

路基工程

路堤试验路段施工总结宜包括下列内容：

(2) 压实工艺主要参数，如**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。

【记忆方法】用机械送水去三亚（压）

2. 路基施工测量

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方法**进行。

(3) 导线复测规定

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。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**。

(2) 水准点复测与加密规定

②同一建设项目应采用同一高程系统，**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，**每隔 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**。

土方：2m 检测路基中线和宽度

石方、土石方：3m 检测路基中线和宽度

深挖高填：每挖填一个边坡平台或 3~5m，复测中线和横断面。

石方开挖：每挖深 3~5m 应进行边坡边线和坡率的复测。

原地基处理要求

【压实度总结】

地基表层碾压处理压实度控制标准为：二级及二级以上公路一般**土质应不小于 90%**；三、四级公路应**不小于 85%**。

路床高一 96%

高一二、桥台后背过渡段 96%

级配碎石基层 99%底基层 97%

挖方路基施工

【欠挖总结】

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**。

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。**当填筑高程距路床底面 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，再分层填至设计高程。

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。

填方路基施工

4. 填石路基施工技术

(1) 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的方式填筑**。

(4) 压实机械宜选用**自重不小于 18t 的振动压路机**。

(6) 中硬、硬质石料填筑路堤时，应进行边坡码砌。**边坡码砌与路基填筑应基本同步进行**。

(8) **压实质量可采用沉降差指标进行检测**。

填石路堤的压实质量标准采用**孔隙率作为控制指标**，孔隙率的检测应采用**水袋法**进行。

2) 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**。

(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%**。

路基改建施工

1. 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**。施工前应截断流向拓宽作业区的水源, 开挖临时排水沟。

(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。

(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。

拓宽高路堤与陡坡路堤还应进行**稳定性监测**。

特殊路基施工

⑤ 抛石挤淤施工规定

A. 应采用不易风化的片石、块石, **石料直径宜不小于 300mm**。

B. 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抛填**、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。

C. 当抛石高出水面后, 应采用**重型机具碾压密实**。

袋装砂井施工工序为:**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**。

塑料排水板施工工序为:**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**。

方法	分类	检查项目
竖向排水体	袋装砂井	井距、井长、井径、灌砂率
	塑料排水板	板距和板长
粒料桩		桩距、桩长、桩径、粒料灌入率、地基承载力
加固土桩	粉喷桩、浆喷桩	桩距、桩径、桩长、单桩每延米喷粉(浆)量、强度、地基承载力
CFG 桩		桩距、桩径、桩长、强度、复合地基承载力

路面工程

粒料基层(底基层)施工

(7) 无机结合料稳定中、粗粒材料的拌合生产设备应满足下列要求:

①对高速公路和一级公路, 混合料拌合设备的产量**宜大于 500t/h**。

②拌合设备的料仓数目应与规定的备料档数相匹配, **宜较规定的备料档数增加 1 个**。

③各个料仓之间的**挡板高度应不小于 1m**。

④高速公路的基层施工时, 每个料斗与料仓下面应安装称量**精度达到±0.5%的电子秤**。

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**。

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) 基层收缩裂缝的处理

基层在养护过程中出现裂缝, 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:

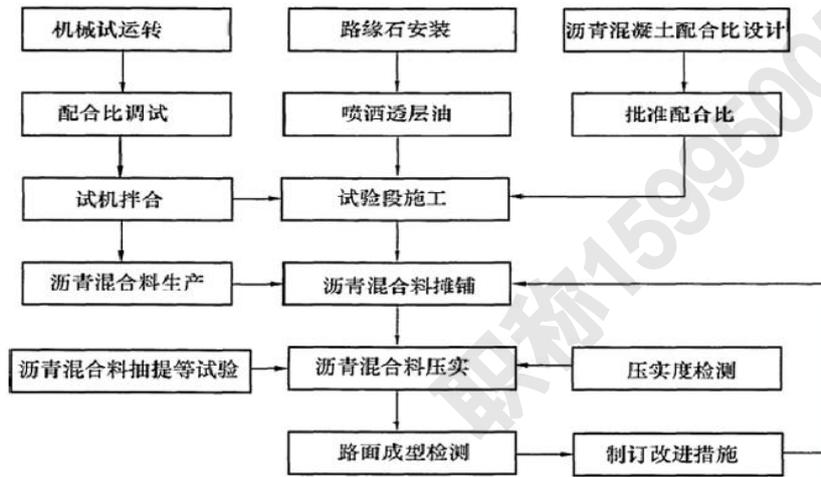
(1) **在裂缝位置灌缝**。

(2) **在裂缝位置铺设玻璃纤维格栅**。

(3) **洒铺热改性沥青**。

沥青路面施工准备

热拌沥青混合料面层施工工序：



4) 混合料的摊铺

- (2) 下、中面层采用**走线法施工**，表面层采用**平衡梁法施工**。
- (5) 开铺前将摊铺机的**熨平板进行加热至不低于 100℃**。
- (6) 采用双机或三机梯进式施工时，**相邻两机的间距控制在 10~20m**。两幅应有 30~60mm 宽度的搭接。
- (8) 在摊铺过程中**随时检查**高程及摊铺厚度，并及时通知操作手。
- (9) 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。

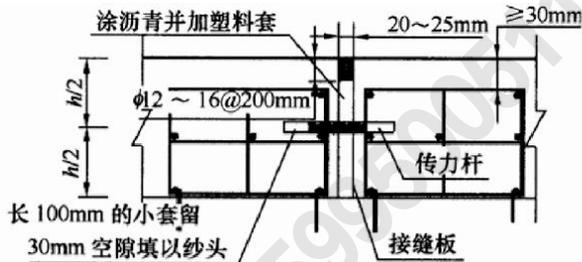
初压：采用**钢轮压路机**静压 1~2 遍，正常施工情况下，**温度应不低于 120℃**并紧跟摊铺机进行，当对摊铺后初始压实度较大，经实践证明采用**振动压路机或轮胎压路机**直接碾压无严重推移而有良好效果时，**可免去初压**。

复压：紧跟在初压后开始，不得随意停顿。**密级配沥青混凝土 (AC)** 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。**SMA 用振动压路机复压**。

水泥混凝土路面施工准备

8) 接缝材料

- (1) 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。



水泥混凝土路面施工

1. 模板及其架设与拆除

- (1) 施工模板应采用刚度足够的**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) 纵横曲线路段应采用**短模板**，每块模板中点应安装在曲线切点上。
- (3) 模板与混凝土拌合物接触表面应**涂隔离剂**。
- (4) 模板拆除应在混凝土抗压强度**不小于 8.0MPa** 时方可进行。

4. 滑模摊铺机铺筑施工

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。**基层侧边缘到滑模摊铺面层边缘的宽度不宜小于 650mm**。**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。

桥梁工程

常用模板、支架和拱架设计与施工

支架预压

- 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**。

②对于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**。

(4) 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。

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**。

5) 模板、支架的拆除

(2) 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**后方可拆除。

(3) 芯模和预留孔道的内模，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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

(7) 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**。

(8) 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。

钢筋和混凝土施工

电弧焊宜采用双面焊缝，仅在双面焊无法施焊时，方可采用单面焊缝。电弧焊接头的焊缝长度，对**双面焊缝应不小于 5d，单面焊缝应不小于 10d(d 为钢筋直径)**。电弧焊接与钢筋弯曲处的距离**应不小于 10d**，且不宜位于构件的最大弯矩处。

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。

种类	每批	频次	试验项目
钢丝	≤60t	5%且≥5 盘	表面质量(不合格→逐盘；抗拉强度、弯曲和伸长率(两端))
钢绞线	≤60t	任取 3 盘	表面质量、直径偏差、力学性能(端部)

4) 混凝土的浇筑

(2) 自高处向模板内倾卸混凝土时，应防止混凝土离析。直接倾卸时，**其自由倾落高度宜不超过 2m**；超过 2m 时，应通过**串筒、溜管(槽)或振动溜管(槽)**等设施下落；**倾落高度超过 10m 时，应设置减速装置**。

3. 预应力混凝土工程施工

先张法预制梁板施工工序：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→混凝土养护→拆模→放松预应力筋→成品存放、运输。

后张法预应力施工工艺：

钢筋安装→预应力管道安装→模板安装→钢绞线穿束→混凝土浇筑→养护→拆除边模→预应力张拉→压浆→封锚②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：

A. **使用时间超过 6 个月**。B. **张拉次数超过 300 次**。C. **使用过程中千斤顶或压力表出现异常情况**。D. **千斤顶检修或更换配件后**。【口诀】36 异修换

(3) 张拉应力控制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**。

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 σ_{con} 的 **10%~25%**，伸长值**应从初应力时开始量测**。预应力筋张拉的实际伸长值 ΔL_s (mm)， $\Delta L_s = \Delta L_1 + \Delta L_2$ (3.1-4)，式中 ΔL_1 —从初应力至最大张拉应力间的**实测伸长值(mm)**； ΔL_2 —初应力以下的**推算伸长值(mm)**。

(3) 预应力筋的张拉应符合设计要求，设计无规定时，其张拉程序可按表 3.1-8 的规定进行。

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→σ_{con}(持荷 5min 锚固)
	其他锚具	0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min)→0→ σ_{con} (锚固)

热轧带肋钢筋	0→初应力→1.05σ _{con} (持荷 5min)→0.9σ _{con} →σ _{con} (锚固)
--------	---

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。

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。

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；对热轧带肋钢筋，可采用乙炔—氧气切割，但应采取必要措施防止高温对其产生不利影响。

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。

后张法预应力筋的张拉和锚固应符合下列规定：

(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。

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。

锚固完毕并经检验确认合格后方可切割端头多余的预应力筋，切割时应采用砂轮锯，严禁采用电弧进行切割，切割后预应力筋的外露长度应不小于 30mm，且应不小于 1.5 倍预应力筋直径。

后张法设计无规定时，其张拉程序可按表 3.1-10 的规定进行。

锚具和预应力筋种类		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→σ _{con} (持荷 5min 锚固)
其他锚具	钢绞线束	0→初应力→1.05σ _{con} (持荷 5min)→σ _{con} (锚固)
	钢丝束	0→初应力→1.05σ _{con} (持荷 5min)→0→σ _{con} (锚固)
螺母锚固锚具	热轧带肋钢筋	0→初应力→σ _{con} (持荷 5min)→0→0σ _{con} (锚固)

6)后张法预应力孔道压浆及封锚：

(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。所用原材料应符合相关规定。

对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入；对水平直线孔道可从任意一端的压浆孔压入；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。

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。

悬臂浇筑中跨合龙流程图：吊架及模板安装→设置平衡重→普通钢筋及预应力管道安装→合龙锁定→解除连续梁墩顶临时固结，完成体系转换→浇筑合龙段混凝土→预应力施工→拆除模板及吊架。

悬索桥施工主要工序包括：基础施工→塔柱和锚碇施工→先导索跨越工程→牵引系统和猫道系统→猫道面层和抗风缆架设→索股架设→索夹和吊索安装→加劲梁架设和桥面铺装。

桥梁下部结构施工

钻孔灌注桩实测项目：混凝土强度(Δ)、桩位、孔深(Δ)、孔径、钻孔倾斜度、沉淀厚度、桩身完整性(Δ)。

两桩三孔+强厚

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等。

沉淀厚度设计未规定时，对桩径小于或等于 1.5m 的摩擦桩宜不大于 200mm，对桩径大于 1.5m 或桩长大于 40m 以及土质较差的摩擦桩宜不大于 300mm，对支撑桩宜不大于 50mm。

水下混凝土宜采用钢管灌注，导管内径宜为 200~350mm。导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验，严禁采用压气试压。灌注桩桩顶高程应比设计高程高出不少于 0.5m。

隧道工程

地质超前预报按预报长度可分为以下三类：

短距离预报，预报长度小于 30m，可采用地质调查法、地质雷达法及超前地质钻探法等。

中距离预报，预报长度大于等于 30m 且小于 100m，可采用地质调查法、弹性波反射法及超前地质钻探法等。

长距离预报，预报长度大于等于 100m，可采用地质调查法、弹性波反射法及超前地质钻探法等。

隧道施工监控量测

表 4.2-1 隧道现场监控量测必测项目

项目名称	方法及工具	测点布置
洞内、外观察	现场观测、地质罗盘等	开挖及初期支护后进行
周边位移	各种类型 收敛计、全站仪 或其他非接触量测仪器	每 5~100m 一个断面，每断面 2~3 对测点
拱顶下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪 或其他非接触量测仪器	每 5~100m 一个断面
地表下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪 等	洞口段、浅埋段 ($h \leq 2.5b$)，布置不少于 2 个断面，每断面不少于 3 个测点
拱脚下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪 等	富水软弱破碎围岩、流沙、软岩大变形、含水黄土、膨胀岩土等不良地质和特殊性岩土段

3. 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，并按表 4.2-3 位移管理等级管理。

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

隧道洞口、明洞施工

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**。

【台背、墙背】部位狭窄时，可采用**低强度等级混凝土、浆砌片石**等材料回填。

(3) 回填材料不宜采用**膨胀岩土**。(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**。回填土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**。

隧道开挖

1. 一般规定

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**。

3. 超欠挖控制

(3) 应严格控制欠挖。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，每 1m² 内欠挖面积不宜大于 0.1m²，欠挖隆起量不得大于 50mm。**拱脚、墙脚以上 1m 范围内、净空图折角对应位置**严禁欠挖。(5) 超挖应回填密实。

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。

⑤**隧底超挖**可采用**强度等级不低于 C15 的混凝土或 C20 喷射混凝土**回填，回填后应再次检查断面形状、尺寸。

4) 装药作业应符合的规定

(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) 装药前，无关人员与机具等应**撤至安全地点**。(4) 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。(5) 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。

(7) 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。【口诀】875，别亲我

周边炮孔痕迹保存率=残留有痕迹的炮孔数/周边孔总数×100%

隧道支护与衬砌

喷射混凝土作业应符合下列规定：

- (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。
- (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**。
- (9)**喷射混凝土不得挂模喷射**。
- (10)**喷射混凝土回填物不得重新作喷射混凝土材料**。

【喷射混凝土时间总结】

2min: 喷射混凝土搅拌时间不应小于 2min。3min: 初凝时间应不大于 3min。12min: 终凝时间应不大于 12min。
 2h、7d: 喷射混凝土终凝 2h 后，进行养护，养护时间不应小于 7d。3h: 爆破作业应在上一循环喷射混凝土终凝 3h 后进行。
 1d: 喷射混凝土 1d 龄期的抗压强度不应低于 8MPa。

隧道工程主要质量通病及防治措施

2)隧道衬砌裂缝病害的防治

(1)原因分析

①围岩压力不均②衬砌背后局部空洞③衬砌厚度严重不足④混凝土收缩⑤不均匀沉降⑥施工管理不到位

第 5 章交通工程

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。

波形梁护栏护栏板的搭接方向应与行车方向相同；**波形梁顶面应与道路竖曲线相协调**。

混凝土护栏的安装应从一端逐步向前推进。

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；其中**交通信号监控、调度电话、火灾自动报警、隧道紧急电话、隧道广播**为独立的子系统，**隧道通风控制、隧道照明控制、电力监控在逻辑构成上相对独立**，在系统构成上则可以合在一起。

公路工程设计变更管理

2. 设计变更分类

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。

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（交通运输部负责审批）	较大设计变更（省级交通运输主管部门负责审批）
连续长度 10km 以上的路线方案调整的	连续长度 2km 以上的路线方案调整的
特大桥的数量或结构形式发生变化的	大中桥的数量或结构形式发生变化的
特长隧道的数量或通风方案发生变化的	隧道的数量或方案发生变化的；
互通式立交的数量发生变化的	互通式立交的位置或方案发生变化的分离式立交的数量发生变化的；
收费方式及站点位置、规模发生变化的	
超过初步设计批准概算的	超过施工图设计批准预算的

2) 有下列情形之一的属于较大设计变更：

- (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；(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；一般设计变更由项目法人进行审查。

公路工程施工安全生产条件

施工单位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。

公路工程项目施工安全风险评估

总体风险评估和专项风险评估等级均分为四级：低风险(I 级)、一般风险(II 级)、较大风险(III 级)、重大风险(IV 级)。

评估阶段	对象	时间	组织单位
总体风险评估		项目开工前（评估项目含多个合同段时）	施工单位/建设单位
专项风险评估	风险等级达到III级及以上	分项工程开工前	施工单位

3. 公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估

1) 评估范围

(1) 桥梁工程

①多跨或跨径大于 40m 的石拱桥，跨径大于或等于 150m 的钢筋混凝土拱桥，跨径大于或等于 350m 的钢箱拱桥、钢桁架、钢管混凝土拱桥。

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。

公路工程施工生产安全事故报告

1. 事故分类及等级

(2) 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：

事故等级：	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	

本条所称的“以上”包括本数，“以下”不包括本数。

(2) 事故报告应当包括下列内容：

①事故发生单位概况。②事故发生的时间、地点以及事故现场情况。③事故的简要经过。④事故已经造成或者可能造成的伤亡人数(包括下落不明的人数)和初步估计的直接经济损失。⑤已经采取的措施。⑥其他应当报告的情况。

(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。

公路工程质量事故管理

1. 公路工程质量事故的等级划分

事故等级	判断依据
特别重大质量事故	直接经济损失 1 亿元以上
重大质量事故	直接经济损失 5000 万元以上 1 亿元以下； 特大桥主体结构垮塌、特长隧道结构坍塌、大型水运工程主体结构垮塌、报废
较大质量事故	直接经济损失 1000 万元以上 5000 万元以下； 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；中型水运工程主体结构垮塌、报废
一般质量事故	直接经济损失 100 万元以上 1000 万元以下； 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

施工进度控制

公路工程进度控制方法和措施

2. 进度计划的检查

1) 进度计划检查的内容：(1) 工作量的完成情况。(2) 工作时间的执行情况。(3) 资源使用及进度的互配情况。(4) 上次检查提出问题的处理情况。

施工质量管理

对结构安全、耐久性和主要使用功能起决定性作用的检查项目为关键项目，以下叙述以“△”标识。关键项目的合格率不得低于 95%(机电工程为 100%)；有规定极值的检查项目，任一个检测值不应突破规定极值，否则该检查项目为不合格；一般项目，合格率应不低于 80%。

一、砌体、片石混凝土挡土墙质量检验

浆砌挡土墙	砂浆强度(△)、平面位置、墙面坡度、断面尺寸(△)、顶面高程、表面平整度。
干砌挡土墙	平面位置、墙面坡度、断面尺寸(△)、顶面高程、表面平整度。
片石混凝土挡土墙	混凝土强度(△)、平面位置、墙面坡度、断面尺寸(△)、顶面高程、表面平整度。

二、路基路面质量检验

土方路基	压实度(△)、弯沉(△)、纵断高程、中线偏位、宽度、平整度、横坡、边坡。
------	--------------------------------------

填石路基	压实(△)、弯沉(△)、纵断高程、中线偏位、宽度、平整度、横坡、边坡坡度和平顺度。
稳定土基层和底基层	压实度(△)、平整度、纵断高程、宽度、厚度(△)、横坡、强度(△)。
级配碎(砾)石基层和底基层	压实度(△)、弯沉值、平整度、纵断高程、宽度、厚度(△)、横坡。
水泥混凝土面层	弯拉强度(△)、板厚度(△)、平整度、抗滑构造深度、横向力系数SFC、相邻板高差、纵横缝顺直度、中线平面偏位、路面宽度、纵断高程、横坡、断板率。
沥青混凝土面层和沥青碎(砾)石面层	矿料级配(△)、沥青含量(△)、马歇尔稳定度、压实度(△)、平整度、弯沉值、渗水系数、摩擦系数、构造深度、厚度(△)、中线平面偏位、纵断高程、宽度及横坡。

四、隧道工程质量检验

隧道总体	车行道宽度、内轮廓宽度、内轮廓高度(△)、隧道偏位、边坡或仰坡坡度
喷射混凝土	喷射混凝土强度(△)、喷层厚度、喷层与围岩接触状况(△) (强厚街)

11) 混凝土桥面板桥面铺装

(2) 实测项目

- ①水泥混凝土桥面铺装实测项目：混凝土强度(△)、厚度、平整度、横坡、抗滑构造深度。
②沥青混凝土桥面铺装实测项目：压实度(△)、厚度、平整度、渗水系数、横坡、抗滑构造深度。

5. 交通工程主要系统质量检验与测试

施工成本管理

(3) 机械费的计算：分租赁和自有两种情况计算机械费用。

① 自有机械

自有机械总费用 = \sum 某种机械型号的 (不变费用 + 可变费用) (12.1-12)

不变费用包括折旧费、检修费、维修费和安装辅助费。

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

折旧费 = 设备原值 \times 年折旧率 \times 使用时间 (年) (12.1-13)

3) 措施费

措施费是指直接费以外施工过程中发生的直接用于工程的费用。其内容包括冬期施工增加费、雨期施工增加费、夜间施工增加费、特殊地区施工增加费、行车干扰工程施工增加费、施工辅助费、工地转移费等内容。

4) 专项费用：专项费用包括施工场地建设费和安全生产费。

(1) 施工场地建设费。按照工地建设标准化要求进行承包人驻地、工地试验室建设、办公、生活居住房屋和生产用房屋等费用；场区平整、场地硬化、排水、绿化、标志、污水处理设施、围墙隔离设施等费用，以及以上范围内各种临时工作便道、人行便道，工地临时用水、用电的水管支管和电线支线，临时构筑物、其他小型临时设施等的搭设或租赁、维修、拆除及清理的费用；另外，还包括工地试验室所发生的属于固定资产的试验设备和仪器等折旧、维修或租赁费用以及施工扬尘污染防治措施费和文明施工、职工健康生活的费用。但不包括红线范围内贯通便道、进出场的临时便道、保通便道。

(2) 安全生产费包括完善、改造和维护安全设施设备费用，配备、维护、保养应急救援器材、设备费用，开展重大危险源和事故隐患评估和整改费用，安全生产检查、评价、咨询费用，配备和更新现场作业人员安全防护用品支出，安全生产宣传、教育、培训费用，安全设施及特种设备检测检验费用，施工安全风险评估、应急演练等有关工作及其他与安全生产直接相关的费用。

标后预算应按投标时招标文件规定的安全生产费金额列项，一般情况下为最高投标限价的 1.5%。

施工技术与设备管理

公路工程施工技术交底

分级	交底人员	被交底人员
第一级	项目总工	①项目各部门负责人②全体技术人员
第二级	项目技术部门负责人或各分部分项工程主管工程师	①现场技术人员②班组长
第三级	现场技术员	班组全体作业人员