽水，井下工作水泵的排水能力应不小于1.2倍正常涌水量，并应配备备用水泵；井下备用水泵排水能力应不小于工作水泵排水能力的70%。

围岩有股水出露时，宜直接引排。



## 4.3.5 隧道防水与排水

隧道浅埋地段地下水位较高，且影响隧道施工时，可采用**井点降水**措施，井点降水施工应符合下列规定：

- (1) 降水井应布置在隧道两侧，降水井井底高程应在隧底高程以下3~5m。
- (2) 工作水泵的排水能力应不小于预测抽水量的1.2倍。
- (3) 应设水位观测井，监测水位高程，掌握水位变化情况，调整降水参数。
- (4) 隧道施工期间围岩地下水位应保持在**开挖线以下0.5m**。



## 4.3.5 隧道防水与排水

隧道开挖前方地下水必须排放时，可采用超前钻孔排水或开挖泄水洞排水等方式排放，并制定防止涌水、突水、突泥的安全措施。对岩溶地区应注意保留或恢复原有排水通道。

钻泄水孔排泄前方地下水时，应符合下列规定：

- (1) 应根据工程地质与水文地质条件，以及地下水流的方向等因素确定钻孔位置、方向、数目和每次钻进深度。
- (2) 超前钻孔深度不宜小于10m，且应超出开挖面3~6倍开挖循环进尺的距离。



## 4.3.5 隧道防水与排水

### 三、防排水结构施工

#### 1. 环向、纵向、横向排水（盲）管施工：

(1) 环向排水盲管、竖向排水盲管应紧贴初期支护表面敷设，布置间距应满足设计要求，应在有集中渗水位置敷设，在地下水较大地段应适当加密。

(2) 环向排水盲管、竖向排水盲管与纵向排水盲管应采用三通连接，并应连接牢固。

(3) 横向泄水管应采用硬质不透水管，横向泄水管与纵向排水盲管应采用三通连接，并应连接牢固，衬砌混凝土浇筑时应露出横向泄水管管头。



## 4.3.5 隧道防水与排水

- (4) 横向导水管应与泄水管管头连接牢固。
- (5) 横向导水管宜采用切槽方式铺设，浇筑路面混凝土时，槽顶面应采取隔离措施。
- (6) 横向导水管排水坡度不应小于设计值。
- (7) 环向排水盲管、竖向外水盲管、纵向排水盲管及透水的横向导水管的管体应用土工布包裹



## 4.3.5 隧道防水与排水

2. 防水层铺设应符合下列规定：

- (1) 防水层铺设应超前二次衬砌施工1~2个循环距离衬砌段。
- (2) 初期支护表面应平顺，应无钢筋和锚杆头外露、尖硬物凸出、错台和急速凹凸现象。
- (3) 防水层宜利用专用台车铺设。
- (4) 防水层应环向整幅铺设，拱部和边墙应无纵向搭接。





## 4.3.5 隧道防水与排水

### 3. 防水板焊接应符合下列规定：

(1) 防水板的搭接宽度不应小于100mm，应采用自动爬焊机双缝焊接，双缝焊每条焊缝宽度不应小于10mm；无法采用自动爬焊机焊接的个别局部搭接位置，可采用手持焊枪焊接，焊缝宽度不应小于20mm。

(2) 防水板焊接前应进行焊接试验，确定适宜的焊接温度和速度，不得出现烧焦和溶穿现象。

(3) 双焊缝焊接质量应采用充气法检查，充气压力在0.25MPa保持15min后，压力下降应小于10%。



## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

### 一、通风防尘

应根据隧道长度、断面大小、施工方法、设备条件等综合确定通风方式，并应符合下列规定：

- (1) 独头掘进长度超过150m时，应采用机械通风。
- (2) 主风流不顺畅、主风流改向、风速不符合规定等情况下，宜设置局部或诱导通风系统。
- (3) 巷道式通风宜优先利用辅助坑道。
- (4) 常用通风方式有抽出式、压入式、送排风并用式、送排风混合式、局部风机等。



## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

### 1. 通风管的安装应符合下列规定：

- (1) 送风管宜采用软管。靠近风机的软风管应采用加强型。
- (2) 送风式的进风口宜在洞口30m以外。
- (3) 送排风并用式通风的进风口与出风口宜错开20m左右。洞外排风管出口宜做成烟囱式，并高于压入式风机进风口。



## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

(4) 通风管靠近开挖面的距离应根据开挖面大小确定，送风式通风管的送风口距开挖面不宜大于15m，排风式风管吸风口不宜大于5m。靠近开挖面的风管应可移动，爆破前从掌子面处移走。

(5) 采用混合通风方式时，当一组风机向前移动，另一组风机的管路应相应接长，并始终保持两组管道相邻端交错20~30m。局部通风时，排风式风管的出风口应引入主风流循环的回风流中。



## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

2. 隧道施工应采用综合防尘措施，并应符合下列规定：

(1) 隧道施工应采取通风、洒水等防尘措施，并按规定时间测定粉尘和有害气体的浓度。

(2) 钻孔作业应采用**湿式凿岩**，当水源缺乏、容易冻结或岩性不适于湿式凿岩时，可采用带有捕尘设备的干式凿岩，采用防尘措施后应达到规定的粉尘浓度。

(3) 凿岩机钻孔时应**先送水后送风**。

(4) 放炮后应喷雾、洒水，出渣前应用水淋湿石渣和附近的岩壁。

(5) 施工人员应佩戴防尘口罩。



## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

### 二、职业健康

(1) 应测试通风的风量、风速、风压，检查通风设备的供风能力和动力消耗。

(2) 应检测粉尘和有毒物质的浓度。

(3) 空气中的氧气含量应大于19.5%；不符合规定时，**不应直接用纯氧换气**，可通过加大通风量等措施提高空气中的氧气含量。

(4) 隧道施工中，人员接触噪声40h等效声级应不大于85dB（A）。洞口位于居民区时，噪声声级限值应不大于70dB（A）。



## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

(5) 隧道内气温不宜高于 $28^{\circ}\text{C}$ 。隧道内气温高于 $28^{\circ}\text{C}$ 时，宜采取通风、洒水、加冰等措施降低温度。



## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

### 三、供风

隧道掌子面使用风压应不小于0.5MPa，高压风管的直径应根据最大送风量、风管长度、闸阀等计算确定。

高压风管长度大于1000m时，应在管路最低处设置油水分离器，定时放出管中的积油和水。

高压风管前端至开挖面宜保持30m距离，并用高压软管连接分风器，通向上导坑开挖面使用的软管长度不宜大于50m。分风器与凿岩机间连接的胶皮管长度，不宜大于15m。应加强对风管的保护，避免爆破飞石的损坏。





## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

### 四、供水

隧道工作面供水压力不应小于0.3MPa、水管的直径应根据最大的供水量、管路长度、弯头、闸阀等条件计算确定。

洞内水管前端至开挖面宜保持30m，并用高压软管连接分水器。洞内软管的长度不宜大于50m；分水器与凿岩机间连接的胶皮管长度，不宜大于15m。应采取措施避免爆破飞石损坏水管。



## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

### 五、供电与照明

1. 隧道施工低压供电，应采用220/380V三相五线制电力系统，并且必须符合下列规定：

- (1) 宜采用总配电箱、分配电箱、末级配电箱三级配电系统。
- (2) 应采用二级漏电保护系统。
- (3) 应采用电源中性点直接接地。
- (4) 应采用TN-S接零保护系统。



## 4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

2. 非瓦斯隧道照明电压应符合下列规定：

(1) 固定式照明电压应不大于220V，线路末端的电压降不应大于10%。

(2) 手持式或移动式照明电压应不大于36V。

3. 瓦斯隧道各级配电电压和各种机电设备额定电压等级：

(1) 照明、信号、电话和手持式电气设备的供电额定电压，微瓦斯、低瓦斯工区应不大于220V，高瓦斯工区、煤（岩）与瓦斯突出工区应不大于127V。

(2) 远距离控制线路的额定电压应不大于36V。



## 4.3.7 隧道施工辅助工程措施

### 一、围岩加固措施

在隧道施工容易造成地表下沉、围岩失稳和坍塌。围岩大变形地段，可采用地面砂浆锚杆、地表注浆、地面旋喷桩、围岩超前注浆、围岩径向注浆、超前水平旋喷桩、长锚杆、锚索等进行围岩加固。当某一种围岩加固措施难以保证围岩稳定、施工安全时，可同时采用多种加固措施联合使用。



## 4.3.7 隧道施工辅助工程措施

### 二、稳定掌子面及超前支护措施

在隧道掌子面自稳性差、掌子面开挖可能坍塌、拱顶掉块时，可采用**封闭开挖面、超前锚杆支护、超前小导管支护、超前管棚支护、超前水平旋喷加固**等措施。



## 4.3.7 隧道施工辅助工程措施

### 三、涌水处理措施

隧道涌水处理应符合“预防为主、疏堵结合、注重保护环境”的原则。

隧道涌水处理应根据现场情况，采取超前围岩预注浆堵水、开挖后径向注浆堵水、超前钻孔排水、坑道排水等措施。

隧道周边局部渗漏水时，可采用局部径向注浆；周边大面积渗漏水时，可采用全断面径向注浆。



## 4.3.7 隧道施工辅助工程措施

### 四、隧底加固措施

隧道底部采用**预制桩、钢管桩、旋喷桩**等进行加固时，应符合相关现行规范要求。

隧道底部采用小导管注浆加固时，小导管应垂直于基底开挖设计轮廓线，小导管管壁应留出浆孔，管内应注满砂浆，钢管外露端应与仰拱钢架焊接牢固。

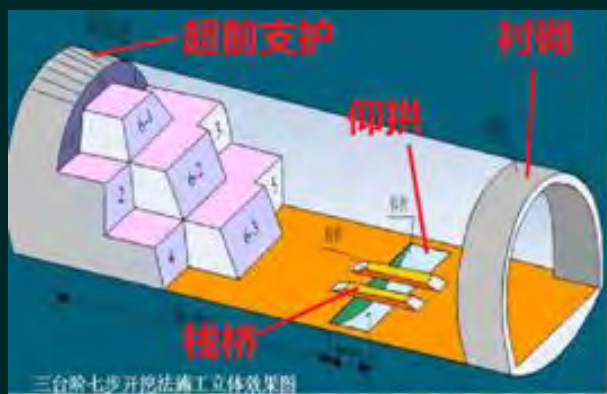


## 4.3.7 隧道施工辅助工程措施

### 五、公路隧道施工安全步距要求

隧道安全步距是指隧道**仰拱或二次衬砌**到**掌子面**的安全距离，安全步距主要由隧道围岩级别决定。

	III	IV	V级及以上
仰拱与掌子面距离	不得超过90	不得超过50	不得超过40
二次衬砌距掌子面距离		不得超过90	不得超过70







## 4.3.7 隧道施工辅助工程措施

### 六、公路隧道逃生与救援

(1) 隧道施工应配备应急救援机械设备、监测仪器、堵漏和清洗消毒材料、交通工具、个体防护设备、医疗设备和药品、生活保障和救援物资等，应进行定期检查、维护和更新。不得挪用救援物资及救援设备。

(2) 隧道内交通道路及开挖作业等重要场所必须设置安全应急照明和应急逃生标志。



## 4.3.7 隧道施工辅助工程措施

(3) 软弱围岩隧道开挖掌子面至二次衬砌之间应设置逃生通道，随开挖进尺不断前移，逃生通道距开挖掌子面不得大于20m。逃生通道的刚度、强度及抗冲击能力应满足安全要求，逃生通道内径不宜小于0.8m。

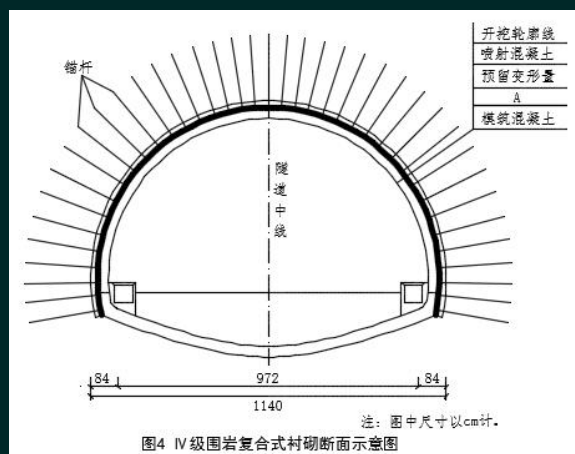


# 案例练习

## 【案例练习】

某施工单位承建了一座单洞隧道工程，隧道长度300m，建筑限界净高5m，无紧急停车带。

隧道围岩等级为Ⅲ级和Ⅳ级，其中Ⅳ级围岩复合式衬砌断面如图4所示。开工前，施工单位在当地招用了部分农民工，签订了劳动合同，约定了工资支付标准、支付时间和方式等内容，并将劳动合同报有关单位备案。





## 案例练习

施工中发生以下事件：

事件一：监控量测方案中确定了洞内外观察、围岩体内位移（洞内设点）、周边位移、拱顶下沉、锚杆轴力、钢架内力及外力等监控量测项目，并明确了量测部位和测点布置；在量测数据处理与应用中给出了位移管理等级，见表。

管理等级	管理位移 (mm)	施工状态
III	$U < (U_0/3)$	可正常施工
II	$(U_0/3) \leq U \leq (2U_0/3)$	B
I	$U > (2U_0/3)$	应采取特殊措施



## 案例练习

事件二：施工单位确定用水量时，考虑了施工人员的生活用水、浴池用水、消防用水、衬砌用水（包括拌和、养护和冲洗等用水）、喷雾洒水用水等因素的耗水量，并在洞口上方砌筑了一座高压水池。

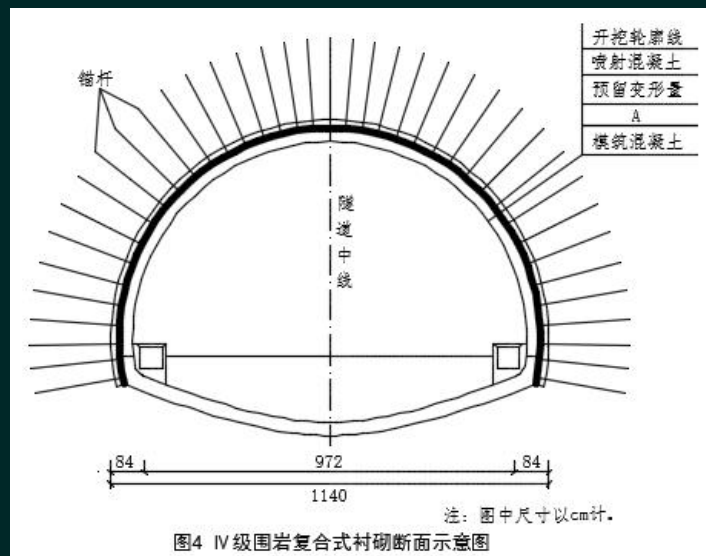
隧道施工完成后进行了交工验收，交工验收工程质量得分为85分。通车试运行2年后，项目法人按竣工验收工作程序及时组织了竣工验收，竣工验收委员会对工程质量的评分为86分，质量监督机构对工程质量的鉴定得分为82分。



## 案例练习

### 【问题】

1. 图4中，构造物A表示什么？按跨度进行分类，该隧道属于哪种类型？



### 参考答案：

1. A-防水层。开挖宽度 $9 \leq B < 14$ 属于一般跨度



## 案例练习

### 【问题】

2. 根据《公路建设市场管理办法》，背景资料中的劳动合同应报哪些单位备案？

开工前，施工单位在当地招用了部分农民工，签订了劳动合同，约定了工资支付标准、支付时间和方式等内容，并将劳动合同报有关单位备案。

### 参考答案：

2. 将劳动合同报项目监理工程师和项目法人备案。



## 案例练习

【问题】3. 事件一所列的监理量测项目中，哪些属于选测项目？指标 $U_0$ 表示什么？写出施工状态B的内容。

事件一：监控量测方案中确定了洞内外观察、围岩体内位移（洞内设点）、周边位移、拱顶下沉、锚杆轴力、钢架内力及外力等监控量测项目，

管理等级	管理位移 (mm)	施工状态
III	$U < (U_0/3)$	可正常施工
II	$(U_0/3) \leq U \leq (2U_0/3)$	B
I	$U > (2U_0/3)$	应采取特殊措施

参考答案：3. (1) 选测项目：围岩体内位移（洞内设点）、锚杆轴力、钢架内力及外力。(2)  $U_0$ 表示设计极限位移值。(3) 施工状态B：应加强支护。





## 案例练习

### 【问题】

4. 事件二中，施工单位还应考虑哪些施工设备用水的耗水量？（列出2种）

事件二：施工单位确定用水量时，考虑了施工人员的生活用水、浴池用水、消防用水、衬砌用水（包括拌和、养护和冲洗等用水）、喷雾洒水用水等因素的耗水量，并在洞口上方砌筑了一座高压水池。

### 参考答案：

4. 施工单位还应考虑凿岩机用水、空压机冷却用水。



## 案例练习

### 【问题】

5. 改正背景资料中竣工验收时的错误做法。计算该隧道的竣工验收工程质量评分值。为何种质量等级？（计算结果保留小数点后1位）

隧道施工完成后进行了交工验收，交工验收工程质量得分为85分。通车试运行2年后，项目法人按竣工验收工作程序及时组织了竣工验收，竣工验收委员会对工程质量的评分为86分，质量监督机构对工程质量的鉴定得分为82分。

### 参考答案：

5. （1）改正：负责竣工验收的交通运输主管部门及时组织竣工验收。（2） $0.2 \times 85 + 0.2 \times 86 + 0.6 \times 82 = 83.4$ 分（3）小于90分且大于75分，质量等级为合格。

谢谢观看

T h a n k s   f o r   w a t c h i n g

L U S U Y A   L O L   M S F O U L U E



# 公路工程管理与实务

公路工程

技术

路基工程  
路面工程  
桥涵工程  
隧道工程



法规

相关法规  
相关标准



管理

公路工程企业资质与施工组织  
施工招标投标与合同管理  
施工进度管理  
施工质量管理  
施工成本管理  
施工安全管理  
绿色施工及现场环境管理  
施工技术与设备管理



# 第5章 交通工程



## 5.1 交通安全设施



## 5.1.1 交通安全设施的主要构成与功能

### 一、交通安全设施的主要构成（改）

交通安全设施包括**交通标志、交通标线、护栏和栏杆、视线诱导设施、隔离栅、防落网、防眩设施、避险车道和其他交通安全设施**（含防风栅、防雪栅、积雪栏杆、限高架、减速丘和凸面镜）等。



## 5.1.1 交通安全设施的主要构成与功能

### (一) 交通标志

交通标志是用图形符号、颜色、形状和文字向交通参与者传递特定信息，用于管理交通的设施，主要起到提示、诱导、指示等作用。

它主要包括警告标志、禁令标志、指示标志、指路标志、旅游区标志、作业区标志等主标志以及附设在主标志下的辅助标志。



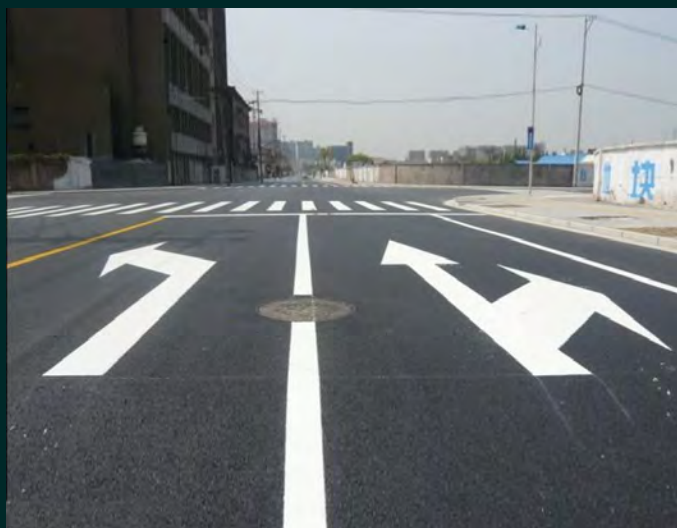




## 5.1.1 交通安全设施的主要构成与功能

### (二) 交通标线

交通标线的主要作用是传递有关道路交通的规则、警告和指引交通。它是由施划或安装于道路上的各种**线条、箭头、文字、图案、立面标记、实体标记、突起路标**等构成的。





## 5.1.1 交通安全设施的主要构成与功能

### (三) 护栏和栏杆

护栏的主要作用是防止失控车辆越过中央分隔带或在路侧比较危险的路段冲出路基，不致发生二次事故。同时，还具有吸收能量，减轻事故车辆及人员的损伤程度，以及诱导视线的作用。主要包括路基护栏、桥梁护栏和栏杆、中央分隔带开口护栏、缓冲设施等。





## 5.1.1 交通安全设施的主要构成与功能

### (四) 视线诱导设施

指示公路线形轮廓及行车方向的设施，主要包括轮廓标、合流诱导标、线形诱导标、隧道轮廓带、示警桩、示警墩、道口标柱等。





## 5.1.1 交通安全设施的主要构成与功能

### (五) 隔离栅

隔离栅的主要作用是将公路用地隔离出来，同时将可能影响交通安全的人和畜等与公路分离。主要包括编织网、钢板网、焊接网、刺钢丝网、隔离墙以及常青绿篱等形式。





## 5.1.1 交通安全设施的主要构成与功能

### (六) 防落网

防落网一般包括防落物网和防落石网。防落物网是指设置于公路桥梁两侧防止抛扔的物品、杂物或运输散落物进入桥梁下铁路、通航合流或交通量较大的公路的设施；防落石网是指设置于公路路堑边坡防止落石进入公路建筑限界内的柔性防护设施。





## 5.1.1 交通安全设施的主要构成与功能

### (七) 防眩设施

防眩设施的主要作用是避免对向车辆前照灯造成的眩目影响，保证夜间行车安全。防眩设施分为**人造防眩设施**和**绿化防眩设施**，人造防眩设施主要包括**防眩板**、**防眩网**等结构形式。





## 5.1.1 交通安全设施的主要构成与功能

### (八) 避险车道

避险车道是指在长陡下坡路段行车道外侧增设的供速度失控（刹车失灵）车辆驶离正线安全减速的专用车道。避险车道主要由**引道、制动床、救援车道**等组成。。





## 5.1.2 交通安全设施的施工技术要求

### 一、标志的施工技术要求

在加工标志的支撑结构时，应保证钻孔、焊接等加工在钢材镀锌之前完成。

### 二、标线、突起路标、轮廓标的施工技术要求

在标线工程正式开工前应进行实地试划试验。





## 5.2 监控和照明系统



## 5.2.1 监控系统的主要构成与功能

### 一、监控系统的主要构成

监控系统按其功能可分为九个子系统：交通信号监控系统、视频监控子系统、调度（指令）电话子系统、火灾报警子系统、隧道通风控制子系统、隧道照明控制子系统、电力监控子系统、隧道紧急电话子系统、隧道广播子系统。



## 5.2.2 照明系统主要构成与功能

### 一、照明系统主要构成与功能

#### 1. 照明系统的主要构成

公路照明系统一般由低压电源线、配电箱（包括低压开关）、低压配电线、灯杆、光源和灯具组成。

照明方式可以分为一般照明、局部照明和混合照明；照明种类可以分为正常照明和应急照明。

谢谢观看

T h a n k s   f o r   w a t c h i n g

T H A N K S   F O R   W A T C H I N G