



上		
猫洞炮：洞径为 0.2~0.5m	利用岩体崩塌作用，用浅炮眼爆破高岩体，有最佳使用条件	在有裂缝的软石、坚石中，药壶不易形成时采用

### (P5) 路基填料的选择

用于公路路基的填料要求**挖取方便**，**压实容易**，**强度高**，**水稳定性好**。其中强度要求是按**CBR 值**确定，应通过**取土试验**确定填料最小强度和最大粒径。

土质	使用要求
较好填料	石质土。石质土，如碎（砾）石土，砂土质碎（砾）石及碎（砾）石砂（粉粒或粘粒土），粗粒土中的粗、细砂质粉土， <b>细粒土中的轻、重粉质粘土都具有较高的强度和足够的水稳定性。</b>
不理想填料	轻、重黏土
需处理土	（1）砂土，由于没有塑性，受水流冲刷和风蚀时易损坏，在使用时可掺入粘性大的土。 （2）粉质土，不宜直接填筑于路床，不得直接填筑于冰冻地区的路床及浸水部分的路堤。 （3）液限大于 50%、塑性指数大于 26、含水量不适宜直接压实的细粒土。
不能使用土	（1）含草皮、生活垃圾、树根、腐殖质的土严禁作为填料。（2）泥炭、淤泥、冻土、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土。

### (P7) 土方路堤施工技术

#### （一）填筑要求

(1) 性质不同的填料，应**水平分层**、**分段填筑**、**分层压实**。

(2) 对**潮湿或冻融敏感性小**的填料应填筑在路基**上层**。**强度较小**的填料应填筑在**下层**。在有地下水的路段或临水路基范围内，宜填筑透水性好的填料。

(3) 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**，并采取相应的防水措施。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。

#### （二）土方路堤填筑施工工艺流程（如图 2B311014 所示）

#### （三）填筑方法

填土	方法	原理
	水平分层法	按照横断面全宽分层水平层次，逐层向上填筑，是路基填筑的常用方法。
	纵向分层法	依路线纵坡方向分层，逐层向坡向填筑。宜用于用推土机从路堑取土填筑距离较短的路堤。
	竖向填筑法	从路基一端或两端按横断面全高逐步推进填筑；填土过厚，不易压实。
	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。

### (P10) 填石路基施工技术

#### （一）填筑要求

(1) 路堤施工前，应先修筑试验路段，确定满足**孔隙率**标准的松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

(2) 路床施工前，应先修筑试验路段，确定能达到**最大压实干密度**的松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

(6) 压实机械宜选用自重不小于 18t 的振动压路机。

#### （二）填筑方法

### (P11) 路基雨期施工

#### （一）雨期施工地段的选择

(1) 雨期路基施工地段一般应选择**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**。

(2) 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，不宜安排雨期施工。

## (二) 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) 路堤应分层填筑, 路堤填筑的每一层表面应设 2%~4% 的排水横坡。

## (三) 雨期开挖路堑

- (1) 雨期路堑施工宜分层开挖, 每挖一层均应设置纵横排水坡, 使水排放畅通。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 雨期开挖岩石路基, 炮眼宜水平设置。

## (P11-12) 路基冬期施工

### (一) 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二级及二级以下公路路堤不宜进行冬期施工。
- (2) 河滩低洼地带, 可被水淹没的填土路堤不宜冬期施工。
- (3) 土质路堤路床以下 1m 范围内, 不得进行冬期施工。
- (4) 半填半挖地段、挖填方交界处不得在冬期施工。

### (二) 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。
- (2) 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。
- (4) 当填筑标高距路床底面 1m 时, 碾压密实后应停止填筑
- (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。

### (三) 冬期挖方路基

- (1) 挖方边坡不得一次挖到设计线。
- (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。
- (4) 冬期施工开挖路堑表层冻土的方法。  
①爆破冻土。②机械破冻法。③人工破冻法。

(P12) 路基地面排水设施: 边沟、截水沟、排水沟、跌水与急流槽、蒸池

(P14) 路基地下水排水设施:

1. 暗沟(管): 暗沟(管)用于排除泉水或地下集中水流。
2. 渗沟  
(1) 渗沟及渗井用于降低地下水位或拦截地下水。  
(2) 各类渗沟均应设置排水层、反滤层和封闭层。  
(3) 填石渗沟只宜用于渗流不长的地段。(4) 管式渗沟适用于地下水引水较长、流量较大的地区。  
(5) 洞式渗沟适用于地下水流量较大的地段。(7) 支撑渗沟是用来支撑可能滑动不稳定土体或山坡, 并排除在滑动面(滑动带)附近的地下水和疏干潮湿土体的一种地下排水设施。支撑渗沟的基底宜埋入滑动面以下至少 500mm。(10) 渗沟顶部应设置封闭层, 渗沟宜从下游向上游开挖。
3. 渗井: 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。

(P16) 路基加宽施工要求

4. 老路堤与新路堤交界的坡面挖除清理的法向厚度不宜小于 0.3m, 然后从老路堤坡脚向上按设计要求挖设台阶; 老路堤高度小于 2m 时, 老路堤坡面处理后, 可直接填筑新路堤。严禁将边坡清挖物作为新路堤填料。
5. 拓宽部分的路堤采用非透水性填料时, 应在地基表面按设计铺设垫层, 垫层材料一般为砂砾或碎石, 含泥量不大于 5%。

(P16) 路基加高施工技术要点

1. 改建中加高路基, 首先用铲运机将边坡的表层去掉, 然后再分层填筑到要求的宽度和高度。

3. 如果路基内 0.5mm 以下的高塑性石灰石颗粒超过 20%~30%时, 最好掺进 20%~25%的砂, 并在路基全宽上拌匀和压实。

4. 旧路槽恢复完之后必须整形, 做成不小于 4%的双面横坡, 然后再分层填筑, 达到设计高程。为了确保压实度, 使之与经过长期营运的旧路基相适应, 每层填土的厚度应比规范小 10%~20%左右。

#### (P16) 新旧路基连接部处治技术要点

1. 清除地表植物、有机土、种植土及不符合强度要求的原土后按规定进行压实, 并进行密实度检验。

3. 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, 即由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。

(4) 严格控制新老路基结合带的压实度, 对新老路基结合带(大型压路机的压实施工死角)用打夯机分层填筑压实, 必要时可采用冲击碾加强压实。

(5) 在路槽纵向开挖的台阶上铺设跨施工缝的土工格栅, 以加强新老路基的横向联系, 减少裂缝反射。

#### (P18) 软土的工程特性

淤泥、淤泥质土及天然强度低、压缩性高、透水性小的一般粘性土统称为软土。

抗剪强度低, 具有触变性, 流变性显著。

#### (P18-27) 软土地基处治施工技术

1. 垫层和浅层处理适用于表层软土厚度小于 3m 的浅层软弱地基处理。浅层处理可采用换填垫层、抛石挤淤、稳定剂处理等方法, 处理深度不宜大于 3m。

抛石挤淤施工规定

2. 竖向排水体适用于深度大于 3m 的软土地基处理。应保证有足够的顶压期。

袋装砂井施工工艺程序: 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。

塑料排水板施工工艺程序: 整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具就位→塑料排水板穿靴→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。

3. 真空预压适用于对软土性质很差、土源紧缺、工期紧的软土地基进行处理。

4. 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。

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。

5. 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。

6. 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。采用振动沉管灌注法成桩。

7. 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。

8. 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。起爆前必须在起爆点外布设警戒线, 警戒距离不得小于 300m。

#### (P27-29) 滑坡防治的工程措施: 排水、力学平衡和改变滑带土三类。

(一) 滑坡排水(1)环形截水沟应在滑坡可能发生的边界以外不少于 5m 的地方。

(2)树枝状排水沟主要作用是排除滑体坡面上的径流。

(3)平整夯实滑坡体表面的土层, 防止地表水渗入滑体坡面造成高低不平。

(4)排除地下水: 有支撑渗沟、边坡渗沟、暗沟、平孔等。

(二) 力学平衡: 在滑坡体未处治之前, 禁止在滑坡体上增加荷载。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。

(三) 改变滑带土

用物理化学方法改善滑坡带土石性质。一般有**焙烧法**、**电渗排水法**和**爆破灌浆法**等。

## 2B311020 路基防护与支挡

(P30) 按其**作用不同**，可分为**边坡坡面防护**、**沿河路基防护**、**支挡建筑物**。

(P30) 边坡坡面防护：**植物防护**、**圬工防护**。

1. **植物防护**：植草与喷播植草、铺草皮、种植灌木、喷混植生。
2. **骨架植物防护**：浆砌片石（或混凝土）骨架植草、水泥混凝土空心块护坡、锚杆 混凝土框架植草。
3. **工程防护**：喷护、挂网喷护、干砌片石护坡、浆砌片石护坡、护面墙。

(P32-35) 支挡构筑物施工技术

(一) 重力式挡土墙工程施工技术

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

当墙身的强度达到设计强度的 75%时，方可进行回填等工作。在距墙背 0.5~ 1.0m 以内，不宜用重型压路机碾压。

(二) 加筋土挡土墙工程施工技术

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。加筋土是**柔性结构物**，适用于填土路基。能够适应地基轻微的变形。

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。

安装直立式墙面板应按不同填料和拉筋预设仰斜坡，仰斜坡一般为 1 : 0.05 ~ 1 : 0.02，墙面不得前倾。

(三) 锚杆挡土墙工程施工技术

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**。

## 2B311030 路基试验检测技术

(P35) 最佳含水量测定：**击实试验法**、**振动台法**和**表面振动击实仪法**。

击实试验法：**轻型**和**重型击实**，采用**大小两种试筒**，分别适用于粒径不大于 20mm 的土和粒径不大于 40mm 的土。

振动台法与表面振动压实仪法用于测定**无粘聚性自由排水粗粒土**和**巨粒土**的最大干密度。

(P36) 压实度检测

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如下：

灌砂法适用范围：路基土压实度检测，不宜用于填石路堤等有大孔洞或大孔隙材料的测定。在路面工程中也适用于基层、砂石路面、沥青表面处治及沥青贯入式路面的压实度检测。

环刀法适用范围：用于细粒土的密度测试。

核子密度湿度仪法利用放射性元素以散射法或直接透射法测定路基或路面材料的密度和含水率，并计算施工压实度。

(P38) 弯沉检测以 0.01mm 为单位，是**路基或路面质量控制**的重要指标之一。**回弹弯沉越大，承载能力越小，反之则越大。**

常用的几种弯沉值测试方法的特点

**贝克曼梁法**：传统检测方法，静态测试，目前为规范规定的标准方法。

**自动弯沉仪法**：属于静态试验范畴，但测定的是总弯沉，因此使用时应采用贝克曼梁法进行标定换算。

**落锤弯沉仪法**：属于动态弯沉，使用时应采用贝克曼梁法进行标定换算。

## 2B311040 路基施工测量方法

(P38) 平面控制测量应采用 **GPS 测量**、**导线测量**、**三角测量**或**三边测量**方法进行。

(P39) 高程测量 沿路线每 500m 宜有一个水准点。

(P40) 中线放样:

1. 测量放样方法 1) 传统法放样: (1)切线支距法(2)偏角法 2) 坐标法放样 3) GPS-RTK 技术放样
2. 横断面边桩放样(1)图解法(2)计算法(3)渐近法(4)坐标法

(P43) 路基边缘压实度不足的原因

- (1)路基填筑宽度不足, 未按超宽填筑要求施工;
- (2)压实机具碾压不到边;
- (3)路基边缘漏压或压实遍数不够;
- (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。

(P45) 路基纵向开裂病害及防治措施

- (1)应认真调查现场并彻底清表, 及时发现路基基底暗沟、暗塘, 消除软弱层。
- (2)彻底清除沟、塘淤泥, 并选用水稳性好的材料严格分层回填, 严格控制压实度, 满足设计要求。
- (3)提高填筑层压实均匀度。
- (4)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)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。
- (6)若遇有软弱层或古河道, 填土路基完工后应进行超载预压, 预防不均匀沉降。
- (7)严格控制路基边坡, 符合设计要求, 杜绝亏坡现象。

2B312010 路面基层(底基层)施工技术

(P46) 粒料基层(底基层) 包括内容及适用范围

(P46) 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。

(P47) 填隙碎石施工

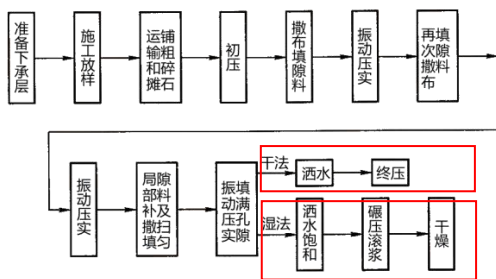


图2B312011-1 填隙碎石施工工艺流程图

(P48) 无机结合料稳定基层(底基层) 包括内容及适用范围

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上公路高级路面的基层。
	石灰工业废渣稳定土可分为石灰粉煤灰类与石灰其他废渣类两大类	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。

(P48-51) 对原材料的技术要求

1. 水泥及添加剂: 强度等级为 32. 5 或 42. 5。所用水泥初凝时间应大于 3h, 初凝时间应大于 6h 且小于 10h。
2. 高速公路和一级公路的基层, 宜采用磨细消石灰。
4. 混合料组成设计

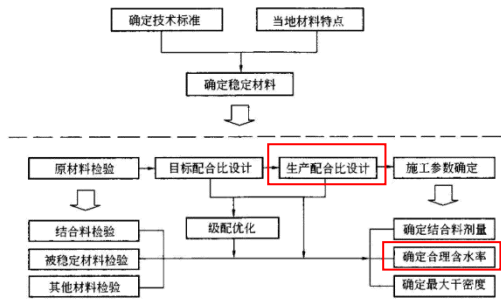


图2B312012-1 无机结合料稳定材料组成设计流程图

### (P52-61) 混合料生产、摊铺及碾压

#### 2. 混合料集中厂拌与运输

(1) 混合料的拌和能力与混合料摊铺能力应相匹配。

(3) 拌和厂场地应平整并具有足够的承载能力。高速公路和一级公路的拌和厂，场地应采用混凝土硬化，混凝土强度等级应不低于 C15，厚度应不小于 200mm。

#### 3. 混合料人工拌和

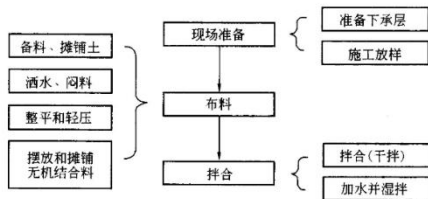


图2B312012-2 混合料人工路拌法施工的工艺流程图

(3) 下承层为路基时，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。

#### 4. 摊铺机摊铺与碾压

(4) 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。

(6) 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。

(22) 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。

### 2B312020 沥青路面施工技术

#### (P64-65) 透层施工技术

1. 透层的作用：为使沥青面层与基层结合良好 (2) 沥青路面各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. 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)

3. 在无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。

4. 有花白遗漏应人工补洒，喷洒过量的立即撒布石屑或砂吸油。

5. 不得在表面形成油膜；2. 如遇大风或将下雨时，不能喷洒透层油；气温低于 10℃ 不得喷洒透层油。

#### (P65-66) 粘层施工技术

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. 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。

3. 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。

#### (P66-67) 封层的施工技术

1. 封层的作用：保水防水；过渡和有效联结；加固补强；防止出现水毁。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. 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。

(P67) 沥青路面结构层可由面层、基层（主要承重）、底基层、垫层组成。

垫层是设置在底基层与土基之间的结构层，起排水、隔水、防冻、防污等作用。

(P68) 沥青路面分类

1. 按技术品质和使用情况分类：沥青混凝土路面、沥青碎石路面、沥青贯入式、沥青表面处治。

2. 按组成结构分类：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AM、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）

3. 按矿料级配分类：密级配沥青混凝土混合料（沥青混凝土、沥青稳定碎石）、半开级配沥青混合料（AM）、开级配沥青混合料（OGFC）另有排水式沥青稳定碎石基层，以ATPB表示、间断级配沥青混合料（SMA）。

(P69) 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

(P73) 配合比设计报送监理工程师审批（标准试验）。

(P74) 试验段开工前 28d 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。

(P74) 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。混合料运至施工现场的温度控制在不低于 135~150℃。

(P74) 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予以废弃。

(P74) 下、中面层采用走线法施工，表面层采用平衡梁法施工。尽量避免中途停顿。

(P75) 摊铺机无法作业的地方，在监理工程师同意后采取人工摊铺施工。

(P75) 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；采用雾状喷水法，以保证沥青混合料碾压过程中不粘轮。密级配沥青混凝土优先采用胶轮压路机进行搓揉碾压，以增加密水性

(P75) 接缝处理接缝处理

(1) 梯队作业热接缝，100~200mm 宽暂不碾压，后摊铺部分完成立即骑缝碾压，以除缝迹。

(P76) 沥青表面处治通常采用层铺法施工，分为单层式、双层式和三层式

(P76) 沥青贯入式面层适用于三级及三级以下公路，也可作为沥青路面的联结层或基层。

(P76) 水泥路面改造加铺沥青面层 1. 直接加铺法 2. 碎石化法

(P76) 旧沥青路面再生：（一）现场冷再生法，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。

（二）现场热再生法（加热重熔）包括：1. 整形再生法 2. 重铺再生法 3. 复拌再生法

（三）厂拌热再生法关键技术：加热重熔问题与旧沥青混合料的精确计量问题。

(P82) SMA 的碾压遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。碾压温度越高越好，摊铺后应立即压实，不得等候。SMA 路面碾压宜采用钢轮压路机初压 1~2 遍、复压 2~4 遍、终压 1 遍的组合方式。碾压过程中，压路机应“紧跟慢压”采用振动压路机时，宜用高频率、低振幅。

(P82) SMA 面层施工切忌使用胶轮压路机或组合式压路机，以防止胶轮压路机或组合式压路机的轮胎将结



构部沥青“泵吸”到路表面，使路表失去纹理和粗糙度。

## 2B312030 水泥混凝土路面施工技术

(P87) 水泥混凝土面层铺筑的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

1. 施工模板应采用刚度足够；安装应稳固、平顺、无扭曲
2. 模板与混凝土拌合物接触表面应涂隔离剂。
3. 模板拆除应在混凝土抗压强度不小于 8.0mpa 时方可进行。

(P88) 滑模摊铺面层前，应准确架设基准线：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。

(P89) 滑模摊铺振捣频率应根据板厚、摊铺速度和混凝土工作性确定；滑模摊铺速度应根据板厚、混凝土工作性、布料能力、振捣排气效果等确定

(P89) 纵缝设置与施工

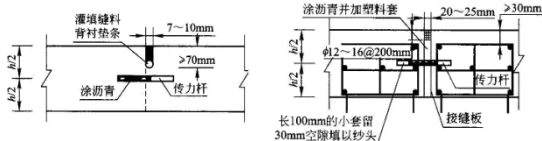


图2B312032-1 横向施工缝构造示意

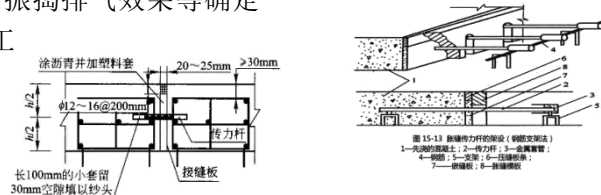


图2B312032-2 胀缝构造示意图

纵缝包括纵向施工缝（设拉杆假缝型）和纵向缩缝（设拉杆假缝型）两类。

(P91) 横缝包括横向施工缝、横向缩缝和横向胀缝三类；横向施工缝构造上分为设传力杆假缝型和设拉杆

(P91) 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。不宜使用围水养生方式。

一般养生天数宜为 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。在达到设计强度 40%后，行人方可通行。

## 2B312040 路面防、排水施工技术

(P93) 路面表面排水设施由路拱横坡、路肩坡度和拦水带等组成。

(P93) 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作表面层。

(2)对多雨、潮湿地区，表面层可采用上封层组成防滑面层，以利于防水。

(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。

## 2B312050 路面试验检测技术

(P95) 无侧限抗压强度试验检测适用测定无机结合料稳定土尽可能用静力压实法制备干密度的试件。

(P95) 试验步骤：1. 试料准备。2. 最佳含水量和最大干密度。3. 配制混合料。4. 按预定的干密度制作试件。5. 成型后试件应立即放入恒温室养生。6. 无侧限抗压强度试验。7. 整理数字、强度评定并提供试验报告。

(P96) 马歇尔稳定度试验其中：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；稳定度是指沥青混合料在外力作用下抵抗变形的能力；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。

(P98) 水泥混凝土抗压强度试验方法边长为 150mm 的正立方体为标准试件，标准养护到 28d。

试验步骤：1. 试件的成型并养护。2. 试件修整。3. 压力试验。4. 整理试验数据，提供试验报告。

(P98) 水泥混凝土抗折（抗弯拉）强度试验方法 150mmx150mmx 550mm 的梁形试件在标准养护条件下达到规定龄期后，净跨径 450mm，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。

## 2B312060 路面工程质量通病及防治措施

(P98) 石灰稳定土底基层裂缝病害原因分析

(1)石灰土成型后未及时做好养生；

(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，所以进入晚秋、初冬之后，温度收缩裂缝尤为加剧。

#### (P98) 水泥混凝土路面断板的原因分析

- (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的开裂断板。
- (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。

#### (P98) 治理措施

1. 裂缝的灌浆封闭 2. 局部带状修补 3. 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。

### 2B313010 桥梁工程

(P103) 桥梁由上部结构、下部结构(桥墩、桥台和基础)、支座系统和附属设施四个基本部分组成。按结构体系划分，有梁式桥(抗弯)、拱桥、刚架桥、悬索桥等4种基本体系。

(P105) 常用模板、支架和拱架的设计：强度、刚度与稳定性、荷载

(P106) 验算模板、支架及拱架的刚度时，其变形值不得超过下列数值：

- (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。

(P107) 模板安装完毕后，应对其平面位置、顶部标高、节点联系及纵横向稳定性进行检查，签认后方可浇筑混凝土。浇筑时，发现模板有超过允许偏差变形值的可能时，应及时纠正。

当结构自重和汽车荷载(不计冲击力)产生的向下挠度超过跨径的1/1600时，钢筋混凝土梁、板的底模板应设预拱度，预拱度值应等于结构自重和1/2汽车荷载(不计冲击力)所产生的挠度。纵向预拱度可做成抛物线或圆曲线。

(P107) 后张法预应力梁、板，应注意预应力、自重和汽车荷载等综合作用下所产生的上拱或下挠，应设置适当的预挠或预拱。

(P108) 支架应结合模板的安装一并考虑设置预拱度和卸落装置，并符合下列规定：(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。(2)施工预拱度应考虑下列因素：模板、支架承受施工荷载引起的弹性变形；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；支架地基在受载后的沉降变形。(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。

(P108) 支架立柱必须安装在有足够承载力的地基上，立柱底端应设垫木来分布和传递压力，并保证浇筑混凝土后不发生超过允许的沉降量。

(P108) 支架或拱架安装完毕后，应对其平面位置、顶部标高、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。

(P108) 承包人在拆模时间的12h以前，向监理工程师报告拆模建议，并应取得监理工程师同意。

(P109) (1)非承重侧模板应在混凝土强度能保证其表面及棱角不致因拆模而受损坏时拆除，一般应在混凝土抗压强度达到2.5MPa时拆除侧模板。

(2)芯模和预留孔道内模，应在混凝土强度能保证其表面不发生塌陷和裂缝现象时，方可拔除。

(3)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。

(4)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。

2. 现浇混凝土拱圈的拱架设计未规定时，应在拱圈混凝土强度达到设计强度的 85%后，方可卸落拆除。
3. 石拱桥的拱架卸落时间应符合下列要求：

- (1) 浆砌石拱桥，须待砂浆强度达到设计要求，或如设计无要求，则须达到砂浆强度的 85%。
4. 模板拆除应按设计的顺序进行，设计无规定时，应遵循先支后拆，后支先拆的顺序，拆时严禁抛扔。
5. 卸落支架和拱架应按拟定的卸落程序进行，分几个循环卸完，卸落量开始宜小，以后逐渐增大。在纵向应对称均衡卸落，在横向应同时一起卸落。
- (2) 满布式拱架卸落时，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。
- (3) 简支梁、连续梁宜从跨中向支座依次循环卸落；悬臂梁先卸挂梁及悬臂的支架，再卸无铰跨内的支架。
- (4) 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。

(P110) 钢筋当需要代换时，应得到设计人员的书面认可。

(P111) 预应力筋进场时应分批验收，验收时，除应对其质量证明书、包装、标志和规定等进行检查外，尚须按下列规定进行检查：

钢丝	60t;抽查 5%且不少于 5 盘	抗拉强度、弯曲和伸长率
钢绞线	60t;任取 3 盘	表面质量、直径偏差和力学性能试验
热轧带肋钢筋	100t	逐根目视检查; 2 根钢筋截取试件进行拉伸试验

(P111) 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、焊接接头或镦头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。

5. 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。

(P112) 在进行混凝土强度试配和质量评定时，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。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。

(P114) 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。

(P115) 大体积混凝土施工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掺合料，外加剂宜采用缓凝剂、减水剂；掺合料宜采用粉煤灰、矿渣粉等。

(P116) 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。

(P116) 大体积混凝土的施工应提前制订专项施工技术方案，并应对混凝土采取温度控制措施。应使其内部最高温度不大于 75℃、内表温差不大于 25℃。分层、分块浇筑，分层、分块浇筑当结构尺寸相对较小或能满足温控要求时，可全断面一次浇筑。在气温较低时进行。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。

(P119) 张拉用的千斤顶与压力表应配套标定、配套使用。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。

(P119) 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

查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

(P119) 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。

(P120) 桥梁基础分为：刚性基础、桩基础、管柱、沉井、地下连续墙等。

(P120) 刚性基础：适用于地基承载力较好的各类土层。桩基础：按施工方法可分为沉桩、钻孔灌注桩、挖孔桩，其中沉桩又分为锤击沉桩法、振动沉桩法、射水沉桩法、静力压桩法。管柱、沉井适用于各种土质的基底，尤其在深水、岩面不平、无覆盖层或覆盖层很厚的自然条件下，不宜修建其他类型基础时。地下连续墙适用于作地下挡土墙、挡水围堰、承受竖向和侧向荷载的桥梁基础、平面尺寸大或形状复杂的地下构造物基础，可用于除岩溶和地下承压水很高处的其他各类土层中施工。

类型		适用条件
刚性基础		适用于地基承载力较好的各类土层。
桩基础	沉桩（锤击沉桩法、振动沉桩法、射水沉桩法、静力压桩法）	锤击沉桩法一般适用于松散、中密砂土、粘性土。
	钻孔灌注桩	适用于粘性土、砂土、砾卵石、碎石、岩石等各类土层。
	挖孔桩	适用于无地下水或少量地下水，且较密实的土层或风化岩层。

(P121) 明挖扩大基础施工的内容包括：基础的定位放样、基坑开挖、基坑排水、基底处理以及砌筑（浇筑）基础结构物等。

(P122) 桥梁基础施工中常用的基坑排水方法有：

1. 集水坑排水法。除严重流沙外，一般情况下均可适用。
2. 井点排水法。当土质较差有严重流沙现象，地下水位较高，挖基较深，坑壁不易稳定，用普通排水方法难以解决时，可采用井点排水法。
3. 其他排水法。对于土质渗透性较大、挖掘较深的基坑，可采用板桩法或沉井法。

(P123) 人工挖孔施工应制订专项施工技术方案，因地制宜选择孔壁支护方式。

(P123) 孔口处应设置高出地面不小于 300mm 的护圈。

(P123) 挖孔施工时相邻两桩孔不得同时开挖，宜间隔交错跳挖。采用混凝土护壁支护的桩孔必须挖一节浇筑一节护壁，严禁只挖不及时浇筑护壁的冒险作业。

(P124) 孔深大于 10m 时，必须采取机械强制通风措施。

(P124) 孔深不宜超过 15m，孔径不宜小于 1.2m。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。

(P124) 桩孔内遇岩层需爆破作业时，应进行专项爆破设计，且宜采用浅眼松动爆破法，并应严格控制炸药用量，在炮眼附近应对孔壁加强防护或支护。孔深大于 5m 时，必须采用电雷管引爆。孔内爆破后应先通风排烟 15min 并经检查确认无有害气体后，施工人员方可进入孔内继续作业。

(P123) 钻孔灌注桩施工的主要工序有：埋设护筒、制备泥浆、钻孔、清孔、钢筋笼制作与吊装、灌注水下混凝土等。

(P123) 护筒作用：稳定孔壁、防止坍孔、隔离地表水、保护孔口地面、固定桩孔位置和起到钻头导向。

(P124) 钻孔常用的方法有：螺旋钻孔、正循环回转钻孔、反循环回转钻孔、潜水钻机钻孔、冲抓钻孔、

冲击钻孔、旋挖钻机钻孔。

(P125) 不论采用何种清孔方法，在清孔排渣时，均必须保持孔内水头，防止塌孔。

(P126) 导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验，严禁用气压试压

(P130) 承力台座由混凝土筑成，有足够的强度、刚度和稳定性，钢横梁受力后，挠度不能大于 2mm。

(P126) 多根钢筋同时张拉时，其初应力要保持一致，活动横梁始终和固定横梁保持平行。

(P126) 墩式承力台座具有足够的强度、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。

(P131) 预应力筋张拉完毕后，与设计位置的偏差不得大于 5mm，同时不得大于构件最短边长的 4%。

(P132) 后张法预制梁板当预制梁跨大于 20m 时，要按规定设置反拱。

(P132) 梁（板）混凝土的振捣以紧固安装在侧模上的附着式为主，插入式振捣器为辅

(P133) 对预应力张拉时，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%。

(P134) 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。压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入，由最高点的排气孔排气和泌水。压浆顺序宜先压注下层孔道。

(P135) 吊装方法

(1) 自行式吊机架设法：平坦无水桥孔的中小跨径预制梁板安装

(2) 简易型钢导梁架设法：地面有水，孔数较多的中小跨径预制梁板安装

(3) 联合架桥机架设法：孔数较多的中型梁板吊装

(4) 双导梁架桥机架设法：孔数较多的重型梁吊装

(5) 跨墩龙门架架设法：无水或浅水河滩，地形相对平坦，孔数较多的中型梁板安装

(6) 浮运、浮吊架梁

(P136) 支架现浇梁施工工艺流程：地基处理→支架搭设→底模、侧模安装→支架加载预压→调整模板→钢筋及预应力管道安装→内模安装→混凝土浇筑→混凝土养护→预应力施工→模板、支架拆除。

(P137) 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。混凝土浇筑过程中如发现超过允许值的变形、变位，应及时采取措施予以处理。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。

(P138) 用移动支架逐孔现浇施工（移动模架法）连续施工时每孔仅在 0.2~0.25L 附近处（L 为跨长）设一道横向工作缝

移动模架主要由主梁导梁系统、吊架支撑系统、模板系统、移位调整系统、液压电气系统及辅助设施等

(P139) 施工过程：支腿或牛腿托架安装、主梁安装、导梁安装、模板系统与液压电气系统及其他附属设施安装、加载试验、支座安装、预拱度设置与模板调整、绑扎底板及腹板钢筋、预应力系统安装、内模就位、顶板钢筋绑扎、箱梁混凝土浇筑、内模脱模、施加预应力和管道压浆及落模拆底模及滑模纵移。

(P139) 首孔梁的混凝土在顺桥向宜从桥台（或过渡墩）开始向悬臂端进行浇筑，中间孔宜从悬臂端开始向已浇梁段推进浇筑，末孔宜从一联中最后一个墩位处向已浇梁段推进浇筑，最终与已浇梁段接合。梁体混凝土在横桥向应对称浇筑。连续梁逐孔现浇的纵向分段接缝位置应符合设计规定；设计未规定时，宜设在 1/5 跨的弯矩零点附近。

(P140) 整孔吊装和分段吊装施工采用分段组装逐孔施工的接头位置可以设在桥墩处也可设在梁的 1/5 附近，前者 多为由简支梁逐孔施工连接成连续梁桥；后者多为悬臂梁转换为连续梁。在接头位置处可设有 0.5~0.6m 现浇混凝土接缝，当混凝土达到足够强度后张拉预应力筋，完成连续。

(P140) 悬臂拼装施工具备以下优点：

(1) 梁体的预制可与桥梁下部构造施工同时进行，平行作业缩短了建桥周期。

(2) 预制梁的混凝土龄期比悬浇法的长，从而减少了悬拼成梁后混凝土的收缩和徐变。

(3) 预制场或工厂化的梁段预制生产利于整体施工的质量控制。

(P140) 悬拼施工方法：**长线法及短线法**。

(P141) 节段预制前，应在预制场地建立精密测量的平面控制网和高程控制网，并设置测量控制点、测量塔及靶标。测量控制点应设在远离热源和震动源的位置，且应具有良好的通视条件，必要时应设置备用的测量控制点。

(P141) 桥墩顶梁段及桥墩顶附近梁段施工时，可采用**托架或膺架**为支架就地浇筑混凝土。托架或膺架应经过设计，计算其弹性及非弹性变形。

(P142) 施工前应按施工荷载对起吊设备进行**强度、刚度和稳定性**验算，其安全系数应不小于 2.0，节段起吊安装前，应对起吊设备进行全面安全技术检查，**并应分别进行 1.25 倍设计荷载的静荷和 1.1 倍设计荷载的动荷起吊试验**，经检查及起吊试验符合要求后方可正式进行节段的起吊拼装。

(P142) 胶粘剂宜采用机械拌合，且在使用过程中应连续搅拌并保持其均匀性，胶粘剂应涂抹均匀，覆盖整个匹配面，**涂抹厚度不宜超过 3mm**。对胶接缝施加临时预应力进行挤压时，挤压力宜为 0.2MPa，胶粘剂应在梁体的全断面挤出，**且胶接缝的挤压应在 3h 以内完成；当施工时间超过明露时间的 70% 时**，在固化之前应清除被挤出的胶结料。胶粘剂在涂抹和挤压时，应采取措施对预应力孔道的端口处进行防护，防止胶粘剂进入孔道内。

(P141) 湿接缝块件应待混凝土强度达到设计强度等级的 80% 以上时，才能张拉预应力束。

(P142) 挂篮是悬浇箱梁的主要设备，它是沿着轨道行走的活动脚手架及模板支架。国内外现有的挂篮按结构形式可分为**桁架式、三角斜拉带式、预应力束斜拉式、斜拉自锚式**；按行走方式可分为**滑移式和滚动式**；按平衡方式可分为**压重式和自锚式**。

(P142) 对某一具体工程，应根据梁段分段情况，根据对挂篮的重量、要求承受荷载及施工经验对挂篮进行认真详细的设计。除必须满足**强度、刚度、稳定性**要求外，还要使其**行走、锚固方便可靠**，重量不大于设计规定。挂篮由主桁架、锚固、平衡系统及吊杆、纵横梁等部分组成，由工厂或现场根据挂篮设计图纸精心加工而成。**挂篮试拼后，必须进行荷载试验**。

(P142) 挂篮在浇筑混凝土状态和行走时的抗倾覆安全系数、自锚固系统的安全系数、斜拉水平限位系统的安全系数及上水平限位的安全系数均不应小于 2。

(P143) 对于连续箱梁，梁与墩未固结在一起，施工时，两侧悬浇施工难以保持绝对平衡，必须在施工中采取临时固结措施，使梁具有抗弯能力。**临时固结一般采用在支座两侧临时加预应力筋，梁和墩顶之间浇筑临时混凝土垫块**。将梁固结在桥墩上，使梁具有一定的抗弯能力。在条件成熟时，**再采用静态破碎方法，解除固结**。

(P144) 合龙顺序应按符合设计要求，设计无要求时，一般先边跨，后次中跨，再中跨。多跨一次合龙时，必须同时均衡对称地合龙。

(P144) 合龙时，宜采取措施将合龙口两侧的悬臂端予以临时**刚性连接**，再浇筑合龙段混凝土。合龙段的混凝土宜在一天中气温最低且稳定的时段内浇筑，浇筑后应及时覆盖洒水养护。

(P148) 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**。

(P148) 对插口管，**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，不得有裂缝、空鼓、漏水等现象；

(P149) 波形钢管涵宜设置**预拱度**

(P150) 拱圈砌筑砂浆或混凝土强度达到设计强度的 85% 时，**方可拆除拱架**，且在拱架拆除时应先完成拱脚以下部分回填土的填筑；达到设计强度 100% 后，方可进行拱顶填土。

(P150) 在拱架未拆除的情况下，拱圈砌筑砂浆或混凝土强度达到设计强度的 85% 时，可进行拱顶填土，但在拱圈强度达到设计强度 100% 后，方可拆除拱架。

(P152) 桥台台背填筑的方法：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 20cm。当采用小型低等级夯具时，一级以上公路松铺厚度宜小于 15cm。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。

(P156) 桥梁伸缩缝病害的防治 1. 在设计方面，精心设计，选择合理的伸缩装置。2. 提高对桥梁伸缩装置施工工艺的重视程度，严格按施工工序和工艺标准的要求施工。3. 提高对锚固件焊接施工质量的控制。

### 2B314010 隧道工程

#### (P159) 公路隧道围岩分级

公路隧道围岩分级			表2B314011	
围岩级别	围岩或土体主要定性特征	围岩基本质量指标	围岩或土体主要定性特征	围岩基本质量指标
I	坚硬岩（饱和抗压极限强度 $R_b > 60\text{MPa}$ ），岩体完整，巨块状或巨厚层状整体结构	$> 550$	IV 坚硬岩，岩体破碎，碎裂（石）结构 较坚硬岩，岩体较破碎—破碎，微破碎结构 较软岩或较硬岩互层，且以软岩为主，岩体较完整—较破碎，中薄层状结构	350 - 251
II	坚硬岩（ $R_b > 30\text{MPa}$ ），岩体较完整，块状或厚层状结构较坚硬岩，岩体完整，块状整体结构	550 - 451	V 土体，压密或成作用后的黏性土及砂性土 黄土（ $Q_1, Q_2$ ） 一般钙质、铁质胶结的碎、卵石土，大块石土	
III	坚硬岩，岩体较破碎，巨块（石）碎（石）状嵌嵌结构较坚硬岩或较软硬质岩，岩体较完整，块状或中厚层状结构	450 - 351	VI 较软岩，岩体破碎 软岩，岩体较破碎—破碎 粗碎岩各类岩层；碎、层状、松散结构 一般第四系的半干硬—硬塑的黏性土及稍硬至中硬的一般碎石、卵石土、圆砾、角砾土及黄土（ $Q_3, Q_4$ ），非黏性土呈松散结构，黏性土及黄土呈松散结构	$< 250$
注：1. 本表不适用于特殊条件的围岩分级，如膨胀性围岩、多年冻土等。 2. 在工程可行性研究和初步勘察阶段，可采用定性分级方法或工程类比的方法进行围岩级别划分。				

(P159) 隧道围岩分级的综合评判方法宜采用两步分级，并按以下顺序进行：

(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) 对围岩进行详细定级时，应在岩体基本质量分级基础上考虑修正因素的影响，修正岩体基本质量指标值。按修正后的岩体基本质量指标，结合岩体的定性特征综合**评判、确定围岩的详细分级**。

2. 围岩分级中**岩石坚硬程度**、**岩体完整程度**两个基本因素的**定性划分**和**定量指标**及其对应关系应符合有关规定。

3. 围岩详细定级时，如遇下列情况之一，应对岩体基本质量指标进行修正：

(1) **有地下水**；(2) **围岩稳定性受软弱结构面影响，且由一组起控制作用**；(3) **存在高初始应力**。

(P159) 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。

### 2B314020 隧道地质超前预报和监控量测技术

(P161) 隧道地质超前预报方法主要有：**地质调查法**、**超前钻探法**、**物理勘探法（TSP 法、TGP 法和 TRT 法）**、**超前导洞法**、**水力联系观测**。

(P162) 根据地质灾害对隧道施工安全的危害程度，地质灾害分为以下四级：

**A 级：**存在重大地质灾害隐患的地段，如大型暗河系统，可溶岩与非可溶岩接触带，软弱、破碎、富水、导水性良好的地层和大型断层破碎带，特殊地质地段，重大物探异常地段，可能产生大型、特大型突水突泥地段，诱发重大环境地质灾害的地段，高地应力、瓦斯、天然气问题严重的地段以及人为坑洞等。

**B 级：**存在中、小型突水突泥隐患的地段，物探有较大异常的地段，断裂带等。

**C 级：**水文地质条件较好的碳酸盐岩及碎屑岩地段、小型断层破碎带，发生突水突泥的可能性较小。

**D 级：**非可溶岩地段，发生突水突泥的可能性极小。

(P162) 不同地质灾害的预报方式可采用：

**1 级预报可用于 A 级地质灾害。**采用地质调查法、地震波反射法、超声波反射法、陆地声纳法、地质雷达法、瞬变电磁法、红外探测法、超前水平钻探法等进行综合预报。

**2 级预报可用于 B 级地质灾害。**采用地质调查法、地震波反射法、陆地声纳法、超声波反射法，辅以红外探测法、瞬变电磁法、地质雷达法，必要时进行超前水平钻孔。

**3 级预报可用于 C 级地质灾害。**以地质调查法为主。对重要地质界面、断层或物探异常地段宜采用地震波反射法或超声波反射法进行探测，必要时采用红外探测和超前水平钻孔。

**4 级预报可用于 D 级地质灾害。**采用地质调查法。

#### (P163) 测量内容与与方法

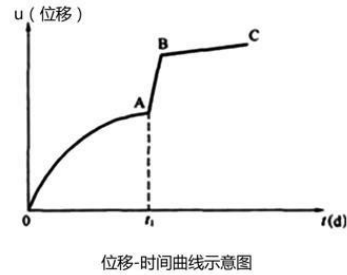
隧道现场监控量测必测项目				表2B314022-1				
序号	项目名称	方法及工具	布置	测试精度	量测间隔时间			
					1-15d	16d-1个月	1-3个月	
1	洞内、外观察	视场观测、地质罗盘等	开挖及初期支护面进行	—	—	—	—	
2	周边位移	各种类型收敛计、全站仪	每5-10m一个断面，每断面2-3个测点	0.1mm	1-2次/d	1次/2d	1-2次/周	1-3次/月
3	拱顶下沉	水准测量法、水准仪、钢尺等	每5-30m一个断面	0.1mm	1-2次/d	1次/2d	1-2次/周	1-3次/月

(P165) 量测数据处理与应用

(1) 应及时对现场量测数据绘制时态曲线(或散点图)和空间关系曲线。

(2) 当位移-时间曲线趋于平缓时, 应进行数据处理或回归分析, 以推算最终位移和掌握位移变化规律。

(3) 当位移-时间曲线出现反弯点时, 则表明围岩和支护已呈不稳定状态, 切监视围岩动态, 并加强支护, 必要时暂停开挖。



(P165) 隧道监控量测工作应根据控制基准建立预警机制, 可按表 2B314022-3 实行分级管理。

管理等级	管理位移 (mm)	施工状态
Ⅲ	$U < (U_0/3)$	可正常施工
Ⅱ	$(U_0/3) \leq U \leq (2U_0/3)$	应加强支护
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。

(P165) 二次衬砌的施作应在满足下列要求时进行:

- (1) 隧道水平净空变化速度及拱顶或底板垂直位移速度明显下降。
  - (2) 隧道位移相对值已达到相对位移量的 90% 以上。
- 对浅埋、软弱、高地应力围岩等特殊地段应视现场情况确定。

### 2B314030 公路隧道施工

(P166) 洞口土石方的开挖与防护施工应符合下列规定:

- (1) 洞口边坡、仰坡的开挖应减少对岩土体的扰动, 严禁采用大爆破。
- (3) 临时防护应视地质条件、施工季节和施工方法等, 及时采取喷锚等措施。

(P166) 墙背回填两侧对称进行。底部应铺填 0.5~1.0m 厚碎石并夯实, 然后向上回填。石质地层中墙背与岩壁空隙不大时, 可采用与墙身同级混凝土回填; 空隙较大时, 可采用片石混凝土或浆砌片石回填密实; 土质地层, 应将墙背坡面开凿成台阶状, 用干砌片石分层码砌, 缝隙用碎石填塞紧密, 不得任意抛填土石。

(P167) 公路隧道主要开挖方式及适用范围

#### 1. 开挖方式

- (1) **全断面法**: 按设计断面一次基本开挖成形的施工方法。
- (2) **台阶法**: 先开挖上半断面, 待开挖至一定距离后在同时开挖下半断面, 上下半断面同时并进的施工方法。台阶法分为二台阶法、三台阶法。
- (3) **环形开挖预留核心土法**: 先开挖上部导坑成环形, 并进行支护, 再分部开挖中部核心土、两侧边墙的施工方法。
- (4) **中隔壁法 (CD 法)**: 在软弱围岩大跨隧道中, 先开挖隧道的一侧, 并施作中隔壁, 然后再分步开挖隧道的另一侧的施工方法。
- (5) **交叉中隔壁法 (CRD 法)**: 是一种在中隔壁法的基础上增加临时仰拱, 更快地封闭初支的施工方法。
- (6) **双侧壁导坑法**: 先开挖隧道两侧的导坑, 并进行初期支护, 在分部开挖剩余部分的施工方法。
- (7) **中导洞法**: 在连拱隧道或单线隧道的喇叭口地段, 先开挖两洞之间立柱(或中墙)部分, 并完成立柱(或中墙)混凝土浇筑后, 再进行左右两洞开挖的施工方法。

#### 2. 适用范围



(1) 全断面法可用于 I-III 级围岩的中小跨度隧道，IV 级围岩中跨度隧道和田级围岩大跨度隧道在采用了有效的预加固措施后，也可采用全断面法开挖。

(2) 台阶法可用于 III-IV 级围岩的中小跨度隧道，V 级围岩的中小跨度隧道在采用了有效的预加固措施后亦可采用台阶法开挖。

(3) 环形开挖预留核心土法可用于 IV-V 级围岩或一般土质围岩的中小跨度隧道。

(4) 中隔壁法 (CD 法) 或交叉中隔壁法 (CRD 法) 适用于围岩较差、跨度大、浅埋、地表沉降需要控制的场合。

(5) 双侧壁导坑法适用于浅埋大跨度隧道及地表下沉量要求严格而围岩条件很差的情况。

(6) 中导洞法适用于连拱隧道。

(P167) 公隧道开挖的主要方法是钻孔爆破法。

(P168) 公钻爆设计的内容应包括：炮眼 (掏槽眼、辅助眼、周边眼) 的布置、数目、深度和角度、装药量和装药结构、起爆方法和爆破顺序等。

(P168) 应采取光面爆破、提高钻眼精度、控制药量等措施，并提高作业人员的技术水平。

(P168) 钻眼爆破掘进是公路隧道最常采用的掘进方式。

2. 钻眼机具：隧道工程中常使用的凿岩机有风动凿岩机和液压凿岩台车。

	光面爆破	预裂爆破
起爆顺序	掏槽眼-辅助眼-周边眼	周边眼-掏槽眼-辅助眼
对围岩扰动情况	扰动大	扰动小
钻眼工程量	小	大

(3) 预裂爆破及主要参数

(P171) 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，逃生通道距离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。

(P172) 超前支护措施有超前锚杆、插板、超前小导管、管棚及围岩预注浆加固等。

(P172) 超前锚杆主要适用于地下水较少的软弱破碎围岩的隧道工程中，如土砂质地层、弱膨胀性地层、流变性较小的地层、裂隙发育的岩体、断层破碎带、浅埋无显著偏压的隧道等，也适用于采用中小型机械施工。

(P172) 管棚主要适用于围岩压力来得快、来得大，用于对围岩变形及地表下沉有较严格限制要求的软弱破碎围岩隧道工程中。如土砂质地层、强膨胀性地层、强流变性地层、裂隙发育的岩体、断层破碎带、浅埋有显著偏压等围岩的隧道中。此外，在一般无胶结的土及砂质围岩中，可采用插板封闭较为有效；在地下水较多时，则可利用钢管注浆堵水和加固围岩。

(P172) 超前小导管注浆不仅适用于一般软弱破碎围岩，也适用于地下水丰富的松软围岩。但超前小导管注浆对围岩加固的范围和强度是有限的，在围岩条件特别差而变形又严格控制的隧道施工中，超前小导管注浆常常作为一项主要的辅助措施，与管棚结合起来加固围岩。

自进式注浆锚杆 (又称迈式锚杆) 是将超前锚杆与超前小导管注浆相结合的一种超前措施，它是在小导管的前端安装了一次性钻头，从而将钻孔和顶管同时完成，缩短了导管的安装时间，尤其适用于钻孔易坍塌的地层。

(P172) 预注浆加固围岩有洞内超前注浆、地表超前注浆和平导超前注浆三种方式。

(P173) 喷射混凝土：(1) 干喷法：因喷射速度大，粉尘污染及回弹情况较严重，质量不稳定，很多地方已禁止使用干喷法施工。(2) 潮喷法：与干喷相比，上料、拌合及喷射时的粉尘少，潮喷混凝土强度可达到 C20。(3) 湿喷法：湿喷法的粉尘和回弹量少，喷射混凝土的质量容易控制，但对喷射机械要求较高，机械清洗和故障处理较麻烦。目前施工现场湿喷法使用的较多。

(P173) 钢支撑按其材料的组成可分为钢拱架和格栅钢架。

(1) 钢拱架：最大特点是架设后能够立即承载。但钢拱架与围岩间的空隙难以用喷射混凝土紧密充

填，与喷射混凝土粘结也不好，导致钢拱架附近喷射混凝土**易出现裂缝**。

(2) 钢格栅：能够很好地与喷射混凝土一起与围岩**密贴**，喷射混凝土能够充满格栅钢架及其围岩的空隙，且能和锚杆、超前支护结构连成一体，支护效果好。

(P176) 仰拱和底板施工应满足下列要求：

(1) 仰拱施工宜**整断面一次成型**，不宜左右半幅分次浇筑；底板混凝土可半幅浇筑，但接缝应平顺，做好防水处理。

(2) 隧道底部（包括仰拱），超挖在允许范围内应采用与衬砌相同强度等级混凝土浇筑；超挖大于规定时，应按设计要求回填，**不得用洞渣随意回填**，严禁片石侵入衬砌断面(或仰拱断面)。

(3) 仰拱以上的混凝土或片石混凝土应在仰拱混凝土达到设计强度的**70%**后施工。

(4) 仰拱和底板混凝土强度达到设计强度 100%后方可允许车辆通行。

(P176) 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。根据现行《公路工程施工安全技术规范》JTG F90，公路隧道施工安全步距的要求如下：

(1) 仰拱与掌子面的距离，III级围岩不得超过 90m，IV级围岩不得超过 50m，**V级及以上围岩不得超过 40m**。(2) 软弱围岩及不良地质隧道的二次衬砌应及时施作，二次衬砌距掌子面的距离IV级围岩不得大于 90m，**V级及以上围岩不得大于 70m**。

(P177) 洞内涌水或地下水位较高时，可采用井点降水法和深井降水法处理

(P178) 中心排水管（沟）设在仰拱下时，应和仰拱、底板同步施工

(P179) 隧道注浆防水施工应根据水文地质情况、开挖支护方式、相邻隧道的相互影响、地表环境要求、水资源保护等制订注浆防水方案，根据不同情况可选择下列方案：

(1) 掌子面前方**存在较高水压的富水区**，具有较大可能、较大规模的涌水、突水且围岩结构软弱，自稳能力差，开挖后可能导致掌子面失稳而诱发突水、突泥者，宜采用全断面帷幕注浆或周边注浆。

(2) 掌子面前方围岩基本稳定，**但局部存在一定的水流**，开挖后可能导致掌子面大量渗漏水而无法施作初期支护时，宜采用超前局部注浆。

(3) 围岩有一定自稳能力，开挖后水压和水量较小，但出水量超过设计允许排放量时，宜采用径向注浆。

(P179) 风流经由管道输送，分为**压入式、抽出式、混合式**三种方式。

(P181) 隧道供电电压应符合以下要求：

(1) 供电线路应采用 400/230V 三相五线系统。(2) 动力设备应采用三相 380V。(3) 隧道照明，成洞段和不作业地段可用 220V，瓦斯地段不得超过 110V，一般作业地段不宜大于 36V，手提作业灯为 12~24V。

(4) 选用的导线截面应使线路末端的电压降不得大于 10%；36V 及 24V 线不得大于 5%。

## 2B315000 交通工程

(P184) **交通安全设施**主要包括交通标志、交通标线、防撞设施、隔离栅、视线诱导设施、防眩设施、桥梁防抛网、里程碑、百米标、公路界碑等。

(P184) 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，使道路使用者安全、快捷地到达目的地，促进交通畅通。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。

(P184) **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。

## 2B320000 公路工程项目施工管理

### 2B320020 公路工程项目施工组织与部署

(P190) 施工总体部署主要包括：

(1) **设定管理目标**

(2) **设置项目组织机构**：①项目管理人员数量，人员组成方式与来源；②项目领导及部室负责人职务、姓名、分工及联系方式；③组织机构图。(3) **划分施工任务** (4) **确定施工顺序** (5) **拟定主要项目的施工**

方案。(6) 主要施工阶段工期分析(或节点工期分析)。(7) 主要资源配置。

(P192) 所有项目施工顺序均应按照“先地下、后地上，先深、后浅，先主体、后附属，先结构、后装饰”的原则进行安排。

(P195) 按均衡流水法组织施工 路面工程各结构层之间的施工是线性流水作业方式。在编制施工组织设计的进度计划时应考虑到路面工程施工的工序之间的逻辑关系，注意各结构层的施工可以采用搭接流水方式以加快施工进度。因此，我们要分析各结构层之间的施工进度(速度)，根据施工速度选择搭接类型[前道工序速度快于后道工序时选用开始到开始(STS)类型，否则用完 成到完成(FTF)类型]，并根据各结构层施工速度和所需要的工作面大小计算出搭接时距，同时还要考虑到各结构层可能需要技术间歇时间的影响，以及路面各结构层的质量检验所需的时间等。

(P199) 施工方案的优化 施工方案优化主要通过对施工方案的经济、技术比较，选择最优的施工方案，达到加快施工进度并能保证施工质量和施工安全，降低消耗的目的。 主要包括:施工方法的优化、施工顺序的优化、施工作业组织形式的优化、施工劳动组织优化、施工机械组织优化等。

### 2B320020 公路工程施工进度控制

(P202) 公路工程常用的流水参数

1. 工艺参数: 施工过程数  $n$  (工序个数)、流水强度  $V$ ;
2. 空间参数: 工作面  $A$ 、施工段  $m$ 、施工层;
3. 时间参数: 流水节拍  $t$ 、流水步距  $K$ 、技术间歇  $Z$ 、组织间歇、搭接时间。

(P202) 相邻结构层工序之间的搭接时距的计算 时距=最小工作面长度÷两者中快的速度

(P202) 通道和涵洞的流水段施工组织

根据流水施工的组织原理，异步距异节拍流水实质上是按无节拍流水组织，引入流水步距概念目的就是为了消除流水施工中存在的窝工现象。消除窝工和消除间歇的方法都采用累加数列错位相减取大差的方法，构成累加数列的方法。

1. 不窝工的无节拍流水工期=流水步距和+最后一道工序的流水节拍和+要求间歇和。
2. 无多余间歇的无节拍流水工期=施工段间间隔和+最后一个施工段的流水节拍和+要求间歇和。
3. 有窝工并且有多余间歇的无节拍流水工期，一般通过绘制横道图来确定；如果是异节拍流水往往是不窝工或者无多余间歇流水中的最小值，此时一般是无多余间歇流水工期最小。

(P203) 【案例 2B320021】(P207) 【案例 2B320022】

### 2B320030 公路工程项目技术管理

(P209) 施工方案是施工组织设计的核心

(P210) 对于一般施工方案，应由各专业工程师或专业分包单位专业工程师编制，项目技术部门或专业分包单位技术部门组织审核，项目总工程师或专业分包单位技术负责人审批；对于重大施工方案，应由项目总工程师组织编制，施工单位技术管理部门组织审核，必要时组织相关专家进行论证，由施工单位技术负责人进行审批。

(P211) 超过一定规模的危险性较大的分部分项工程专项方案应当由施工单位组织召开专家论证会。实行施工总承包的，由施工总承包单位组织召开专家论证会。

(P211) 技术交底必须在相应工程内容施工前进行。施工技术交底应分级进行。

第一级: 项目总工向项目各部门负责人及全体技术人员进行交底。

第二级: 项目技术部门负责人或分部分项工程主管工程师向现场技术人员和班组长进行交底。

第三级: 现场技术人员负责向班组全体作业人员进行技术交底。

(P211) 施工技术交底以书面的形式进行，可采取讲课、现场讲解或模拟演示的方法。

(P214) 设计控制桩交接: 由建设单位组织，监理单位参加，设计单位对施工单位进行现场交接桩工作，

### 2B320050 公路工程项目安全管理

(P232) 可考虑按如下顺序选择风险控制方法: 1. 消除。2. 替代。3. 工程控制措施。4. 标志、警告或管理控制。5. 个人防护设备。

(P234) 表 2B320051 危险性较大分部分项工程一览表 (必须掌握)

(P237) 翻模、滑(爬)模等自升式架设设施,以及自行设计、组装或者改装的施工挂(吊)篮、移动模架等设施在投入使用前,施工单位应当组织有关单位进行验收,或者委托具有相应资质的检验检测机构进行验收,验收合格后方可使用。

5. 安全生产事故隐患排查一般采取日常安全生产检查、综合安全检查、专项检查等方式进行。

6. 事故隐患整改:一般事故隐患由项目负责人组织相关人员立即整改。

重大事故隐患应当根据需要进行停止使用相关设备、设施,局部停产停业或者全部停产停业。

(P241) 应急预案体系由综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案组成。

(1) 综合应急预案,是指生产经营单位为应对各种生产安全事故而制订的综合性工作方案,是本单位应对生产安全事故的总体工作程序、措施和应急预案体系的总纲。

(2) 专项应急预案,是指生产经营单位为应对某一种或者多种类型生产安全事故,或者针对重要生产设施、重大危险源、重大活动防止生产安全事故而制订的专项性工作方案。

(3) 现场处置方案,是指生产经营单位根据不同生产安全事故类型针对具体场所、装置或者设施所制订的应急处置措施。

(P243) 施工单位应当制订应急预案演练计划,根据事故风险特点,每年至少组织一次综合应急预案演练或者专项应急预案演练,每半年至少组织一次现场处置方案演练。

(P243) 施工单位应当建立应急预案定期评估制度,对预案内容的针对性和实用性进行分析,并对应急预案是否需要修订作出结论。施工单位应当每三年进行一次应急预案评估。

(P245) 取土场(坑)底部应平顺并设有排水设施,取土场(坑)边周围应设置警示标志和安全防护设施,宜设置夜间警示和反光标识。地面横向坡度陡于1:10的区域,取土坑应设在路堤上侧。

(P245) 路堑开挖:应采取保证边坡稳定的措施,边坡有防护要求的应开挖一级防护一级,且应自上而下开挖,不得掏底开挖、上下同时开挖、乱挖超挖。

(P245) 在滑坡体上开挖土方应按照从上向下开挖一级加固一级的顺序施工,对滑坡体加固可按照从滑体边缘向滑体中部逐步推进加固、分段跳槽开挖施工。

## 2B320060 公路工程施工合同管理

### (P259) 合同文件的优先顺序

1. 合同协议书及各种合同附件(含评标期间和合同谈判过程中的澄清文件和补充资料)。
2. 中标通知书。
3. 投标函及投标函附录。
4. 项目专用合同条款。
5. 公路工程专用合同条款。
6. 通用合同条款。
7. 工程量清单计量规则。
8. 技术规范。
9. 图纸。
10. 已标价工程量清单。
11. 承包人有关人员、设备投入的承诺及投标文件中的施工组织设计。
12. 其他合同文件。

(P263) 工程变更通常实行分级审批的管理制度。

(1) 一般工程变更的审批程序。所谓一般工程变更,通常指一些小型的,监理工程师有权直接批准的工程变更。其审批程序大致如下:

①工程变更的提出人向驻地监理工程师提出工程变更的申请,包括变更的原因、工程变更对造价的影响等分析,必要时附上有关的变更设计资料。

②驻地监理工程师对变更申请的可行性进行评估,并写出初步的审查意见。

③总监理工程师对驻地监理工程师审查的变更申请进行进一步的审定,并签署审批意见。总监理工程师签署工程变更令。

(2) 重要工程变更的审批程序。重要工程变更通常指对工程造价影响较大、需要业主批准的工程变更工作。

(3) 重大工程变更的审批程序。重大工程变更通常指一些对工程造价的影响很大、可能超出设计概算(甚至投资估算)的工程变更。对这些工程变更工作,业主在审批工程变更之前应事先取得国家计划主管部门的批准。

(P264) 变更的估价原则,除专用合同条款另有约定外,因变更引起的价格调整按照如下约定处理:

- (1) 如果取消某项工作，则该项工作的总额价不予支付。
- (2) 已标价工程量清单中有适用于变更工作的子目的，采用该子目的单价。
- (3) 已标价工程量清单中无适用于变更工作的子目、但有类似子目的，可在合理范围内参照类似子目的单价，由监理工程师按合同约定商定或确定变更工作的单价。
- (4) 已标价工程量清单中无适用或类似子目的单价，可在综合考虑承包人在投标时所提供的单价分析表的基础上，由监理人按合同约定商定或确定变更工作的单价。

### (P265) 工期延误的分类

#### 1. 按延误索赔结果划分

- 1) **可原谅可补偿的延误**：可原谅可补偿的延误是指由于业主或监理工程师的错误或失误而造成的工期延误。在这种情况下，承包商不仅可以得到工期延长，还可以得到经济补偿。
- 2) **可原谅不可补偿的延误**：可原谅不可补偿的延误是指既不是承包商也不是业主的原因，而是由客观原因引起的工期延误。在这种情况下，承包商可获得一定的工期延长作为补偿，但一般得不到经济补偿。
- 3) **不可原谅的延误**：不可原谅的延误是指由于承包商的原因引起的工期延误。在这种情况下，承包商不但不能得到工期延长和经济补偿，而且由这种延误造成的损失全部都要由承包商来负责。

### (P265) 共同延误责任归属原则

共同延误的责任归属原则	解决办法
初始事件原则	谁先导致，谁承担
不利于承包商原则	不利于承包商
责任分摊原则	按比例分摊
工期从宽、费用从严	工期索赔业主责任优先，费用索赔承包商责任优先

## 2B320070 公路项目施工成本管理

### (P268) 施工成本管理的流程（预、计、控、核、分、考）

成本预测→成本计划编制→成本控制→成本核算→成本分析→成本考核

(P268) 编制施工成本计划的关键是确定责任目标成本，这是成本计划的核心，是成本管理所要达到的目标，成本目标通常以项目成本总降低额和降低率来定量地表示。

计划成本偏差=施工预算成本-责任目标成本

计划成本偏差反映现场施工成本在计划阶段的预控情况，也称施工成本计划预控偏差。正值表示计划预控不到位，不满足该项责任目标成本的要求。

(5) 当计划预控偏差总和为正值时，应进一步改善施工方案，寻找有潜力的分部分项工程，挖掘降低施工预算成本的途径和措施，保证现场计划总成本控制在责任目标总成本的范围内。

标后预算	作为依据
项目预算（直接）成本	签订责任书
计划预算（直接）成本	编制成本计划
实际预算（直接）成本	考核成本管理成效

### (P269)

项目预算总成本=Σ（标后预算清单单价×清单工程量）+现场管理费

标后预算清单单价=某工程细目（单位直接工程费+单位其他工程费）



图2B320072 项目标后总费用构成

(P271) 材料费计算

(4) 材料单价=(材料采购单价+运杂费)×(1+场外运输损耗率)×(1+采购及保管费率)-包装品回收价值

(P271) 机械费的计算

(1) 自有机械

自有机械总费用=∑某种机械型号的(不变费用+可变费用)

不变费用包括折旧费、维修费和安装拆卸及辅助设施费。

可变费用包括:燃油费、电费、机驾人员工资、养路费及车船使用税等。

## 2B320080 公路工程造价管理

(P278) 工程量清单反映的是每个相对独立的个体项目的主要内容和预算数量以及完成的价格。

需要特别指出的是工程量清单中所列的工程数量不是中标者在施工时应予完成的实际的工程量。

## 2B320090 公路工程施工现场临时工程管理

(P297) 项目部驻地建设:离集中爆破区 500m 以外,自建房屋最低标准为活动板房,建设宜选用阻燃材料,搭建不宜超过两层,每组最多不超过 10 栋,组与组之间的距离不小于 8m,栋与栋之间的距离不小于 4m,房间净高不低于 2.6m。驻地办公区、生活区应采用集中供暖设施,严禁电力取暖。

(P298) 预制梁场布设离集中爆破区 500m 以外;不得占用规划的取、弃土场。

原则上不宜设在主线征地范围内。若确实存在用地困难等特殊情况需要将预制场设于主线征地范围

(P290) 预制梁板台座布设

(1) 预制梁板的台座强度应满足张拉要求,台座尽量设置于地质较好的地基上,在不良地基路段,应先进行地基处理。为防止发生张拉台座不均匀沉降、开裂事故,影响预制梁板的质量,先张法施工的张拉台座不得采用重力式台座,应采用钢筋混凝土框架式台座。

(2) 底模宜采用通长钢板,不得采用混凝土底模。

(5) 空心板、箱梁最多存放层数应符合设计文件和相关技术规范要求。设计文件无规定时,空心板叠层不得超过 3 层,小箱梁和 T 形梁堆叠存放不得超过 2 层。预制梁存放时(特别是叠层存放)应采取支撑等措施确保安全稳定。

(P300) 拌合站选址

1. 应满足用地合法,周围无塌方、滑坡、落石、泥石流、洪涝等地质灾害。无高频、高压电源及其他污染源;离集中爆破区 500m 以外;不得占用规划的取、弃土场。

(P303) 场地建设

场地(含堆料区、加工区)应做硬化处理,主要运输道路应采用不小于 20cm 厚的 C20 混凝土硬化,基础不好的道路应增设碎石掺石屑垫层,场内排水宜按照中间高四周低的原则预设不小于 1.5%的排水坡度,四周宜设置砖砌排水沟,并采用 M7.5 砂浆抹面。

(P303) 凡用于工程的砂石料应按级配要求,不同粒径、不同品种分场存放,每区醒目位置设置材料标识牌,并采用不小于 30cm 厚的混凝土或厚度不小于 60cm 的浆砌片石隔墙等构造物分隔,隔墙高度应确保不串料(一般不低于 2.5m),储料仓预留一定空间方便装载机上料。

(P305) 便桥的类型有墩架式梁桥、装配式公路钢桥(俗称贝雷桥)、浮桥和索桥。

## 2B320100 公路工程施工机械设备的使用管理

(P308) 凿岩机械有凿岩机和钻孔机;公路机械化施工,气动凿岩机和空气压缩机为必配的设备,是石方工程的关键设备,主要用在硬岩上钻凿炮孔。

(P310) 间歇式设备生产率计算公式:

$$Q_j = \frac{nG_jK_B}{1000} \quad (\text{t/h}) \quad (2B320101-1)$$

式中  $G_j$ ——每拌制一份料的质量 (kg) ;  
 $n$ ——每小时拌制的份数;  
 $K_B$ ——时间利用系数,  $K_B=0.8 \sim 0.9$ 。

$$n = \frac{60}{t_1+t_2+t_3} \quad (2B320101-2)$$

式中  $t_1$ ——搅拌器加料时间 (min) ;

$t_2$ ——混合料搅拌时间 (min) ;

$t_3$ ——品料卸料时间 (min) 。

(2) 连续式设备生产率计算公式:

$$Q_L = \frac{60G_LK_B}{1000t} \quad (\text{t/h}) \quad (2B320101-3)$$

式中  $G_L$ ——搅拌器内的料重 (kg) ;  
 $t$ ——拌合时间 (混合料在搅拌器内的停留时间) (min) 。

## (二) 沥青混凝土摊铺机

沥青混凝土摊铺机按行走方式可分为自行式和拖式两种, 自行式摊铺机又可分为履带式、轮胎式及复合式三种。

### 1. 沥青混合料摊铺机的生产能力

沥青混合料摊铺机的生产能力是以其最大摊铺宽度确定, 一般按摊铺宽度分为小型 (3.6m)、中型 (4~6m)、大型 (6~10m) 和超大型 (10~12m) 四类。

生产能力计算:

沥青混合料摊铺机的生产率以每小时的吨数来计算, 它按下列公式计算:

$$Q = hBv_0\rho K_B \quad (\text{t/h}) \quad (2B320101-4)$$

式中  $h$ ——铺层厚 (m) ;  
 $B$ ——摊铺带宽 (m) ;  
 $v_0$ ——摊铺工作速度 (m/h) ;  
 $\rho$ ——沥青混合料密度 ( $\text{t/m}^3$ ) ;  
 $K_B$ ——时间利用系数 (0.75~0.95) 。

(P317)

$$N = \frac{P}{W_1 Q K_B} \quad (2B320102)$$

式中  $N$ ——需要机械的台数;  
 $P$ ——计划时段内应完成的工程量 ( $\text{m}^3$ ) ;  
 $W_1$ ——计划时段内的台班数;  
 $Q$ ——机械的台班生产率 ( $\text{m}^3/\text{台班}$ ) ;  
 $K_B$ ——时间利用系数。

(P317) 根据作业内容选择施工机械

(1) 对于清基和料场准备等路基施工前的准备工作, 选择的机械与设备主要有: 推土机、挖掘机、装载机和平地机等; 遇有沼泽地段的土方挖运任务, 应选用湿地推土机。

(2) 对于土方开挖工程, 选择的机械与设备主要有: 推土机、铲运机、挖掘机、装载机和自卸汽车等。

(3) 对于石方开挖工程, 选择的机械与设备主要有: 挖掘机、推土机、移动式空气压缩机、凿岩机、爆破设备等。

(4) 对于土石填筑工程, 选择的机械与设备主要有: 推土机、铲运机、羊足碾、压路机、洒水车、平地机和自卸汽车等。

(5) 对于路基整型工程, 选择的机械与设备主要有: 平地机、推土机和挖掘机等。

## 2B330000 公路工程项目施工相关法规与标准

### 2B331020 公路建设管理相关规定

(P324)

序号	企业等级	承包工程范围
1	特级企业	可承担各等级公路及其桥梁、隧道工程的施工
2	一级资质	可承担各级公路及其桥梁、长度3000m以下的隧道工程的施工
3	二级资质	可承担一级标准以下公路，单座桥长1000m以下、单跨跨度150m以下的桥梁，长度1000m以下的隧道工程的施工
4	三级资质	可承担二级标准以下公路，单座桥长500m以下、单跨跨度50m以下的桥梁工程的施工

(P330) 区分转包和违法分包。

(1) 承包人未在施工现场设立项目管理机构和派驻相应人员对分包工程的施工活动实施有效管理，并且有下列情形之一的，属于**转包**：①承包人将承包的**全部工程**发包给他人的。②承包人将承包的**全部工程**肢解后以分包的名义分别发包给他人的。③法律、法规规定的其他转包行为。

**劳务合作不属于施工分包**。劳务合作企业以分包人名义申请业绩证明的，承包人与发包人不得出具。

(P331) 公路建设市场信用信息包括公路建设从业**单位基本信息、表彰奖励类良好行为信息、不良行为信息和信用评价信息**。

(P332) 评价内容由公路施工企业**投标行为、履约行为和其他行为**构成。投标行为以公路施工企业单次投标为评价单元，履约行为以单个施工合同段为评价单元。

(P332) 公路施工企业投标行为由**招标人**负责评价，履约行为由**项目法人**负责评价，其他行为由负责行业监管的相应地方人民政府**交通运输主管部门**负责评价。

(P332) 公路施工企业信用评价等级分为**AA、A、B、C、D**五个等级，各信用等级对应的企业评分X分别为：AA级：95分 $\leq$ X $\leq$ 100分，信用好；

A级：85分 $\leq$ X $\leq$ 95分，信用较好；B级：75分 $\leq$ X $\leq$ 85分，信用一般

C级：60分 $\leq$ X $\leq$ 75分，信用较差；D级：X $\leq$ 60分，信用差。

(P332) 对存在直接定为D级或降级的行为，招标人、项目法人或负责行业监管的相应地方人民政府交通运输主管部门发现后即报省级交通运输主管部门。自省级交通运输主管部门认定之日起企业在该省信用评价等级为D级或降一等级。

(P333) 被**1个省级**交通运输主管部门**直接认定为D级**的企业，其**全国综合评价直接定为C级**；被**2个及以上省级**交通运输主管部门直接认定为D级以及被国务院交通运输主管部门行政处罚的公路施工企业，其**全国综合评价直接定为D级**。

(P333) 公路施工企业**资质升级的，其信用评价等级不变**。企业分立的，按照**新设立企业**确定信用评价等级，但不得高于原评价等级。企业合并的，按照合并前信用评价等级**较低企业等级**确定。

联合体参与投标时，其信用等级按照联合体各方**最低**等级认定。

(P333) 公路工程设计变更分为**重大设计变更、较大设计变更和一般设计变更**。

1) 有下列情形之一的属于**重大设计变更**

(1) 连续长度10km以上的路线方案调整的；(2) 特大桥的数量或结构形式发生变化的；(3) 特长隧道的数量或通风方案发生变化的；(4) 互通式立交的数量发生变化的；(5) 收费方式及站点位置、规模发生变化的；(6) 超过初步设计批准概算的。

2) 有下列情形之一的属于**较大设计变更**

(1) 连续长度2km以上的路线方案调整的；

(2) 连接线的标准和规模发生变化的；(3) 特殊不良地质路段处置方案发生变化的；(4) 路面结构类型、宽度和厚度发生变化的；(5) 大中桥的数量或结构形式发生变化的；(6) 隧道的数量或方案发生变化的；

(7) 互通式立交的位置或方案发生变化的；(8) 分离式立交的数量发生变化的；(9) 监控、通信系统总体方案发生变化的；(10) 管理、养护和服务设施的数量和规模发生变化的；(11) 其他单项工程费用变化



超过 500 万元的；

(12) 超过施工图设计批准预算的。

3) 一般设计变更是指除重大设计变更和较大设计变更以外的其他设计变更。

重大设计变更由交通运输部负责审批。较大设计变更由省级交通主管部门负责审批。项目法人负责对一般设计变更进行审查。

(P339) 公路工程验收分为**交工验收**和**竣工验收**两个阶段。

(P341) 公路工程**竣(交)工验收的依据**

(1) 批准的项目建议书、工程可行性研究报告。(2) 批准的工程初步设计、施工图设计及设计变更文件。

(3) 施工许可。(4) 招标文件及合同文本。(5) 行政主管部门的有关批复、批示文件。

(6) 公路工程技术标准、规范、规程及国家有关部门的相关规定。

(P340) 公路工程**交工验收应具备条件**

(1) 合同约定的各项内容已全部完成。各方就合同变更的内容达成书面一致意见。

(2) 施工单位按《公路工程质量检验评定标准》及相关规定对工程质量自检合格。

(3) 监理单位对工程质量评定合格。(4) 质量监督机构按《公路工程质量鉴定办法》对工程质量进行检测，并出具**检测意见**。检测意见中需整改的问题已经处理完毕。

(5) 竣工文件按公路工程档案管理的有关要求，完成“公路工程项目文件归档范围”**第三、四、五部分**(不含缺陷责任期资料)内容的收集、整理及归档工作。

(6) **施工单位、监理单位**完成本合同段的工作总结报告。

(P340) 交工验收工程质量等级评定分为**合格**和**不合格**，工程质量评分值大于等于**75分**的为合格，小于75分的为不合格。

(P341) 工程质量评分大于等于**90分**为**优良**，小于90分且大于等于75分为**合格**，小于75分为**不合格**。

## 2B332000 公路施工安全生产和质量管理相关规定

### 2B332010 公路工程施工安全生产相关规定

(P343) 施工单位应当设立安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员。施工现场应当根据施工作业特点、安全风险以及施工组织难度，按照年度施工产值配备专职安全生产管理人员，不足5000万元的至少配备1名；5000万元以上不足2亿元的按每5000万元不少于1名的比例配备；2亿元以上的不少于5名，且按专业配备。

(P346) 公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估

(一) 评估范围

#### 1. 桥梁工程

(2) 跨径大于或等于140m的梁式桥，跨径大于400m的斜拉桥，跨径大于1000m的悬索桥。

(3) 墩高或净空大于100m的桥梁工程。

#### 2. 隧道工程

(1) 穿越高地应力区、岩溶发育区、区域地质构造、煤系地层、采空区等工程地质或水文地质条件复杂的隧道，黄土地区、水下或海底隧道工程。

(2) 浅埋、偏压、大跨度、变化断面等结构受力复杂的隧道工程。

(3) 长度3000m及以上的隧道工程，VI、V级围岩连续长度超过50m或合计长度占隧道全长的30%及以上的隧道工程。(4) 连拱隧道和小净距隧道工程。

(二) 评估方法

施工安全风险评估分为总体风险评估和专项风险评估。

(三) 评估步骤

风险评估工作包括：**制定评估计划、选择评估方法、开展风险分析、进行风险估测、确定风险等级、提出措施建议、编制评估报告**等方面。评估步骤一般为：

(四) 评估组织与评估报告

1. 施工安全风险评估工作原则上由项目施工单位具体负责。当被评估项目含多个合同段时，总体风险评估应由建设单位牵头组织，专项风险评估工作仍由合同施工单位具体实施。

3. 风险评估工作应形成评估报告。评估报告应反映风险评估过程的主要工作。报告内容应包括评估依据、工程概况、评估方法、评估步骤、评估内容、评估结论及对策建议等。

(P349) 根据生产安全事故（以下简称事故）造成的人员伤亡或者直接经济损失，事故一般分为以下等级：

(1) **特别重大事故**，是指造成 30 人以上死亡，或者 100 人以上重伤（包括急性工业中毒，下同），或者 1 亿元以上直接经济损失的事故；

(2) **重大事故**，是指造成 10 人以上 30 人以下死亡，或者 50 人以上 100 人以下重伤，或者 5000 万元以上 1 亿元以下直接经济损失的事故；

(3) **较大事故**，是指造成 3 人以上 10 人以下死亡，或者 10 人以上 50 人以下重伤，或者 1000 万元以上 5000 万元以下直接经济损失的事故；

(4) **一般事故**，是指造成 3 人以下死亡，或者 10 人以下重伤，或者 1000 万元以下直接经济损失的事故。本条所称的“以上”包括本数，所称的“以下”不包括本数。

#### (P349) 事故报告

1. 事故发生后，事故现场有关人员应当立即向本单位负责人报告；单位负责人接到报告后，应当于 1 小时内向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。情况紧急时，事故现场有关人员可以直接向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。

3. 事故报告后出现新情况的，应当及时补报。

自事故发生之日起 30 日内，事故造成的伤亡人数发生变化的，应当及时补报。道路交通事故、火灾事故自发生之日起 7 日内，事故造成的伤亡人数发生变化的，应当及时补报。

安全事故	一般	较大	重大	特别重大
死亡人数	3	10	30	
重伤人数	10	50	100	
直接经济损失	1000万	5000万	1亿	

## 2B332020 公路工程质量事故管理规定

### (P351) 公路工程质量事故的等级划分

根据直接经济损失或工程结构损毁情况（自然灾害所致除外），公路水运建设工程质量事故分为特别重大质量事故、重大质量事故、较大质量事故和一般质量事故四个等级；直接经济损失在一般质量事故以下的为质量问题。

1. 特别重大质量事故，是指造成直接经济损失 1 亿元以上的事事故。

2. 重大质量事故，是指造成直接经济损失 5000 万元以上 1 亿元以下，或者特大桥主体结构垮塌、特长隧道结构坍塌，或者大型水运工程主体结构垮塌、报废的事事故。

3. 较大质量事故，是指造成直接经济损失 1000 万元以上 5000 万元以下，或者高速公路项目中桥或大桥主体结构垮塌、中隧道或长隧道结构坍塌、路基（行车道宽度）整体滑移，或者中型水运工程主体结构垮塌、报废的事事故。

4. 一般质量事故，是指造成直接经济损失 100 万以上 1000 万元以下，或者除高速公路以外的公路项目中桥或大桥主体结构垮塌、中隧道或长隧道结构坍塌，或者小型水运工程主体结构垮塌、报废的事事故。

### (P351) 公路工程质量事故报告相关规定

(P351) 建设单位提交的材料符合规定的，交通运输主管部门或者其委托的建设工程质量 监督机构应当在 15 个工作日内为其办理工程质量监督手续，出具公路水运工程质量监督管理受理通知书。