2025年二级建造师《公路工程管理与实务》口袋书

第 1 章　路基工程

▶考点一：路基施工准备与施工测量

1. 试验与试验路段

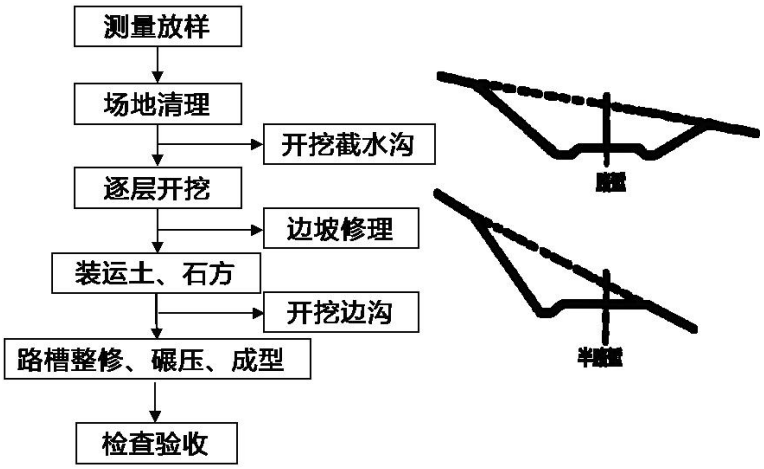
试验取样	土的试验项目：天然含水率、液限、塑限、颗粒分析、击实、CBR 等 【口诀：水爷可吃素鸡】
试验路段	试验路段应选择地质条件、路基断面形式等具有代表性的地段，长度宜不小于 200m。下列情况应进行试验路段施工： （1）二级及二级以上公路路堤 （2）填石路堤、土石路堤 （3）特殊填料路堤 （4）特殊路基 （5）拟采用新技术、新工艺、新材料、新设备的路基
压实工艺主要参数	机械组合、压实机械规格、松铺厚度、碾压遍数、碾压速度、最佳含水率及碾压时含水率范围等【口诀：合格送变速水】

2. 路基施工测量

公路等级	高程测量等级	平面测量等级
高速、一级公路	四等	一级
二、三、四级公路	五等	二级
测量方法	水准，三角高程	卫星定位、导线、三角、三边

▶考点二：土质路堑施工

1. 路堑施工工序（土质）



2. 土质路堑开挖方法【口诀：长为纵，短为横，深多层，浅单层】

横向挖掘法	单层横向全宽	浅且短
	多层横向全宽	深且短

纵向挖掘法	分层纵挖法
	通道纵挖法
	分段纵挖法
混合式挖掘法	多层横向全宽+通道纵挖法混合

3. 土方开挖规定

（1）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。

（3）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，宜在设计路床顶高程以上预留至少 300mm 厚的保护层。

▶考点三：石质路堑施工

1. 石质路堑施工技术

石方开挖施工规定	（1）应逐级开挖，逐级防护 （2）每挖深 3～5m 应进行边坡边线和坡率的复测 （3）严禁采用硐室爆破（对边坡稳定扰动大），靠近边坡部位的硬质岩应采用光面爆破或预裂爆破
石质路床清理规定	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
深挖路堑施工规定	（1）施工过程中应对深挖路堑的稳定性进行监测 （2）每挖深 3～5m 应复测一次边坡

2. 石质路堑爆破施工方法

（1）常用爆破方法

光面爆破	在主爆区之后起爆，以形成平整的轮廓面的爆破作业
预裂爆破	在主爆区之前起爆，起到减弱开挖限界以外建筑物的地震破坏作用
延时爆破	前发药包为后发药包开创了临空面，从而加强了岩石的破碎效果
定向爆破	利用爆破将大量土石方按照指定的方向，搬移到一定的位置并堆积成路堤的一种爆破施工方法

（2）综合爆破施工技术

浅孔爆破	炮孔直径小于或等于 50mm，深度小于或等于 5m 的爆破
深孔爆破	①炮孔直径大于 50mm，并且深度大于 5m 的爆破 ②爆破方式多采用深孔多排微差爆破，每次爆破方量可达 1 万 m^3 以上。适合于深路堑施工
药壶爆破	主要用于露天爆破，适用于均匀致密的硬土、次坚石、坚石
猫洞爆破	主要用于较坚硬的土壤松动或在次坚石、坚石爆破中配合药壶炮爆破，也用于半挖半填地段路基施工

▶考点四：路床施工技术

1. 零填、挖方路段的路床施工技术

换填	过湿土	①高速、一级：0.8～1.2m，若过湿土的总厚度小于 1.5m 则宜全部换填 ②二级：0.5～0.8m

	软岩	高速、一级：0.3～0.5m
填筑厚度	①每层最大压实厚度宜不大于 300mm ②顶面最后一层压实厚度应不小于 100mm	
填料规定	高速、一级公路路床填料 ①首先，采用砂砾、碎石 ②其次，采用级配好的碎石土、砾石土 ③最后，采用无机结合料改良细粒土	

▶考点五：土方路堤施工技术

1. 土方路堤填筑施工工序

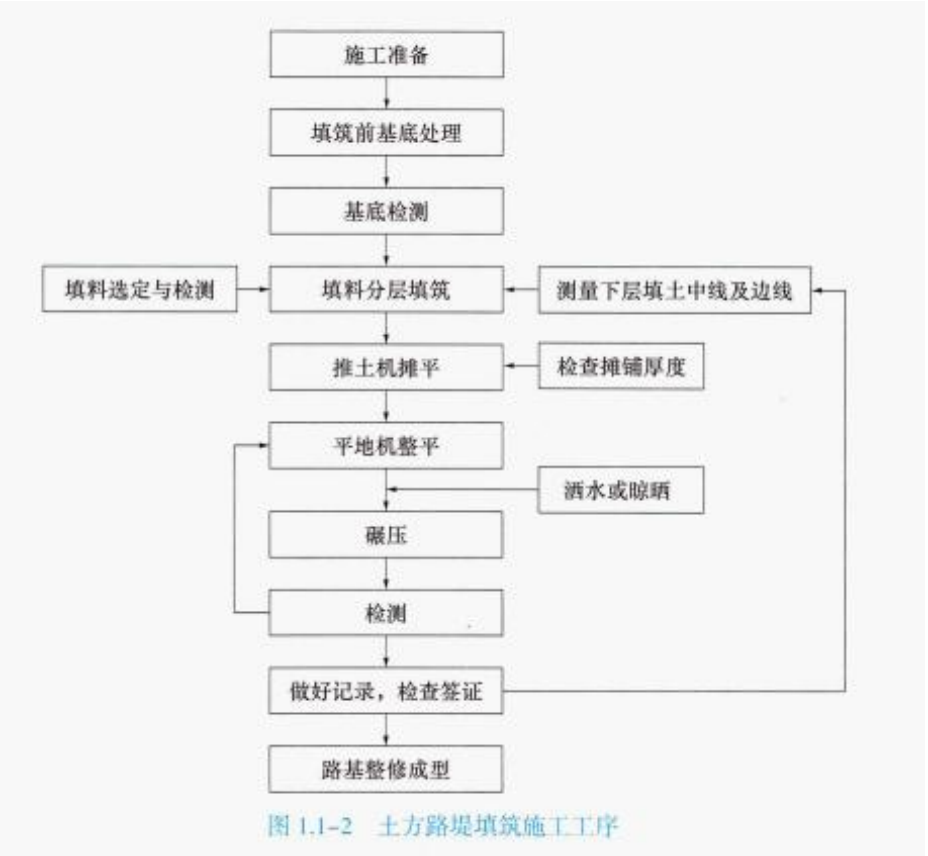


图 1.1-2　土方路堤填筑施工工序

2. 填筑要求

性质不同的填料	（1）应水平分层、分段填筑、分层压实 （2）同一层路基应采用同一种填料，不得混合填筑 （3）每种填料填筑压实后的连续厚度不宜小于 500mm
透水性不同的填料	（1）在透水性差的压实层上填筑透水性好的填料前，应在其表面设 2%～4%的双向横坡，并采取相应的防水措施 （2）不得在透水性好的填料所填筑的路堤边坡上覆盖透水性差的填料
填料的松铺厚度	通过试验确定
填筑宽度	宽度不得小于设计宽度
填筑顺序	应从最低处填筑，逐层压实
接头处理	（1）不能交替填筑：先填路段按 1：1～1：2 坡度分层留台阶 （2）能交替填筑：则应分层相互交替搭接，搭接长度不小于 2m

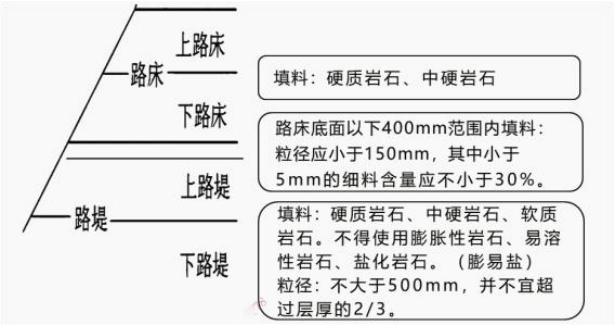
施工过程质量控制	（1）施工过程中，每一压实层均应进行压实度检测 ①检测频率：每 1000m² 不少于 2 点 ②检测方法：灌砂法、环刀法 （2）每填筑 2m 宜检测路线中线和宽度。（土 2 中宽）

▶考点六：填石路基施工技术

1. 施工方法

竖向填筑法	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
分层压实法	高速公路、一级公路和铺设高级路面的其他等级公路 四级施工台阶是：在路基面以下 0.5m 为第一级台阶，0.5～1.5m 为第二级台阶，1.5～3.0m 为第三级台阶，3.0m 以上为第四级台阶 四个作业区段：填石区段、平整区段、碾压区段、检测区段
冲击压实	利用冲击压实机的冲击碾周期性、大振幅、低频率对路基填料进行冲击，压密填方
强力夯实法	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

2. 填石路堤填料要求



3. 填筑要求

填石路堤顶面与细粒土填土层之间处理	应填筑过渡层、铺设无纺土工布隔离层
压实机械要求	自重不小于 18t 的振动压路机
边坡码砌	①中硬、硬质石料填筑路堤需边坡码砌 ②与路堤填筑基本同步进行
易风化岩石或软质岩石石料填筑	采取边坡封闭、底部设置排水垫层、顶部设置防渗层等措施。
施工过程质量控制	①压实质量可采用沉降差指标进行检测 ②每填高 3m 宜检测路基中线和宽度（石 3 中宽）
压实质量标准	用孔隙率（孔隙率检测用水袋法）作为控制指标

▶考点七：路基季节性施工

1. 路基雨期施工

雨期施工地段的选择	雨期施工地段	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	重黏土、膨胀土及盐渍土地段以及平原地区排水困难地段
填筑路堤	填料应选用透水性好的碎石土、卵石土、砂砾、石方碎渣和砂类土等	
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 时停止开挖，并在两侧挖好临时排水沟，待雨期过后进行施工 （3）雨期开挖岩石路基，炮眼宜水平设置

2. 路基冬期施工

冬期施工地段的选择	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、填挖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
冬期填筑路堤	（1）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）当填筑高程距路床底面 1m 时，碾压密实后应停止填筑

▶考点八：路基排水设施施工

1. 路基排水设施分类

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、仰斜式排水孔等

2. 渗沟

管式渗沟	地下水引水较长、流量较大的地区
洞式渗沟	地下水流量较大的地段
边坡渗沟	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
支撑渗沟	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

▶考点九：路基改建施工

1. 一般路堤拓宽施工要求

拓宽路堤填筑前处理	（1）应拆除原有排水沟、隔离栅等设施 （2）拓宽部分的基底清除原地表土应不小于 0.3m （3）老路堤坡面清除的法向厚度应不小于 0.3m （4）施工前，应截断流向拓宽作业区的水源，开挖临时排水沟
防护工程拆除	上边坡的既有防护工程宜与路基开挖同步拆除
支挡工程	（1）既有路堤的护脚挡土墙及抗滑桩可不拆除 （2）路肩式挡墙路基拼接时，上部支挡结构物应予拆除，宜拆除至路床底面以下
台阶要求	高度不大于 1.0m；宽度应不小于 1.0m
结合部材料	宜在新、老路基结合部铺筑土工合成材料（土工布和土工格栅）

▶考点十：软土地基处理施工技术

1. 垫层和浅层处理

垫层类型	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
浅层处理	处理深度：不宜大于 3m

	方法： （1）浅层置换（砂砾、碎石土） （2）浅层改良（石灰、水泥） （3）抛石挤淤（片石、块石，石料直径宜不小于 300mm）

2. 竖向排水体

适用	适用于深度大于 3m 的软土地基处理
类型及设备	（1）袋装砂井（沉管式打桩机） （2）塑料排水板（沉管式打桩机、插板机）
施工工序	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 【口诀：原下级打入，出居头上】
	塑料排水板：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。 【口诀：原下级穿套管，排吉普】
施工规定	袋装砂井： （1）宜采用中、粗砂 （2）套管起拔时应垂直起吊，防止带出或损坏砂袋。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
	塑料排水板： 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
施工质量标准	袋装砂井检查项目：井距、井长、井径、灌砂率
	塑料排水板检查项目：板距、板长

3. 粒料桩

类型	适用条件、机械及施工工艺
振冲置换法	（1）适用于处理十字板抗剪强度不小于 15kPa 的软土地基 （2）机械：振冲器、起重机或施工专用平车和水泵 （3）施工工艺：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
振动沉管法	（1）适用于处理十字板抗剪强度不小于 20kPa 的软土地基 （2）机械：振动打桩机和钢套管 （3）三种工艺：一次拔管、逐步拔管、重复压管成桩法
试桩	（1）施工前应进行成桩工艺和成桩挤密试验 （2）确定桩长、成桩时间、砾（碎）石投入量、施工顺序、单桩及复合地基承载力等参数
施工顺序	（1）宜从中间向外围或间隔跳打 （2）邻近结构物施工时，应沿背离结构物的方向施工
施工质量标准	检查项目：桩距、桩长、桩径、粒料灌入率、地基承载力

4. 加固土桩

类型	粉喷桩和浆喷桩
适用性	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

试桩	（1）施工前应进行成桩工艺和成桩强度试验，桩数宜不少于 5 根 （2）各种技术参数：钻进速度、提升速度、搅拌速度、喷气压力、单位时间喷入量等
问题处理	（1）发现喷粉量或喷浆量不足，应整桩复打 （2）中断施工，应及时记录深度，并在 12h 内复打，复打重叠长度应大于 1m；超过 12h，应采取补桩措施

5. 水泥粉煤灰碎石桩

适用性	适用于处理十字板抗剪强度不小于 20kPa 的软土地基
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
试桩	（1）施工前应进行成桩工艺和成桩强度试验 （2）成桩试验需要确定：施工工艺、速度、投料数量和质量标准
投料	（1）首次投料量应使管内混合料面与投料口平齐 （2）桩顶超灌高度不宜小于 0. 5m
振动拔管	（1）沉管宜在设计高程留振 10s 左右，然后边振动，边拔管 （2）拔管过程中不得反插
打桩顺序	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
施工质量标准	检查项目：桩距、桩长、桩径、强度、复合地基承载力

6. 强夯和强夯置换

强夯法	（1）适用：处理碎石土、低饱和度的粉土与黏性土、杂填土和软土等地基 （2）处理范围：每边超出坡脚的宽度不宜小于 3m
强夯置换法	（1）适用：处理高饱和度的粉土与软塑、流塑的软黏土地基，处理深度不宜大于 7m （3）处理范围：坡脚外增加一排置换桩
试夯	（1）选择有代表性并不小于 500m^2 的路段进行试夯 （3）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

7. 软土地区路堤施工技术要点（施工期间）

（1）路堤中心线地面沉降速率 24h 应不大于 10～15mm；

（2）坡脚水平位移速率 24h 应不大于 5mm；

（3）填筑速率应以水平位移控制为主。

▶考点十一：滑坡地段路基施工

1. 滑坡防治的工程措施

滑坡排水	环形截水沟、树枝状排水沟、平整夯实、排除地下水（有支撑渗沟、边坡渗沟、暗沟、平孔等）
力学平衡	（1）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。牵引式滑坡、具有膨胀性质的滑坡不宜用滑坡减重法 （2）填方路堤发生的滑坡，可采用反压土方或修建挡土墙等方法处理
改变滑带土	焙烧法、电渗排水、爆破灌浆法

2. 滑坡地段路基的施工技术要点

（1）滑坡地段路基施工安全规定

①滑坡影响范围应设安全警示标志，根据现场情况设置围挡等防护措施。

②滑坡影响范围内不得设置临时生产、生活设施或停放机械、堆放机具等。

③施工前应先做好截、排水设施，并应随开挖随铺砌。施工用水不得浸入滑坡地段。

④滑坡体上开挖路堑和修筑抗滑支挡构筑物时，应分段跳槽开挖，不得大段拉槽开挖，采用抗滑桩挡土墙共同支挡时，应先做抗滑桩后做挡土墙。

⑤冰雪融化期不得开挖滑坡体，雨后不得立即施工，夜间不得施工。

（2）削坡减载施工规定

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予灌浆封闭或开挖夯填。

（3）填筑反压施工规定

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。

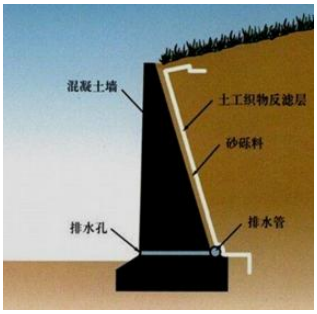
（4）抗滑支挡工程施工规定

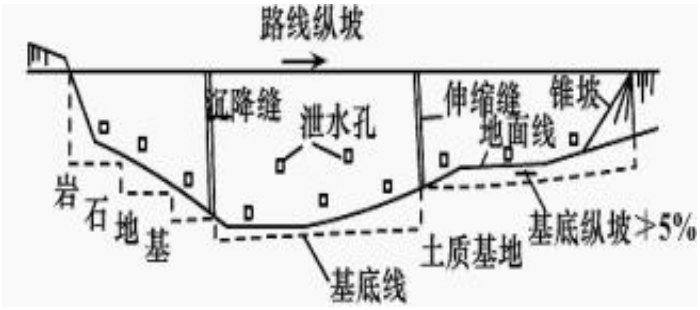
①抗滑桩、锚索施工应从两端向滑坡主轴方向逐步推进。

②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。

▶考点十二：支挡工程设置与施工

1. 重力式挡土墙施工





（1）特点及适用条件【口诀：养父种图纸】

原理	依靠圬工墙体的自重
墙背形式	仰斜、俯斜、垂直、凸形折线（凸折式）和衡重式五种
施工工序	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

（2）施工要求

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
基础施工	①硬质岩石上的浆砌片石基础宜满坑砌筑 ②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
墙背回填压实	①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 ②距墙背 0.5～1.0m 内，不得使用重型振动压路机碾压

2. 加筋土挡土墙施工

（1）特点及适用条件

原理	拉筋与土之间的摩擦作用
组成	由填料、拉筋以及墙面板三部分
适用条件	地形较为平坦且宽敞的填方路段上
施工工序	施工准备→测量放样→基槽（坑）开挖→地基处理→排水设施→基础浇（砌）筑→构件预制与安装→筋带铺设→填料填筑与压实→墙顶封闭等，其中现场墙面板拼装、筋带铺设、填料填筑与压实等工序是交叉进行的

（2）施工要求

填料	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
拉筋	单根拉筋应垂直于面板，多根拉筋应按设计扇形铺设
墙面板	设置适当的仰斜。安设好的面板不得外倾
摊铺碾压	①应从拉筋中部开始平行于墙面进行，不得平行于拉筋方向碾压。应先向拉筋尾部逐步摊铺、压实，然后再向墙面方向进行 ②不得使用羊足碾压。靠近墙面板 1m 范围内，应使用小型机具夯实或人工夯实

3. 锚杆挡土墙施工

锚杆挡土墙	（1）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 （2）柱板式锚杆挡土墙由挡土板、肋柱和锚杆组成。传力：土压力→挡土板→肋柱→锚杆→周围地层 （3）壁板式锚杆挡土墙由墙面板和锚杆组成，墙面板直接和锚杆连接，以锚杆为支撑，传力：土压力→墙面板→锚杆→周围地层 （4）主要施工工序：施工准备→测量放样→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

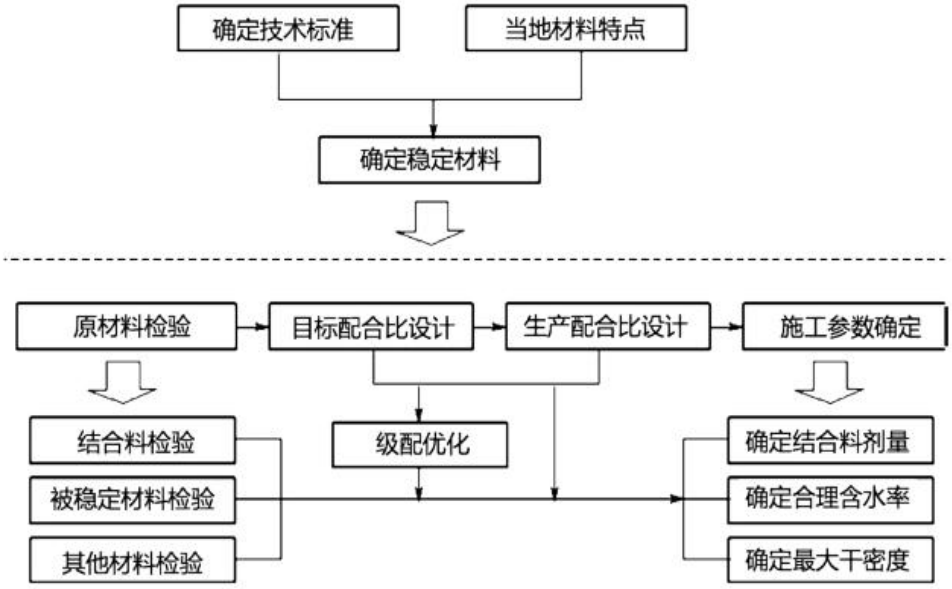
▶考点十三：路基试验检测

最佳含水率测定	有击实试验法、振动台法和表面振动压实仪法
压实度检测	灌砂法、环刀法、核子密度湿度仪法、无核密度仪法

第 2 章　路面工程

▶考点一：无机结合料基层（底基层）施工

1. 混合料组成设计流程图



2. 混合料组成设计

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

3. 混合料生产、摊铺及碾压

碾压成型厚度	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	
下承层处理	稳定细粒	顶面拉毛或采用凸块式压路机碾压
	稳定中、粗粒	清理干净，并洒铺水泥净浆
梯队作业	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	
初压	双钢轮压路机稳压 2～3 遍	
复压	大于 35t 的重型振动压路机、18～21t 三轮压路、25t 以上的轮胎压路机	
终压	双钢轮压路机	

4. 基层收缩裂缝的处理

基层收缩裂缝的处理	（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

▶考点二：沥青路面施工准备

1. 对原材料要求

（1）道路石油沥青各个沥青等级的适用范围应符合表规定

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）改性乳化沥青宜按表选用

品种		代号	适用范围
改性乳化沥青	喷洒型改性乳化沥青	PCR	粘层、封层、桥面防水粘结层用
	拌和用乳化沥青	BCR	改性稀浆封层和微表处用

2. 铺筑试验路段

范围	（1）高速公路和一级公路的沥青路面 （2）其他等级公路在缺乏施工经验或初次使用重大设备时 （3）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
长度	宜为 100～200m，宜选在正线上铺筑

（4）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通过试拌确定拌合机的操作工艺，考查计算机打印装置的可信度。

③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。

④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。

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。

⑥检测试验段的渗水系数。

▶考点三：沥青路面透层、粘层、封层施工

1. 透层施工技术【投入煤业】

（1）作用与适用条件

透层	作用	为使沥青面层与基层结合良好
	材料	乳化沥青、煤沥青或液体沥青
	适用条件	沥青路面各类基层都必须喷洒透层油
	一般要求	①透层油的用量通过试洒确定 ②喷洒时机：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 粒料基层上洒布透层油：宜在铺筑沥青层前 1～2d 洒布 ③问题处理：有花白遗漏：应人工补洒；喷洒过量：立即撒布石屑或砂吸油

（2）注意事项

①透层油洒布后应不致流淌，不得在表面形成油膜。

②应按设计喷油量一次均匀洒布。

③喷洒透层油后一定要严格禁止人和车辆通行。

④在摊铺沥青前，应将局部尚有多余的未渗入基层的沥青清除。

⑤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。

2. 粘层施工技术

（1）作用与适用条件

粘层	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
	材料	①快裂或中裂乳化沥青 ②改性乳化沥青 ③快、中凝液体石油沥青
	适用条件	白加黑、黑加黑

3. 封层的施工技术

封层作用	（1）封闭某一层起着保水防水作用 （2）起基层与沥青表面层之间的过渡和有效联结作用 （3）路的某一层表面破坏离析松散处的加固补强 （4）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

▶考点四：沥青路面分类

1. 按技术品质和使用情况分类

分类	组成	优缺点
沥青混凝土路面	集料、矿粉、沥青	优点：适用于各级公路面层 缺点：允许拉应变值较小，会产生规则横向裂缝
沥青碎石路面	石料级配和沥青规格要求较宽，不用矿粉	优点：高温稳定性好，不易产生波浪，路面粗糙，利于行车 缺点：孔隙率较大，易渗水和老化
沥青贯入式	沥青浇洒在铺好的主层集料上，再分层撒布嵌缝石屑和浇洒沥青，分层压实	优点：温度稳定性好，热天不易出现推移，冷天不易出现裂缝 缺点：多空隙结构，最上层应撒布封层料或加铺拌合层
沥青表面处治	层铺法或拌合法铺筑而成的厚度不超过 3cm 的沥青面层	优点：路面薄、造价低、施工简便、行车好

2. 按组成结构分类

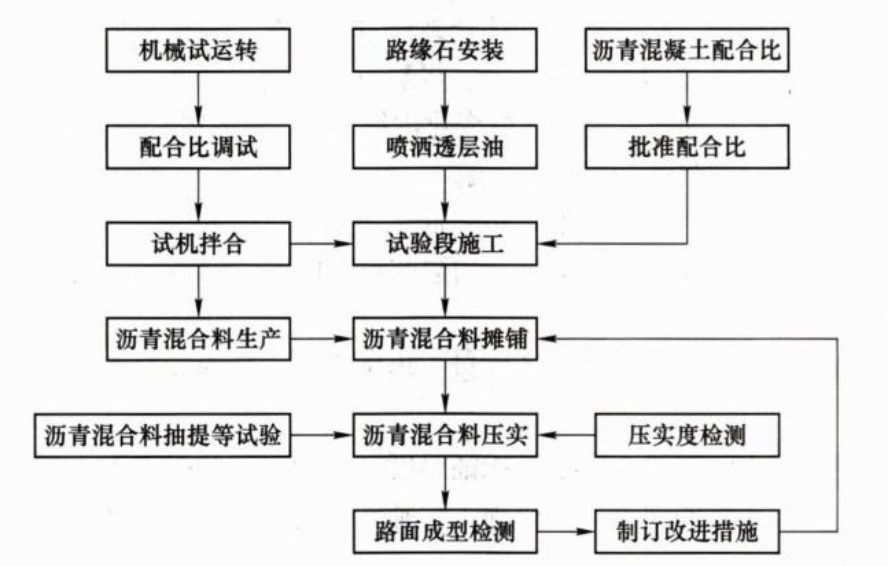
分类	代表
密实一悬浮结构	AC-I 型沥青混凝土 【口诀：师傅爱吃】
骨架一空隙结构	沥青碎石混合料（AM）和排水沥青混合料（OGFC） 【口诀：嘉熙爱买诅歌】
密实一骨架结构	沥青碎石玛蹄脂混合料（SMA） 【口诀：试驾扫码】

3. 按矿料级配分类

分类	代表
密级配	（1）空隙率小于 10%（3%～6%Ⅰ型，4%～10%Ⅱ型） （2）沥青混凝土、沥青稳定碎石
半开级配	（1）空隙率在 10%以上 （2）改性沥青稳定碎石（AM）
开级配	（1）空隙率大于 15% （2）排水式沥青磨耗层混合料（OGFC）和排水式沥青稳定碎石基层（ATPB）
间断级配	（1）缺少 1 个或几个档次 （2）沥青玛琋脂碎石混合料（SMA）

▶考点五：热拌沥青混合料面层施工技术

1. 热拌沥青混合料面层施工工序



2. 沥青混合料的拌制、运输

拌制	出料温度控制在 135～170℃。当混合料出料温度过高即废弃
运输	（1）根据拌合站的产量、运距合理安排运输车辆 （2）运输车的车厢内保持干净，涂防粘薄膜剂。运输车配备覆盖棚布以防雨和热量损失 （3）运输混合料废料情形 ①离析、硬化在运输车厢内的混合料 ②低于规定铺筑温度或被雨淋的混合料

3. 混合料的摊铺

摊铺方法	（1）下、中面层采用走线法施工 （2）表面层采用平衡梁法施工
摊铺速度	（1）摊铺机均匀行驶，行走速度和拌合站产量相匹配 （2）在摊铺过程中不准随意变换速度
摊铺温度	施工控制在不低于 125～140℃
熨平板加热	开铺前将摊铺机的熨平板进行加热至不低于 100℃

摊铺机间距	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 宽度的重叠
摊铺检查	摊铺过程中随时检查：高程及摊铺厚度，并及时通知操作手
摊铺方案改变	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

4. 混合料的压实

（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。密级配沥青混凝土优先采用胶轮压路机进行搓揉碾压，以增加密水性。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。

（3）采用雾状喷水法，以保证沥青混合料碾压过程中不粘轮。

▶考点六：水泥路面加铺沥青面层

1. 直接加铺法

（1）板块脱空、桥头沉陷

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→弯沉检测。

①定位：地质雷达

②钻孔：钻孔取芯机，钻孔深度与板厚一致。

③制浆：灌入浆液，可以是热沥青、水泥浆、水泥粉煤灰浆、水泥砂浆等。

④灌浆：灌浆孔布置在四角和板中，不少于 5 孔，边孔距板边大于 50cm。

⑤交通控制：压浆完成后的板块，禁止车辆通行，待灰浆强度达到 3MPa 时可开放交通。

⑥弯沉检测：强度达到要求后，复测压浆板四角的回弹弯沉值，当弯沉值超过 0.3mm 时，应重新钻孔补压。

▶考点七：水泥混凝土路面施工

1. 水泥混凝土路面施工准备

（1）铺筑试验路段

范围	①二级及二级以上公路水泥混凝土面层施工前，应制订试验路段的施工方案和质量检测计划，并应铺筑试验路段 ②其他等级公路施工前宜铺筑试验路段
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. 小型机具混凝土路面施工

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）模板拆除应在混凝土抗压强度不小于 8.0MPa 时方可进行
混凝土拌合物搅拌	（1）拌合楼的配备，应优先选配间歇式拌合楼，也可使用连续拌合楼 （2）每台拌合楼在投入生产前，必须进行标定和试拌

3. 滑模摊铺机铺筑施工

（1）一般规定【口诀：上下纵横 567，独饮半瓶武陵春】

插杆装置	①传力杆和胀缝拉杆钢筋宜采用前置支架法施工 ②也可采用滑模摊铺机配备的自动插入装置（DBI）施工
适用性	不宜采用滑模摊铺机进行摊铺 ①上坡纵坡大于 5% ②下坡纵坡大于 6% ③平面半径小于 50 米 ④超高横坡超过 7%的路段

（2）准备工作

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 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 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 ⑤单根基准线的最大长度不宜大于 450m。架设长度不宜大于 300m ⑥基准线宜使用钢绞线

（3）水泥混凝土面层滑模摊铺机铺筑

滑模摊铺速度	根据板厚、混凝土工作性、布料能力、振捣排气效果等确定
滑模摊铺振捣频率	根据板厚、混凝土工作性、摊铺速度确定

4. 水泥混凝土路面接缝

	分类	构造形式
纵缝	纵向施工缝	设拉杆平缝型
	纵向缩缝（假缝）	设拉杆假缝型
横缝	横向施工缝	设传力杆平缝型（缩缝处）、设拉杆企口缝型（缩缝之间）
	横向缩缝	设传力杆假缝型和不设传力杆假缝
	横向胀缝	真缝传力杆

▶考点八：路面试验检测

1. 无侧限抗压强度试验检测

试件	高：直径＝1：1 的圆柱体 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=150mmX×150mm
仪器设备	圆孔筛、试模、液压千斤顶、压力机、天平、台秤、量筒等

2. 马歇尔试验检测

稳定度	指沥青混合料在外力作用下抵抗变形的能力，也是马歇尔测定的沥青混合料达到最大破坏的极限状态
流值	沥青混合料抗塑性变形能力的指标。当试件达到最大荷载时，其压缩变形值，也就是流值表上的读数，以 0.1mm 计
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

	浸水后的稳定度与标准马歇尔稳定度的百分比即为残留稳定度
适用	主要用于沥青混合料的配合比设计及沥青路面施工质量检验

3. 水泥混凝土路面抗压、抗折强度试验检测

（1）水泥混凝土抗压强度试验方法

试件尺寸	150mm 的正立方体标准试件
试验步骤	①试件的成型并养护 ②试件修整。试件如有蜂窝缺陷，可以在试验前 3d 用水泥浆填补修整 ③压力试验。以成型时的侧面作为受压面 ④整理试验数据，提供试验报告

（2）水泥混凝土抗折（抗弯拉）强度试验方法

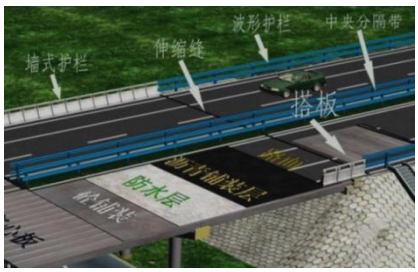
试件尺寸	150mm×150mm×550mm 的梁形试件
试验步骤	①试件的成型并养护 ②试件外观检查、修整。检查试件，如发现试件中部 1/3 长度内有蜂窝等缺陷，则该试件废弃 ③标记试件 ④加载试验 ⑤整理试验数据，提供试验报告

第 3 章　桥涵工程

▶考点一：桥梁构造与施工准备

1. 桥梁的组成【口诀：支书上下桥】

上部结构	桥跨结构
下部结构	桥墩、桥台、基础
支座	用于支承上部结构的传力装置，并满足上部结构设计要求的变位
附属设施	①桥面系：桥面铺装、防水与排水系统、护栏、灯光照明 ②伸缩缝；③桥头搭板；④锥形护坡



2. 桥梁分类

（1）按桥梁的结构受力体系分类

基本体系	梁式（受弯）、拱式（受压）、悬索（受拉）
组合体系	刚构桥、斜拉桥

（2）桥梁的其他分类

①按桥梁全长和跨径的不同，分为特大桥、大桥、中桥和小桥。

桥梁分类

桥梁分类	单位	多孔跨径总长 L	单孔跨径 l_K
特大桥	m	$L>1000$	$l_K>150$
大桥	m	$100\leqslant L\leqslant 1000$	$40\leqslant l_K\leqslant 150$
中桥	m	$30<L<1000$	$20\leqslant l_K<40$
小桥	m	$8\leqslant L\leqslant 30$	$5\leqslant l_K<20$

注：1. 单孔跨径指标准跨径。
2. 梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长；拱式桥为两端桥台内起拱线间的距离；其他形式桥梁为桥面系车道长度。
3. 标准跨径：梁式桥、板式桥以两桥墩中线间距离或桥墩中线与台背前缘间距为准；拱式桥以净跨径为准。

▶考点二：常用模板、支架的设计与施工

1. 一般规定

模板	（1）模板和支架应具有足够的强度、刚度和稳定性 （2）模板与混凝土的接触面应涂刷隔离剂，但不得采用废机油等油料，且不得污染钢筋及混凝土的施工缝 （3）在模板上设置的吊环应采用 HPB300 钢筋，严禁采用冷加工钢筋制作。在模板自重标准值作用下，吊环的拉应力应不大于 65MPa

支架	支架不得与应急安全通道相连接

2. 模板、支架的设计【口诀：外露银币，死而无憾】

刚度验算	（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）支架受载后挠曲的杆件，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 1.5mm （5）钢模板的钢棱和柱箍变形为 L/500 和 B/500
抗倾覆稳定性验算	模板、支架抗倾覆稳定系数不应小于 1.3。

3. 模板、支架的制作及安装

模板的安装规定	（1）模板不宜与脚手架连接 （2）模板安装完成后，其尺寸、平面位置和顶部高程等应符合设计要求，节点连接应牢固。【口诀：吃平顶】 （3）梁、板等结构的底模板宜根据需要设置预拱度	
支架的安装规定	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。【口诀：萍姐顶粽】	
支架在施工前进行预压规定	（1）可不预压：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）预压目的：消除地基的不均匀沉降和支架的非弹性变形。（获得弹性变形参数；验算安全性） （3）预压荷载：宜为支架所承受荷载的 1.05～1.1 倍	
预拱度和卸落装置	（1）设置的预拱度值	结构本身需要的预拱度
		施工需要的预拱度
	（1）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
	（1）卸落模板装置	①落模设备：木楔、木马、砂筒、千斤顶（禁止采用无漏油保险装置的液压千斤顶） ②确定卸落量：根据结构形式、承受的荷载大小

4. 模板、支架的拆除

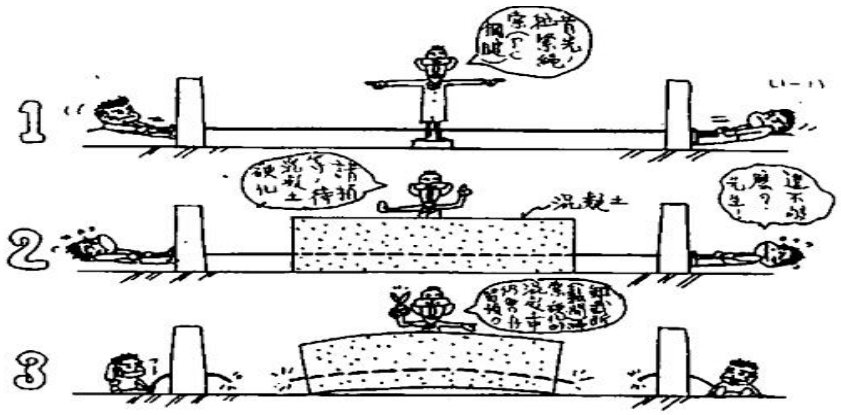
拆除条件	非承重侧模板	抗压强度达到 2.5MPa
	芯模和预留孔道的内模	在混凝土强度能保证其表面不发生塌陷或裂缝现象时，方可拆除
	钢筋混凝土结构承重模板、支架	应在混凝土强度能承受其自重荷载及其他可能的叠加荷载
	预应力混凝土结构承重模板、支架	①侧模在预应力钢束张拉前拆除 ②底模及支架在结构建立预应力后拆除
拆除原则	①后支先拆、先支后拆 ②墩、台的模板宜在其上部结构施工前拆除	
拆除顺序	简支梁、连续梁	从跨中向支座方向
	悬臂梁	从悬臂端开始顺序卸落

▶考点三：钢筋和混凝土施工

1. 预应力钢筋的进场验收

构件	检验批	取样数量	检验内容
钢丝	60t	抽查 5%且不少于 5 盘，进行表面质量检查，不合格逐盘检查	每盘两端取样进行抗拉强度、弯曲和伸长率的检验
钢绞线	60t	每批钢绞线中任取 3 盘	每盘正常部位截取一组试样进行表面质量、直径偏差和力学性能试验
热轧带肋钢筋	100t	表面质量应逐根目视检查	外观检查合格后在每批中任选 2 根钢筋截取试件进行拉伸试验

2. 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→混凝土养护→拆模→放松预应力筋→成品存放、运输。

（1）墩式台座结构应符合下列规定：【口诀：清华邀我一生】

承力台座	①具有足够的强度、刚度和稳定性 ②抗倾覆安全系数应不小于 1.5 ③抗滑移系数应不小于 1.3
锚固横梁	受力后挠度应不大于 2mm

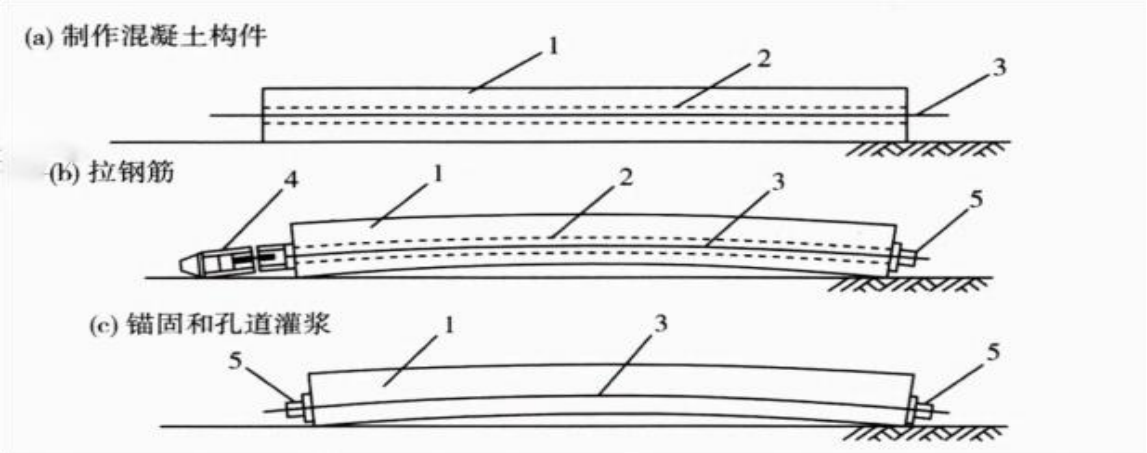
（2）先张法预应力筋的张拉

张拉过程中	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%
	同一构件内预应力钢丝、钢绞线的断丝数量不得超过总数的 1%，同时对于热轧带肋钢筋不容许断筋
张拉完毕后	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）先张法预应力筋的放张

放张条件	①强度应不低于设计强度等级值的 80% ②弹性模量应不低于混凝土 28d 弹性模量的 80% ③当采用混凝土龄期代替弹性模量控制时应不少于 5d
钢筋切割	①对钢丝和钢绞线，采用机械切割的方式 ②对热轧带肋钢筋，采用乙炔—氧气切割

3. 后张法



（1）后张法预应力筋的张拉和锚固应符合下列规定

张拉条件	①强度应不低于设计强度等级值的 80% ②弹性模量应不低于混凝土 28d 弹性模量的 80% ③当采用混凝土龄期代替弹性模量控制时应不少于 5d	
张拉方式	一端张拉	钢束长度小于 20m 的直线预应力筋
	两端张拉	第一种：曲线预应力筋 第二种：钢束长度大于或等于 20m 的直线预应力筋
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		

（2）后张法预应力孔道压浆及封锚

压浆时间	张拉锚固后，48h 内完成
压浆方法	①曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入 ②上下分层设置孔道的，按先下层后上层的顺序 ③同一孔道的压浆应连续进行，一次完成 ④压浆应缓慢、均匀地进行，不得中断
压浆时间	浆液自拌制完成至压入孔道的延续时间不宜超过 40min

▶考点四：钻孔灌注桩施工

1. 钻孔灌注桩施工的主要工序有：埋设护筒、制备泥浆、钻孔、清孔与成孔检查、钢筋笼制作与吊装以及灌注水下混凝土等。

（1）埋设护筒（识图、高度、作用）

作用	①护筒能稳定孔壁、防止坍孔 ②隔离地表水 ③保护孔口地面 ④固定桩孔位置 ⑤起到钻头导向作用
高度	宜高出地面 0.3m 或水面 1.0～2.0m，同时应高于桩顶设计高程 1.0m

（2）制备泥浆

①钻孔泥浆由水、黏土（或膨润土）和添加剂按适当配合比配制而成。

②作用：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，防止坍孔的作用。

（3）钻孔

正循环	①泥浆池→泥浆笼头→钻杆中心→钻头→孔内→孔顶→沉淀池→泥浆池 ②优点：钻进与排渣同时进行，钻进速度较快 ③缺点：泥浆池与沉淀池分开，占地较多，设备较复杂
反循环	①泥浆池→孔内→钻头→钻杆中心→沉淀池/泥浆池 ②优点：钻进和排渣效率高 ③缺点：钻渣容易堵塞管路，容易孔壁坍塌，需要较高质量的泥浆
冲击钻孔	冲击钻成孔灌注桩适用于黄土、粘性土或粉质粘土和人工杂填土层，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
旋挖钻机钻孔	旋挖钻机一般适用粘土、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

（4）成孔检查与清孔

终孔后	对桩孔的孔位、孔径、孔形、孔深和倾斜度进行检验
清孔的方法	①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 ②不得采用加深钻孔深度的方式代替清孔
清孔后	对孔底的沉淀厚度进行检验

（5）灌注水下混凝土

灌注水下混凝土前的准备工作

①导管法。宜采用钢导管。

②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。

③水压应不小于孔内水深 1.3 倍的压力。

灌注水下混凝土

①水下混凝土的灌注时间不得超过首批混凝土的初凝时间。

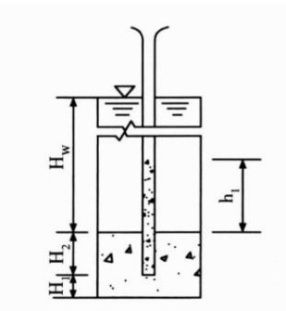
②混凝土运至灌注地点时，应检查其均匀性和坍落度（160～220mm）等。

③首批灌注混凝土的数量应能满足导管首次埋置深度 1.0m 以上的需要。

④首批混凝土入孔后，应连续灌注，不得中断。

⑤导管的埋置深度宜控制在 2～6m。最大埋深应不超过 9m。

首批灌注混凝土的数量计算



$$V=\frac{\pi D^2}{4}(H_1+H_2)+\frac{\pi d^2}{4}h_1$$

式中 V——灌注首批混凝土所需数量（m^3）；

D——桩孔直径（m）；

H_1——桩孔底至导管底端间距（m），一般为 0.3～0.4m；

H_2——导管初次埋置深度（m）；

d——导管内径（m）；

h_1——桩孔内混凝土达到埋置深度 H_2 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 $h_1=H_w\gamma_w/\gamma_c$；

⑨灌注桩桩顶高程应比设计高程高出不小于 0.5m，超灌的多余部分在承台施工前或接桩前应凿除。

▶考点五：基坑施工

1. 基坑开挖

（1）对坑壁采取挡板支护措施进行基坑开挖时应符合的规定：

地质条件	支护措施
基坑较浅且渗水量不大	竹排、木板、混凝土板
深度≤4m 且渗水量不大	槽钢、H 型钢、工字钢
地下水位较高，基坑开挖深度＞4m	锁口钢板桩、锁口钢管桩围堰

（2）基坑降排水

集水坑排水法	①除严重流沙外，一般集水坑排水均可适用。 ②排水设备的能力宜为总渗水量的 1.5～2.0 倍
井点降水法	①适用于粉砂、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，不适用于无砂的黏质土 ②井点降水曲线应低于基底设计高程或开挖高程至少 0.5m
止水帷幕法	①土质渗透性较大、挖掘较深的基坑 ②类型：硅化法、深层搅拌桩隔水墙、压力注浆、高压喷射注浆、冻结帷幕法等

（3）基底检验

检验内容	①基底平面位置、尺寸、基底高程 ②基底的地质情况及承载力 ③基底处理和排水情况 ④施工记录及有关试验资料	
地基检验方法	①小桥涵	直观或触探方法
	②大、中桥	触探和钻探（钻深至少 4m）取样做土工试验

▶考点六：浅基础与承台施工

1. 浅基础施工

（1）主要工序：浅基础施工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。

（2）混凝土的浇筑

基底为非黏性土或干土处理	施工前应将其润湿，按设计要求浇筑混凝土垫层
基底为岩石处理	应采用水冲洗干净，且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	

2. 承台施工

（1）钢围堰设计与施工的一般规定

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。

（2）钢板桩围堰

①钢板桩围堰施工工艺流程：测量放样→导向装置安装→打钢板桩→合龙止水→封底→抽水→承台→拆除。

②施打钢板桩应有导向装置，应能保证桩的位置准确。施打顺序应按既定的施工技术方案进行，并宜从上游开始分两头向下游方向合龙。

④拔除钢板桩之前，应向堰内注水使堰内外的水位保持平衡。拔桩应从下游侧开始逐步向上游侧进行。

（3）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%以上时方可进行。

（4）承台模板、钢筋施工与混凝土的浇筑

桩头施工采用“预先切割法+机械凿除”桩头处理工艺、“环切法”整体工艺等，不可在未对桩头凿除边线采用割刀等工具进行预先切割处理的情况下，直接由人工采用风镐或其他工具凿除基桩桩头混凝土。

▶考点七：台背回填

1. 台背回填施工要求

台背的填料	采用天然砂砾、二灰土或水泥稳定土或粉煤灰等轻质材料。不得采用含有泥草、腐殖质或冻块的土
台背回填长度	台背回填应顺路线方向，自台身起，其填土的长度在顶面应不小于桥台高度加 2m，在底面应不小于 2m，锥坡填土应与台背填土同时进行
台背回填厚度和压实度检查	（1）检查频率应每 50m^2 检验一点，不足 50m^2 时应至少检验一点，每点均应合格，且宜采用小型机械压实 （2）桥涵台背填土的压实度应不小于 96%

▶考点八：装配式梁板预制安装

1. 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。

（2）梁、板构件存放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。

（3）构件应按其安装的先后顺序编号存放，预应力混凝土梁、板的存放时间宜不超 3 个月，特殊情况下应不超过 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，各层垫木的支点位置应符合设计，上下层垫木应在同一条竖直线上；大型构件以 2 层为宜，应不超过 3 层；小型构件宜为 6～10 层。

2. 简支梁、板的安装应符合下列规定：

安装前应制定专项施工方案	
安装前应对支座或临时支座的平面位置和高程进行复测	
架桥机抗倾覆稳定系数	（1）架桥机安装作业时，其抗倾覆稳定系数应不小于 1.3 （2）架桥机过孔时，抗倾覆稳定系数应不小于 1.5
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. 先简支后连续的梁，其施工应符合下列规定

临时支座	当设置进行支承时，对一片梁中的各临时支座，其顶面的相对高差应不大于 2mm

永久支座	应在设置湿接头底模之前安装
湿接头的混凝土浇筑	（1）宜在一天中气温相对较低的时段浇筑 （2）湿接头混凝土的养护时间应不少于 14d
临时支座拆除	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

▶考点九：桥梁上部结构支架施工（以现浇箱梁为例叙述）

1. 支架现浇梁单个施工单元施工工艺流程

支架现浇梁单个施工单元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→钢筋、预应力筋安装→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→落架、模板支架拆除。

2. 支架模板施工

支架	（1）支架确保强度、刚度、稳定性满足要求 （2）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 （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
模板	混凝土的脱模剂应采用清洁的机油、肥皂水，不得使用废机油

第 4 章　隧道工程

▶考点一：隧道围岩分级与隧道构造

1. 围岩分级的判定方法

初步分级	坚硬程度、完整程度、岩体基本质量指标 BQ
岩质围堰基本质量指标 BQ 计算	$BQ=100+3R_C+250K_V$ 式中 Rc—岩石单轴饱和抗压强度 K_V—岩体完整性系数
岩体修正质量指标【BQ】	【BQ】$=BQ-100(K_1+K_2+K_3)$ 式中 K_1—地下水影响修正系数 K_2—主要软弱结构面产状影响修正系数 K_3—初始应力状态影响修正系数

2. 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≤B＜14	单洞两车道隧道
中等跨度隧道	14≤B＜18	单洞三车道隧道、单洞两车道＋紧急停车带隧道
大跨度隧道	B≥18	单洞四车道隧道、单洞三车道＋紧急停车带隧道、其他跨度大于等于 18m 的隧道

（2）公路隧道按长度进行分类，可分为特长隧道、长隧道、中隧道和短隧道四类。

隧道分类	特长隧道	长隧道	中隧道	短隧道
隧道长度 L（m）	L＞3000	1000＜L≤3000	500＜L≤1000	L≤500

3. 洞门的类型及构造

（1）洞门类型

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

（2）洞门构造

①洞门端墙和翼墙应具有抵抗来自仰坡、边坡土压力的能力。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 0.3。

②洞顶仰坡与洞顶回填顶面的交线至洞门端墙墙背的水平距离不宜小于 1.5m；洞顶排水沟沟底至拱顶衬砌外缘的最小厚度不应小于 1.0m；洞门端墙墙顶应高出墙背回填面 0.5m。

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。

4. 隧道衬砌形式及构造

衬砌形式	适用范围
锚喷衬砌	Ⅰ～Ⅲ级围岩洞身段

整体式衬砌	（1）三级及三级以下公路的隧道洞口段。 （2）Ⅳ～Ⅵ级围岩洞身段。
复合式衬砌	（1）高速公路、一级公路、二级公路的隧道 （2）三级及三级以下公路的隧道洞口段。 （3）Ⅳ～Ⅵ级围岩洞身段。

▶考点二：隧道地质超前预报与监控量测技术

1. 超前地质预报按预报长度可分为以下三类：

短距离预报	L<30m	地质调查法、地质雷达法及超前钻探法
中距离预报	30≦L<100m	地质调查法、弹性波反射法及超前钻探法
长距离预报	L≧100m	地质调查法、弹性波反射法及超前钻探法

2. 隧道现场监控量测必测项目

项目名称	方法及工具
洞内、外观察	现场观测、地质罗盘
周边位移	各种类型收敛计
拱顶下沉	水准仪、钢尺、全站仪
地表下沉	水准仪、钢尺、全站仪
拱脚下沉	水准仪、钢尺、全站仪

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。

管理等级	管理位移	施工状态
Ⅲ	$U<(U_0/3)$	正常施工
Ⅱ	$(U_0/3)\leqslant U\leqslant(2U_0/3)$	应加强支护
Ⅰ	$U>(2U_0/3)$	应采取特殊措施

（2）根据位移速率判断：速率大于 1.0mm/d 时，围岩处于急剧变形状态，应加强初期支护；速率变化在 0.2～1.0mm/d 时，应加强观测，做好加固的准备；速率小于 0.2mm/d 时，围岩达到基本稳定。

（3）根据位移速率变化趋势判断：当围岩位移速率不断下降时，围岩处于稳定状态；当围岩位移速率保持不变时，围岩尚不稳定，应加强支护；当围岩位移速率上升时，围岩处于危险状态，必须立即停止掘进，采取应急措施。

（4）初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比大于或等于 0.8 时，围岩不稳定，小于 0.8 时，围岩处于稳定状态。

▶考点三：公路隧道开挖

1. 开挖方式及适用范围

开挖方式	围岩级别	
全断面法	Ⅰ～Ⅲ	
台阶法	长台阶法	Ⅲ～Ⅳ

	短台阶法	Ⅳ～V
	超短台阶法	V
分部开挖法	环形开挖留核心土法	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	—

补充：长台阶的台阶长度 50m 以上；短台阶的台阶长度 5～50m；超短台阶的台阶长度 3～5m。超短台阶也称微台阶。

2. 台阶法施工应符合下列规定：

（1）台阶开挖高度宜为 2. 5～3. 5m。

（2）台阶数量可采用二台阶或者三台阶，不宜大于三个台阶。

（3）上台阶开挖每循环进尺，Ⅲ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）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。

（5）下部施工应减少对上部围岩、支护的干扰和破坏。

（6）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。

3. 环形开挖留核心土法施工应符合下列规定：

台阶开挖高度宜为 2. 5～3. 5m。

（1）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%。

（2）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。

（3）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。

（4）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. 仰拱部位开挖应符合下列规定

（1）应控制仰拱到掌子面的距离。

（2）仰拱开挖长度：土和软岩应不大于 3m，硬岩应不大于 5m。

（3）应做好排水措施，清除底面积水和松渣，严禁松渣回填。

5. 开挖方法转换应符合下列规定

（1）转换前应进行围岩级别核对。

（2）分部断面变大、支护变弱应在较好的围岩段中进行。

（3）转换前应进行技术交底。

（4）转换应逐渐过渡。

（5）转换过程中各开挖分部应及时支护，及时闭合。

▶考点四：超欠挖控制

1. 双车道隧道开挖轮廓预留变形量

围岩级别	预留变形量（mm）	围岩级别	预留变形量（mm）
I	—	IV	50～80
II	—	V	80～120
III	20～50	VI	依据设计和现场监控量测信息确定

2. 当采用钢架支撑时，如围岩变形较大，支撑可能沉落或局部支撑难以拆除时，宜适当加大开挖断面，预留支撑沉落量，保证衬砌设计厚度。

3. 应严格控制欠挖。

允许欠挖的情形	当岩层完整、岩石抗压强度大于 30MPa，允许岩石个别突出部分（每 $1m^2$ 内不宜大于 $0.1m^2$）欠挖，隆起量不得大于 50mm
严禁欠挖的部位	（1）拱脚、墙脚以上 1m 范围内 （2）净空图折角对应位置

4. 超挖应回填密实

沿设计轮廓线的均匀超挖	（1）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 （2）无钢架时，可在施工二次衬砌时，以二次衬砌混凝土回填
局部超挖	超挖量不超过 200mm 时，宜采用喷射混凝土回填密实
边墙部位超挖	可采用混凝土或片石混凝土回填

▶考点五：隧道支护与衬砌

1. 喷射混凝土作业应符合下列规定：

喷射方式	应直接喷在围岩面上，与围岩密贴，受喷面不得填塞杂物
喷射顺序	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
初喷	混凝土厚度宜控制在 20～50mm
复喷	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
喷射要求	（1）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 （2）未掺入速凝剂的混合料存放时间不宜大于 2h （3）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 （4）喷射混凝土不得挂模喷射 （5）喷射混凝土回弹物不得重新作喷射混凝土材料

2. 锚杆

（1）锚杆施作时应符合下列规定：

无钢架地段	①锚杆在初喷混凝土、挂钢筋网后施作 ②锚杆在初喷混凝土、挂网钢筋网、复喷后施作
有钢架地段	锚杆在初喷混凝土、挂钢筋网、立钢拱架、复喷混凝土后施作

（2）锁脚锚杆安装施工应符合下列规定：

①应在钢架安装就位后立即施作。

②安装位置应在钢架连接钢板以上 100～300mm，采用型钢钢架时设于钢架两侧；采用格栅钢架时设在钢架主筋之间。

③锁脚锚杆杆体可采用螺纹钢或钢管，采用钢管时管内应注满砂浆。

④上部台阶锁脚锚杆砂浆强度达到设计强度 70%，方可进行下一台阶开挖。

3. 模筑混凝土衬砌

全断面衬砌模板台车应符合下列规定：

（1）模板台车支架、模板应满足强度、刚度和稳定性。

（2）台车支撑门架间距：不宜大于 2. 0m。

（3）台车钢模板厚度：不宜小于 10mm。

（4）模板应留振捣窗，纵向间距：不应大于 2. 5m；横向间距：不应大于 2. 0m。振捣窗不宜小于 450mm×450mm。

（5）台车应沿洞室中线垂直方向架设。

（6）一次浇筑长度宜为 6. 0～12. 0m。

拱、墙混凝土应一次连续浇筑，不得采用先拱后墙浇筑，不得先浇矮边墙。

模筑混凝土衬砌应按设计要求设置沉降缝和伸缩缝。

混凝土入模温度应控制在 5～32℃。

4. 仰拱衬砌、仰拱回填和垫层

仰拱初期支护施工应符合下列规定：

（1）仰拱初期支护应随开挖及时施作。

（2）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。

仰拱混凝土衬砌施工应符合下列规定：

（1）仰拱混凝土衬砌应先于拱墙混凝土衬砌施工，一般不宜大于拱墙衬砌浇筑循环长度的 2 倍。

（2）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。

（3）仰拱混凝土，应使用模板浇筑，振捣窗纵横向间距：不宜大于 2. 0m，振捣窗：不宜小于 450mm×450mm。

仰拱填充施工应符合下列规定：

（1）仰拱填充混凝土不得与仰拱衬砌混凝土一次浇筑。

（2）仰拱衬砌横向施工缝与填充混凝土横向施工缝宜错开设置，错开距离不宜小于 0. 5m。

（3）在设有变形缝位置，仰拱衬砌变形缝与填充混凝土变形缝应在同一断面位置。

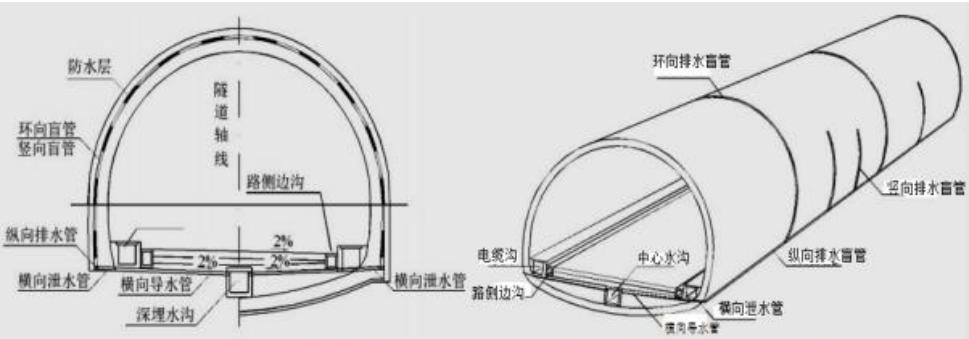
（4）仰拱和仰拱填充混凝土应在其强度达到 2. 5MPa 后方可拆模。

▶考点六：隧道防水与排水

1. 施工期间排水

（1）顺坡排水	
（2）反坡抽水	①工作水泵的排水能力应不小于 1.2 倍正常涌水量 ②备用水泵排水能力应不小于工作水泵排水能力的 70% ③设置两个独立的供电系统和排水管路

2. 防排水结构施工



（a）排水管路横断面布置图　　（b）排水管路布置示意图

（1）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防水层应环向整幅铺设，拱部和边墙应无纵向搭接。

③无纺布与防水板应分别铺挂，无纺布铺挂完成后再挂防水板。

④无纺布应采用射钉加热熔垫固定，防水板应采用无钉铺挂。

⑤防水板铺挂时应适当松弛。

（2）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。

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，不得出现烧焦和熔穿现象。

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%。

▶考点七：隧道施工辅助工程措施

1. 超前支护措施

超前锚杆	8h 后方可进行开挖	间隙：喷射混凝土填满 掉块：立即补打，加密间距
超前小导管		管口应设置止浆阀 间隙：喷射混凝土填满 掉块：立即补打导管，并应在下一环小导管施工时适当加密
超前管棚	先施作导向墙	导向墙纵向长度不应小于 2m 厚度应不小于 0.8m 跳孔实施

2. 公路隧道施工安全步距要求【口诀：4+5=9；2+7=9】

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
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

3. 公路隧道逃生与救援

（1）隧道施工应建立兼职救援队伍。

（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。

（3）逃生通道

①位置：软弱围岩隧道开挖掌子面至二次衬砌之间，随开挖进尺不断前移。

②距离：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。

③大小：逃生通道内径不宜小于 0.8m。

▶考点八：隧道衬砌裂缝病害的防治

1. 隧道衬砌裂缝病害的防治

原因分析	围岩压力不均、衬砌背后局部空洞、衬砌厚度严重不足、混凝土收缩、不均匀沉降及施工管理
预防措施	（1）钢筋保护层厚度必须保证不小于 3cm （2）宜采用较大的骨灰比，降低水胶比，合理选用外加剂 （3）混凝土拆模时，内外温差不得大于 20℃；加强养护，混凝土温度的变化速度不宜大于 5℃/h
治理措施	一般采用：锚杆加固、碳纤维加固、骑缝注浆、凿槽嵌补、直接涂抹工艺中的一种或数种相结合的措施

第 5 章　交通工程

▶考点一：交通安全设施

1. 交通安全设施主要构成与功能

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
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
护栏和栏杆	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；吸收能量，减轻事故车辆及人员的损伤程度
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
隔离栅	将公路用地隔离出来，防止非法侵占公路用地 将可能影响交通安全的人和畜等与公路分离，保证公路的正常运营
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

第 6 章　相关法规

▶考点一：公路工程设计变更管理

1. 设计变更分类

设计变更类别	审批主体	范围
重大设计变更	交通运输部	（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 （5）收费方式及站点位置、规模发生变化 （6）超出初步设计批准概算的
较大设计变更	省级交通主管部门	（1）连续长度 2km 以上的路线方案调整的 （7）互通式立交的位置或方案发生变化 （12）超过施工图设计批准预算的
一般设计变更	项目法人	上述以外的

▶考点二：交、竣工验收

1. 交、竣工验收条件

交工验收条件	（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 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
竣工验收条件	（1）通车试运营 2 年以上 （2）交工验收提出的工程质量缺陷等遗留问题已全部处理完毕，并经项目法人验收合格 （3）工程决算编制完成，竣工决算已经审计，并经交通运输主管部门或其授权单位认定 （4）竣工文件已完成“公路工程项目文件归档范围”的全部内容 （5）档案、环保等单项验收合格，土地使用手续已办理 （6）各参建单位完成工作总结报告 （7）质量监督机构对工程质量检测鉴定合格，并形成工程质量鉴定报告 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

2. 竣工验收委员会组成

竣工验收委员会由：交通运输主管部门、公路管理机构、质量监督机构、造价管理机构等单位代表组成。

3. 竣工验收质量评定

竣工验收工程质量评分采取加权平均法计算，其中交工验收工程质量得分权值为 0.2，质量监督机构工程质量鉴定得分权值为 0.6，竣工验收委员会对工程质量的评分权值为 0.2。

第 7 章　相关标准

▶考点一：公路工程项目施工安全风险评估

1. 高速公路路堑高边坡工程施工安全风险评估

总体风险评估对象包括：

（1）高于 20m 的土质边坡、高于 30m 的岩质边坡。

（2）老滑坡体、岩堆体、老错落体等不良地质体地段开挖形成的不足 20m 的边坡。

（3）膨胀土、高液限土、冻土、黄土等特殊岩土地段开挖形成的不足 20m 的边坡。

（4）城乡居民居住区、民用军用地下管线分布区、高压铁塔附近等施工场地周边环境复杂地段开挖形成的不足 20m 的边坡。

2. 事故报告程序

（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；单位负责人接到事故报告后，应当迅速启动事故应急预案，采取有效措施，组织抢救，防止事故扩大，减少人员伤亡和财产损失，并按照国家有关规定立即如实报告当地负有安全生产监督管理部门，不得隐瞒不报、谎报或者迟报，不得故意破坏事故现场、毁灭有关证据。

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负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。

第 8 章　公路工程企业资质与施工组织

▶考点一：施工组织设计

1. 公路工程施工组织设计的优化

施工方案的优化	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
资源利用的优化	物资采购与供应计划的优化、机械需要计划的优化

2. 施工方案的编制内容

具体内容	详细内容
工程概况	
编制依据	
施工计划	施工进度计划、材料与设备计划
施工工艺技术	技术参数、工艺流程、施工方法、检查验收
施工安全保证措施	组织保障、技术措施、应急预案、监测监控
劳动力计划	专职安全管理人员、特种作业人员
计算书及相关图纸	

3. 专项施工方案编制

具体内容	详细内容
工程概况	
编制依据	
施工计划	施工进度计划、劳动力计划、材料与设备计划、安全生产费用使用计划
施工工艺技术	技术参数、标准化工序工艺流程、施工方法及操作要求、检查要求等
安全保证措施	组织保障、技术保证措施、检查与验收、监测监控措施、应急处置措施等
质量保证措施	质量目标、工程创优规划、质量保证体系、质量控制程序与具体措施等
环境保证措施	环境保护组织机构、环境保护及文明施工措施
施工管理人员配备及分工	施工管理人员、专职安全生产管理人员、特种作业人员、其他作业人员
验收要求	验收标准、验收程序、验收内容、验收人员等
其他资料	计算书及相关图纸

第 9 章　施工招标投标与合同管理

▶考点一：合同管理

1. 变更程序

工程变更等级	程序	审批
一般工程变更	提出人（申请）→驻地监理（评估、审查意见）→总监（审定并签变更令）→承包人（施工）→监理和承包人（协商价格、结算）	监理工程师有权直接批准
重要工程变更	一是要报业主批准 二是要同承包人协商确定变更工程的价格不超过业主批准的范围	业主
重大工程变更	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	国家计划主管部门

第 10 章　施工进度计划

▶考点一：公路工程进度计划类型

1. 公路工程进度计划类型

横道图	横坐标：时间 纵坐标：各分部工程或工作内容
“S”曲线	横坐标：时间 纵坐标：累计完成的工程费用的百分数 （1）常常将“S”曲线和横道图合并于同一张图表中，称之为“公路工程进度表”，既能反映各分部（项）工程的进度，又能反映工程总体的进度 （2）实际支付曲线高于计划曲线则实际进度快于计划，否则就慢
垂直图（斜条图、时间里程图）	横坐标：公路里程或工程位置 纵坐标：时间 斜率越陡进度越慢，斜率越平进度越快。垂直图很适合表示公路、隧道等线性工程的总体施工进度
斜率图	横坐标：时间 纵坐标：累计完成的工程量的百分数 反映公路工程的施工进度
网络图	双代号：以箭线及其两端节点的编号表示工作的网络图 单代号：以节点及其编号表示工作，以箭线表示工作之间的逻辑关系的网络图

▶考点二：公路工程进度计划编制

1. 公路工程常用的流水参数

工艺参数	施工过程数、流水强度
空间参数	工作面、施工段、施工层
时间参数	流水节拍、流水步距、技术间歇、组织间歇、搭接时间

2. 路面工程的线性流水施工组织

各结构层的施工速度和持续时间	
确定搭接类型	开始到开始（STS）：前道工序快于后道工序速度 完成到完成（FTF）：前道工序慢于后道工序速度
确定搭接时距	搭接时距=最小工作面长度/两者中快的速度

▶考点三：施工进度控制

1. 公路工程进度控制方法和措施

公路工程项目进度检查内容

（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。

2. 进度计划的调整

（1）改变某些工作间的逻辑关系。

（2）缩短某些工作的持续时间。

（3）调整施工方案。

第 11 章　施工质量管理

▶考点一：公路工程质量评定与检验

1. 路基工程质量检验

路基、挡墙类型	实测项目
土方路基	压实度（△）、弯沉值（△）、纵断高程、中线偏位、宽度、平整度、横坡、边坡
石方路基	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
浆砌挡土墙	砂浆强度（△）、断面尺寸（△）、平面位置、墙面坡度、顶面高程、表面平整度
片石混凝土挡土墙	混凝土强度（△）、断面尺寸（△）、平面位置、墙面坡度、顶面高程、表面平整度

2. 水泥混凝土、沥青混凝土面层

面层类型	实测项目
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石面层	压实度（△）、厚度（△）、平整度、弯沉值、渗水系数、摩擦系数、构造深度、中线平面偏位、纵断高程、宽度及横坡、矿料级配（△）、沥青含量（△）、马歇尔稳定度

3. 桥梁工程质量检验

（1）钻孔灌注桩实测项目

混凝土强度（△）、桩位、孔深（△）、孔径、钻孔倾斜度、沉淀厚度、桩身完整性（△）。

（2）预应力筋的加工和张拉

先张法	镦头钢丝同束长度相对差、张拉应力值（△）、张拉伸长率（△）、同一构件内断丝根数不超过钢丝总数的百分数、预应力筋张拉后在横断面上的坐标、无黏结段长度
后张法	管道坐标、管道间距、张拉应力值（△）、张拉伸长率（△）、断丝滑丝数

4. 隧道工程质量检验

（1）隧道总体质量检验实测项目

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。

（1）喷射混凝土实测项目

喷射混凝土强度（△）、喷层厚度、喷层与围岩接触状况（△）

第 12 章　施工成本管理

▶考点一：公路工程标后预算编制

1. 标后预算总费用中的项目预算总成本包括直接费、设备购置费、措施费、专项费用与现场管理费五项。

（1）直接费

<table>
<tr><td>人工费</td><td colspan="3">人工费是指直接从事公路工程的生产工人开支的各项费用。</td></tr>
<tr><td>材料费</td><td colspan="2">组成：材料原价、运杂费、场外运输损耗、采购及仓库保管费</td><td>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</td></tr>
<tr><td rowspan="2">机械费</td><td>不变费用</td><td colspan="2">折旧费、检修费、维护费和安装辅助费</td></tr>
<tr><td>可变费用</td><td colspan="2">燃油费、电费、机驾人员工资、养路费及车船使用税等</td></tr>
</table>

（2）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。

（3）专项费用

专项费用包括施工场地建设费和安全生产费。

（4）现场管理费。

保险费、管理人员工资、工资附加费、指挥车辆使用费、通讯费、办公费、水电费等、不可预见费、其他费用

第 13 章　施工安全管理

▶考点一：公路工程施工安全管理措施

1. 高处作业安全管理措施

安全网规定	作业面与坠落高度基准面高差超过 2m 且无临边防护装置时，临边应挂设水平安全网。作业面与水平安全网之间的高差不得超过 3.0m，水平安全网与坠落高度基准面的距离不得小于 0.2m
安全带规定	（1）安全带应高挂低用，并应扣牢在牢固的物体上 （2）安全带的安全绳不得打结使用，安全绳上不得挂钩 （3）安全绳有效长度不应大于 2m，有两根安全绳的安全带，单根绳的有效长度不应大于 1.2m （4）严禁安全绳用作悬吊绳。严禁安全绳与悬吊绳共用连接器

▶考点二：公路工程施工项目事故隐患排查治理

1. 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停止使用相关设备、设施，局部停产停业或者全部停产停业。

重大事故隐患必须由项目负责人组织编制“重大事故隐患治理方案”。治理方案应当包括以下内容：

（1）治理的目标和任务。

（2）采取的方法和措施。

（3）经费和物资的落实。

（4）负责治理的机构和人员。

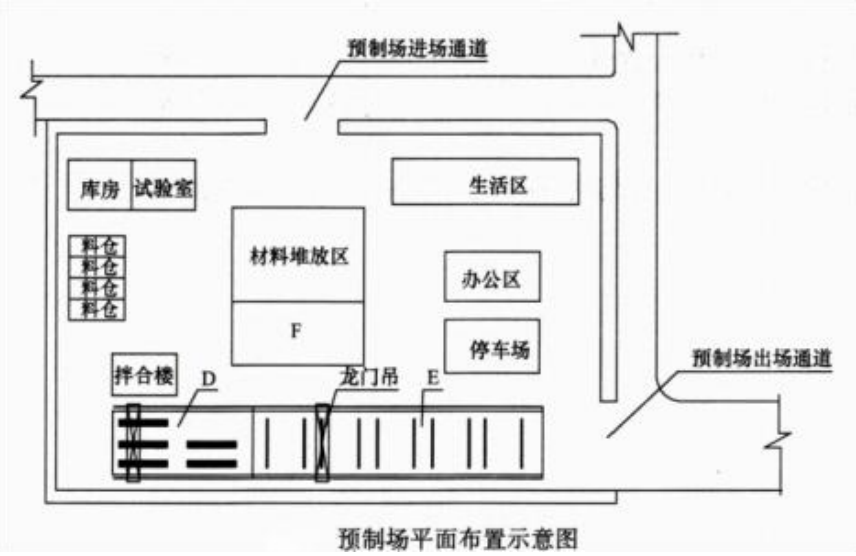
（5）治理的时限和要求。

（6）安全措施和应急预案。

第 14 章　绿色施工及现场环境管理

▶考点一：施工现场环境管理

1. 预制梁场布设



预制场平面布置示意图

场地建设	场地建设前施工单 位应将梁场布置方案报监理工程师审批，方案内容应包含各类型梁板的台座数量、模板数量、生产能力、存梁区布置及最大存梁能力等
预制梁板台座布设	（1）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）底模采用通长钢板，不得采用混凝土底模 （3）存梁区台座混凝土强度等级不低于 C20 （4）梁板预制完成后，移梁前应对梁板喷涂统一标识和编号，标识内容包括预制时间、张拉时间、施工单位、梁体编号、部位名称等 （5）设计文件无规定时，空心板叠层不得超过 3 层，小箱梁和 T 梁堆叠存放不得超过 2 层
预制梁场内标识、标牌内容	预制场简介牌、施工平面布置图、工艺流程图、操作规程、材料标识牌、混凝土配合比牌、钢筋大样图、消防保卫牌、安全警告警示牌

第 15 章　施工技术与设备管理

▶考点一：公路工程施工方案管理

1. 施工方案的审批流程

（1）专项施工方案编写

①实行施工总承包的，应由施工总承包单位组织编制。

②实行专业工程分包的，其专项施工方案可由专业承包单位组织编制。

（2）专项施工方案审核

经审核合格的，由施工单位技术负责人签字并加盖单位公章。

实行专业分包并由专业分包单位编制专项施工方案的，专项施工方案应由总承包单位技术负责人及相关专业分包单位技术负责人共同签字并加盖所属单位公章。

不需专家论证的危大工程专项施工方案，经施工单位审核合格后报监理单位，由项目总监理工程师审查签字并加盖项目监理机构公章后方可实施。

（3）专项施工方案论证

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。

专家论证前，专项施工方案应通过施工单位审核和项目总监理工程师审查。专家组应由不少于 5 名专家组成，项目利害相关方的人员不应以专家身份参加专家论证会。

专家论证的主要内容应满足以下要求：

①专项施工方案内容完整、可行。

②专项施工方案有计算书和验算依据。

③专项施工方案满足现场实际情况，保证施工安全。

2. 技术交底

	分级	要求
技术交底的分级要求	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（实施性施工组织设计、总体施工方案）
	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（测量放样桩、测量控制网、监控量测）
	第三级	现场技术员负责向班组全体作业人员进行技术交底（作业标准、施工规范）
技术交底的方法	施工技术交底以书面或 BIM 视频的形式进行。可采取讲课、现场讲解或模拟演示的方法。	