

部核心土、两侧边墙的施工方法。

(4) 中隔壁法(CRD法)：在软弱围岩大跨隧道中，先开挖隧道的一侧，施作中隔壁墙，然后再分部开挖隧道另一侧的施工方法。

(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，进行初期支护，再分部开挖剩余部分的施工方法。

2) 适用范围

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见表4.3-4。

表4.3-4 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	环形开挖留核心土法	V~VI
		中隔壁法	V~VI
		交叉中隔壁法	V~VI
		双侧壁导坑法	-

2. 隧道开挖的要求

1) 全断面法施工应符合的要求

(1) 宜采用机械化作业，各种机械设备应合理配套。

(2) 应控制一次同时起爆的单段最大爆破药量。

(3) 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。

2) 台阶法施工应符合的要求

(1) 台阶数量和台阶高度应综合考虑隧道断面高度、机械设备及围岩稳定性等因素确定。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。

(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。

3) 环形开挖留核心土法施工应符合的要求

- (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。核心土面积不小于断面面积的50%。
- (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。
- (7) 仰拱施作应紧跟下台阶，及时闭合成稳固的支护体系。

4) 中隔壁法施工应符合的要求

- (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的开挖。
- (3) 当开挖形成全断面时，应及时完成全断面初期支护闭合。
- (4) 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，及时浇筑仰拱和仰拱填充、施作拱墙二次衬砌。

5) 叉中隔壁法施工应符合的要求

- (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的开挖。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。
- (3) 当开挖形成全断面时，应及时完成全断面初期支护闭合。
- (4) 临时支护拆除宜在仰拱施工前进行，一次拆除长度宜与仰拱浇筑长度相适用。临时支护拆除后，应及时浇筑仰拱、填充仰拱、施作拱墙二次衬砌。
- (5) 临时支护拆除前后，应进行变形量测。

6) 双侧壁导坑法施工应符合的要求

- (1) 侧壁导坑开挖时，周边轮廓应圆顺。导坑跨度宜为整个隧道开挖宽度的1/3。
- (2) 导坑与中间土体同时施工时，导坑应超前30~50m。
- (3) 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) 临时支护拆除宜在仰拱施工前进行，一次拆除长度宜与仰拱浇筑长度相适用。临时支护拆除后，应及时浇筑仰拱、填充仰拱、施作拱墙二次衬砌。
- (5) 临时支护拆除前后，应进行变形量测。

7) 仰拱部位开挖应符合的要求

- (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) 仰拱开挖时，应采取交通安全措施。
- (3) 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) 应做好排水措施，清除底面积水和松渣，严禁松渣回填。

8) 开挖方法转换应符合的要求

- (1) 转换前应进行围岩级别核对，确认开挖方法和支护参数适用于前方围岩。
- (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。

3. 隧道超欠挖控制

隧道开挖轮廓应根据设计开挖轮廓和围岩变形量确定，规定预留变形量可根据设计预测值或表 4.3-5 选择初始值，并根据监控量测信息调整。

表 4.3-5 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

注：1. 围岩破碎取大值，围岩完整取小值。

2. 膨胀性岩体或者围岩有明显流变，应根据监控量测信息反馈计算分析选定。

(1) 应严格控制欠挖，当岩层完整、岩石抗压强度大于 30MPa，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 $1m^2$ 内不宜大于 $0.1m^2$ ）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。

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

(3) 开挖后宜采用断面仪或激光投影仪直接测定开挖面面积，并绘制断面图。

(4) 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，应适当加大开挖断面，预留支撑沉落量，保证衬砌设计厚度。预留支撑沉落量应根据围岩性质和围岩压力，在施工过程中根据量测结果进行调整。

(5) 宜减少超挖，不同围岩地质条件下超挖控制值应符合表 4.3-6 的规定。

表 4.3-6 隧道平均和最大超挖控制值

项目		超挖控制值 (mm)	检验方法和频率
拱部	破碎岩、土 (IV 级、V 级、VI 级围岩)	平均 100，最大 150	全站仪或断面仪，每 20m 一个断面
	破碎岩、软岩 (II 级、III 级、IV 级围岩)	平均 150，最大 250	
	硬岩 (I 级围岩)	平均 100，最大 200	
边墙	每侧	+100, 0	尺量，每 20m 检查 1 处
	全宽	+200, 0	
仰拱、隧底		平均 100，最大 250	水准仪，每 20m 检查 3 处

注：1. 最大超挖值系指最大超挖处至设计开挖轮廓切线的垂直距离。

2. 表列数据不包括测量贯通误差、施工误差。

3. 炮孔深度大于 3m 时，允许超挖值可根据实际情况另行确定。

(6) 超挖应回填密实，超挖回填应符合设计规定。设计没有规定时，应符合下列规定：

- ① 拱部坍塌形成的超挖处理应编制方案，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。

(7) 隧道超欠挖的测定方法见表4.3-7。

表4.3-7 隧道超欠挖的测定方法

测定方法及采用的仪器	方法简述
利用激光束测定	用激光指向仪或激光经纬仪射在开挖工作面上的光束测定特定部位的超欠挖的线性值
用全站仪测定	在要测的点位粘贴反光片，用全站仪测定各点的三维坐标，通过计算绘制开挖断面，与设计断面进行比较
用激光隧道界限测量仪测定	由免棱镜测距全站仪和手提电脑组成，对开挖工作面（或任一断面）测量，直接打印出设计断面与实际断面，并标出设定点的超欠挖值
用二次衬砌轮廓钢架作基准测定	当防水板铺设专用台车移动时，用直尺量取需测定点至轮廓钢架的最小距离，并考虑喷混凝土的厚度，以确定超欠挖值

4. 钻孔爆破掘进施工技术要点

钻孔爆破掘进是公路隧道最常采用的掘进方式。

1) 钻爆设计

应根据工程地质、地形环境、开挖断面、开挖方法、循环进尺、钻孔机具、爆破材料和出渣能力等因素综合考虑，并根据实际爆破效果及时对爆破设计参数进行调整。

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。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。

2) 钻孔机具

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。其工作原理都是利用镶嵌在钻头体前端的凿刃反复冲击并转动破碎岩石而成孔。有的可通过调节冲击功率大小和转动速度以适应不同硬度的石质，达到最佳成孔效果。

3) 炮孔布置和周边孔的控制爆破

掘进工作面的炮孔可分为掏槽孔、辅助孔和周边孔。

(1) 掏槽孔布置

将开挖面上某一部位的岩石掏出一个槽，以形成新的临空面，为其他炮孔的爆破创造有利条件。掏槽炮孔一般要比其他炮孔深100~200mm，以保证爆破后开挖深度的一致。

根据坑道断面、岩石性质和地质构造等条件，掏槽孔排列形式有很多种，总的可分成斜孔掏槽和直孔掏槽两大类。

① 斜孔掏槽：其特点是掏槽孔与开挖面斜交。常用的有锥形掏槽、楔形掏槽、单向掏槽，其中最常用的是垂直楔形掏槽。斜孔掏槽的优点是可以按岩层的实际情况选择掏槽方式和掏槽角度，容易把岩石抛出，而且所需掏槽孔的个数较少；缺点是孔深受坑道断面尺寸的限制，也不便于多台钻机同时凿岩。

为了防止相邻炮孔或相对炮孔之间的殉爆，装药炮孔之间的距离不能小于200mm。

② 直孔掏槽：直孔掏槽可以实行多机凿岩和钻孔机械化，能加快掘进速度。直孔掏槽凿岩作业比较方便，不需随循环进尺的改变而变化掏槽形式，仅需改变炮孔深度；直孔掏槽石渣抛掷距离也可缩短，所以目前现场多采用直孔掏槽。但直孔掏槽的炮孔数目和单位用药量要增多，炮孔位置和钻孔方向也要求高度准确，才能保证良好的掏槽效果，技术比较复杂。

(2) 辅助孔布置

辅助孔的作用是进一步扩大掏槽体积和增大爆破量，为周边孔创造有利的爆破条件。主要解决间距和最小抵抗线问题，多由工地经验决定，一般最小抵抗线略大于炮孔间距。

(3) 周边孔布置

周边孔的作用是爆破后使坑道断面达到设计的形状和规格。周边孔原则上沿着设计轮廓均匀布置，间距和最小抵抗线应比辅助孔的小，以便爆出较为平顺的轮廓。

(4) 周边孔的控制爆破

隧道爆破施工中，首要的要求是炮孔利用率高，开挖轮廓及尺寸准确，对围岩振动小。

① 光面爆破的特点

光面爆破是指爆破后断面轮廓整齐，超挖和欠挖符合规定要求的爆破，其主要标准是：

- A. 开挖轮廓成型规则，岩面平整。
- B. 岩面上保存50%以上孔痕，且无明显的爆破裂缝。
- C. 爆破后围岩壁上无危石。

隧道施工中采用光面爆破，对围岩的扰动比较轻微，围岩松弛带的范围只有普通爆破法的 $1/9 \sim 1/2$ ；大大减少了超欠挖量，节约大量的混凝土和回填片石，加快施工进度；围岩壁面平整、危石少，减轻了应力集中现象，避免局部塌落，并为喷锚支护创造了条件。

② 光面爆破的主要参数

光面爆破的主要参数包括周边孔的间距、光面爆破层的厚度、周边孔密集系数、周边孔的线装药密度等。影响光面爆破参数选择的因素很多，主要有岩石的爆破性能、炸药品种、一次爆破的断面大小及形状等，其中影响最大的是地质条件。光面爆破参数的选择，目前还缺乏一定的理论公式，多采用经验方法。光面爆破的主要参数见表4.3-8。

表 4.3-8 光面爆破参数

岩石种类	饱和单轴抗压极限强度 R_b (MPa)	周边孔间距 E (mm)	周边孔最小抵抗线 V (mm)	相对距 E/W	周边孔装药集中度 q (kg/m)
硬岩	> 60	550~700	700~850	0.8~1.0	0.30~0.35
中硬岩	30~60	450~600	600~750	0.8~1.0	0.20~0.30
软岩	≤ 30	300~500	400~600	0.5~0.8	0.07~0.15

③ 预裂爆破及主要参数

预裂爆破实质上也是光面爆破的一种形式，其爆破原理与光面爆破相同。只是在爆破顺序上，光面爆破是先引爆掏槽孔，接着引爆辅助孔，最后才引爆周边孔；而预裂爆破则是首先引爆周边孔，使沿周边孔的连心线炸出平顺的预裂面，由于这个预裂面的存在，对后爆的掏槽孔和辅助孔的爆炸波能起反射和缓冲作用，可以减轻爆炸波对围岩的破坏影响，爆破后的开挖面整齐、规则。由于成洞过程和破岩条件不同，在减轻对围岩的扰动程度上，预裂爆破较光面爆破的效果更好一些。

预裂爆破适用于稳定性差而又要求控制开挖轮廓的软弱岩层。但预裂爆破的周边孔间距和最小抵抗线都要比光面爆破的小，相应地要增多炮孔数量，钻孔工作量增大。

与光面爆破一样，理想的预裂效果关键在于保证连心线上的预裂面产生贯通裂缝，形成光滑的岩壁。但由于预裂爆破受到只有一个临空面条件的制约，采取的爆破参数较光面爆破的要求更严，预裂爆破参数见表 4.3-9。

表 4.3-9 预裂爆破参数

岩石种类	饱和单轴抗压极限强度 R_b (MPa)	周边孔间距 E (mm)	周边孔至内圈崩落孔间距 (mm)	周边孔装药集中度 q (kg/m)
硬岩	> 60	400~500	400	0.35~0.40
中硬岩	30~60	400~450	400	0.25~0.35
软岩	≤ 30	300~400	300	0.09~0.19

5. 小净距及连拱隧道施工

1) 小净距隧道施工

小净距隧道是指隧道间的中间岩墙厚度小于分离式独立双洞的最小净距（根据公路隧道设计规范要求，见表 4.3-10）的特殊隧道布置形式。常用于洞口地形狭窄或有特殊要求的中、短隧道以及长或特长隧道洞口的局部地段。

表 4.3-10 分离式独立双洞的最小净距

围岩级别	I	II	III	IV	V	VI
最小净距 (m)	$1.0 \times B$	$1.5 \times B$	$2.0 \times B$	$2.5 \times B$	$3.5 \times B$	$4.0 \times B$

注： B ——隧道开挖断面的宽度。

小净距隧道施工应重点控制爆破震动对中岩墙的危害，施工时应注意以下几点：

- (1) 左右洞的开挖先后次序。
- (2) 先行洞和后行洞的开挖方法。

- (3) 先行洞和后行洞爆破设计及爆破震动控制。
- (4) 先行洞和后行洞开挖错开距离。
- (5) 先行洞仰拱、衬砌和后行洞开挖错开距离。
- (6) 中岩墙保护和加固方法。

2) 连拱隧道施工

连拱隧道主要适用于洞口地形狭窄，或对两洞间距有特殊要求的中、短隧道。连拱隧道按中墙形式不同分为整体式中墙和复合式中墙两种形式。

连拱隧道开挖要求：

- (1) 应考虑其埋深浅、跨度大、地质条件复杂、受雨季地表水影响大的特点。
- (2) 宜先贯通中导洞、浇筑中隔墙，然后依次开挖主洞。中隔墙顶与中导洞初支间应用混凝土回填密实。
- (3) 主洞开挖时，左右两洞开挖掌子面错开距离宜大于30m。
- (4) 中隔墙混凝土模板宜使用对拉拉杆。
- (5) 中隔墙混凝土施工时应加强对预埋排水和止水设施的保护。
- (6) 采用导洞施工时，应对导洞围岩情况认真观察记录，并及时反馈信息。根据围岩变化情况和监控量测资料及时调整设计与施工方案，导洞宽度宜大于4m。

4.3.4 隧道支护与衬砌

1. 超前支护

隧道施工过程中，当遇到软弱破碎围岩时，其自支护能力是比较弱的。经常采用的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。这些措施的选用应视围岩条件、涌水状况、施工方法、环境要求等情况而定。经过充分的技术经济比较，选用其中一种或几种措施进行治理。

1) 超前锚杆施工技术要点

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，也适宜于采用中小型机械施工。

超前锚杆施工技术的要点是开挖掘进前，在开挖面顶部一定范围内，沿坑道设计轮廓线，向岩体内打入一排纵向锚杆（或型钢，或小钢管），以形成一道顶部加固的岩石棚，在此棚保护下进行开挖等作业，至一定距离后（在尚未开挖的岩体中必须保留一定的超前长度）重复上述步骤，如此循环前进。

超前锚杆宜采用早强砂浆锚杆，锚杆可用不小于 $\phi 22\text{mm}$ 的热轧带肋钢筋。其超前量、环向间距、外插角等参数应视具体的施工条件而定。

2) 管棚和超前小导管注浆施工技术要点

管棚主要适用于围岩压力来得快、来得大、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，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。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。

管棚的配置、形状、施工范围、管棚间隔及断面等应根据地质条件、周边环境、隧道开挖面、埋深以及开挖方法等因素来决定。管棚钢管直径一般为 $\phi 70\sim 180mm$ ，习惯上称直径大于 $\phi 89mm$ 的管棚为大管棚，直径小于 $\phi 89mm$ 的为中管棚。管棚按长度可分为短管棚（长度小于10m的小钢管）和长管棚（长度为10~40m，直径较粗的钢管）。短管棚一次超前量小，基本上与开挖作业交替进行，占用循环时间较多，但钻孔安装或顶入安装较容易。长管棚一次超前量大，单次钻孔或打入长钢管的作业时间较长，但减少了安装钢管的次数，减小了与开挖作业之间的干扰。钻孔时如出现卡钻或塌孔，应注浆后再钻，有些土质地层则可直接将钢管顶入。

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，对围岩条件特别差而变形又严格控制的隧道施工，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。

超前小导管注浆是在开挖掘进前，先用喷射混凝土将开挖面和5m范围内的坑道封闭，然后沿坑道周边打入带孔的纵向小导管并通过小导管向围岩注浆。待浆液硬化后，在坑道周围形成了一个加固圈，在此加固圈的防护下即可安全地进行开挖。小导管一般采用直径 $\phi 32\sim 50mm$ 钢管，常用 $\phi 42mm$ 钢管，管长一般3~5m。

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，缩短了导管安装时间，尤其适用于钻孔易坍塌的地层。

3) 预注浆加固围岩施工技术要点

预注浆方法是在掌子面前方的围岩中将浆液注入，从而提高了地层的强度、稳定性和抗渗性，形成了较大范围的筒状封闭加固区，然后在其范围内进行开挖作业。

预注浆一般可超前开挖30~50m，可以形成有相当厚度和较长区段的筒状加固区，从而使得堵水的效果更好，也使得注浆作业的次数减少。它更适用于有压地下水及地下水丰富的地层中，也更适用于采用大中型机械化施工。

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。对于浅埋隧道，可以从地表向隧道所在区域打辐射状或平行状钻孔注浆；对于深埋长大隧道，可设置平行导坑，由平行导坑向正洞所在区域钻孔注浆。

2. 初期支护

1) 喷射混凝土

喷射混凝土是用压力喷枪喷射混凝土的施工方法，常用于灌注隧道内衬、墙壁、顶棚等薄壁结构或其他结构的衬里以及钢结构的保护层。喷射混凝土工艺有干喷、潮喷和湿喷。

干喷法是将水泥、砂、石在干燥状态下拌和均匀，用压缩空气送至喷嘴并与压力水混合后进行喷射的方法。因喷射速度大、粉尘污染、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。

潮喷法是将集料预加少量水，使其呈潮湿状，再加水泥拌和，送至喷嘴处并与压力水混合后进行喷射的方法。与干喷法相比，上料、拌和及喷射时的粉尘少，潮喷混凝土强度可达到C20。

我们只做自己高分通过的考试，需要考试资料和指导请找卡哥团队！认准VX：kagezhukao666

湿喷法是将水泥、砂、石和水按比例拌和均匀，用湿喷机压送至喷嘴进行喷射的方法。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得较多。

(1) 喷射混凝土材料应符合的规定

① 应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。有特殊要求时，可采用特种水泥。采用特种水泥时应进行现场试验，强度指标满足设计要求。

② 粗集料应采用坚硬耐久的碎石或卵石，粒径不宜大于12mm。细集料应采用坚硬、耐久的中砂或粗砂，细度模数宜大于2.5，集料级配宜采用连续级配。

③ 外加剂应符合现行《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119—2013的相关规定。

④ 应选择速凝效果好，对喷射混凝土强度和收缩影响小的速凝剂，其初凝时间应不大于3min，终凝时间应不大于12min。

⑤ 应根据水泥品种、水胶比等通过试验确定速凝剂的掺量。

(2) 喷射混凝土作业应符合的规定

① 宜采用湿喷工艺。

② 应直接喷在围岩面上，与围岩密贴，受喷面不得填塞杂物。

③ 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。

④ 应分段、分片、分层由下而上顺序进行喷射，拱部喷射混凝土应对称作业。

⑤ 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。

⑥ 复喷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，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。

⑦ 后一层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。

⑧ 未掺入速凝剂的混合料存放时间不宜大于2h。

⑨ 喷射喷嘴宜垂直岩面，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。

⑩ 不得挂模喷射。

⑪ 混凝土回弹物不得重新作喷射混凝土材料。

(3) 喷射混凝土养护应符合的规定

① 喷射混凝土与下一循环爆破作业的间隔时间应符合规范要求。

② 喷射混凝土终凝2h后应进行养护，养护时间不应小于7d。

③ 隧道内环境日均温度低于+5℃时不得洒水养护。

(4) 冬期施工应符合的规定

① 喷射混凝土作业区的气温不宜低于+5℃。

② 结冰的层面上不得进行喷射混凝土作业。

③ 喷射混凝土强度未达到6MPa前不得受冻。

④ 喷射混凝土拌和条件应符合冬期施工方案要求。喷射混凝土在洞内拌和时，喷射混凝土材料应提前运进洞内。

我们只做自己高分通过的考试，需要考试资料和指导请找卡哥团队！认准VX：kagezhukao666

2) 锚杆

锚杆是用钢筋或其他高抗拉性能材料制作的一种杆状构件。锚杆种类有砂浆锚杆、药卷锚杆、中空注浆锚杆、自进式锚杆、组合中空锚杆和树脂锚杆等。按照锚固形式可划分为全长粘结型、端头锚固型、摩擦型和预应力型四种。锚杆对地下工程的稳定性起着重要的作用，尤其是在节理裂隙岩体中。锚杆对岩体的加固作用十分明显，具有结构简单、施工方便、成本低和对工程适应性强等特点。

(1) 锚杆钻孔应符合的规定

- ① 锚杆孔宜采用锚杆钻孔机或(多臂)钻孔台车钻孔。
- ② 钻孔前应按设计布置要求，标出钻孔位置，钻孔数量不得少于设计数量。
- ③ 系统锚杆钻孔方向应为设计开挖轮廓线方向，垂直偏差不宜大于 20° 。
- ④ 局部锚杆应与岩层层面或主要结构面成大角度相交。
- ⑤ 锚杆钻孔直径应大于锚杆杆体直径 15mm 。
- ⑥ 钻孔深度应满足设计要求，与设计锚杆长度允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

(2) 砂浆锚杆安装施工应符合的规定

- ① 锚杆外露端应加工 $120\sim150\text{mm}$ 的螺纹，锚杆前端应削尖。
- ② 应配有止浆塞、垫板和螺母等配件。
- ③ 锚杆砂浆应拌和均匀、随拌随用，已初凝的砂浆不得使用。
- ④ 锚杆孔灌浆时，灌浆管应插至距孔底 $50\sim100\text{mm}$ 处，随砂浆的灌入缓慢、匀速拔出。
- ⑤ 灌浆后应及时插入锚杆杆体。锚杆杆体插到设计深度时，孔口应有砂浆流出。孔口无砂浆流出或杆体插不到设计深度时，应将杆体拔出，清孔，重新安装。
- ⑥ 应及时安装止浆塞。

⑦ 砂浆终凝后应及时安装垫板、螺母，垫板应紧贴岩面。垫板与岩面不平整接触时，应用砂浆填实。螺母应拧紧。

(3) 药包锚杆安装应符合的规定

- ① 药包应进行泡水检验。
- ② 不应使用受潮结块的药包。
- ③ 药包砂浆的初凝时间应不小于 3min ，终凝时间应不大于 30min 。
- ④ 药包宜在清水中浸泡，随用随泡。
- ⑤ 药包宜采用专用工具推入钻孔内，并防止中途药包纸破裂。
- ⑥ 锚杆插到设计深度时，孔口应有浆液溢出。孔口无浆液流出或杆体插不到设计深度时，应将杆体拔出，清孔，重新安装。
- ⑦ 锚杆应安装垫板并拧紧螺母。

(4) 中空锚杆安装应符合的规定

- ① 中空锚杆应有锚头、止浆塞、中空杆体、垫板、螺母等配件。
- ② 插入中空锚杆后，应安装止浆塞。止浆塞应留有排气孔。
- ③ 应对锚杆中孔吹气或注水疏通。
- ④ 待排气孔出浆后，方可停止注浆。
- ⑤ 浆体终凝后应安装垫板，拧紧螺母。

(5) 锁脚锚杆安装应符合的规定

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 锁脚锚杆方向应符合设计规定。
- ④ 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。
- ⑤ 锁脚锚杆外露头与型钢钢架焊接时，可采用 U 形钢筋辅助焊接。
- ⑥ 上部台阶锁脚锚杆砂浆强度达到设计强度的 70% 时，方可进行下一台阶开挖。
- ⑦ 锚杆孔内注浆应密实、饱满，浆体强度不应低于 M20。

在围岩破碎、地下水发育地段，开挖支护后，沿初期支护表面径向设注浆管，径向注浆加固地层。一般注浆管长度为 3~5m，注浆管可代替系统锚杆。

3) 钢支撑

钢支撑承载能力大，常用于软弱破碎或土质隧道中，多与锚杆、喷射混凝土等共同使用。钢支撑按其材料组成可分为钢拱架和格栅钢架。“大拱脚”、围岩破碎、侧压力较大地段，可适当加大钢支撑拱脚，以提高拱脚的承载力。

(1) 钢拱架

钢拱架是工字钢或钢轨制造而成的刚性拱架。这种钢拱架的刚度和强度大，可作临时支撑并单独承受较大的围岩压力，也可设于混凝土内作为永久衬砌的一部分。钢拱架的最大特点是架设后能够立即承载，因此多设在需要立即控制围岩变形的场合，在 V、VI 级软弱破碎围岩中或处理塌方时使用较多。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) 格栅钢架

格栅钢架是由钢筋经冷弯成形后焊接而成，其断面形状有圆形、门形、三边形、四边形等。格栅钢架断面有 3 根和 4 根主筋组成的两种形式。4 根主筋式的每根钢筋相同，在等高情况下，其抗弯和抗扭惯性矩大于 3 根主筋式。主筋直径不宜小于 22mm，并宜采用 20MnSi 或 A3 钢制成钢筋；断面高度应与喷射混凝土厚度相适应，一般为 120~180mm。主筋和连系钢筋的连接方式较多，接头形式一般由连接板焊于主筋端部，通过螺栓将两段钢架连接板紧密地连在一起的螺栓连接板接头，以及套管螺栓直接套在主筋上，将两段钢架连接在一起的套管螺栓接头。

格栅钢架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。

4) 锚喷支护

锚喷支护是目前通常采用的一种围岩支护手段，包括锚杆支护、喷射混凝土支护、喷射混凝土锚杆联合支护、喷射混凝土钢筋网联合支护、喷射混凝土与锚杆及钢筋网联合支护、喷钢纤维混凝土支护、喷钢纤维混凝土锚杆联合支护，以及上述几种类型加设型钢（或钢拱架）而成的联合支护。作为初期支护，目前在隧道工程中使用最多的组合形式是锚杆加喷射混凝土、锚杆加钢筋网再加喷射混凝土、钢架加锚杆加钢筋网再加喷射混凝土。

锚喷联合支护施工时，各分次施作的支护彼此要牢固相连，如超前锚杆与系统锚

杆及钢拱架的连接、钢筋网及钢拱架要尽可能多地与锚杆头焊连，以充分发挥联合支护效应；锚杆要有适量的露头。钢筋网及钢拱架要被喷射混凝土所包裹、覆盖，即喷射混凝土要将钢筋网和钢拱架包裹密实。

3. 模筑混凝土衬砌

单层现浇整体式混凝土衬砌常用于Ⅱ、Ⅲ级围岩中。复合式衬砌中的二次衬砌，除了起饰面和增加安全度的作用外，也承受了在其施工后发生的外部水压、软弱围岩的蠕变压力、膨胀性地压或者浅埋隧道受到的附加荷载等。

模筑混凝土的材料和级配，应符合隧道衬砌的强度和耐久性要求，同时必须重视其抗冻、抗渗和抗侵蚀性。衬砌混凝土施工前，应对隧道内地下水进行水质化验。当地下水具有中等及以上腐蚀性时，应采用防腐混凝土衬砌。

模筑混凝土衬砌的施工技术要点如下：

衬砌施工顺序，目前多采用由下到上、先墙后拱的顺序对称连续浇筑。在隧道纵向，则需分段进行，分段长度一般为8~12m。在全断面开挖成形或大断面开挖成形的隧道衬砌施工中，则应尽量使用金属模板台车灌注混凝土整体衬砌。

1) 衬砌施工的准备工作

(1) 整体移动式模板台车

整体移动式模板台车采用大块曲模板、机械或液压脱模、背附式振捣设备集装成整体，在轨道上行走。有的设有自行设备，能缩短立模时间，墙拱连续浇筑，加快施工速度。

模板台车的长度即一次模筑段长度，应根据施工进度要求、混凝土生产能力及浇筑技术要求以及曲线隧道的曲线半径等条件来确定。

整体移动式模板台车的生产能力大，可配合混凝土输送泵联合作业。

(2) 衬砌模板

衬砌模板应符合下列规定：

① 混凝土衬砌模板及支架必须具有足够的强度、刚度和稳定性，模板不凹凸、支架不偏移、不扭曲。保证混凝土成型规整，满足多次重复使用，不变形。

② 浇筑混凝土前应将模板内的杂物、积水和钢筋上的油污清除干净；钢模板应涂隔离剂，木模板应用水湿润；模板接缝不应漏浆。

③ 在涂刷模板隔离剂时，不应污染钢筋。

④ 挡头板应按衬砌断面制作，定位准确、安装牢固，挡头板与岩壁间隙应嵌堵紧密。施工缝挡头板应设预留槽成型条，并满足止水产品要求。

(3) 主洞模板

主洞模板应满足下列要求：

① 隧道主洞模筑混凝土衬砌施工宜采用全断面衬砌模板台车。

② 全断面衬砌模板台车支架应有足够的强度和稳定性，便于整体移动、准确就位。

③ 衬砌模板应表面光滑、接缝严密，有足够的刚度。

④ 全断面衬砌模板台车模板应留振捣窗，振捣窗间距纵向不宜大于3m，横向不宜大于2.5m，振捣窗不宜小于0.45m×0.45m。振捣窗周边应加强，防止周边变形。窗门应平整、严密、不漏浆。

⑤全断面衬砌模板台车就位应以隧道中线为准，按路线方向垂直架设。

⑥顶模设置通气孔、注浆管。

(4) 特殊洞室模板

特殊洞室模板应满足下列要求：

①对车行横洞、人行横洞、紧急停车带等特殊洞室，宜采用移动式模架和拼装模板施工。

②采用拼装模板时，应采用先墙后拱或全断面浇筑，不得采用先拱后墙浇筑。

③采用拼装模板时，拱、墙模板拱架的间距，应根据衬砌地段的围岩情况、隧道宽度、衬砌厚度及模板长度确定。

④架设拱、墙支架和模板安装时，应位置准确，连接牢固，严防移位。围岩压力较大时，拱架、墙架应增设支撑或缩小间距。

⑤移动式模架或拼装模板重复使用时，应注意检查，如有变形应及时修整。

⑥在拱架外缘应采用沿径向支撑与围岩顶紧，以防混凝土浇筑时拱架变形、移位。

⑦拱架、支架应与隧道中线垂直方向架设。拱架的螺栓、拉杆、斜撑等应安装齐全。拱架（包括模板）高程应预留沉落量，施工中应随时测量、调整。

2) 混凝土施工

混凝土施工包括混凝土的配合比确定，混凝土搅拌、运输、浇筑、振捣和养护等内容。

(1) 混凝土配合比

①混凝土拌制前，应测定砂、石含水率，根据测试结果调整施工配合比材料用量。

②衬砌采用防水混凝土的配合比和集料级配应经试验确定，可采用防水水泥或掺加增强密实性的外加剂。

③冬期施工的混凝土可掺加引气剂。

(2) 混凝土搅拌

衬砌混凝土应采用强制式混凝土搅拌机搅拌。

(3) 混凝土运输

①混凝土拌合物在运输过程中，应保持均匀性，不应产生分层、离析、洒落及混入杂物等现象；如出现分层、离析现象，应对混凝土拌合物进行二次快速搅拌。

②严禁在运输过程中向混凝土拌合物中加水。

③混凝土拌合物运送到浇筑地点后，应按规定检测其坍落度。

(4) 混凝土浇筑

①混凝土浇筑应采用输送泵送料入模、均匀布料；混凝土入模温度应控制在5~32℃。

②混凝土应从两侧边墙向拱顶、由下向上依次分层对称连续浇筑，两侧混凝土浇筑高差不应大于1.0m，同一侧混凝土浇筑面高差不应大于0.5m。

③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。

(5) 混凝土振捣

①宜采用附着式和插入式振捣相结合的方式振捣。

②振捣不应使模板、钢筋和预埋件移位。

(6) 混凝土养护

- ① 混凝土养护时间不得少于 7d。
- ② 掺加引气剂或引气型减水剂时，混凝土养护时间不得少于 14d。
- ③ 隧道内空气湿度不小于 90% 时，可不进行洒水养护。

3) 仰拱衬砌、仰拱回填和垫层施工

- (1) 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。
- (2) 仰拱初期支护喷射混凝土及仰拱填充混凝土不得与仰拱衬砌混凝土一次浇筑。
- (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。
- (5) 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。
- (6) 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。

4. 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。根据《公路工程施工安全技术规范》JTG F90—2015，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。

5. 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) 必须事先规划逃生路线，并在隧道适当位置设置避难、急救场所。避难处应准备足够数量的逃生设备、救护器械和生活保障品等。

(3) 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，并安装有应急照明装置的报警系统装置。应急照明应有备用电源并保证光亮度符合要求。

(4) 隧道施工应建立兼职救援队伍。

(5) 隧道通风、供水及供电设备应纳入正常工序管理并设专人负责。施工过程中应加强通风效果检测，供水供电管道、线路应通畅，同时应设置备用设备和备用电源。

(6) 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。

(7) 长、特长及高风险隧道应设报警系统及逃生设备、临时急救器械和应急生活保障品等。

4.3.5 隧道防水与排水

隧道防排水应遵循“防、排、截、堵相结合，因地制宜，综合治理”的原则，保证隧道结构物和营运设备的正常使用和行车安全，并对地表水、地下水妥善处理，形成一个完整、通畅的防排水系统。

1. 施工防排水

1) 隧道洞口及辅助坑道洞（井）口排水系统应符合的要求

(1) 边坡、仰坡坡顶的截水沟应结合永久排水系统在洞口开挖前修建，其出水口应防止水顺坡面漫流，洞顶截水沟应与路基边沟顺接组成排水系统，防止水流冲刷弃渣，危害农田和水利设施。

(2) 洞外路堑向隧道内为下坡时，路基边沟应做成反坡，向路堑外排水。

(3) 多雨地区，应做好防止洞口仰坡范围内地表水下渗和冲刷的防护措施。

2) 覆盖层较薄和渗透性强的地层，地表水处理应符合的要求

(1) 洞口附近和浅埋隧道洞顶不得积水。

(2) 黄土陷穴和岩溶等特殊地质应按设计要求处理。

(3) 洞顶上方如有沟谷通过且沟谷底部岩层裂缝较多，地表水渗漏对隧道施工有较大影响时，应及时用浆砌片石铺砌沟底，或用水泥砂浆勾缝、抹面。

(4) 洞顶附近有井、泉、池沼、水田等时，应妥善处理，不宜将水源截断、堵死。

(5) 洞顶已有排水沟槽应予整治，确保水流通畅，必要时应进行铺砌。

(6) 洞顶设有高压水池时，水池位置宜远离隧道轴线，水池应有防渗措施，对水池溢水应有疏导设施。

(7) 隧道地表沟谷（槽）、坑洼、钻孔、探坑等，宜采用疏导、勾补、铺砌和填平等措施。废弃的坑洞、钻孔等应填实密闭，防止地表水下渗。

3) 洞内反坡排水应符合的要求

(1) 根据距离、坡度、水量、设备和施工组织布置管路，一次或分段接力将水排出洞外。

(2) 集水坑位置不得造成围岩失稳和衬砌结构承载能力降低，应设在对施工干扰较小的位置，其容积应按实际排水量确定。

(3) 井下工作水泵的排水能力应不小于1.2倍正常涌水量，并配备备用水泵；井下备用水泵排水能力不应小于工作水泵排水能力的70%。

(4) 高冒水风险隧道反坡施工时，应准备一定的抢险物资、设备，宜设置两个独立的供电系统和排水管路。

(5) 应做好停电时的应急排水预案和人员、设备的安全保证措施。

4) 井点降水施工应符合的要求

洞内涌水或地下水位较高，影响隧道施工时，可采用井点降水法和深井降水法处理。井点降水施工应符合下列要求：

(1) 根据降水要求，选择降水形式、降水设备，编制降水施工方案。

(2) 在隧道两侧地表面布置井点，间距宜为25~35m。井底应在隧底以下3~5m。

(3) 工作水泵的排水能力应不小于预测抽水量的1.2倍。

(4) 应设水位观测井，及时监测水位高程，掌握水位变化情况，调整降水参数，保证降水效果。

(5) 隧道施工期间围岩地下水位应保持在开挖线以下 0.5m。

(6) 降水期间应监测周边地表沉降大小和沉降范围，并制定控制措施。

(7) 降水施工完成后，降水井应按设计要求进行回填。

5) 隧道施工有平行导坑或横洞时的排水要求

(1) 应充分利用辅助导坑排水，降低正洞水位，使正洞水流通过辅助导坑引出洞外，必要时应设置永久排水沟，使坑道封闭后能保持水流畅通。

(2) 正洞施工由斜井、竖井排水时，应在井底设置集水坑，采用相应扬程的抽水机经管路排出井外。集水坑设置的位置不得影响井内运输和安全。

(3) 斜井、竖井施工有水时，应随开挖面挖积水坑，根据水量大小采用抽水机或吊桶排出。竖井井壁渗水影响施工时，可用压浆堵水，固结地层后再进行开挖。

6) 防突涌水措施

应考虑在开挖面布置超前钻孔，预防水囊、暗河、高压涌水等的危害。应对工程地质和水文地质作详细的调查分析，先判明地下水水流方向，再确定钻孔位置、方向、数目和钻孔深度，并采取下列防止涌水的措施：

(1) 非施工人员必须撤出危险区。

(2) 及时测算水量、水压、流速、含泥沙量等，备足配套的抽水设备。

(3) 钻孔口预先埋管设阀，控制排水量，防止承压水冲击及淹没坑道等意外险情发生。

(4) 水平钻孔钻到预期的深度尚未出水时，可会同设计单位进一步进行地质和水文的勘测工作，重新判定地下水的情况。

2. 结构防排水

(1) 隧道防水应提高混凝土自防水性能，防水混凝土抗渗等级应符合设计要求。在有冻害地区，防水混凝土的抗渗等级应适当提高。防水混凝土处于侵蚀性介质中时，其耐侵蚀系数不应小于 0.8。

(2) 纵、横、环向盲管、中心排水管（沟）的施工应符合的要求

① 排水盲管的材质、直径、透水孔的规格、间距应符合设计要求。

② 环向排水盲管的间距应符合设计要求，在地下水较大的地段应适当加密。

③ 环向排水盲管应紧贴支护表面或渗水岩壁安设，排水盲管布置应圆顺，不得起伏不平。

④ 应按设计连通形成完整的排水系统。管路连接宜采用变径三通方式，连接应牢固、畅通，安装坡度应符合设计要求。

⑤ 中心排水管（沟）直径应符合设计要求，中心排水管（沟）基础的总体坡度、段落坡度、单管坡度应协调一致，并符合设计要求，不得高低起伏。

⑥ 中心排水管（沟）设在仰拱下时，应和仰拱、底板同步施工。

(3) 防水板宜选用高分子材料，幅宽 2~4m，厚度不宜小于 1.5mm，并确保耐刺穿性好、柔性好、耐久性好。防水板铺设应超前二次衬砌施工 1~2 个衬砌段，并与开挖掌子面保持一定距离。初期支护表面应平整，无空鼓、裂缝、松酥，对支护表面外露的

坚硬物和局部渗漏水处应先进行处理，不平处用喷射混凝土或砂浆找平。防水板铺设应符合以下要求：

- ① 宜采用专用台架，铺设前进行精确放样，画出标准线后试铺，确定防水板每环的尺寸，并尽量减少接头。
- ② 防水板应无钉铺设，并留有余量，防水板与初期支护或岩面应密贴。
- ③ 防水板的搭接缝焊接质量应按充气法检查。当压力表达到 0.25MPa 时停止充气，保持 15min ，压力下降在 10% 以内，焊缝质量合格。
- ④ 衬砌的施工缝和沉降缝采用橡胶止水带或塑料止水带防水时，止水带不得被钉子、钢筋和石子刺破。在固定止水带和灌注混凝土过程中应防止止水带偏移。应加强混凝土振捣，排除止水带底部气泡和空隙，使止水带和混凝土紧密结合。

3. 注浆防水

1) 注浆防水方式的选择

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、水资源保护等制定注浆防水方案，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。

注浆防水宜根据工程地质和水文地质情况、注浆工艺和设备等因素，考虑浆液的流动性、可注性和稳定性等，并结合经济性选择采用水泥浆液、超细水泥浆、水泥—水玻璃浆液等材料。注浆过程中应加强洞内外观察，发生窜浆，围岩、支护结构、地表出现异常情况时，应调整注浆工艺或方案。

2) 注浆防水施工要求

- (1) 根据地下水情况、防水范围、设备性能、浆液扩散半径和对注浆防水效果的要求等综合因素确定注浆孔数、布孔方式及钻孔角度。
- (2) 采用全断面帷幕注浆时，注浆初始循环应根据水压、水量、地层完整性及设计压力确定止浆墙的形式，并设置孔口管。
- (3) 预注浆段的长度应视具体情况合理确定，掘进时应保留足够的止水岩盘厚度。
- (4) 注浆压力应根据水文地质条件合理确定，宜比静水压力大 $0.5\sim1.5\text{MPa}$ 。
- (5) 钻孔注浆顺序应由下往上、由少水处到多水处、隔孔钻注。
- (6) 预注浆检查孔的渗水量应小于设计允许值，浆液固结达到设计强度后方可开挖。径向注浆结束后应达到设计规定的允许渗漏量。

4.3.6 隧道通风防尘及水电作业

1. 通风

实施机械通风，必须具有通风机和风道。按照风道的类型和通风安装位置，分为

压入式、抽出式和混合式三种通风方式，有如下几种通风类型：

1) 风管式通风

风流经由管道输送，分为压入式、抽出式、混合式三种方式。

风管式通风的优点是设备简单、布置灵活、易于拆装，故为一般隧道施工采用。但由于管路的增长及管道的接头或多或少都有漏风，若不保证接头的质量就会造成因风管过长而达不到要求的风量。

2) 巷道式通风

适用于有平行坑道的长隧道，特点是：通过最前面的横洞和平行导坑组成一个风流循环系统，在平行导坑洞口附近安装通风机，将污浊空气由导坑抽出，新鲜空气由正洞流入，形成循环风流。另外对平行导坑和正洞前面的独头巷道，再辅以局部的内管式通风。这种通风方式断面大、阻力小，可提供较大的风量，是目前解决长隧道施工通风比较有效的方法。

3) 风墙式通风

适用于较长隧道。当管道式通风难以解决，又无平行导坑可以利用，则可利用隧道成洞部分较大的断面，用砖砌或木板隔出一条 $2\sim3m^2$ 的风道，以减小风管长度，增大风量。

2. 防尘

1) 湿式凿岩标准化

湿式凿岩即打“水风钻”，风钻内的供水方式又分为旁侧供水和中心供水两种。中心供水式是用高压水从机尾进入，经过水针（安在机体的中心）流向钻钎，最后达钻头；钻孔时，破碎的岩粉被湿润成浆，从炮孔流出。为使湿式凿岩正常进行，应注意以下几点：

(1) 水压标准（高压水到达工作面处的压力不小于 $300Pa$ ），水量充足（每台风钻不少于 $3t/min$ ）。

(2) 钻尾标准，其长度一般为 $107mm$ ，钻孔正中。钻尾淬火硬度与凿岩机内活塞应一致。

(3) 水针安装端正，拧紧螺栓，垫圈密贴，不漏水。

(4) 操作正规，应先开水后开风，先关风后关水。凿岩时机体与钻钎方向应一致，不得摆动，以免卡断水针。

(5) 在特别缺水地区，可用“干式捕尘”装置来代替湿式凿岩，但效果欠佳。

2) 机械通风正常化

机械通风可稀释空气中的粉尘含量，是降低洞内粉尘含量的重要手段，因此在一般主要作业（钻孔、装渣等）进行期间应始终保持风机的运转。

3) 喷雾洒水正规化

喷雾洒水不仅能降低因爆破、出渣等所产生的粉尘，还能溶解少量的有害气体（如二氧化碳、硫化氢等），并能降低温度，使空气清新。

4) 个人防护普遍化

要求作业人员戴防尘口罩。

3. 供水

隧道施工期间生产用水和生活用水主要用途包括：凿岩机用水、喷雾洒水防尘用水、衬砌施工用水、混凝土养护施工用水、空压机冷却用水、施工人员的生活用水等，因此需要设计相应的供水设施。供水方案的选择及设备的配置应符合以下要求：

(1) 水源的水量应满足工程和生活用水的需要。有高山自然水源时应蓄水利用，水池高度应能保证洞内最高用水点的水压。

(2) 水池的容量应有一定的储备量，保证洞内外集中用水的需要。

(3) 采用机械站供水时，应有备用的抽水机。

(4) 工程和生活用水使用前必须经过水质鉴定，合格方可使用。

4. 供电

(1) 隧道供电电压应符合以下要求：

① 供电线路应采用 220/380V 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%。

(2) 洞外变电站宜设在洞口附近，并应靠近负荷集中地点和设在电源来线一侧。

(3) 供电线路布置和安装应符合下列要求：

① 成洞地段固定的电线路，应使用绝缘良好胶皮线架设；施工地段的临时电线路宜采用橡套电缆；竖井、斜井宜使用铠装电缆；瓦斯地段的输电线必须使用煤矿专用密封阻燃铜芯电缆，不得使用皮线。

② 瓦斯地段的电缆应沿侧壁铺设，不得悬空架设。涌水隧道的电动排水设备、瓦斯隧道的通风设备和斜井、竖井内的电气装置应采用双回路输电，并有可靠的切换装置。

(4) 短隧道应采用高压至洞口，再低压进洞；长、特长隧道成洞地段应用 6~10kV 高压电缆送电；洞内设置 6~10/0.4kV 变电站供电时，应有保证安全的措施，且移动变电站应采用监视型屏蔽橡胶套电缆。

(5) 隧道作业地段必须有足够的照明；洞外照明按一般建筑工地要求。瓦斯地段的照明器材应采用防爆型，开关应设在送风道或洞口。

4.3.7 隧道辅助坑道施工及辅助工程措施

1. 辅助坑道施工

辅助坑道的类型及断面尺寸选择，应根据隧道长度、施工工期、地形、地质、水文等条件，结合施工机械设备、工艺和营运期间通风、排水、逃生救灾及弃渣等需要，通过技术经济比较确定。主要类型有竖井、斜井、平行导坑、横洞等。

隧道施工有平行导坑或横洞时，应充分利用辅助坑道排水、降低正洞水位，使正洞水流通过辅助坑道引出洞外。必要时应设置永久排水沟，使坑道封闭后能保持水流畅通。

斜井、竖井施工，应随开挖面挖集水坑，并及时将集水坑的水排出。竖井井壁渗水影响施工时，可用压浆堵水，固结地层后再开挖。

辅助坑道口的截水、排水系统和防冲刷设施，应在隧道施工前妥善规划，尽早完成。坑道口或斜井的洞门或竖井口锁口圈亦应尽早施作。辅助坑道支护应符合设计要求，辅助导坑洞口或井口、软弱围岩段、辅助坑道与正洞的连接处应加强支护。辅助坑道与正洞的连接处支护后，应及时施作二次衬砌。特殊情况下，应在开挖前采取超前支护措施。

辅助坑道口边、仰坡开挖及地表恢复应符合环境保护和水土保持的有关规定和设计要求。辅助坑道口边、仰坡开挖不得采用大爆破，开挖坡面应按设计要求及时进行防护和支护，山坡危石应全部清除。辅助坑道施工应进行超前地质预报和现场监控量测。

1) 横洞与平行导坑

应根据围岩级别、断面大小合理选用开挖方法。具体要求如下：

(1) 当横洞开挖工作面与正洞的距离小于10m时，应调整爆破参数，降低循环进尺，减小爆破对正洞围岩的扰动。

(2) 横洞与正洞交叉口的洞室跨度大，受力复杂，施工中应根据具体情况进行加固并加强变形监测。

(3) 平行导坑应超前于正洞开挖，其超前距离可视施工条件和工期要求确定。一般不宜小于相邻横通道的间距。

(4) 平行导坑的横通道施工，应先加固交叉口后开挖。

(5) 横洞和平行导坑都应设完整通畅的排水系统，并与正洞统筹考虑。

2) 斜井

(1) 斜井开挖的钻爆作业除应符合钻孔爆破掘进施工技术要点的有关规定外，还应满足下列要求：

① 钻孔方向宜与斜井的倾角一致，孔底应比井底高程略低，避免出现台阶。

② 每个循环进尺都应检测其高程并控制井身的斜度，每隔20~30m应复核其中线、高程，确保斜井的位置正确。

③ 斜井使用应严格按设计要求及时支护。当斜井倾角大于30°且地质条件较差的斜井衬砌，其墙基的末端应做成台阶形式。斜井防水板和二次衬砌台车应采取地锚、丝杠等锚固防滑措施。

④ 斜井的井口地段、不良地质或渗水地段、井底调车场、作业洞室，施工时应减小单段最大爆破药量，及时支护。

(2) 斜井挑顶施工

① 斜井与正洞交叉段挑顶施工时应根据地质条件选择合理的开挖方案。

② 软弱围岩地段应进行预加固处理。

③ 采用钻爆法掘进时应以减小单段最大爆破药量为原则降低对围岩的扰动。

④ 可适当增大围岩预留变形量。

⑤ 应增加监控量测的点位和监测频次。

(3) 斜井排水施工

① 斜井施工期间，视出水量大小设水仓或临时集水坑贮水，开挖工作面的积水用

潜水泵先排到水仓（或临时集水坑），再用抽水机排出洞外。

② 正洞施工期间，斜井的出水沿水沟顺坡排到斜井底的水仓，与正洞排水汇集一起，用抽水机排出洞外，必要时斜井中间再设接力水仓。

③ 有涌水、突水可能的隧道，设备配置应考虑备用，电力应设置双回路，并有备用电源。

（4）斜井运输方式

当斜井井身倾角 $\alpha \leq 12^\circ$ 时，宜采用自卸汽车、装载机或挖掘机配合的无轨运输方式；当 $12^\circ < \alpha \leq 28^\circ$ 时，宜选用轨道矿车或皮带运输方式；当 $28^\circ < \alpha \leq 47^\circ$ 时，宜采用轨道矿车提升；当 $47^\circ < \alpha \leq 70^\circ$ 时，应采用大型箕斗提升。

斜井采用有轨运输时，应进行轨道、转载场、渣仓、水电系统、通风等设计，且人行道应设扶手。有轨运输应符合下列规定：

① 运输车辆升降的最大速度不宜超过 9m/s ，不得大于设计规定值。

② 提升绞车应有深度指示器及自动示警，并设有防过卷装置。

③ 斜井的提升、连接装置和钢丝绳、绳卡应符合安全使用的要求，并应定期检查、上油保养。

④ 提升绞车与井口、井底均应有联络信号装置，并有专人负责。每次提升、下放、暂停应有明确的信号规定。

⑤ 井口轨道中心必须设置安全挡车器，有专人管理并经常处于关闭状态，放车时方准打开。

⑥ 应每隔 100m 设置 1 处防溜车装置。在挡车器下方约 $5\sim 10\text{m}$ 及接近井底前 10m 处应各设一道防溜车装置。

⑦ 井底与通道连接处，应设置安全索。车辆行驶时井内严禁人员通行与作业。

⑧ 运输斗车之间、斗车和钢丝绳之间应有可靠的连接装置，并加装保险绳；在斗车上、钢丝绳或挂钩上要有防脱钩设备。

⑨ 运输长材料时，应有装卸及进出斜井的安全措施。

⑩ 严禁人员乘斗车上上下，当斜井垂直深度超过 50m 时，应有运送人员的专用设施。

⑪ 斜井内应有足够的照明设施。

（5）斜井采用无轨运输时，应符合下列规定：

① 运输道路应硬化并采取防滑、防水措施。

② 单车道斜井错车道间距宜小于 300m ，其长度应满足安全行车要求。

③ 机械车辆下坡运行时应使用低速挡，严禁脱挡滑行。

3) 竖井

竖井宜采用自上往下单行作业法施工。当正洞掘进已超前竖井位置时，亦可采用自下往上（反井）的施工方法。根据施工情况，也可两种方法结合使用。

竖井自上往下单行作业法施工应符合下列规定：

（1）井口的锁口圈应在井身掘进前完成。锁口圈应采用钢筋混凝土结构，并与下部井壁连成整体。作为井架基础时，应与井架结构连成整体；顶面应高出地面 0.5m 。

（2）井身开挖宜采用直孔掏槽（可使多台钻机同时钻孔，降低爆破抛掷高度，减少对井筒设备的破坏），岩层倾斜较大且裂隙明显，可采用楔形掏槽或其他形式掏槽。有

地下水时可把开挖面分成两半，交替向下掘进，每次爆破成上下两个台阶，有利于排水。

(3) 井口应配置井盖，除升降人员和物料进出外，井盖不得打开；井口应设防雨设施，通向井口的轨道应设挡车器；井口周围应设防护栏杆和安全门，防护栏杆的高度不得小于1.2m。

(4) 竖井井架应安装避雷装置，工作吊盘的载重不应大于吊盘的设计载重能力。

(5) 竖井吊桶提升所用的连接装置应牢固，不得自行脱钩，并应有缓转器；罐笼提升应设置安全、可靠的防坠器。

(6) 竖井装渣宜采用抓岩机，爆破的石渣宜大小均匀，以提高出渣效率。当竖井深度小于40m时，出渣也可采用三脚架或龙门架作井架，但出渣时应有稳绳装置和其他保证安全的措施。

(7) 竖井采用喷锚支护时，每次支护高度视围岩稳定程度而定。井口段、马头门及地质较差的井身地段宜采用钢筋混凝土衬砌。衬砌分节自下而上进行，并按需要设置壁座或安设锚杆。

(8) 竖井作业应建立简单、可靠、联锁严密的信号系统。井口与绞车房之间应采用声光兼备的信号装置，并设直通电话。每一台提升绞车信号系统应独立。

2. 辅助工程措施

在隧道浅埋段、严重偏压地段、围岩自稳定性差的地段以及大面积淋水或涌水地段、塌方地段等特殊地层地段施工时，应根据现场实际情况，按地层稳定和安全施工要求，采取适用的辅助工程措施。常用的辅助工程措施包括围岩加固措施、稳定掌子面及超期支护措施、涌水处理措施、隧底加固措施等。

1) 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、围岩大变形的地段，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的联合使用。

2) 稳定掌子面及超前支护措施

隧道掌子面自稳定性差、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，应根据现场围岩条件和施工条件合理选用、灵活组合。

3) 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，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。

注浆堵水材料性能应符合设计规定，注浆堵水应按永久堵水效果考虑，应具有快速凝固、早强和耐久等性能。注浆前宜进行压稀浆试验，测定注浆压力、地层吸浆能力、浆液扩散半径、浆液凝固时间。

隧道开挖后，周边围岩出现涌水、股状水、大面积渗水时，应根据围岩条件、地下水类型、地下水性质、补给条件、允许排放量、环保要求以及对施工的影响程度等，采用全断面径向注浆、局部径向注浆和径向点注浆等堵水措施。集中出水点应埋设导管

原位引出。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) 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。

4.3.8 隧道盾构施工

1. 盾构法

1) 盾构法工作原理

盾构法是暗挖法施工中的一种全机械化施工方法。它是将盾构机械在地层中推进，通过盾构外壳和管片支承四周围岩防止发生往隧道内的坍塌。同时在开挖面前方用切削装置进行土体开挖，通过出土机械运出洞外，靠千斤顶在后部加压顶进，并拼装预制混凝土管片，形成隧道结构的一种机械化施工方法。

2) 盾构机分类及适用范围

盾构机既是一种施工机具，也是一种强有力的临时支撑结构。盾构机外形上看是一个大的钢管机，较隧道部分略大，设计用来抵挡外向水压和地层压力。它包括三部分：前部的切口环、中部的支撑环以及后部的盾尾。大多数盾构的形状为圆形，也有椭圆形、半圆形、马蹄形及箱形等其他形式。

盾构机按开挖面是否封闭划分，可分为密闭式和敞开式两类；按平衡开挖面土压与水压的原理不同，密闭式盾构机又可分为土压式和泥水式两种；敞开式盾构机按开挖方式划分，可分为手掘式、半机械式和机械式三种。各类盾构机的适用范围如下：

(1) 手掘式盾构

手掘式盾构是最原始的一类盾构，其构造简单，配备较少，造价低。盾构顶部有活动前檐以支护上部土体，挖土由人工从上往下进行，每隔2~3m设一作业平台，可适应各种复杂地层。开挖面可根据地质条件全部敞开，也可采用正面支撑，随开挖随支撑。施工人员可观察到地层变化情况，遇到桩、孤石等地下障碍物时，比较容易处理，容易进行盾构纠偏，也便于在曲线段施工。

(2) 半机械式盾构

在手掘式盾构正面装上挖土机械和出土装置，即成为半机械式盾构。挖土装置有铲斗式、切削式和混合式三种形式。铲土式适用于黏土和砂砾混合层，切削式适用于硬黏土和硬砂土层，混合式适用于自立性较好的土层。如遇土质坚硬，可安装软岩掘进机的切削头子，其适用范围基本上与手掘式盾构一样。

(3) 机械式盾构

在手掘式盾构的切口环部分，安装与盾构直径大小相同的旋转大刀盘，对土体进行全断面开挖的盾构，称为机械式盾构。它适用于各类土层，尤其适用于极易坍塌的砂性土层中的长隧道，可连续掘进挖土。由刀盘切削产生的土经过刀盘上的预留槽口进入土仓，提升和流入漏斗后，再通过传送带运入出土车。这类盾构具有作业环境好、省力、省时、省工，效率高、后续设备多、发生偏差时难纠偏、造价高等特点。

我们只做自己高分通过的考试，需要考试资料和指导请找卡哥团队！认准VX：kagezhukao666

(4) 土压平衡盾构

土压平衡盾构前端有一个全断面切削刀盘，盾构的中心或下部有长筒形螺旋运输机的进土口，其出土口在密封舱外。所谓土压平衡，就是用刀盘切削下来的土，如同压缩空气或泥水一样充满整个密封舱，并保持一定压力来平衡开挖面的土压力。

(5) 泥水平衡盾构

泥水平衡盾构就是在机械式盾构大刀盘后面设置一道隔板，隔板与刀盘之间作为泥水室，在开挖面和泥水室中充满加压的泥水，通过加压作用，保证开挖面土体的稳定。盾构推进时开挖下来的土体进入泥水室，由搅拌装置进行搅拌，搅拌后的高浓度泥水用流体输送系统送出地面，把送出的浓泥水进行水土分离，然后把分离后的泥水再送入泥水室，不断循环使用，其全部工程均由中央控制台综合管理，可实现施工自动化。

土压平衡盾构和泥水平衡盾构应用较为广泛，土压平衡盾构适用于冲积黏土、洪积黏土、砂质土、砂砾、卵石等土层及其互层。泥水平衡盾构适用于冲积洪积的砂砾、砂、粉质黏土、黏土层或多水互层的土层，有涌水工作面不稳定的土层，上部有河川、湖沼、海洋等水压高、水量大的地层。复合盾构适用于地质条件复杂、软硬不均的混合地层。

3) 盾构施工

(1) 盾构始发及试掘进阶段应符合的要求

① 盾构始发前应验算盾构反力架及其支撑的刚度和强度，反力架应牢固支撑在始发井结构上；盾构反力架整体倾斜度应与盾构基座的安装坡度一致。

② 应根据工程水文地质条件、盾构机类型、盾构工作井的围护结构形式等因素加固盾构工作井端头地基，承载力应满足始发要求。

③ 应拆除刀盘不能直接破除的洞门围护结构。拆除前始发工作井端头地基加固与止水效果应良好；拆除时，应将洞门围护结构分成多个小块，从上往下逐个依次拆除，拆除作业应迅速连续。

④ 洞门围护结构拆除后，盾构刀盘应及时靠紧开挖面。

⑤ 盾构始发时应在洞口安装密封装置；盾尾通过洞口后，应尽早稳定洞口。

⑥ 盾构始发时，始发基座应稳定，盾构不得扭转；千斤顶应均匀顶进，反力架受力应均匀；负环脱出盾尾后，应立即对管片环向进行加固。

⑦ 盾构应在始发段 50~100m 进行试掘进，并应根据地质情况、施工监测结果、试掘进经验等因素选用掘进参数。

(2) 盾构正常掘进阶段应符合的要求

① 土压平衡盾构掘进，开挖土体应充满土仓，并应核算排土量和开挖量；泥水平衡盾构掘进，泥浆压力与开挖面水土压力、排土量与开挖量应保持平衡。掘进过程中，应采取防止螺旋输送机发生喷涌的措施。

② 盾构掘进应随时监测和控制盾构姿态，使隧道轴线控制在设计允许偏差范围内。实施纠偏应逐环、小量纠偏，防止过量纠偏损坏已拼装管片和盾尾密封。

③ 盾构机不宜长时间停机，盾构刀具检查和更换地点应选择地质条件好、地层稳定的地段。在不稳定地层更换刀具时，应采取地层加固或压气法等稳定开挖面措施。维修刀盘应对刀盘前方土体采取加固措施或施作竖井。

④ 盾构设备应在机器停止操作时维修；液压系统维修前，应关闭相关阀门并降压，电气系统维修前，应关闭系统；空气和供水系统维修时，应关闭相应阀门并降压；刀盘、拼装机等旋转设备部件区域维修前，设备应停止运转。

（3）盾构到达接收阶段应符合的要求

① 盾构到达前应拆除洞门围护结构。拆除前，工作井端头地基承载力、止水应满足要求；拆除时应控制凿除深度，洞口应安装止水密封装置。

② 盾构距到达接收工作井 15m 内，应调整掘进速度、开挖压力等参数，减小推力、降低推进速度和刀盘转速，控制出土量并监测土仓内压力。

③ 隧道贯通前 10 环管片应设置管片纵向拉紧装置，贯通后应快速顶推并迅速拼装管片。同时应加强同步注浆和二次补充注浆，盾尾通过洞口后应及时密封管片环与洞门的间隙。

（4）壁后注浆

盾构机掘进应进行同步注浆作业。为提高背衬注浆层的防水性及密实度，还应在同步注浆结束后进行补充注浆，注浆材料性能应符合设计要求。

壁后注浆应根据工程地质条件、地表沉降状况、环境要求、设计要求及设备情况等选择注浆方式和注浆参数。注浆压力应根据地质条件、注浆方式、管片强度、设备性能、浆液特性和隧道埋深等综合因素确定。

4 特殊地段施工

（1）盾构在特殊地质条件下掘进时，应制定完善的监控量测方案，加密监控量测点和提高量测频率，并应根据反馈的监控量测结果及时调整掘进参数。

（2）盾构在浅覆土地段掘进前，应根据地质、水文条件与施工环境等判定其对环境的影响，并根据实际情况采取相应的处理措施。

（3）相邻净距小的隧道施工前，应采取加固隧道间土体、对先建隧道管片壁后注浆、先建隧道内设钢支撑等辅助措施，控制地层和隧道结构变形。后建隧道施工时，应控制掘进速度、土仓压力、出渣量、注浆压力等，减少对先建隧道的影响。

（4）小半径曲线隧道施工时，应制定防止盾构后配套台车和编组列车脱轨或倾覆的措施。

（5）盾构下穿或近距离通过既有建（构）筑物、地下管线前应符合的要求

① 应对该地段进行详细调查并评估施工对既有建（构）筑物、地下管线的影响。

② 应根据实际情况对受盾构掘进影响的既有建（构）筑物、地下管线的地基或基础进行加固处理。

③ 应控制掘进参数，减少施工对既有建（构）筑物、地下管线的影响。

④ 应加强既有建（构）筑物的沉降、倾斜观测。当发现有沉降、倾斜趋势时，应及时加固处理。

（6）江河地段盾构施工应符合的要求

① 应详细查明工程地质和水文地质条件和河床状况，设定适当的开挖面压力，加强开挖面管理与掘进参数控制，防止冒浆和地层坍塌。

② 应采用快凝早强注浆材料，加强壁后同步注浆和二次注浆。

③ 下穿江河前，应对盾构密封系统进行全面检查和处理。

④ 长距离下穿江河时，应根据地层条件预测刀具和盾尾密封的磨损，制定更换方案。

2. TBM（全断面岩石隧道掘进机）法

1) TBM 工作原理

TBM 是隧道掘进机英文 “Tunnel Boring Machine” 的缩写。习惯上将用于软土地层的全断面隧道掘进机称为盾构，将用于岩石地层的全断面隧道掘进机称为 TBM。

TBM 是一种依靠刀盘旋转破岩推进，隧道支护与出渣同时进行，并使隧道全断面一次成形的大型专用装备，是以岩石地层为掘进对象。它与盾构的主要区别就是不具备泥水压、土压等维护掌子面稳定的功能。

TBM 具有掘进、出渣、导向、支护四大基本功能，对于复杂地层，还配备地质超前预报设备。掘进工程主要由刀盘旋转带动滚刀在开挖面破岩以及为 TBM 提供动力的驱动系统和推进系统完成；出渣功能一般分为导渣、铲渣、溜渣、运渣四部分；导向功能主要包括确定方向、调整方向、调整偏转；支护功能分为掘进前未开挖的地层预处理、开挖后洞壁的局部支护以及全部洞壁的衬砌或管片拼装；地质超前预报系统一般由超前钻机和自带的物探系统组成。

2) TBM 分类及适用范围

TBM 的传统机型主要有开敞式 TBM、单护盾 TBM、双护盾 TBM 三种，分别适用于不同的地质条件。

(1) 开敞式 TBM

开敞式 TBM 采用围岩支护工艺，不采用管片衬砌，中高强度围岩地层能实现快速掘进。软弱围岩及断裂带地层应用时，需使用支护设备及时提供围岩支护，避免松散破碎围岩垮塌，以保证施工的安全、快速进行。主要适用于岩石整体较完整～完整、有较好自稳性的硬岩地层。

(2) 单护盾 TBM

单护盾 TBM 是在盾尾的保护下进行管片衬砌，开挖与钢筋混凝土管片衬砌分次进行。出渣系统采用皮带机出渣，主要适用于有一定自稳定性、埋深浅（地应力小）的软岩。单护盾 TBM 推进时，要利用管片作为支撑，其作业原理类似于盾构，与双护盾 TBM 相比，掘进与安装管片两者不能同时进行，施工速度较慢。单护盾 TBM 与盾构的区别有两点：一是单护盾 TBM 采用皮带机出渣，而盾构则采用螺旋输送机出渣或采用泥浆泵以通过管道出渣；二是单护盾 TBM 不具备平衡掌子面的功能，而盾构则采用土仓压力或泥水平衡开挖面的水土压力。

(3) 双护盾 TBM

双护盾 TBM 又称伸缩护盾式 TBM，装备有两节盾构壳体，既能防止开挖面坍塌，又能曲线开挖。双护盾 TBM 按照硬岩掘进机配上一个软岩盾构功能进行设计，既可用于硬岩，又可用于软岩或软硬岩交互的地层。其地质适应性非常广泛，尤其能安全地穿过断层破碎地带。

3) TBM 施工

(1) TBM 掘进应符合的要求

① 护盾式 TBM 始发时始发台必须牢固、可靠，开敞式 TBM 应确保支撑靴撑紧始发

洞壁。

② TBM 应在起始段 50~100m 进行试掘进。始发掘进时，应以低速度、低推力进行试掘进。在了解设备对岩石的适应性，掌握 TBM 的作业规律后再适当提高掘进速度。

③ TBM 掘进前应进行超前地质预报，掘进时必须根据隧道的地质条件，选择合理的掘进参数或掘进模式。

④ TBM 掘进过程中，应加强巡视，确保设备运转良好；应检查开挖面支护、仰拱快铺设、管片安装、渣车到位、皮带机正常、作业人员到位等情况，确保掘进正常。

⑤ 开敞式 TBM 在撑靴回缩前，后支腿与洞底必须接触。TBM 重新撑紧期间，内机架移动区域内不得有人。在后配套系统拖拉期间，拖拉油缸区域和后配套位移区域内不得有人。

(2) TBM 到达掘进应符合的要求

① TBM 到达掘进前，必须制定到达掘进施工方案，并进行安全技术交底。

② TBM 到达掘进的最后 20m 应根据围岩的地质情况确定合理的掘进参数，减小推力，降低推进速度，并及时支护或回填注浆。

③ 双护盾 TBM 到达段拼装管片后，应设置管片纵向拉紧装置。

④ TBM 到达掘进，应增加监测的频次，及时通过监控量测掌握贯通面及附近围岩的变形和地表沉降的情况。

⑤ 隧道贯通时应保持洞内外的联络畅通。

4) 特殊地质条件下施工

隧道施工前必须根据设计提供的工程地质及水文地质资源，结合现场实际情况进行分析研究，制定完整的施工方案和应急预案。TBM 施工进入特殊地质地段前，必须详细查明和分析工程的地质状况和隧道周围环境，对特殊地质条件下的施工，制定相应可靠的施工技术措施。

隧道施工时，应根据具体情况制定地质预测、预报方案，并根据地质预测、预报的结果及时调整施工方案；还必须加强监控量测工作，并及时反馈量测结果。

(1) TBM 在软弱围岩中掘进时应符合的要求

① 减缓掘进速度，必要时应先停机进行加固支护处理，再进行掘进。

② 根据围岩坍塌的不同程度，采取不同的合理的支护方式。

③ 开敞式 TBM 在软弱围岩中掘进，撑靴压力不应太高，刀盘扭矩不应过大。换步时，撑靴的支撑位置或围岩强度太低时，必须对洞壁撑靴处进行加固处理。

④ 对富水软弱破碎围岩应采取加强排水的技术措施。

⑤ 双护盾式 TBM 通过软弱围岩时，应减少刀盘喷水、降低刀盘转速和推力、减少单位时间内出渣量、不停机快速通过，防止塌方；还应安装重型管片、及时填充豆砾石并注浆，待通过后再进行固结注浆。

(2) TBM 在岩溶地段掘进时应符合的要求

① 隧道通过岩溶地区时，施工前应根据设计图、施工现场情况和超前地质预报，判断溶洞的状况，及时正确地制定施工方案。

② 掘进过程中，应通过控制掘进参数控制掘进方向，减缓掘进速度，使刀盘受力均匀。

(3) TBM 在膨胀岩地段中掘进时应符合的要求

① 开敞式 TBM 施工时，应采用弹性软式透水管将水引入沟槽，引至洞内水沟；初期支护采用喷射混凝土、钢筋网、锚杆、钢架等，必要时可采取钢筋纤维混凝土或加设钢筋网。

② 膨胀岩隧道的衬砌应在围岩变形基本稳定，变形速度小于 0.5mm/d 后施作。在衬砌混凝土强度达到设计强度的 100% 时，方可拆模。

③ 护盾式 TBM 通过膨胀岩地段时，应迅速通过，减少停机时间。必要时可使用扩孔刀具加大开挖直径，减少被卡住的危险。

4.3.9 隧道改（扩）建

隧道改扩建工程施工前，应根据设计文件、隧道改扩建施工特点，结合现场实际情况，编制施工方案，并对既有隧道的设计、施工、养护、维修和运营情况以及工程影响范围内其他建（构）筑物和设施的现状等进行调查、核实。隧道改扩建工程施工时，应采取措施减小对既有建（构）筑物和设施的影响，必要时应采取保护、加固、改移措施，并对工程影响范围内的既有隧道及其他建（构）筑物制定监测计划。

1. 隧道改建施工

隧道改建是指对隧道进行衬砌结构加固、路幅调整、路面翻修、排水沟改造、电缆沟改造、增设横洞以及局部提高技术指标和安全性能，改善服务功能等。

既有隧道改建施工应符合下列规定：

（1）应保持既有隧道主体结构的完整性，不应堵塞既有隧道的排水系统。

（2）应根据机电和附属设施改造设计要求，做好既有设施的保护与恢复。

（3）应按设计要求对既有隧道病害进行处治和加固。

（4）机电设备箱宜明敷；必须新开凿设备洞室时，应避开施工缝、沉降缝和伸缩缝的位置；应采用切割凿洞方式，不得进行爆破开孔。

（5）施工期间保持通车的既有隧道，应设置临时安全防护措施和增设交通疏导设施。

2. 隧道扩建施工

隧道扩建是指对既有隧道断面进行扩挖，增大断面净空，拆除既有衬砌重新施作。

既有隧道扩建施工应符合下列规定：

（1）应根据既有隧道的结构形式、结构状况、围岩条件等制定衬砌结构的拆除与扩挖施工实施方案。

（2）隧道二次衬砌应分段拆除，每次拆除分段长度宜为 $2\sim 8\text{m}$ ，并不得大于原衬砌一模衬砌长度，不得跨施工缝、变形缝一次拆除。

（3）隧道拆除应先拆除二次衬砌，后拆除初期支护。

（4）初期支护拆除和扩挖可同步进行，初期支护拆除的分段长度应根据围岩地质条件确定，扩挖后应立即进行新的初期支护施工。

（5）采用爆破拆除和扩挖时，应严格控制单段最大爆破药量。二次衬砌爆破拆除时，分段拆除之间应先切割分离。

（6）围岩较差、原坍塌地段拆除时，二次衬砌一次拆除长度不宜大于 3m 。初期支

护和围岩应先加固后拆除，必要时可采取超前支护措施。二次衬砌有较严重的病害时，衬砌拆除前方应增加临时支撑。

(7) 拆除前方应保持对外通道畅通。

(8) 扩挖后的二次衬砌应及早施作。

3. 隧道增建施工

增建隧道的自身施工，除需尽量减少对相邻既有隧道的不利影响以外，其余基本与新建隧道一样。

临近既有隧道增建隧道施工时，应符合下列规定：

(1) 应根据围岩扰动影响与爆破振速控制的设计要求，确定增建隧道施工方法、循环进尺及爆破参数等。

(2) 应对相邻既有隧道衬砌裂缝、附属设施松动等隐患进行排查，对影响围岩稳定和衬砌安全的病害地段应先进行加固处治。

(3) 增建隧道和既有隧道之间新建横通道时，既有隧道横向开洞施工严禁反向出洞。

(4) 增建隧道施工期间，应按设计要求对既有隧道实施监测。

(5) 增建隧道施工期间保持通车的既有隧道，应采取安全防护措施，不得利用既有隧道进行施工通风。

4.4 特殊地段施工

4.4.1 涌水地段施工

1. 施工调查

根据设计文件对隧道可能出现涌水地段的涌水量大小、补给方式、变化规律及水质成分等进行详细调查，选择既经济合理，又能确保围岩稳定，并保护环境的治水方案。

处理涌水可用下列辅助施工办法：超前钻孔或辅助坑道排水；超前小导管预注浆堵水；超前围岩预注浆堵水；轻型井点降水及深井降水。

2. 采用辅助坑道排水时应符合的要求

(1) 坑道应与正洞平行或接近平行。

(2) 坑道底标高应低于正洞底标高。

(3) 坑道应超前正洞 10~20m，至少应超前 1~2 个循环进尺。

3. 采用超前钻孔排水时应符合的要求

(1) 应使用轻型探水钻机或凿岩机钻机。

(2) 钻孔孔位应在水流上方。钻孔时孔口应有保护装置，以防人身及机械事故。

(3) 采取排水措施，保证钻孔排出的水迅速排出洞外。

(4) 超前钻孔的孔底应超前开挖面 1~2 个循环进尺。

4. 超前围岩预注浆堵水应符合的规定

(1) 注浆段的长度应根据地质条件、涌水量、机具设备能力等因素确定，一般宜为 30~50m。

(2) 钻孔及注浆顺序应由外圈向内圈进行，同一圈钻孔应间隔施工。

(3) 浆液宜采用水泥浆液或水泥—水玻璃浆液。

5. 轻型井点降水施工应符合的规定

(1) 井点的布置应符合设计要求。当降水宽度小于6m、深度小于5m时，可采用单排井点。井点间距宜为1~1.5m。

(2) 有地下水的黄土地段，当降水深度为3~6m时，可采用轻型井点降水；当降水深度大于6m时，可采用深井井点降水。

(3) 滤水管应深入含水层，各滤水管的高程应齐平。

(4) 井点系统安装完毕后，应进行抽水试验，检查有无漏气、漏水情况。

(5) 抽水作业开始后，宜连续不间断地进行抽水，并随时观测附近区域地表是否产生沉降，必要时应采取防护措施。

6. 深井井点降水施工应符合的要求

(1) 在隧道两侧地表布置井点，间距为25~35m。井底应在隧底以下3~5m。

(2) 做好深井抽水时地面的排水工作。

(3) 降水期间，应对抽水含砂率、地下水位、流量和各类降水设备运转情况进行检测。

4.4.2 塌方地段施工

隧道开挖导致塌方的原因有多种：一是自然因素，即地质状态、受力状态、地下水变化等；二是人为因素，即不适当的设计，或不适当的施工方法等。塌方往往会给施工带来困难和经济损失，因此，需要提前注意排除会导致塌方的各种因素，尽可能避免塌方的发生。

1. 发生塌方的主要原因

1) 不良地质及水文地质条件

(1) 隧道穿过断层及其破碎带，或在薄层岩体的小褶曲、断层错动发育地段，一经开挖，潜在应力释放快、围岩容易失稳，小则引起围岩掉块、塌落，大则引起塌方。当通过各种堆积体时，由于结构松散，颗粒间无胶结或胶结差，开挖后引起坍塌。在软弱结构面发育或泥质充填物过多，均易产生较大的坍塌。

(2) 隧道穿越地层覆盖过薄地段，如在沿河傍山、偏压地段、沟谷凹地浅埋和丘陵浅埋地段极易发生塌方。

(3) 地下水的软化、浸泡、冲蚀、溶解等作用加剧岩体的稳定和塌落。岩层软硬相间或有软弱夹层的岩体，在地下水的作用下，软弱面的强度大为降低，因而发生滑塌。

2) 隧道设计考虑不周

(1) 隧道选定位置时，地质调查不细，未能作详细的分析，或未能查明可能塌方的因素。没有绕开应绕避的不良地质地段。

(2) 缺乏较详细的隧道所在位置的地质及水文资料，引起施工指导或施工方案的失误。

3) 施工方法和措施不当

(1) 施工方法与地质条件不相适应；地质条件发生变化，没有及时改变施工方法；

工序间隔安排不当；施工支护不及时，地层暴露过久，引起围岩松动、风化，导致塌方。

(2) 喷锚支护不及时，喷射混凝土的质量、厚度不符合要求。

(3) 按新奥法施工的隧道，没有按规定进行量测，或信息反馈不及时，决策失误、措施不力。

(4) 围岩爆破用药量过多，因振动引起坍塌。

(5) 对危石检查不重视、不及时，处理危石措施不当，引起岩层坍塌。

2. 隧道塌方的预防措施

(1) 选择安全合理的施工方法和措施至关重要。在掘进到地质不良围岩破碎地段，应采取“先治水、短开挖、弱爆破、强支护、早衬砌、勤量测”的施工方法。

(2) 应加强施工过程中的技术管理，保证围岩及支护的稳定，并做好下列工作，防止塌方的发生：

① 全面了解设计提供的地质状况，及时与现场实际情况对比，明白设计意图。

② 加强超前地质预报工作，发现开挖面前方有异常情况出现时，及时研究并采取相应措施。

③ 软弱围岩、特殊岩土和不良地质地段，应采取正确的开挖方法及有效的支护手段。

(3) 为防止隧道塌方，隧道施工应符合下列要求：

① 应根据喷锚构筑法的基本要求进行开挖，合理选定开挖方法，同时采用光面爆破和预裂爆破技术，减少对围岩的扰动。

② 开挖过程中，发现任何特殊情况发生时，应暂停施工，待处理后方可继续掘进。

③ 初期支护必须及时施作并保证质量，特殊情况下，应采取特殊的支护措施。

④ 二次衬砌不得严重滞后初期支护，在软弱围岩地段宜紧跟开挖。Ⅲ、Ⅳ级围岩中，应根据量测结果确定最佳施作时间。

⑤ 认真开展监控量测工作，及时反馈量测资料，指导施工。

(4) 为防止隧道塌方，施工现场管理应符合下列要求：

① 严格按照设计文件及施工组织设计要求进行施工，未经批准，不得擅自改变开挖方法及支护形式。

② 认真进行支护作业，确保支护参数和质量达到设计要求。

3. 隧道塌方的处理措施

(1) 隧道发生塌方后，待塌体基本稳定后再进行处理。处理前，必须仔细观测塌方的范围、形状、数量大小及塌体的地质状况、地下水的分布、活动情况等，分析塌方发生的原因，研究制定处理方案，对塌体采取稳定加固措施，避免造成二次坍塌。隧道塌方应根据发生的部位、规模及地质条件，采取“治塌先治水、治塌先加强”的原则，采取喷锚支护、注浆、管棚、加强二次衬砌、设置护拱等技术措施，不失时机、不留隐患地进行处理。

(2) 处理塌方前，应采取下列技术措施，加强防排水工作：

① 地表沉陷和裂缝，应采用注浆填充和加固，或采用不透水土壤夯填紧密，开挖截水坑，防止地表水下渗进入塌体。

② 通顶陷穴口的地表四周应挖沟排水，搭设防雨棚遮盖穴顶；洞内衬砌通过塌方

后，陷穴应及时回填。回填应高出原地面，并用黏土或浆砌片石封闭穴口，做好排水。

③ 塌体内有地下水活动时，采用管、槽引至排水沟排出。无法进行引排时可采用注浆堵水。

（3）隧道洞口塌方的处理要求

① 中小型塌方应将塌体自上而下全部清除。根据塌方后坡面的情况，可选用刷坡卸载的方法，同时应对仰坡面上自上而下进行喷锚网加固。

② 大型塌方的塌体不必全部清除，可采取先挖台阶的形式清除一部分，再进行喷锚网加固，并在仰坡上适当位置设浆砌片石挡墙防护。

③ 仰坡加固完成后，洞口段已露空洞身可采用暗洞明做或改为明洞衬砌，拱圈上部可回填土石或浆砌片石。

④ 根据仰坡塌方的规模及稳定性情况，对洞内二次衬砌进行加强。

（4）当塌方是由于洞口附近的滑动体引起，滑动体尚未稳定时，必须先对滑动体进行加固，然后再处理塌方。主要技术措施有自进式锚杆、预应力锚索以及抗滑桩。

（5）岩石类塌方的围岩级别一般为Ⅱ~Ⅳ，岩体以未风化或轻度风化的岩层为主，节理较发育，塌体呈碎石状、黏土及砂的含量较少，一般不超过30%，未塌方的围岩呈相对稳定状态。塌方规模一般为中、小型，个别为大型塌方，塌方数量不超过 $5000m^3$ ，处理时应符合下列规定：

① 根据塌体内塌腔的矢跨比，采取不同的处理措施：

A. 当矢跨比 $h/B < 0.7$ 时，可采用外层初期支护（W）加内层初期支护（N）再加防护（F）的方法进行处理。

B. 当矢跨比 $h/B \geq 0.7$ 时，可采用外层初期支护（W）加防护（F）的方法进行处理。

② 岩石类塌方已塌至隧道上方的原地而时，应及时处理地面塌口，后处理洞内塌方。处理洞内塌方时，应采用注浆加管棚整体加固的处理方法，并应以渗透注浆为主，管棚应为长大管棚。

（6）土质类塌方的围岩级别一般为Ⅳ~Ⅵ级，隧道的围岩以土质或风化岩石为主，塌体呈土状，含有大量的黏土、砂质土（ $\geq 70\%$ ）及少量的石屑和孤石，塌方范围以外的未塌部分呈相对不稳定状态，塌方规模一般较大，主要为大型和特大型塌方。处理时应符合下列规定：

① 土质隧道塌方不宜采用清渣的方式处理。

② 土质隧道塌方可采用注浆加管棚的处理方法。注浆可视塌体中土质（或砂）的颗粒大小分别采用渗透注浆或劈裂注浆。

（7）塌方地段的衬砌，应视塌方的大小和地质情况，采用钢筋混凝土或钢架混凝土予以加强。衬砌完成后，应及时施作护拱和回填。当塌穴较小时，可用浆砌片石或干砌片石将其填满；当塌穴较大时，可先用浆砌片石回填一定厚度，剩余空间的处理可根据现场实际情况与设计、监理会商决定。

4.4.3 岩溶地段施工

岩溶是指可溶性岩层，如石灰岩、白云岩、白云质灰岩、石膏、岩盐等，受水的化学和机械作用产生沟槽、裂缝和空洞以及由于空洞的顶部塌落使地表产生陷穴、洼地

等类现象和作用。溶洞是以岩溶水的溶蚀作用为主，间有潜蚀和机械塌陷作用而造成的基本水平方向延伸的通道。溶洞是岩溶现象的一种。

1. 溶洞对隧道施工的影响

当隧道穿过可溶性岩层时，有的溶洞岩质破碎，容易发生坍塌；有的溶洞位于隧道底部，充填物松软且深，使隧道基底难以处理；有时遇到填满饱含水分的充填物溶槽，当坑道掘进至其边缘时，含水充填物不断涌人坑道，难以遏止，甚至使地表开裂下沉，山体压力剧增；有时遇到大的水囊或暗河，岩溶水或泥砂夹水大量涌人隧道；有的溶洞、暗河迂回交错、分支错综复杂、范围宽广，处理十分困难。

2. 隧道遇到溶洞的处理措施

(1) 隧道通过岩溶区，施工前应根据设计资料并结合施工现场情况，采用综合超前地质预报，探明溶洞分布范围、类型、规模、发育程度、地下水情况及岩层稳定程度等，按照以疏为主、堵排结合、因地制宜、综合治理的原则，分别以“疏导、堵填、注浆加固、跨越、宣泄”等措施进行处理，并对岩溶溶洞的处理预留排水通道。

(2) 岩溶地区隧道开挖应符合的要求

① 开挖方法宜采用分部开挖法。在Ⅱ～Ⅳ级围岩条件下，中小跨度隧道、溶洞仅占隧道开挖断面内一小部分时，可采用全断面法开挖。当溶洞出现在隧道一侧，应先开挖该侧。待支护完成后，再开挖另一侧。

② 应提早作好处理岩溶的方案，并准备足够数量的排水设备和物资。

③ 涌水可能增大时，应加强超前钻孔探测。对于岩溶发育地区的隧道，施工中应建立以长距离物探（地震波法）为宏观控制、钻探法为主，其他物探方式为辅，红外线探测连续施测的综合预报管理体系。

④ 岩溶段爆破开挖时，宜采用多打孔、打浅孔、多分段的措施，严格控制单段起爆药量和总装药量，控制爆破振动。

(3) 隧道施工遇到溶洞时应采取的处理措施

① 如果溶洞规模较大，内部充填了大量的泥砂，并含有丰富的地下水，揭穿后很可能发生大规模的突水、突泥，应采用封闭注浆进行加固处理。

② 溶洞空腔、暗河的处理应首先选择连通方案，不改变地下水总的流动趋势；各类新建的排水暗管应有一定的坡度，以预防泥沙淤积。

③ 当隧道穿越有堆积物溶洞时，如果堆积物较大，清理时会造成随清随塌的大型坍塌体，宜采用超前预支护、注浆等措施，加固周围的堆积物。

④ 对已停止发育的、跨径较小、无水的溶洞，可根据其与隧道相交的位置及其充填情况，采用混凝土、浆砌片石或干砌片石予以回填封闭，同时根据地质情况决定是否加深边墙基础。拱部以上干、空溶洞，可采用喷锚支护加固、注浆、加设护拱及拱顶回填的方法进行处理。底板下溶洞宜采用浆砌片石回填，但不得阻断过水通道。

⑤ 施工中遇到一时难以处理的溶洞时，可采用迂回导坑绕过溶洞区，继续进行隧道施工，再行处理溶洞。

⑥ 岩溶地区隧道支护和二次衬砌应根据溶洞情况予以加强。二次衬砌施工前，应采用物探手段检查隧道周边环形加固层及层外围岩情况，重点检查拱部、底板、侧边墙5m以内是否存在有害空洞，隧道底部是否密实。

4.4.4 瓦斯地段施工

瓦斯是地下坑道内有害气体的总称，其成分以沼气（甲烷即CH₄）为主，一般习惯即称沼气为瓦斯。当隧道穿过煤层、油页岩或含沥青等岩层，或从其附近通过而围岩破碎、节理发育时，可能会遇到瓦斯。如果洞内空气中瓦斯浓度已达到爆炸限度与火源接触，就会引起爆炸，对隧道施工会带来很大的危害和损失。在瓦斯地层中修建隧道，必须采取相应的措施。

1. 瓦斯的燃烧和爆炸性

当坑道中的瓦斯浓度小于5%，遇到火源时，瓦斯只是在火源附近燃烧而不会爆炸；瓦斯浓度在5%~6%到14%~16%时，遇到火源具有爆炸性；瓦斯浓度大于14%~16%时，一般不爆炸，但遇火能平静地燃烧。

2. 瓦斯放出的类型

从岩层中放出瓦斯，可分为三种类型：

(1) 瓦斯的渗出。它是缓慢、均匀、不停地从煤层或岩层的暴露面的空隙中渗出，延续时间很久，有时带有一种嘶声。

(2) 瓦斯的喷出。比上述渗出更强烈，从煤层或岩层裂缝或孔洞中放出，喷出的时间有长有短，通常有较大的响声和压力。

(3) 瓦斯的突出。在短时间内，从煤层或岩层中，突然猛烈地喷出大量瓦斯，喷出的时间可能从几分钟到几小时，喷出时常有巨大轰响，并夹有煤块或岩石。

以上三种瓦斯的放出形式，以第一种放出的瓦斯量最大。

3. 防止瓦斯事故的措施

1) 瓦斯隧道施工组织应符合的规定

(1) 施工前应编制防治瓦斯的专项施工方案、地质超前预报方案、通风设计方案、瓦斯监测方案、应急预案和作业要点手册等。

(2) 成立负责通风、瓦斯检测、防治处理瓦斯爆炸和煤与瓦斯突出、救护等的专门机构。高瓦斯工区及瓦斯突出工区应配备救护队。

(3) 设置灭火器、消防水池、消防用沙等消防设施。

2) 瓦斯隧道钻爆作业应符合的规定

(1) 工作面附近20m以内风流中瓦斯浓度必须小于1%，必须采用湿式钻孔，炮孔深度不应小于0.6m，装药前炮孔应清除干净。

(2) 必须采用煤矿许用炸药和煤矿许用电雷管，严禁反向装药。

(3) 爆破网络必须采用串联连接方式，不得并联或串并联。

(4) 起爆电源必须使用防爆型起爆器，应安装在新鲜风流中，并与开挖面保持200m左右距离。同一开挖面不得同时使用两台及以上起爆器起爆。

(5) 炮孔封泥不严或不足时，不得进行爆破，炮泥应采用黏土炮泥，严禁用煤粉、块状材料或其他可燃性材料作炮泥。

(6) 揭煤爆破15min后，应由救护队员佩戴防毒面具或自救器到开挖工作面，查看爆破效果、检测瓦斯浓度、巡查通风及电路。如有煤尘超标、电路破损、通风死角、瞎炮残炮等危险情况必须立即处理。在确认安全后方可通知送电，开启局部风机。

(7) 通风 30min 后，由瓦斯检测人员检测工作面、回风道瓦斯浓度。当瓦斯浓度小于 1%、二氧化碳浓度小于 1.5% 时，解除警戒，允许施工人员进入作业面。

(8) 隧道内各作业面应配备瓦斯检测仪，高瓦斯工点和瓦斯突出地段应配置高浓度瓦斯检测仪和自动检测报警断电装置，瓦斯隧道人员聚集处应设置瓦斯自动报警仪。

3) 瓦斯隧道通风应符合的规定

(1) 编制全隧道和各工区的施工通风方案，并考虑工区贯通后的风流调整和防爆要求。

(2) 应建立瓦斯通风、监控、检测的组织机构，系统地测定瓦斯浓度、风量风速及气象等参数。

(3) 高瓦斯工区的施工通风宜采用巷道式，瓦斯隧道各掘进工作面必须独立通风，严禁任何两个工作面之间串联通风。

(4) 按瓦斯绝对涌出量计算的风量，应将洞内各处的瓦斯浓度稀释到 0.5% 以下；巷道式通风的回风道瓦斯浓度应小于 0.75%。

(5) 防止瓦斯聚积的风速不宜小于 1m/s，对瓦斯易聚积处应实施局部通风。

(6) 施工期间应连续通风，因故障原因停风时，必须撤出人员、切断电源。恢复通风前，必须检测瓦斯浓度，符合规定后才可启动机器。

(7) 瓦斯工区的通风机应设两路电源，电源的切换应在 15min 内完成，保证风机正常运转。必须有一套同等性能的备用通风机，并保持良好的使用状态。

(8) 应采用抗静电、阻燃的风管。

4) 严格执行有关制度

(1) 瓦斯检查制度：指定专人定时和经常进行检查，测量风流和瓦斯含量，严格执行瓦斯允许浓度的规定。瓦斯检查手段可采用瓦斯遥测装置、定点报警仪和手持式光波干涉仪。

(2) 动火管理制度：洞内严禁使用明火，严禁将火柴、打火机、手电筒及其他易燃品带入洞内。

(3) 教育培训制度：进洞人员必须经过瓦斯知识和防止瓦斯爆炸的安全教育。抢救人员未经专门培训不准在瓦斯爆炸后进洞抢救。

(4) 持证上岗制度：瓦斯检查人员必须挑选工作认真负责、有一定业务能力、经过专业培训的考试合格者进行监测工作。

4.4.5 流沙地段施工

流沙是沙土或粉质黏土在水的作用下丧失其内聚力后形成的，多呈糊浆状，对隧道施工危害极大。由于流沙可引起围岩失稳坍塌，支护结构变形，甚至倒塌破坏，因此治理流沙必先治水，以减少沙层的含水量为主。宜采取以下措施：

1. 加强调查，制定方案

应调查流沙特性、规模，了解地质构成、贯入度、相对密度、粒径分布、塑性指数、地层承载力、滞水层分布、地下水压力和透水系数等，制定出切实可行的治理方案。

2. 因地制宜，综合治水

隧道通过流沙地段，处理地下水是解决隧道流沙、流泥施工难题中的关键技术。施工时，因地制宜，采用“防、截、排、堵”的治理方法。

(1) 防：建立地表沟槽导排系统及仰坡地表局部防渗处理，防止降雨和地表水下渗。

(2) 截：在正洞之外的水源一侧，采用深井降水，将储藏丰富的构造裂隙水。通过深井抽水排走，减少正洞的静水和动水压力，对地下水起到拦截作用。

(3) 排：有条件的隧道在正洞水源下游一侧开挖一条洞底低于正洞仰拱的泄水洞，用以降排正洞的地下水，或采用水平超前钻孔真空负压抽水的办法，排除正洞的地下水。

(4) 堵：采用注浆方法充填裂隙，形成止水帷幕，减少或堵塞渗水通道。

3. 先护后挖，加强支护

1) 隧道开挖应符合的要求

(1) 流沙地段隧道宜采用超短台阶、环形开挖预留核心土法人工开挖。

(2) 开挖时必须采取自上而下进行，严格控制开挖长度，防止上部两侧不均匀下沉。

(3) 开挖时及时监测拱部支护的下沉量，当预留变形量过大或不足时，应及时调整。

2) 隧道支护应符合的要求

(1) 可采用小导管超前支护或前插型钢背板预支撑，做到先支护后开挖。

(2) 支护应及时，边挖边喷射混凝土封闭，遇缝必堵，严防沙粒从支护缝隙中漏出。

(3) 衬砌宜仰拱先行，条件具备时，仰拱应紧跟开挖面，采取措施防止沙土液化。

4. 尽早衬砌，封闭成环

流沙地段，拱部和边墙衬砌混凝土的灌注应尽量缩短时间，尽快与仰拱形成封闭环。这样，即使围岩中出现流沙也不会对洞身衬砌造成破坏。

4.4.6 岩爆地段施工

隧道施工中可能发生岩爆时，应遵循以防为主，防治结合的原则，对开挖面前方的围岩特性、水文地质情况等进行预测预报，当发现有较强烈岩爆存在的可能性时，应及时研究施工对策，作好施工前的准备。岩爆隧道施工应根据设计资料及地质超前预报制定不同强度岩爆的专项施工方案。

1. 岩爆预报方法

隧道开挖过程中，可采用下列方法进行岩爆预报：

(1) 以超前探孔为主，辅以地震波法、电磁波法、钻速测试等手段。

(2) 观察岩体表面的剥落、监听岩体内部发生的声响，通过地质的观察、素描，分析岩石的“动态特性”。

(3) 采用工程类比法进行宏观预报。

2. 岩爆隧道施工技术措施

应根据岩爆强度大小对其进行严格分级，针对不同的岩爆级别可采取下列技术措施：

(1) 轻微岩爆地段开挖可正常掘进，可直接在开挖面上洒水、软化表层，促使应力释放和调整。

(2) 中等岩爆地段，除可采用轻微岩爆地段的措施外，还可采用超前注水、防岩爆锚杆等措施。

(3) 强烈岩爆地段，除可采用轻微岩爆地段和中等岩爆地段的措施外，还可采用在地面钻孔注水的方法大范围软化围岩、超前应力解除爆破、小导洞超前、超前锚杆、钢架支撑等措施。

3. 岩爆隧道施工要求

(1) 做好发生岩爆的时间、位置、强度、类型及数量等记录，总结岩爆规律。

(2) 采用光面爆破技术，使隧道周边圆顺，减少应力集中；严格控制装药量，减少对围岩的扰动。

(3) 控制循环进尺，采用短进尺，一般情况下，每循环进尺宜控制在1.0~1.5m，最大不得大于2m。

(4) 中等强度以上岩爆地段宜采用凿岩台车及喷混凝土台车施工；台车及装渣机械、运输车辆上宜加装防护钢板，避免岩爆弹射块体伤及操作人员和砸坏施工设备。

(5) 超前注水孔宜布置在隧道边墙及拱部开挖断面轮廓线外100~150mm范围内，并向孔内灌高压水，软化围岩，加快围岩内部的应力释放。

(6) 开挖后应及时喷纤维混凝土封闭，厚度宜为50~80mm。

(7) 应力释放孔直径不宜小于φ70mm。

(8) 防岩爆锚杆可采用楔管式、缝管式、水胀式等能及时受力的锚杆，以调整围岩应力分布及加固围岩。锚杆长度宜为2m左右，间距宜为0.5~1.0m。

4. 发生岩爆应采取的处理措施

(1) 停机待避，待安全后进行工作面的观察、记录，如岩爆的位置、强度、类型、数量以及山鸣等。

(2) 增加及时受力的摩擦型锚杆（不能代替系统锚杆），锚杆应装垫板。

(3) 及时喷纤维混凝土，厚度宜为50~80mm。

4.4.7 膨胀岩土地段施工

泥岩、凝灰岩、页岩、蛇纹岩、泥质凝灰岩及有地热效应的土质地层等具有膨胀特性。膨胀岩土隧道开挖后，洞壁缓慢向洞内挤入，挤压支撑或衬砌，使其承受很大的土压。这种膨胀变形土压，随着时间逐渐增大。有时刚开挖的土压并不大，但数天至数十天之后形成了强大的地压力；有时地压和增长率虽不大，但可持续数年之久，收敛期长。膨胀变形土压有时出现在隧道拱部、边墙、底部等局部范围，与洞内水作用和膨胀岩土分布有关。

在膨胀岩土中开挖隧道，除事前需要调查膨胀岩土的特性和规模，并参考其他类似工程实例之外，施工中有必要对围岩压力、岩体流变、地下水情况进行充分的调查和

量测，以便根据围岩动态采取适当的施工措施。

膨胀岩土隧道施工，应根据围岩变形、土压增长、结构受力性状、地下水活动状态等因素综合确定施工方法。

1. 膨胀岩土隧道开挖应符合的规定

- (1) 宜采用开挖分步少、可尽快全断面闭合的开挖方法。
- (2) 施工时应采取措施预防因分步开挖而引起围岩压力及偏压力增大。
- (3) 短进尺逐次开挖各分步断面，应依序紧跟，不得超前独进。
- (4) 隧道周壁开挖应圆顺，可优先采用人工或机械开挖。
- (5) 开挖后，应及时封闭暴露的岩体。
- (6) 预留变形量应适当加大，根据现场情况进行调整。

2. 膨胀岩土隧道施工防排水应符合的规定

- (1) 隧道开挖前，根据设计要求填平浅埋地段地表低洼处、封闭洞顶小河沟谷。
- (2) 洞内出露的地下水应及时归入沟、管、槽，引排至洞内水沟。
- (3) 顺坡施工排水，严禁挖沟直接排放，应设置防渗漏排水沟槽。反坡施工排水应采用设备完好、系统完善的抽排水设施，严禁水渗流至开挖工作面。
- (4) 衬砌的施工缝、变形缝应根据防水要求，结合地下水情况、防水材料特点等因素合理设置。

3. 膨胀岩土隧道初期支护及衬砌施工应符合的规定

- (1) 采用封闭型钢架时，初期支护应及时封闭成环。
- (2) 采用可缩钢架时，其滑动节的个数与整个布点的活动量，应满足膨胀岩土的膨胀量与约束量。
- (3) 可采用长锚杆、可拉伸锚杆和临时仰拱等措施。
- (4) 喷射混凝土可采用逐次加喷或预留纵向变形缝，满足膨胀岩土的膨胀量。
- (5) 采用挂网喷射混凝土时，应先喷一层约40mm的混凝土，并安设钢筋网，再补喷到设计的厚度。
- (6) 支护的总压缩量应与预留变形量一致。
- (7) 渗水地段应及时引、排水，喷射混凝土应调整配合比，使喷射混凝土与围岩密贴。
- (8) 衬砌结构应与围岩充分密贴、及早闭合。当衬砌混凝土的强度达到设计要求时，方可拆模。

4.4.8 软岩大变形地段施工

高地应力软岩、流变蠕变岩土地段隧道施工，应根据围岩初始地应力及地应力-变化规律、围岩特性、围岩变形、结构受力性状、地下水活动状态等因素综合确定施工方案。

软岩大变形地段隧道开挖和支护应符合下列规定：

- (1) 宜采用开挖分步少、可快速闭合的施工方法。分步开挖后，应及时封闭成环。
- (2) 应适当加大预留变形量，根据监控量测数据，及时调整开挖预留变形量。
- (3) 开挖进尺应按设计要求控制。开挖和支护应尽早完成全断面闭合。

(4) 初期支护应及时施作。加长锚杆、双层初支等控制变形措施，应严格按设计要求施工。

(5) 上台阶宜采用扩大拱脚措施加强对钢架的支撑。

(6) 应采用锁脚导管等方式加强锁脚。

(7) 上台阶钢架加工时应根据加大的断面轮廓进行。钢架接长时，应根据已经安装变形后的钢架轮廓加工；钢架宜尽早封闭成环。

(8) 仰拱宜紧跟掌子面施工，仰拱与掌子面距离一般不超过2倍隧道开挖宽度。

(9) 应根据设计预留变形空间，释放弹性变形能；宜合理预留补强空间。

(10) 应做好监控量测工作，根据监控量测数据，动态调整支护参数。

(11) 二次衬砌应根据“适当释放、控制变形、实时封闭”的原则和设计要求确定施工时机，洞口段施作不宜拖后。

4.5 隧道工程质量通病及防治措施

4.5.1 隧道水害、冻害防治

1. 隧道水害防治

1) 原因分析

(1) 隧道穿过含水的地层

① 砂类土和漂卵石类土含水地层。

② 节理、裂隙发育，含裂隙水的岩层。

③ 石灰岩、白云岩等可溶性岩的地层，当有充水的溶槽、溶洞或暗河等与隧道相连通时。

④ 浅埋隧道地段，地表水可沿覆盖层的裂隙、孔洞渗透到隧道内。

(2) 隧道衬砌防水及排水设施不完善

① 原建隧道衬砌防水、排水设施不全。

② 混凝土衬砌施工质量差，蜂窝、孔隙、裂缝多，自身防水能力差。

③ 防水层（内贴式、外贴式或中埋式）施工质量不良或材质耐久性差，使用数年后失效。

④ 混凝土的工作缝、伸缩缝、沉降缝等未做好防水处理。

⑤ 衬砌变形后，产生的裂缝渗漏水。

⑥ 既有排水设施，如衬砌背后的暗河、盲沟，无衬砌的辅助坑道、排水孔、暗槽等，年久失修，造成阻塞。

2) 防治措施

(1) 因势利导，让地下水有可排走的通道，将水迅速地排到洞外。

(2) 将流向隧道的水源截断，或尽可能使其水量减少。

(3) 堵塞衬砌背后的渗流水，集中引导排出。

(4) 合理选择防水材料，严格执行施工工艺标准。

2. 隧道冻害防治

隧道冻害是寒冷地区和严寒地区的隧道内水流和围岩积水冻结，引起隧道拱部挂

冰、边墙结冰、洞内网线设备挂冰、围岩冻胀、衬砌胀裂、隧底冰锥、水沟冰塞、线路冻起等，影响到安全运营和建筑物正常使用的各种病害。

1) 原因分析

(1) 寒冷气温

隧道冻害与所在地区气温（低于0℃或正负交替）直接相关，气温变化冻融交替是主因。

(2) 季节冻结圈的形成

季节性冻害隧道中，衬砌周围冬季冻结、夏季融化范围的围岩，沿衬砌周围各最大冻结深度连成的圈叫季节冻结圈。当衬砌周围超挖尺寸不等，超挖回填用料不当及回填密实不够产生积水，便形成冻结圈。

(3) 围岩的岩性对冻胀的影响

在隧道的季节冻结圈内如果是非冻胀性土，不会发生冻胀性病害。

(4) 隧道设计和施工的影响

在设计和施工隧道时，对防冻问题没有考虑或考虑不周，造成衬砌防水能力不足、洞内排水设施埋深不够、治水措施不当、施工有缺陷，都会造成和加重运营阶段隧道的冻害。

2) 防治措施

严寒及寒冷地区隧道冻害的防治，基本措施是综合治水、更换或改造土壤、保温防冻、结构加强、防止融塌等，可根据实际情况综合运用。

(1) 综合治水

隧道冻害的根本原因就是围岩地下水的冻结。如果能将水排除在冻结圈以外，杜绝水进入冻结圈，就能达到防止冻害的目的，因此综合治水是防治冻害的最基本措施。

综合治水要在查明冻害地段隧道漏水及衬砌背后围岩含水情况后，采取“防、排、堵、截”综合治水措施，消除隧道漏水和衬砌背后积水，具体措施包括：

① 加强接缝防水，防水材料要有一定抗冻性，以消除接缝漏水。

② 完善冻害段隧道的防、排水系统，消除衬砌背后积水，并防止冻结圈外的地下水向冻结圈内迁移。

(2) 更换或改造土壤

将冻结圈内的围岩更换或改造，将冻胀土变为非冻胀土、透水性强的粗粒土或保温隔热材料，从而达到防治冻害的目的。

更换土壤一般是将砂黏土、粉砂、细砂更换为碎、卵石或炉渣，换土厚为冻深的0.85~1.0倍，同时加强排水，防止换土区积水。

改造土壤就是采用压浆固结方法，在砂类土及砾卵石等容易压浆的岩土中注入水泥—水玻璃或其他化学浆固结冻结圈内岩土，消除冻胀性。

改造土壤的另一种方法就是在冻结圈注入憎水性填充材料，使其堵塞所有孔隙、裂隙，阻止土中水分的迁移和聚冰作用。

(3) 保温防冻

保温防冻是通过控制湿度，使围岩中水分达不到冰点，以达到防冻目的。主要方

我们只做自己高分通过的考试，需要考试资料和指导请找卡哥团队！认准VX：kagezhukao666

法有保温、供热、降低水的冰点。

① 架设保温衬层

在消除隧道渗漏水的基础上，隧道衬砌加筑一层保温层，净空富裕地段修建在原衬砌的内侧，改建衬砌段可设在衬砌外侧。

② 降低水的冰点

向围岩中注入丙二醇、氯化钙、氯化钠，使水的冰点降低，从而降低围岩的起始冻结温度，达到防冻的目的。

③ 供暖防冻

在浅埋侧沟洞口段上下层水沟间铺设暖气管道，保持气温在3~4℃，不发生冰塞，或夏季白天机械送热风融化泄水洞内结冰。

(4) 结构加强

① 防水混凝土曲墙加仰拱衬砌

冻结圈或融化圈内的岩土，经受强烈频繁的冻融破坏，岩土性质改变，冻胀性由弱变强，冻害逐步发展，需要采用加强衬砌。一般宜采用半圆形拱圈、曲边墙加仰拱衬砌形式，适用于Ⅳ~Ⅵ级围岩和风化破碎、裂隙发育的Ⅲ级围岩地段。

② 防水钢筋混凝土衬砌

为了减少开挖和衬砌圬工，可采用加设单层或双层钢筋网的防水混凝土衬砌。适用于Ⅲ级以上局部冻胀性围岩地段。

③ 网喷混凝土加固，加设抗冻胀锚杆

有锚固条件的Ⅳ级以上围岩，局部冻胀性硬岩地段，对既有冻胀裂损衬砌，可应用喷锚加固技术。

(5) 防止融塌

隧道洞内要防止基础融沉，可采用加深边墙至冻土上限以下或冻而不胀层；防止道床春融翻浆可采用加强底部排水，疏干底部围岩含水或采用换土法。

4.5.2 隧道衬砌病害防治

1. 隧道衬砌腐蚀病害

1) 原因分析

(1) 物理性腐蚀

① 冻融交替冻胀性裂损：在寒冷和严寒地区，由于普通混凝土是一种非均质的多孔性材料，其毛细孔、施工孔隙和工作缝等，易被环境水渗透。所以，充水的混凝土衬砌部位，受到反复的冻融交替冻胀破坏作用，产生和发展冻胀性裂损病害，造成混凝土裂损。

② 干湿交替盐类结晶性胀裂：渗透到混凝土衬砌表面毛细孔和其他缝隙的盐类溶液，在干湿交替的条件下，由于低温蒸发浓缩析出白毛状或梭柱状结晶，产生胀压作用，促使混凝土由表及里，逐层破裂、疏松、脱落。常见在边墙脚高1m，混凝土沟壁，起拱线接缝和拱部等处裂缝呈条带状，局部渗水处成蜂窝状腐蚀成孔洞，露石、集料分离，疏松用手可掏渣。干湿交替盐类结晶性胀裂损坏会造成混凝土或不密实的砂石衬砌和灰缝起白斑、长白毛，逐层疏松剥落。沿渗水的裂缝和局部麻面处，呈条带状和蜂窝

状腐蚀成凹槽和孔洞，一般深 100~250mm。

(2) 化学性腐蚀

① 硫酸盐侵蚀：水中的 SO_4^{2-} 浓度过高时， SO_4^{2-} 与水泥石中的 Ca(OH)_2 发生反应，生成石膏。石膏体积膨胀，形成混凝土物理性的破坏。 SO_4^{2-} 浓度低时，铝酸三钙与 Ca(OH)_2 、 SO_4^{2-} 共同作用，生成硫铝酸盐晶体，体积较原来增大 2.5 倍，产生巨大的内应力，破坏混凝土。

② 镁盐侵蚀：水中含 MgSO_4 、 MgCl_2 、镁盐，与水泥石中的 Ca(OH)_2 发生反应，形成 CaSO_4 ，产生硫酸盐侵蚀，形成的 CaCl_2 易溶于水而流失，形成的 Mg(OH)_2 胶结力很弱，易被渗透水带走。

③ 溶出性侵蚀（软水侵蚀）：水中 HCO_3^- 含量过少，在渗透水的作用下，混凝土中的 Ca(OH)_2 随水陆续流失，使得溶液中的 CaO_2 浓度降低。

④ 碳酸盐侵蚀：水中的 CO_2 含量过高，超过了与 $\text{Ca(HCO}_3)_2$ 平衡所需的 CO_2 数量。在侵蚀性 CO_2 的作用下，混凝土表层的 $\text{Ca(HCO}_3)_2$ 溶于水中。

⑤ 一般酸性侵蚀：水中含有大量 H^+ ，各种酸与 Ca(OH)_2 作用后，生成相应的钙盐。

2) 预防措施

(1) 坚持以排为主，排、堵、截并用，综合治水。

(2) 用各种耐腐蚀材料敷设在混凝土衬砌的表面，作为防蚀层。

(3) 在各种腐蚀病害较为严重的地段，除采取排水降低水压外，同时采用抗侵蚀材料作为衬砌，使防水、防蚀设施与结构合为一体。

(4) 隧道的伸缩缝、变形缝和施工缝都设置止水带，从而达到防蚀的目的。

2. 隧道衬砌裂缝病害的防治

1) 原因分析

隧道发生衬砌裂缝的原因主要有围岩压力不均、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不善等。

(1) 围岩压力不均

当隧道两侧的外围覆土厚度不同或者不均匀时，产生的偏压导致隧道两侧的衬砌结构承受不对称的围岩压力。在这种情况下，隧道两侧的衬砌拱腰位置会产生裂缝。一般在覆土较深的衬砌拱腰部位发生结构的最大变形，拱腰部位也是裂缝分布数量最多的地方。

(2) 衬砌背后局部空洞

隧道衬砌背后存在空洞会产生凸向围岩一侧的自由变形。同时空洞部位的衬砌裂缝分布集中。空洞的大小是决定裂缝数量和深度的直接因素，空洞的尺寸越大，衬砌结构发生变形的区域就越大，裂缝的数量和深度就越高，使混凝土劣化严重，可能产生混凝土掉块的现象。

(3) 衬砌厚度严重不足

由于施工测量放线发生差错、欠挖、模板拱架支撑变形、塌方等原因，会造成局部衬砌厚度偏薄，进而导致隧道衬砌产生裂缝。

(4) 混凝土收缩

混凝土收缩分为自收缩和干收缩。混凝土自收缩是指恒温绝湿的条件下，由胶凝材料的水化作用引起的自身收缩；混凝土干收缩是指混凝土停止养护后，失去内部毛细孔和混胶孔的吸附水而发生的不可逆收缩。混凝土大部分干收缩在龄期三个月内出现，但龄期超过 20 年收缩变形仍未终止。

(5) 不均匀沉降

隧道衬砌不均匀下沉和隧道仰拱地基不均匀沉降导致隧道衬砌产生裂缝。

(6) 施工管理不当

过早拆除模板支撑，使衬砌承受超容许的荷载，衬砌容易产生裂损。施工质量管理不善，混凝土材料检验不力，施工配合比控制不严，水胶比过大，混凝土捣实质量不佳，拱部浇筑间歇施工形成水平状工作缝，造成衬砌质量不良，降低承载能力。

2) 预防措施

(1) 设计时根据围岩级别、性状、结构等地质情况，合理选取衬砌形式及厚度，确保衬砌具有足够的承载能力；可采用防腐混凝土，或提高混凝土强度等级，但不得采用石灰石等易溶材料。

(2) 施工过程中发现围岩地质情况有变化，与原设计不符时，应及时变更设计，使衬砌符合实际需求；欠挖必须控制在容许范围内。

(3) 钢筋保护层厚度必须保证不小于 30mm，钢筋使用前应作除锈、清污处理。

(4) 混凝土强度必须符合设计要求，宜采用较大的骨胶比，降低水胶比，合理选用外加剂。

(5) 确定分段灌筑长度及浇筑速度；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。

(6) 衬砌背后如有可能形成水囊，应对围岩进行止水处理，根据设计施作防水隔离层。

(7) 衬砌施工时应严格按要求正确设置沉降缝、伸缩缝。

3) 治理措施

隧道衬砌裂缝的治理措施可总结为加强衬砌自身强度和提高围岩稳定性两种。对于隧道衬砌裂缝的治理一般会采用锚杆加固、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。

加强衬砌自身强度通过对隧道衬砌结构混凝土施工材料进行加固以及通过对衬砌结构的裂缝进行碳纤维加固等措施，提升结构自身的承载能力。提高围岩稳定性能够有效地保证隧道衬砌结构施工的安全性，可通过锚固注浆、深孔注浆等措施对围岩进行加固。

4.5.3 隧道震害防治

为防止和减轻隧道震害，须坚持综合治理、预防为主的指导思想，贯穿到隧道选线、设计、施工和维护保养各个阶段。位于地震基本烈度 VI 度以上地区的生命线工程，设计必须进行地震设防，并进行专门地震安全性评价工作。

在高地震烈度区，既有隧道存在易遭受震害的情况，需要进行抗震加固。对地震后发生震害的隧道也需要采用合理方法进行整治。以下情况需要采用抗震加固措施：

- (1) 洞口段为断层破碎带或第四纪风化层且属浅埋地段。
- (2) 洞口段衬砌为直墙拱未设仰拱。
- (3) 洞口端墙是立柱式洞门。
- (4) 洞口路堑挡墙过高，仰坡陡峭，时有坍塌落石危害。
- (5) 拱顶与围岩间回填不实。
- (6) 隧道衬砌已出现纵横裂缝。
- (7) 洞口端墙出现裂缝。

第5章 交通工程

5.1 交通安全设施

5.1.1 交通安全设施主要构成与功能



第五章
看本章精讲课
配套章节自测

1. 交通安全设施的构成

交通安全设施主要包括交通标志、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。

2. 各种交通安全设施的功能与构成

1) 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，使道路使用者安全、快捷到达目的地，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。

2) 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。

3) 护栏和栏杆

护栏和护栏设置应体现宽容和适度防护的理念。护栏任何部分不得侵入公路建筑限界；路侧护栏宜设置在公路土路肩内；中央分隔带护栏应与中央分隔带内的构造物、地下管线相协调。

路侧、中央分隔带内土基压实度不能满足护栏设置条件时（一般不宜小于90%），或路侧护栏立柱外侧土路肩保护层宽度小于规定宽度时，应采取加强措施。

4) 视线诱导设施

视线诱导设施应能对驾驶人进行有效视线诱导，其结构形式和材料应尽可能降低误驶撞上的车辆和人员的伤害。

视线诱导设施包括轮廓标、合流诱导标、线形诱导标、隧道轮廓带、警示桩、警示墩等。

5) 隔离栅

隔离栅是将公路用地隔离出来，防止非法侵占公路用地的设施，应能有效阻止行人、动物误入需要控制出入的公路。其材料和结构形式应适应当地的气候和环境特点。它主要包括编织网、钢板网、焊接网、刺钢丝网、隔离墙以及常青绿篱等形式。

6) 防落网

防落网应包括防落物网和防落石网。

防落网应能阻止公路上的落物进入饮用水保护区、铁路、高速公路、需要控制出入的一级公路等建筑限界内，或阻止挖方路段落石进入公路建筑限界以内。

7) 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。

8) 避险车道

货运车辆失控风险较高的路段需要设置避险车道。避险车道由引道、制动床、救援车道等构成。

避险车道应设置相关的交通标志、标线、护栏、视线诱导等交通安全设施，宜设置照明、监控等管理设施。

9) 其他交通安全设施

其他交通安全设施包括防风栅、防雪栅、积雪标杆、限高架、减速丘、凸面镜等。

5.1.2 交通安全设施施工技术要求

1. 交通标志的施工技术要求

(1) 交通标志应按施工准备、基础施工、立柱和横梁等构件和标志板加工制作、交通标志安装等工序进行施工。

(2) 标志支撑结构应在基础混凝土强度达到设计强度的 80% 以上后，经监理工程师批准后安装。

(3) 标志板安装前应依据设计文件对交通标志基础、立柱和标志板一一进行核对。

(4) 小型交通标志可在立柱安装固定后安装标志板，门架、悬臂等交通标志，宜将交通标志板安装后整体吊装。紧固件的紧固方法应符合设计要求，加劲法兰盘与底座法兰盘应水平、密合，拧紧螺栓后的支柱不得倾斜。

(5) 大型标志板现场拼接时，拼缝应平顺、紧密，不大于 3mm，不得影响标志中图形、文字和重要符号的视认性，板面应保持平整，不得有错台，整体强度应不低于单板。

(6) 标志架安装时应利用水平尺校正立柱竖直度，最后用扳手把螺栓均匀拧紧，用水泥砂浆对加劲法兰盘与基础之间的缝隙进行封闭。

(7) 标志板安装到位后，应调整标志板面平整度，根据设置地点公路的平、竖曲线线形调整标志板安装角度。标志板安装角度应满足设计文件要求。设计文件无要求时，应符合下列规定：

① 路侧标志宜与公路中线垂直或成一定角度。其中，禁令和指示标志为 $0^\circ \sim 45^\circ$ ；指路和警告标志为 $0^\circ \sim 10^\circ$ 。

② 悬臂、门架或附着式支撑结构标志板面应垂直于公路行车方向，标志板面宜前倾 $0^\circ \sim 15^\circ$ 。

2. 交通标线的施工技术要求

(1) 新铺沥青路面的交通标线施工，可在路面施工完成 7 日后开始；新建水泥混凝土路面的交通标线施工，应在混凝土养护膜老化起皮并清除后开始。交通标线宜在白天施工，在雨、雪、沙尘暴、强风、气温低于材料规定施工温度的天气，应暂停施工。正式施划前应做试验段，试验路段应有代表性，长度不宜短于 200m，高速公路、一级公

路可按单向计算。

(2) 突起路标宜在交通标线施工完成后安装，且不得影响标线质量。应根据设计文件的要求确定突起路标的设置位置，突起路标反射体应面向行车方向。路面和突起路标底部应清洁干燥，并涂加胶粘剂。胶粘剂应通过检测单位的抗拉拔能力及抗衰老能力检测。突起路标就位后，应在其顶部施加压力，排除空气并调整就位。

3. 护栏和栏杆的施工技术要求

(1) 施工安装前，应现场实地踏勘、检查前道工序。

(2) 缆索护栏、波形梁护栏的路基土压实度和混凝土护栏的地基承载力应符合设计文件的规定。立柱打入的护栏宜在水泥混凝土路面、沥青路面下面层施工完毕后施工，不得早于路面基层施工，并控制好护栏立柱高程。

(3) 混凝土护栏可在路面基层施工完毕后、路面摊铺前施工。长度较长、现场条件允许时，可采用滑模施工。

(4) 桥梁护栏和栏杆应在桥梁车行道板、人行道板、混凝土铺装层施工完毕，跨中支架及脚手架拆除后桥跨处于独立支撑的状态时方能施工。混凝土桥梁护栏应在桥面的两侧对称施工。

(5) 中央分隔带开口护栏的端头基础和预埋基础应在路面面层施工前完成，其余部分应在路面施工后安装。缓冲设施应在路面施工后安装。

(6) 所有护栏和栏杆产品到场后，应按施工路段或产品到场批次进行抽样检查，产品质量应符合相关标准的要求。所有钢构件均应进行防腐处理。螺栓、螺母等紧固件和连接件在防腐处理后，应清理螺纹或进行离心分离处理。

4. 视线诱导设施的施工技术要求

(1) 视线诱导设施的外形尺寸、安装高度、线形、材质、反光性能等应符合设计文件的规定。自发光视线诱导设施的闪烁频率、使用寿命及工作条件应满足设计要求。

(2) 轮廓标安装完成后应与公路线形保持一致，安装高度宜保持一致。夜间应具有良好的反光性能，逆反射性能应符合现行《轮廓标》GB/T 24970—2020 的规定。柱式轮廓标应安装牢固，柱体表面不应有明显的划痕、气泡、裂纹及颜色不均等缺陷。附着式轮廓标应安装牢固、角度准确、高度一致。

(3) 隧道轮廓带安装完成后，其表面法线应与公路中心线垂直。隧道轮廓带应安装牢固，整体线形流畅，表面无划痕等缺陷。

(4) 示警桩、示警墩的位置应与公路线形相协调。

5. 隔离栅的施工技术要求

隔离栅的封闭应严密、牢固，不应出现缺口。应与公路线形走向一致，边坡较陡的路段应进行修坡处理。隔离栅的网面应平整、无断丝，网孔无明显倾斜。混凝土基础尺寸和埋深、立柱的竖直度和柱间距、网面高度应符合设计文件的规定。镀锌构件表面应均匀完整、颜色一致，表面不得有气泡、裂纹、疤痕、折叠和断面分层等缺陷。混凝土立柱应密实、平整，无裂缝、翘曲、蜂窝、麻面等缺陷。

6. 防落网的施工技术要求

(1) 防落物网的封闭应严密、牢固，不应出现缺口。混凝土基础尺寸和埋深、立柱的竖直度和柱间距、网面高度以及混凝土立柱和基础的强度等级应符合设计文件的规

定。防落物网的防腐和防雷接地处理应符合设计文件的规定。

(2) 防落石网的地脚螺栓埋置深度、混凝土基础尺寸和埋深、立柱的竖直度和柱间距、拉锚绳、支撑绳、减压环、钢丝绳网(或环形网)及立柱和基础的强度等级应符合设计文件的规定。防落石网的防腐处理和防雷接地处理应符合设计文件的规定。

7. 防眩设施的施工安装要求

(1) 防眩板及支架的材质、防腐处理、几何尺寸应符合设计要求。预埋件的设置位置、强度和腐蚀程度应符合设计要求并经过上道工序的验收。

(2) 防眩板或防眩网安装完成后，其设置路段、防眩高度、遮光角应满足设计要求。

(3) 防眩板或防眩网的整体应与公路线形协调一致，不得出现高低不平或者扭曲的外形。防眩板或防眩网应牢固安装，外观不应有划痕、颜色不均、变色等外观缺陷。防眩设施施工完成后，宜在晚间进行实地目测检查。

8. 避险车道的施工技术要求

(1) 避险车道的结构尺寸、排水设施应符合设计文件要求。

(2) 避险车道相关的交通标志、交通标线、护栏、视线诱导等设施的设置应符合设计文件的规定。

(3) 末端消能材料的设置位置及数量应符合设计文件的要求。

(4) 制动床的铺装集料的规格与级配、卵(砾)石等制动集料的压碎值应符合设计文件的要求。

9. 其他交通安全设施的施工技术要求

防风栅、防雪栅、积雪标杆、限高架、减速丘、凸面镜等其他交通安全设施的施工，应符合设计文件的要求。

5.2 交通机电工程

5.2.1 交通机电工程主要构成与功能

1. 监控系统主要构成与功能

1) 监控系统的管理体制

省域内高速公路监控系统设有一个省级监控中心，在一条路段的管理公司内设一个路段监控分中心，对本路的交通监控设施直接进行集中管理，根据地区和建设资金来源的不同，管理范围一般在50~200km；在路监控分中心下可以设几个基层监控单元(包括隧道或桥梁管理站、监控所等)，对特长隧道、特大桥或一定范围内的交通监控设施进行管理，构成三级管理架构。其管理层次结构如图5.2-1所示。

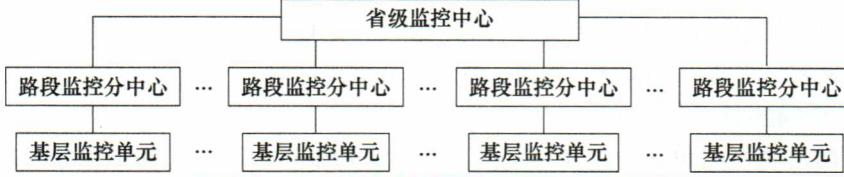


图5.2-1 监控系统的管理结构图（三级）

省级监控中心通过各路监控分中心对全省的高速公路进行集中监控管理。有些省，在省监控中心下设地、市级区域监控分中心，对路段监控分中心进行集中管理，组成四级管理架构。

2) 监控系统主要构成

监控系统按其功能可分为九个子系统：交通（信号）监控子系统、视频监控子系统、调度（指令）电话子系统、火灾自动报警子系统、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、视频监控、调度（指令）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。

（1）交通（信号）监控系统的构成

一条路的交通信号监控系统通常由监控分中心和监控节点（如果有）的计算机系统、外场设备以及传输通道等组成。计算机系统按管理体制又可以分为监控所计算机系统、路段监控分中心计算机系统、省监控中心计算机系统。计算机系统一般由以太网交换机、监控服务器、监控工作站、打印机、视频事件自动检测器、不间断电源装置等构成局域网系统。外场设备包括：车辆检测器、气象检测器、能见度检测器等数据采集装置；可变信息标志、可变限速标志、车道指示标志、信号灯等信息发布装置。传输通道可以使用高速公路专用通信网，或者采用光端机、以太网交换机及光纤组网传输。

（2）视频监控系统的构成

视频监控系统由沿线、隧道、桥梁等地设置的遥控及固定摄像机及编码设备、传输通道以及监控分中心的视频监视、管理、存储等设备组成。监控分中心视频监控设备包括以太网交换机、视频服务器、视频存储设备、视频工作站、监视器、大屏幕拼接屏、视频解码器等。

（3）火灾自动报警系统的构成

火灾自动报警系统由人工和自动报警两个系统合成，是保障隧道安全运行系统中的一个重要子系统。

自动报警系统由洞内火灾自动检测设备、监控分中心（监控所）的火灾报警控制器以及传输通道等组成。

人工手动报警系统与自动报警系统的构成相似，通常是在隧道内每50m间距的消防洞处设一个手动报警按钮（每个按钮带地址编码），由传输通道将其连接到监控分中心（监控所）的火灾报警控制器。当人们发现隧道内有火情时，按动手动报警按钮，即可将信号传至火灾报警控制器，并产生相应的声光告警信号和地点信号。

（4）隧道通风控制系统的构成

隧道通风控制系统由监控分中心工作站、隧道本地控制器、风机、一氧化碳/透过率检测器、风速风向检测器以及传输通道等组成。

（5）隧道照明控制系统的构成

隧道照明控制系统一般由分中心监控工作站、本地控制器、光强检测器、隧道照明设备及传输通道等构成。

(6) 电力监控系统的构成

电力监控系统可与公路供配电系统相结合，构成功能完善、独立的供配电监控系统；也可只对重要供配电回路进行遥控、通信、遥测，并作为监控系统的一个子系统。其监控范围包括专用变配电所、高压电源线路、高压馈出线路、主变压器、备用柴油发电机组、重要的低压配电回路及低压配电装置及传输通道等组成。

电力监控系统由变配电所自动检测或监控装置、远程通信装置、监控分中心（所）监控计算机系统以及它们之间的传输通道构成。分中心（所）监控计算机子系统一般也是一个计算机局域网系统，其硬件构成和监控分中心（所）交通信号监控系统相似，只是应用软件和功能不同。

3) 监控系统主要功能

监控系统的主要功能包括：信息采集、数据处理、信息显示、视频图像管理、路网监测及协调管理（交通管理与应急处置）、公众信息服务、信息共享、统计查询、数据备份和系统恢复、设备管理、系统安全等。

(1) 交通（信号）监控系统的功能

交通信号监控系统是高速公路监控系统的主要系统。通过采集实时变化的道路交通流信息、道路及监控设施状态等信息，进行交通运行状态正常与否的判断、交通运行异常状态的预测、交通异常事件严重程度的确认、对已经发生或可能发生的异常事件提出处理方案等，通过交通信息发布而达到交通控制、诱导的目的，为管理部门提供有效的管理手段，为高速公路的使用者提供良好的交通信息服务。

(2) 视频监控系统的功能

包括视频图像监视功能；选择与控制功能；具有视频图像录像、检索、回放功能；具有视频图像配置及管理功能；多级联网视频监控功能。

(3) 火灾自动报警系统的功能

火灾自动报警系统用于隧道内、变电所等发生火灾时，自动或人工发出紧急信号，迅速通告监控室或监控分中心，结合隧道交通信号监控的控制，阻止洞外车辆进入故障隧道，疏导已在洞内车辆，避免事故的恶化，保证隧道安全；通告消防系统启动消防水泵，并且通知消防部门及时进行灭火、救援等活动，减少人员伤亡，减轻隧道设施的破坏和损失。

(4) 隧道通风控制系统的功能

隧道通风设施是用通风设备将新鲜空气强行送入隧道，稀释污染物质并将其排出隧道，使隧道内保持良好的卫生环境；提高能见度，保证行车安全。隧道通风控制系统是根据一氧化碳 / 透过率检测器、风速风向检测器检测到的环境数据、交通量数据等控制风机的运转进行通风，同时控制风机的运行台数、风向、风速、运行时间，实现节能运行和保持风机较佳寿命的控制运行；并在发生火灾时根据不同地点对风机风向、风速、运行台数的控制进行相应的火灾排烟处理，以保证隧道运行环境的舒适性及安全性。

(5) 隧道照明控制系统的功能

设置隧道照明系统能避免隧道黑洞效应，使驾驶员适应隧道内外的亮度差，保证行车安全；照明控制系统能根据洞外的照度变化、交通量的变化对洞内照明强度进行调

节，节约用电，降低运营费用。

(6) 电力监控系统的功能

完成对公路专用供配电系统进行数据采集、监视和控制，实现对系统的安全监控；完成供配电信息采集、处理和控制功能的自动化；值班员可以掌握系统当前的运行情况，实现人工或遥控操作，完成记录、统计、制表等调度日常工作。

2. 收费系统主要构成与功能

1) 收费方式

2019年取消省界收费站后，按照国家标准《电子收费 专用短程通信》GB/T 20851.1~5实施了不停车电子收费(ETC)系统，即在交通流发生变化前（如入/出口匝道、互通立交）的路段区间，设置不停车电子收费ETC门架及路侧装置RSU（含ETC天线和读写控制器），当装有ETC车载单元(OBU)的车辆（以下简称ETC车辆）经过ETC门架时，车载单元OBU就和ETC门架路侧装置RSU进行移动通信，完成双向认证，计算通行费额，车辆在不停车状态下自动完成分段计费和收费。

对人工收费(MTC)的车辆（以下简称MTC车辆）采用13.56MHz与5.8GHz复合通行卡(CPC卡)作为收费通行介质，在收费站入口将车型信息准确写入CPC卡，收费站出口进行核对，辅以车牌图像识别，实现“分段计费、出口收费”。

MTC车辆可以在指定的ETC安装服务处安装单片式车载单元OBU，成为ETC车辆。

2) 收费制式

高速公路联网收费由以前的封闭式收费调整为开放式收费，全国统一采用《收费公路车辆通行费车型分类》JT/T 489—2019标准收费，建立交通运输部路网中心与各省联网收费系统联合的运营管理机制。

3) 收费系统的总体框架

全国联网收费系统由收费公路联网结算管理中心（以下简称部联网中心）、省（自治区或直辖市）联网结算管理中心（以下简称省联网中心）、区域/路段中心、ETC门架和收费站等组成。联网收费整体框架如图5.2-2所示。

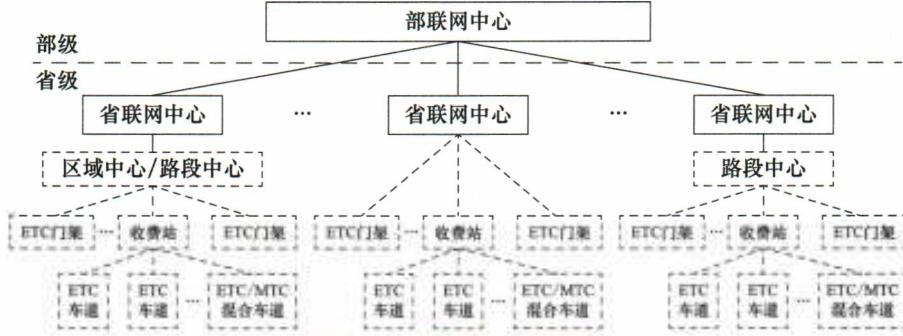


图 5.2-2 联网收费整体框架

4) 收费系统主要构成及功能

(1) 部联网中心

部联网中心承担全国联网收费系统运营服务规则制定、跨省ETC通行费清分结算和其他交易拆分结算、通行介质与ETC发行认证和监管、系统数据汇聚与运行监测、

费率与参数管理、安全和风险控制、联网收费稽查和信用管理、跨省争议交易与投诉处理以及用户服务等。

（2）省联网中心

负责本省、自治区或直辖市内联网收费系统以下业务管理：省内路段费率管理、收费数据的接收、汇总、统计、验证与省内 ETC 和 MTC 通行费的拆分结算等；省路网内复合通行卡 CPC 卡状态追踪、调拨、丢卡稽查、坏卡回收等；协助部联网中心完成跨省现金和非现金拆分结算、跨省收费数据的上传、接收、验证和结算；与省内收费设施发行及服务机构的收费数据及用户信息的交互；省路网内 MTC 车辆的通行费计算，辅助完成本省及跨省通行车辆特情处理；省路网内车辆及通行介质的状态名单的生成、接收和下发管理；本省联网收费运营与服务的咨询、争议、投诉处理、收费稽查等；本省内联网收费系统运行监测，基础数据与数据交换的管理；协助部联网中心开展联网收费稽查和信用体系建设。

（3）区域 / 路段中心

区域 / 路段中心是辖区内联网收费系统数据处理和管理中心。负责管辖内收费系统（包括收费站、出入口车道、ETC 门架、通信网络等）的运行监控；各收费站系统上传的收费数据、特殊事件、CPC 卡流动与调拨、交接班等数据进行汇总与处理；对管辖内各种收费设施进行维护与管理；确保与省联网中心、下级收费站系统的通信和传输安全，执行省联网中心的指令并与其进行数据交换；对收费系统参数（包括授时、时钟同步）、信息安全及收费人员进行管理；提供各种统计报表与查询处理。

（4）ETC 门架系统

① 构成

ETC 门架系统主要由以下设施构成：车道控制器、RSU（含 ETC 天线、读写控制器）、高清车牌图像识别设备（含补光设备）、高清摄像机、供电设备、防雷接地、网络安全设备、工业以太网交换机等，经通信光纤和收费站三层交换机、站级门架服务器、收费工作站等组成光纤工业以太网环网保护。其中通信设备、门架服务器放置在收费站内，供电设备、防雷接地、环境监测、空调装置、网安全设备、工业以太网交换机等设备设于一体化机柜内。

② 功能

- A. 同时支持双片式与单片式 OBU 和 CPC 卡收费交易，实现 ETC 车辆和 MTC 车辆分段计费，对于 ETC 车辆生成交易流水（或通行凭证）、ETC 通行记录。
- B. 自动识别所有通行车辆和时间、抓拍车辆图像信息（包括车牌号码、车牌颜色等），并通过专用通信网络及时上传至省联网中心和部联网中心。
- C. 对于 MTC 车辆，应读取车载 CPC 卡内车辆信息（包括车牌号码、车牌颜色、车型信息等），计算其通行费额并写入 CPC 卡内，形成 CPC 卡通行记录。
- D. 一辆车只生成一条收费交易数据（流水）或记录数据。对同一辆车既有 OBU 又有 CPC 卡时，只生成 CPC 卡通行记录。
- E. 接收省联网中心和部联网中心下发的 ETC 门架系统参数和应用程序的在线更新。
- F. 路侧单元 RSU、车牌图像识别设备、收费数据、图像与视频存储等应有冗余，系统应具有自检功能、实时传输系统的工作状态。

G. 系统的安全性按照《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239—2019 执行。

H. 在通信网络发生局部故障时，本系统应独立性工作和存贮所有数据，当通信网络恢复正常时，自动上传本地滞留数据至省联网中心和部联网中心。

(5) 收费站系统

考虑到非 ETC 车辆的收费需求及适应 ETC 用户的快速发展，原有收费站入/出口调整为 ETC 车道为主、ETC/MTC 混合车道为辅的方式。收费站入口实现 ETC 车辆不停车通行，同时实现特殊车辆管理、发放 MTC 车辆通行介质 CPC 卡等功能。收费站出口实现 ETC 用户不停车通行的同时，完成 MTC 车辆的收费，并且支持第三方支付方式。

① 构成

收费站系统由三层以太网交换机、ETC 门架管理服务器、磁盘阵列存储设备 (IPSAN)、以太网交换机、多台工作站、收费站服务器、打印机等组成局域网，车道控制机通过广场以太网交换机与站监控室的三层以太网交换机相连构成收费站局域网，站局域网通过路由器和防火墙接入通信网络与区域/路段中心、省联网中心和部联网中心通信。

存储设备 (IPSAN) 用于存储车道交易数据、车辆号牌图片以及 ETC 门架系统的高清摄像机图像等数据。

对设有入口称重系统的收费站，由称重系统服务器与收费站服务器采用安全连接通信。

② 功能

A. 实时采集收费原始数据（包括收费数据、非现金支付数据），进行存储、备份、处理与管理，报表统计及打印管理。

B. 对收费车道和 ETC 门架系统的运行状况实时监控和维护管理，具有故障自动检测功能。

C. 收费费率表、北斗对时及授时、同步时钟、系统参数、CPC 卡调拨、通行费查询、计费、收费稽查等功能。

D. 接收省联网中心和路段中心下传的 ETC 门架系统及收费参数、应用程序在线更新，并下传给收费车道和 ETC 门架系统。

E. 收费站内系统与 ETC 门架系统的信息安全管理。

F. 断电时可由后备电源供电，收费中心或通信系统故障时，收费站及 ETC 门架可维持系统正常工作。

(6) 收费站出入口车道系统

收费站出入口车道为 ETC 专用车道或 ETC/MTC 混合车道，提供车辆通行或收费服务。

① 构成

ETC 车道由车道控制机、车辆检测器、高清摄像机、ETC 路侧单元 RSU 和天线、自动栏杆、信息显示屏、收费终端（显示器、键盘）、非接触式 IC 卡读写器、票据打印机（出口）、报警设备、车道信号灯、雨棚信号灯、配电盘、接地装置以及相应车道软件等构成。

ETC/MTC 混合车道是在 ETC 专用车道上增加 POS 机、扫码终端及相应软件等构成。

② 功能

- A. 按车道操作流程正确工作，完成收费原始数据（包括计重收费数据、非现金支付数据）的采集、存储、处理及管理，实时上传收费站计算机系统。
- B. 接收收费站下传的收费运行参数（包括费额表、黑白名单、同步时钟、免费车、系统设置参数等）。
- C. 对车道设备的管理与控制具有设备状态自检功能，可将故障状态信息实时上传收费站。
- D. 车道软件同时支持双片式 OBU、单片式 OBU 及 CPC 卡收费交易及处理，识别 ETC、MTC 车辆号牌和车型、支持人工修正号牌信息，在 ETC 专用车道交易失败时可人工处理。
- E. 接收称重及超限检测系统数据，并按《收费公路联网收费运营和服务规则》进行处置。

5) 区域 / 路段中心收费系统的其他子系统构成及功能

区域 / 路段中心收费系统中除了“4) 收费系统主要构成及功能”描述的计算机系统以外，还包括收费视频监视系统、内部对讲系统、安全报警系统、电源系统、称重及超限检测系统、车牌自动识别系统等。

3. 通信系统主要构成与功能

1) 通信系统主要构成

高速公路通信系统主要由光纤数字传输系统、语音交换系统、会议电视系统、呼叫服务中心、紧急电话系统、有线广播系统、通信电源系统、光电缆工程及通信管道工程等组成。

省高速公路通信中心的通信系统主要由光纤数字传输系统、语音交换系统、支撑网系统、会议电视系统、呼叫服务中心和通信电源系统等组成。

2) 通信系统主要功能

为高速公路日常运营管理、事故处理、救护、养护、收费等部门提供可靠的通信手段；为收费、监控、会议电视和管理信息（办公自动化）等系统的数据、图像和语音提供传输通道；通过呼叫服务中心、紧急电话、广播等为道路使用者提供紧急呼救求援和帮助等服务。

4. 供配电及照明系统主要构成与功能

1) 供配电系统主要构成

通常公路供配电系统主要由 10kV 电源线路、变配电所、供配电线路、低压配电箱和接地系统等构成。

(1) 电源

① 公路电力供电应根据负荷性质、用电容量和工程特点，一般选用地方电网 10kV 可靠电源，引入公路变配电所，通过高压柜、开关、母线等组成的高压供电系统，经过变压器变压，引出 380/220V 低压，再经过低压柜、开关、母线、配电线路和配电箱等组成的低压配电系统，将低压电送至公路用电设备，以保证设备的正常运行。

② 为保证监控、收费、通信、消防、应急照明等一级负荷用电，公路变配电所宜

采用独立的两路 10kV 电源同时供电，或一路电源主用一路电源备用、单母线分段运行的供电方式。当只有一路 10kV 地方电源时，宜再配备具有自启动、自保护、自停机、编程方便、运行可靠的柴油发电机组作为低压备用电源，以便在一路 10kV 地方电源中断时，保证一级负荷和重要负荷的供电。

(2) 变配电所

① 变配电所由高、低压开关柜，变压器，继电保护装置，测量、信号、控制等装置构成。

② 在变配电所应设有电流表，电压表，有功、无功电度表，功率因数表，功率表等测量仪表，电源线、馈出线、母线分段断路器、电力变压器等典型回路应根据多级继电保护配合需要配置电流速断、过电流、单相接地、过（低）电压、温度等继电保护装置和同期检查、备用电源自动投入、自动重合闸等安全自动装置。

(3) 供配电线线路

① 供配电线线路按电压等级可分为 10kV 高压线路、380/220V 低压配电线线路；按传输介质可分为架空电线路和电缆线路。

② 公路低压配电一般采用电缆线路，10kV 高压可采用架空电线路或电缆线路，一般电缆线路沿公路施工敷设较方便，但价格较高、投资大。

(4) 低压配电箱

① 低压配电箱是将低压电源切换、分配给各种不同负荷设备，内设低压断路器对负荷进行过流、短路等保护。

② 按安装环境可分为室内型和室外型。

(5) 接地系统

① 接地系统应满足人身、设备安全和设备特别是信息系统设备正常运行的要求。

② 低压配电系统接地的形式一般分为：TN-S 系统、TN-C 系统、TN-C-S 系统、TT 系统和 IT 系统。

③ 在中性点直接接地的低压配电系统中，宜采用 TN 系统；如用电设备较少且分散的，采用 TN 系统确有困难，且土壤电阻率较低时可采用 TT 系统。

④ 不同用途和不同电压的电力设备，除另有规定外，应使用一个总的接地体。交流工作接地、直流工作接地、信号接地、安全保护接地、防雷保护接地宜共用一组接地装置，其接地电阻应符合其中最小值要求。

2) 供配电网功能

根据负荷等级为高速公路交通工程沿线设施及道路运营管理提供稳定、可靠的电源，以保证公路交通工程各系统的运行正常，真正做到保障公路交通的畅通无阻。

3) 照明系统构成

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。

4) 照明系统功能

公路照明一般包括道路照明、互通立交照明、收费广场照明、特大桥照明、隧道

照明、平面交叉口照明、服务区及停车区的停车场照明、进出口照明、公路房建区照明以及需要设置照明路段的照明。

- (1) 保证行车安全，减少交通事故。
- (2) 为收费、监控、通信、服务设施及运营管理提供正常运行、维护、管理必要的工作照明和应急照明。
- (3) 具有随白天、黑夜或日光度的变化对照明进行调节控制的功能，以节约能源和降低运营费用。

5.2.2 交通机电工程主要设施施工技术要求

1. 监控系统主要设施施工技术要求

1) 设备安装通用要求

- (1) 设备开箱检查必须由业主、承包方和监理共同参加。
- (2) 检查时要对其外观、型号、规格、数量、备品、备件等随机资料等做好详细记录，并签字认可。
- (3) 设备安装前要划线定位，核对地面水平，保持防静电地板的完好性。
- (4) 设备应按设计位置水平排列，方向正确，位置合理。
- (5) 室内布缆、布线，一般均在防静电地板下平行排列，不能交叉排列，每隔0.5~1.0m 绑扎一处，电力电缆和信号电缆应分槽布设。
- (6) 对有静电要求的设备开箱检查、安装、插接件的插拔，必须穿防静电服或带防护腕，机架地线必须连接良好。
- (7) 设备配线如为焊接式时，焊点应牢固、饱满、光滑、均匀，如为螺丝固定时，应加焊线鼻子，螺丝紧固，焊接严禁使用带腐蚀剂焊剂。
- (8) 设备安装完毕后，应重点检查电源线、地线等配线正确无误，方可通电。
- (9) 本机调试应先进行通电试验，然后测试相关的各项技术指标及调试软件。

2) 主要外场设备基础安装要求

监控主要外场设备基础安装要求如下：基础采用明挖法施工；基础一般采用C25混凝土现场浇筑，内部配钢筋，顶面一般应预埋钢地脚螺栓；基础的接地电阻必须 $\leq 4\Omega$ ，防雷接地电阻必须 $\leq 10\Omega$ 。

2. 收费系统主要设施施工技术要求

1) 设备安装通用要求

参见本节“1. 监控系统主要设施施工技术要求”中的设备安装通用要求。

2) 设备施工技术要求

(1) 车道系统设备施工技术要求

- ① 出、入口车道设备数量、型号规格符合设计要求，部件及配件完整。
- ② 车道内埋设抓拍和计数线圈的位置应为素混凝土板块，并保证没有板块接缝。
- ③ ETC 系统中，固定安装方式的 RSE（路侧设备）支持户外安装，可采用路侧或者顶挂方式，宜采用顶挂安装方式，且吊装在车道正中，挂装高度不低于5.5m，通信区域宽度应可调整在3.3m范围内。ETC 车道前方500m 适当位置应设置预告标志和路面标记。

④ 称重及超限检测系统中，计重称台应埋设在一个板块的中心，不得设置在混凝土板块接缝处，安装后其平整度应符合车道平整度要求；车辆分离器设置位置应防止被车辆刮损；室外机柜位置不应影响收费员视线且便于维护；所有连接线缆均应穿钢管。

(2) 收费站、区域 / 路段中心、省联网中心系统设备施工技术要求

① 设备摆放要平稳，后部留有足够的空间散热。

② 计算机电源线、控制线、信号线的接插头安装牢固，无漏接、错接现象。

③ 标志铭牌正确、完整、无误。

(3) 收费视频监视系统的设备施工技术要求

① 设备及配件数量、型号、规格符合要求，部件完整。

② 设备基础混凝土表面应刮平，无损边、无掉角；机箱、立柱法兰及地脚螺栓规格符合设计要求，防腐措施得当，裸露金属基体无锈蚀。

③ 收费广场、车道以及收费亭内摄像机安装方法、高度符合设计要求，安装牢固、端正。

④ 车道至收费站内的传输线不允许有中间接头；电源、控制线路以及视频传输线路按规范要求连接到位。

(4) ETC 门架系统的设备施工技术要求

① ETC 门架系统由上、下行双方向门架组成，上、下行双方向门架宜背向错开布置，距离宜小于 30m，同时距离不宜过远。

② 省界 ETC 门架系统，上、下行方向可设置两个门架，同向两个门架最小间距应不小于 500m。

③ 尽量避免 5.8GHz 相近频点干扰。

④ ETC 门架系统前方 2km、1km 和 500m 处应设置预告标志和路面标记。

⑤ ETC 门架系统的设备施工应按照交通运输部《高速公路 ETC 门架系统及关键设备检测规程》的要求执行。

3. 通信系统主要设施施工技术要求

1) 光、电缆线路施工要求

光、电缆在敷设安装中，因根据敷设地段的环境条件，在保证光电缆不受损伤的原则下，因地制宜采用人工或机械敷设。

(1) 管道光、电缆的敷设

① 敷设管道光、电缆前必须清刷管孔。

② 子管敷设

A. 子管采用材质合适的塑料管材。

B. 在标称内径不低于 $\phi 90\text{mm}$ 的标准管孔内应一次性穿放数量不小于 3 孔的子管。

C. 子管在两人（手）孔间的管道段应无接头。

D. 子管管孔应按设计要求封堵。

③ 光、电缆敷设

A. 敷设光缆时的牵引力应符合设计要求，在一般情况下不宜超过 2000kN。敷设电缆时的牵引力应小于电缆允许拉力的 80%。

B. 敷设管道光、电缆时应以石蜡油、滑石粉等作为润滑剂，严禁使用有机油脂。

C. 光缆的曲率半径必须大于光缆直径的 20 倍，电缆的曲率半径必须大于电缆直径的 15 倍。

D. 以人工方法牵引光缆时，应在井下逐段接力牵引，一次牵引长度一般不大于 1000m。

E. 光缆绕“8”字敷设时，其内径应不小于 2m。

F. 光缆牵引端头根据实际情况现场制作，牵引端头与牵引索之间加入转环以防止在牵引过程中扭转、损伤光缆。

G. 布放光缆时，光缆由缆盘上方放出并保持松弛弧形，敷设后的光、电缆应平直、无扭转、无明显刮痕和损伤。

H. 敷设后的光、电缆应紧靠人孔壁，并以扎带绑扎于搁架上，留适当余量，避免光、电缆绷得太紧，光缆在人孔内的部分采用蛇形软管或软塑料管保护。

I. 按要求堵塞光、电缆管孔，光、电缆端头应做密封防潮处理，不得浸水。

J. 光、电缆在每个人孔内应及时拴写光、电缆牌号。

（2）光、电缆接续和电缆成端

① 光缆接续

A. 光缆接续前核对光缆程式、接头位置并根据预留长度的要求留足光缆。

B. 根据光缆的端别，核对光纤、铜导线并编号作永久标记。

C. 光纤接续宜采用熔接法，接续完成并测试合格后立即做增强保护措施。增强保护方法采用热缩管法、套管法和 V 形槽法。

D. 光纤全部接续完成后根据光缆接头套管（盒）的不同结构，将余纤盘在光纤盘片内，盘绕方向应一致，纤盘的曲率半径应符合设计要求，接头部位平直、不受力。

E. 光缆加强芯的连接应根据接头盒的结构夹紧、夹牢，并能承受与光缆同样的拉力，加强芯按悬浮处理。

② 光缆接头

A. 光缆接头套管（盒）的封装，应符合下列要求：接头套管的封装按工艺要求进行；接头套管内装防潮剂和接头责任卡；若采用热可缩套管，加热应均匀，热缩完毕原地冷却后才能搬动，热缩后外形美观，无烧焦等不良状况；封装完毕，测试检查接头损耗并做记录。

B. 管道光缆接头安装在人孔正上方的光缆接头盒托架上，接头余缆紧贴人孔壁或人孔搁架，盘成“O”形圈，并用扎线固定。“O”形圈的曲率半径不小于光缆直径的 20 倍。

③ 电缆芯线接续

A. 电缆接续前，检查电缆程式、对数、检查端别，如有不符合规定者应及时返修，合格后方可进行电缆接续。

B. 电缆芯线接续不应产生混、断、地、串及接触不良，接续后应保证电缆的标称对数全部合格。

C. 配线电缆排列整齐，松紧适度，线束不交叉，接头呈椭圆形；无接续差错，芯线绝缘电阻合格。

④ 电缆成端

- A. 进局电缆在托架上应排放整齐，不重叠、不交叉、不上下穿越或蛇行。
- B. 电缆引上转角的曲率半径应符合规定。
- C. 成端电缆接头的芯线接续，应按“一”字形接续。
- D. 配线架成端电缆必须单条依次出线，严禁一条以上的成端电缆在同一位置上同时出线，或齐头并进交错出线。

2) 通信设备的安装要求

(1) 机架安装

- ① 机架安装位置正确，符合施工图的平面要求。
- ② 机架安装端正牢固，垂直偏差不大于3mm，相邻机架紧密靠拢，整列机面在同一平面上无凹凸现象，有利于通风散热。
- ③ 设备的抗震加固应符合通信设备安装抗震加固要求。
- ④ 机架应着力均匀，如不平整，应用油毡垫实。电池体安装在铁架上时，应垫缓冲胶垫，使其牢固、可靠。
- ⑤ GPS馈线进楼之前，在尽量接近进楼点安装防雷器，防雷器应接地可靠；防雷器和馈线接头应做防水处理。

(2) 布放电缆

- ① 布放电缆的规格程式、路由和位置应符合施工图的规定，电缆排列整齐，外皮无损伤。
- ② 设备电缆与电源线分开布设，同轴射频线缆单独布设。
- ③ 电缆槽内电缆捆绑要牢固，松紧适度、紧密、顺直、端正；电缆转弯应均匀、圆滑，电缆弯曲半径应大于60mm。
- ④ 芯线焊接时应端正牢固、配件齐全，两端必须有明显标志，没有错接、漏接，外观平直、整齐。
- ⑤ 任何缆线与设备采用插件连接时，必须使插件免受外力的影响，保持良好的接触。
- ⑥ 机房布线、机架间连线及各部件连线应正确无差错，接触良好，焊接光滑。不得碰地、短路、断路。严禁虚焊、漏焊。

(3) 敷设电源线

- ① 交、直流电源的馈电电缆必须分开布设，电源电缆、信号电缆、用户电缆应分离布放，避免在同一线束内。机房直流电源线的安装路由、路数及布放位置应符合施工图的规定。
- ② 电源线的规格、熔丝的容量均应符合设计要求；电源线必须用整段线料，外皮完整，中间严禁有接头。
- ③ 采用胶皮绝缘线作直流馈电线时，每对馈电线应保持平行，正负线两端应有统一的红蓝标志。
- ④ 电源线与设备端子连接时，不应使端子受到机械压力。
- ⑤ 截面在 10mm^2 以下的单芯或多芯电源线可与设备直接连接，即在电线端头制作接头圈，线头弯曲方向应与紧固螺栓、螺母的方向一致，并在导线和螺母间加装垫片，拧紧螺母。

⑥ 截面在 $10mm^2$ 以上的多股电源线应加装接线端子，其尺寸与导线线径相吻合，用压（焊）接工具压（焊）接牢固，接线端子与设备的接触部分应平整、紧固。

（4）接地装置

① 新建局站应采用联合接地装置，接地电阻值 $\leq 1\Omega$ 。接地引入线与接地体焊接牢固，焊缝处做防腐处理。扁钢作接地引入线时应涂沥青，并用麻布条缠扎，然后再在麻布条外涂沥青保护。

② 接地汇集装置的位置应符合设计规定，安装端正、牢固，并有明显的标志。

③ 通信设备除做工作接地外，其机壳应做保护接地。

④ 交、直流配电设备的机壳应从接地汇集线上引入保护接地线。

⑤ 通信机房内接地线的布置方式，可采取辐射式或平面型。要求机房内所有通信设备除从接地汇集线上就近引接地线外，不得通过安装加固螺栓与建筑钢筋相碰而自然形成的电气接通。

⑥ 需要接地的设备与接地汇集线之间的连接，一般采用 $35\sim 95mm^2$ 的多股绝缘铜线，不准使用裸导线布放。

⑦ 隧道接地装置宜利用隧道支护内锚杆、钢筋网等自然接地。应在隧道两侧电缆沟内分别设置一条贯穿隧道的接地干线，接地干线宜与隧道自然接地体重复接地，其重复接地间距不宜大于 $200m$ 。在隧道两端洞口附近应各设置一组接地装置。有监控设施的隧道，洞口接地装置接地电阻不应大于 1Ω ；无监控设施的隧道，洞口接地装置接地电阻不应大于 4Ω ，该接地装置应与隧道内的接地干线可靠连接。

4. 供配电及照明系统主要设施施工技术要求

1) 安装前的准备

(1) 供配电、照明系统主要电力设备和材料应从由获得相关部门颁发生产许可证的生产厂采购，采购前应对供应商进行评价对比，挑选信誉高、质量有保证的产品。

(2) 设备、材料在安装、使用前，应进行检验或试验，合格后方可使用。

2) 高低压开关柜、配电箱（盘）安装要求

(1) 柜、箱、盘的金属柜架及基础型钢必须接地（PE）或接零（PEN）可靠。

(2) 基础型钢安装允许偏差应符合表 5.2-1 的规定。

表 5.2-1 基础型钢安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	
	每米	全长
不直度	1.0	5.0
水平度	1.0	5.0
不平行度	—	5.0

(3) 柜、箱、盘安装垂直度允许偏差为 1.5% ，相互间接缝不应大于 $2mm$ ，成列盘面偏差不应大于 $5mm$ 。

(4) 线间和线对地间绝缘电阻值，馈电线路不应小于 $0.5M\Omega$ ，二次回路不应小于 $1M\Omega$ ；二次回路的耐压试验电压应为 $1000V$ 。当回路绝缘电阻值大于 $10M\Omega$ 时，应采用

2500V 兆欧表代替，试验持续时间应为 1min 或符合产品技术文件要求。

(5) 带电体裸露载流部分之间或与金属体之间电气间隙应符合规范要求。

(6) 柜、箱应有可靠的电击保护，柜内保护导体最小截面积 S_p 应根据电源进线相线截面积 S 决定。当 S 在 $35\sim400\text{mm}^2$ 时， S_p 应不小于 $S/2$ ，且材质与 S 相同。

(7) 箱、盘安装应牢固，垂直度允许偏差不应大于 1.5‰；底边距地面为 1.5m，照明配电板底边距地面不小于 1.8m。

3) 变压器、箱式变电所安装要求

(1) 变压器安装应位置正确，附件齐全，油浸变压器油位正常，无渗油现象。变压器的低压侧中性点、箱式变电所的 N 母线和 PE 母线直接与接地装置的接地干线连接；变压器箱体、干式变压器的支架或外壳应接地（PE）。

(2) 油浸变压器运到现场后，3 个月内不能安装时，应检查油箱密封情况，做油的绝缘测试，并注以合格油。

(3) 变压器应按产品技术文件要求进行检查器身，当满足下列条件之一时，可不检查器身：① 制造厂规定不检查器身；② 就地生产仅做短途运输的变压器，且在运输过程中有效监督，无紧急制动、剧烈振动、冲撞或严重颠簸等异常情况。

(4) 变压器的交接试验应符合相关规定。

4) 不间断电源 UPS 安装要求

(1) 不间断电源的输入、输出各级保护系统和输出的电压稳定性、波形畸变系数、频率、相位、静态开关的动作等各项技术性能指标试验调整必须符合产品技术文件要求，且符合设计文件要求。

(2) 各连线的线间、线对地间绝缘电阻值应大于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

(3) 不间断电源输出端的中线（N 极），必须与由接地装置直接引来的地线干线相连接，做重复接地。

(4) 安装时应横平竖直，水平度、垂直度允许偏差不应大于 1.5‰。

(5) 主回路与控制回路应分别穿保护管敷设；在电缆支架上平行敷设应保持 150mm 的距离。

5) 电缆线路敷设要求

(1) 直埋电缆埋置深度应符合下列规定：① 电缆表面距地面的距离不应小于 0.7m，穿越农田或在车行道下敷设时不应小于 1m，在引入建筑物、与地下建筑物交叉及绕过地下建筑物处可浅埋，但应采取保护措施；② 电缆应埋设于冻土层以下。当受条件限制时，应采取防止电缆受到损伤的措施。

直埋敷设的电缆不得平行敷设于管道的正上方或正下方；高电压等级的电缆宜敷设在低电压等级电缆的下面。

直埋电缆上下部应铺不小于 100mm 厚的软土砂层，并应加盖保护板，其覆盖宽度应超过电缆两侧各 50mm，保护板可采用混凝土盖板或砖块。软土或砂中不应有石块或其他硬质杂物。

电缆最小弯曲半径不得小于《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》GB 50168—2018 中的规定。

(2) 管道敷设时，电缆管的内径与穿入电缆外径之比不得小于 1.5。每根电缆管的

我们只做自己高分通过的考试，需要考试资料和指导请找卡哥团队！认准VX：kagezhukao668

弯头不应超过三个，直角弯不应超过两个。

- (3) 三相或单相的交流单芯电缆，不得单独穿于钢管内。
- (4) 金属电缆支架、电缆导管必须可靠接地（PE）或接零（PEN）。
- (5) 电缆敷设严禁有绞拧、铠装压扁、护层断裂和表面严重划伤等缺陷。

6 动力设备安装要求

安装应符合《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254—2014 的规定。

- (1) 动力设备的可接近裸露导体必须接地（PE）或接零（PEN）。
- (2) 安装应牢固，螺栓及防松零件齐全，不松动。
- (3) 在设备的接线盒内，裸露不同相导线间和对地最小距离应大于 8mm。
- (4) 电动机等绝缘电阻值应大于 $0.5M\Omega$ 。
- (5) 电动机应试通电，检查转向和机械转动有无异常情况；可空载试运行的电动机应运转 2h，记录空载电流，检查机身和轴承的温升。

第2篇 公路工程相关法规与标准

第6章 相关法规

6.1 公路建设法规体系和标准体系

6.1.1 公路建设法规体系

公路建设管理法规体系分为二级五层次。第一级为国家级，由国家法律、国家行政法规和交通运输部法规三层次组成。如《中华人民共和国公路法》《中华人民共和国招标投标法》《公路建设市场管理办法》等。第二级为地方级，由地方行政法规和地方规章两层次组成。



第6章
看本章精讲课
配套章节自测

6.1.2 公路建设标准体系

《公路工程标准体系》JTG 1001—2017由交通运输部于2017年10月31日发布，2018年1月1日起实施。《公路工程标准体系》JTG 1001—2017制定的目的是加强公路工程标准构成的科学性和系统性，适应公路工程建设、管理、养护和营运的需要。

体系主要依据《中华人民共和国公路法》《中华人民共和国标准化法》《收费公路管理条例》《公路安全保护条例》《中华人民共和国道路运输条例》等法律法规和《标准体系构建原则和要求》GB/T 13016—2018等相关标准，按照《国务院关于印发深化标准化工作改革方案的通知》（国发〔2015〕13号）、《国务院办公厅关于印发国家标准化体系建设发展规划（2016—2020年）的通知》（国办发〔2015〕89号）等要求，结合我国公路发展实际制定。

1. 公路工程标准体系的范围

体系范围包括公路工程从规划建设到养护管理全过程所需要制定的技术、管理与服务标准，也包括相关的安全、环保和经济方面的评价等标准。

体系标准分为强制性标准和推荐性标准。涉及保障人身健康和生命财产安全、国家安全、生态环境安全和满足社会经济管理基本要求的为强制性标准，其余为推荐性标准。

2. 公路工程标准体系的结构

公路工程标准的体系结构分为三层：

第一层为板块，按照公路建设、管理、养护、运营协调发展要求所做的标准分类；第二层为模块，在各板块中归纳现有、应有和计划制定和修订标准的具体类别；第三层为标准。

公路工程标准体系由总体、通用、公路建设、公路管理、公路养护、公路运营六个板块构成。

- (1) 总体板块由《公路工程标准体系》JTG 1001—2017、现行《公路工程标准制修订管理导则》和《公路工程标准编写导则》等标准构成。
- (2) 通用板块由基础、安全、绿色、智慧等模块构成。
- (3) 公路建设板块由项目管理、勘测、设计、试验、检测、施工、监理、造价等模块构成。
- (4) 公路管理板块由站所、装备、信息系统、执法、路域环境、造价等模块构成。
- (5) 公路养护板块由综合、检测评价、养护决策、养护设计、养护施工、造价等模块构成。
- (6) 公路运营板块由运行监测、出行服务、收费服务、应急处置、车路协同、造价等模块构成。

公路工程标准体系框架如图 6.1-1 所示。

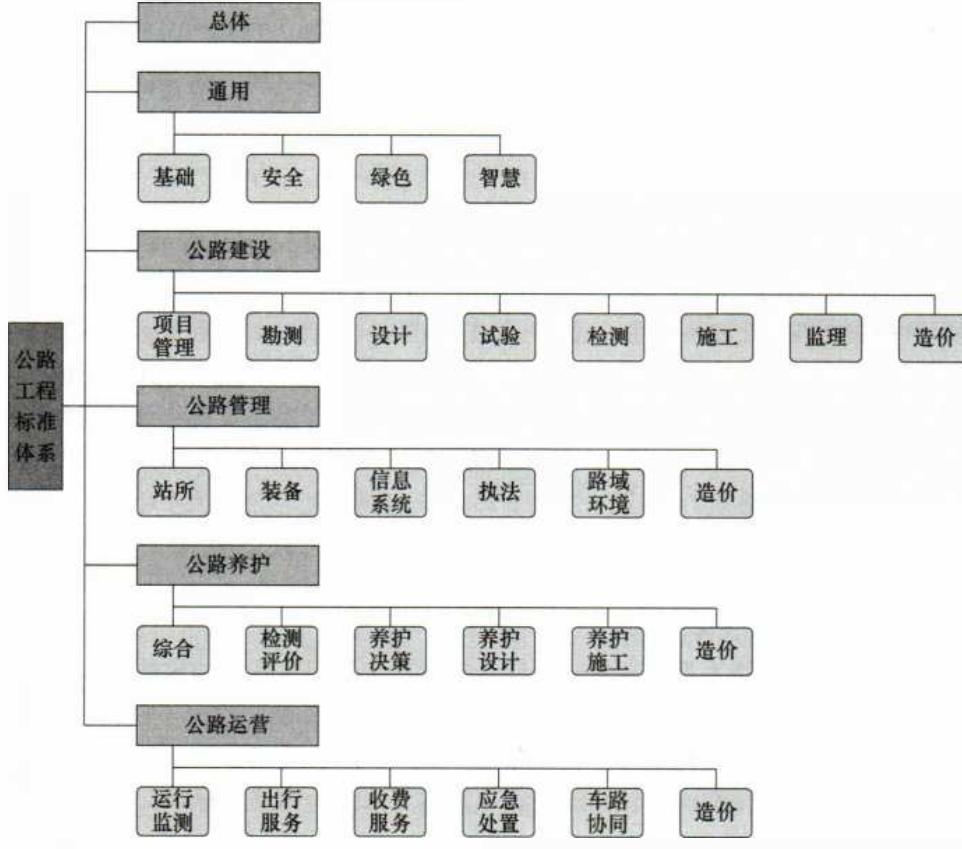


图 6.1-1 公路工程标准体系框架图

3. 公路工程标准编号规则

- (1) 标准编号由标准代号、板块序号、模块序号、标准序号、标准发布年号组成。
- (2) 标准编号规则为 JTG (/T) ××××.×—××××。推荐性标准的编号在标准代号后加“/T”表示；JTG 是交、通、公三字汉语拼音的首字母；后面的第一个数字为标准的板块序号，其中 1 代表总体、2 代表通用、3 代表公路建设、4 代表公路管理、5 代表公路养护、6 代表公路运营；第二位数字为标准的模块序号，根据图 6.1-1 中所

表示的模块顺序由左往右分别从1开始相应编号，未设模块一级的，按0编号；第三、四位数字为所属模块的标准序号，按顺序编号，在具体标准编制中，若同属同一标准，但需要分成若干部分单独成册，并构成系列标准的，从1~9按顺序编号，前面加“.”表示；一字线后为标准发布年份，按4位编号。标准编号示意如图6.1-2和图6.1-3所示。

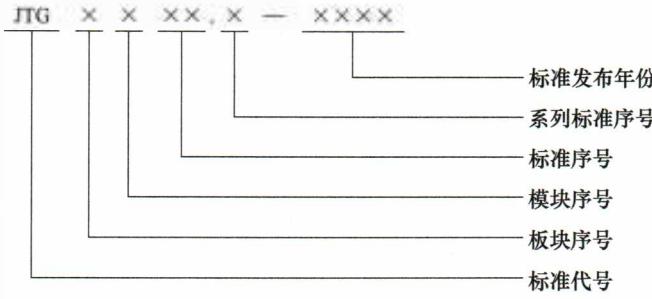


图 6.1-2 公路工程强制性标准编号示意图

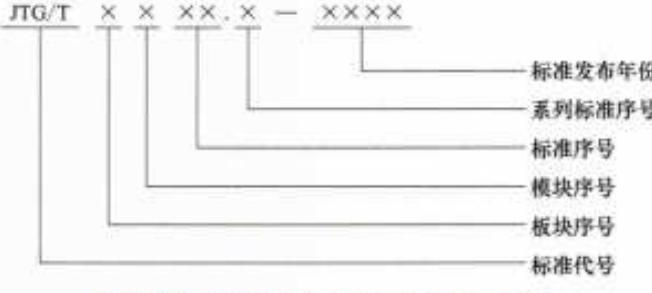


图 6.1-3 公路工程推荐性标准编号示意图

6.2 公路建设管理相关规定

6.2.1 公路建设市场管理

1. 《公路建设市场管理办法》的主要规定

根据《交通运输部关于修订〈公路建设市场信用信息管理办法(试行)〉的通知》(交公路规〔2021〕3号)，对公路建设市场信用信息管理作了以下规定：

本办法所称公路建设市场信用信息，是指各级交通运输主管部门、公路建设管理有关部门或单位、公路行业社团组织、司法机关在履行职责过程中，以及从业单位和从业人员在工作过程中产生、记录、归集的能够反映公路建设从业单位和从业人员基本情况、市场表现等信用状况的各类信息。

1) 信用信息内容

(1) 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。

(2) 从业单位基本信息是区分从业单位身份、反映从业单位状况的信息，主要有：

① 从业单位名称、法定代表人、注册登记基本情况及社会信用代码。

② 基本财务指标、在金融机构开立基本账户情况。

③ 资质、资格情况。

④ 主要经济、管理和工程技术从业人员的职称及执业资格基本状况。

⑤ 自有设备基本状况。

⑥ 近 5 年主要业绩及全部在建的公路项目情况等。

(3) 从业单位表彰奖励类良好行为信息主要有：

① 模范履约、诚信经营，受到市级及以上交通运输主管部门、与公路建设有关的政府监督部门或机构表彰和奖励的信息。

② 被省级及以上交通运输主管部门评价为最高信用等级（AA 级）的记录。

(4) 从业单位不良行为信息主要有：

① 从业单位在从事公路建设活动以及信用信息填报过程中违反有关法律、法规、标准等要求，受到市级及以上交通运输主管部门、与公路建设有关的政府监督部门或机构行政处罚及通报批评的信息。

② 司法机关、审计部门认定的违法违规信息。

③ 被省级及以上交通运输主管部门评价为最低信用等级（D 级）的记录。

2) 信用信息发布与管理信用信息发布期限的规定

(1) 从业单位基本信息公布期限为长期。

(2) 表彰奖励类良好行为信息、不良行为信息公布期限为 2 年，信用评价信息公布期限为 1 年，期满后系统自动解除公布，转为系统档案信息。

上述期限均自认定相应行为或做出相应决定之日起计算。

2.《公路工程设计施工总承包管理办法》的主要规定

根据《公路工程设计施工总承包管理办法》，对公路工程设计施工总承包管理作了如下主要规定：

1) 总承包单位选择及合同要求

(1) 总承包单位由项目法人依法通过招标方式确定。项目法人负责组织公路工程总承包招标。公路工程总承包招标应当在初步设计文件获得批准并落实建设资金后进行。

(2) 总承包单位应当具备以下要求：

① 同时具备与招标工程相适应的勘察设计和施工资质，或者由具备相应资质的勘察设计和施工单位组成联合体。

② 具有与招标工程相适应的财务能力，满足招标文件中提出的关于勘察设计、施工能力、业绩等方面条件要求。

③ 以联合体投标的，应当根据项目的特点和复杂程度，合理确定牵头单位，并在联合体协议中明确联合体成员单位的责任和权利。

④ 总承包单位（包括总承包联合体成员单位，下同）不得是总承包项目的初步设计单位、代建单位、监理单位或以上单位的附属单位。

(3) 总承包招标文件的编制应当使用交通运输部统一制定的标准招标文件。

在总承包招标文件中，应当对招标内容、投标人的资格条件、报价组成、合同工期、分包的相关要求、勘察设计与施工技术要求、质量等级、缺陷责任期工程修复要求、保险要求、费用支付办法等作出明确规定。

(4) 总承包招标应当向投标人提供初步设计文件和相应的勘察资料，以及项目有关批复文件和前期咨询意见。

(5) 总承包投标文件应当结合工程地质条件和技术特点，按照招标文件要求编制。投标文件应当包括以下内容：

- ① 初步设计的优化建议。
- ② 项目实施与设计施工进度计划。
- ③ 拟分包专项工程。
- ④ 报价清单及说明。
- ⑤ 按招标人要求提供的施工图设计技术方案。
- ⑥ 以联合体投标的，还应当提交联合体协议。
- ⑦ 以项目法人和总承包单位的联合名义依法投保相关的工程保险的承诺。

(6) 招标人应当合理确定投标文件的编制时间，自招标文件开始发售之日起至投标人提交投标文件截止时间止，不得少于 60d。

(7) 项目法人和总承包单位应当在招标文件或者合同中约定总承包风险的合理分担。风险分担可以参照以下因素约定：

项目法人承担的风险一般包括：

① 项目法人提出的工期调整、重大或者较大设计变更、建设标准或者工程规模的调整。

② 因国家税收等政策调整引起的税费变化。

③ 钢材、水泥、沥青、燃油等主要工程材料价格与招标时基价相比，波动幅度超过合同约定幅度的部分。

④ 施工图勘察设计时发现的在初步设计阶段难以预见的滑坡、泥石流、突泥、涌水、溶洞、采空区、有毒气体等重大地质变化，其损失与处治费用可以约定由项目法人承担，或者约定项目法人和总承包单位的分担比例。工程实施中出现重大地质变化的，其损失与处治费用除保险公司赔付外，可以约定由总承包单位承担，或者约定项目法人与总承包单位的分担比例。因总承包单位施工组织、措施不当造成的上述问题，其损失与处治费用由总承包单位承担。

⑤ 其他不可抗力所造成的工程费用的增加。

除项目法人承担的风险外，其他风险可以约定由总承包单位承担。

(8) 总承包费用或者投标报价应当包括相应工程的施工图勘察设计费、建筑安装工程费、设备购置费、缺陷责任期维修费、保险费等。总承包采用总价合同，除应当由项目法人承担的风险费用外，总承包合同总价一般不予调整。

项目法人应当在初步设计批准概算范围内确定最高投标限价。

2) 总承包管理

(1) 项目法人应当依据合同加强总承包管理，督促总承包单位履行合同义务，加强工程勘察设计管理和地质勘察验收，严格对工程质量、安全、进度、投资和环保等环节进行把关。

项目法人对总承包单位在合同履行中存在过失或偏差行为，可能造成重大损失或者严重影响合同目标实现的，应当对总承包单位法人代表进行约谈，必要时可以依据合同约定，终止总承包合同。

(2) 总承包单位应当按照合同规定和工程施工需要，分阶段提交详勘资料和施工

图设计文件，并按照审查意见进行修改完善。施工图设计应当符合经审批的初步设计文件要求，满足工程质量、耐久和安全的强制性标准和相关规定，经项目法人同意后，按照相关规定报交通运输主管部门审批。施工图设计经批准后方可组织实施。

(3) 项目法人根据建设项目的规模、技术复杂程度等要素，依据有关规定程序选择社会化的监理开展工程监理工作。监理单位应当依据有关规定和合同，对总承包施工图勘察设计、工程质量、施工安全、进度、环保、计量支付和缺陷责任期工程修复等进行监理，对总承包单位编制的勘察设计计划、采购与施工的组织实施计划、施工图设计文件、专项技术方案、项目实施进度计划、质量安全保障措施、计量支付、工程变更等进行审核。

(4) 工程永久使用的大宗材料、关键设备和主要构件可由项目法人依法招标采购，也可由总承包单位按规定采购。招标人在招标文件中应当明确采购责任。由总承包单位采购的，应当采取集中采购的方式，采购方案应当经项目法人同意，并接受项目法人的监督。

(5) 总承包工程应当按照招标文件明确的计量支付办法与程序进行计量支付。

当采用工程量清单方式进行管理时，总承包单位应当依据交通运输主管部门批准的施工图设计文件，按照各分项工程合计总价与合同总价一致的原则，调整工程量清单，经项目法人审定后作为支付依据；工程施工中，按照清单及合同条款约定进行计量支付；项目完成后，总承包单位应当根据调整后最终的工程量清单编制竣工文件和工程决算。

(6) 总承包工程实施过程中需要设计变更的，较大变更或者重大变更应当依据有关规定报交通运输主管部门审批。一般变更应当在实施前告知监理单位和项目法人，项目法人认为变更不合理的有权予以否定。任何设计变更不得降低初步设计批复的质量安全标准，不得降低工程质量、耐久性和安全度。

设计变更引起的工程费用变化，按照风险划分原则处理。其中，属于总承包单位风险范围的设计变更（含完善设计），超出原报价部分由总承包单位自付，低于原报价部分，按第(5)条规定支付。属于项目法人风险范围的设计变更，工程量清单与合同总价均调整，按规定报批后执行。

项目法人应当根据设计变更管理规定，制定鼓励总承包单位优化设计、节省造价的管理制度。

3.《公路工程施工分包管理办法》的主要规定

根据《交通运输部关于修订〈公路工程施工分包管理办法〉的通知》（交公路规〔2021〕5号），对公路工程施工分包管理作了如下主要规定：

1) 管理职责

(1) 发包人应当按照本办法规定和合同约定加强对施工分包活动的管理，建立健全分包管理制度，负责对分包的合同签订与履行、质量与安全管理、计量支付等活动监督检查，并建立台账，及时制止承包人的违法分包行为。

(2) 除承包人设定的项目管理机构外，分包人也应当分别设立项目管理机构，对所承包或者分包工程的施工活动实施管理。

项目管理机构应当具有与承包或者分包工程的规模、技术复杂程度相适应的技术、

经济管理人员，其中项目负责人和技术、财务、计量、质量、安全等主要管理人员必须是本单位人员。

2) 分包的条件

(1) 承包人可以将适合专业化队伍施工的专项工程分包给具有相应资格的单位。不得分包的专项工程，发包人应当在招标文件中予以明确。分包人不得将承接的分包工程再进行分包。

(2) 分包人应当具备如下条件：

- ① 具有经工商登记的法人资格。
- ② 具有与分包工程相适应的注册资金。
- ③ 具有从事类似工程经验的管理与技术人员。
- ④ 具有（自有或租赁）分包工程所需的施工设备。

(3) 承包人对拟分包的专项工程及规模，应当在投标文件中予以明确。

未列入投标文件的专项工程，承包人不得分包。但因工程变更增加了有特殊性技术要求、特殊工艺或者涉及专利保护等的专项工程，且按规定无须再进行招标的，由承包人提出书面申请，经发包人书面同意，可以分包。

3) 合同管理

(1) 承包人有权依据承包合同自主选择符合资格的分包人。任何单位和个人不得违规指定分包。

(2) 承包人和分包人应当按照交通运输主管部门制定的统一格式依法签订分包合同，并履行合同约定的义务。分包合同必须遵循承包合同的各项原则，满足承包合同中的质量、安全、进度、环保以及其他技术、经济等要求。承包人应在工程实施前，将经监理审查同意后的分包合同报发包人备案。

(3) 承包人应当建立健全相关分包管理制度和台账，对分包工程的质量、安全、进度和分包人的行为等实施全过程管理，按照本办法规定和合同约定对分包工程的实施向发包人负责，并承担赔偿责任。分包合同不免除承包合同中规定的承包人的责任或者义务。

(4) 分包人应当依据分包合同的约定，组织分包工程的施工，并对分包工程的质量、安全和进度等实施有效控制。分包人对其分包的工程向承包人负责，并就所分包的工程向发包人承担连带责任。

4) 行为管理

(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。

(2) 有下列情形之一的，属于违法分包：

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的。

② 承包人将工程分包给不具备相应资格的企业或者个人的。

③ 分包人以他人名义承揽分包工程的。

④ 承包人将合同文件中明确不得分包的专项工程进行分包的。

⑤ 承包人未与分包人依法签订分包合同或者分包合同未遵循承包合同的各项原则，不满足承包合同中相应要求的。

⑥ 分包合同未报发包人备案的。

⑦ 分包人将分包工程再进行分包的。

⑧ 法律、法规规定的其他违法分包行为。

(3) 按照信用评价的有关规定，承包人和分包人应当互相开展信用评价，并向发包人提交信用评价结果。发包人应当对承包人和分包人提交的信用评价结果进行核定，并且报送相关交通运输主管部门。交通运输主管部门应当将发包人报送的承包人和分包人的信用评价结果纳入信用评价体系，对其进行信用管理。

(4) 发包人应当在招标文件中明确统一采购的主要材料及构、配件等的采购主体及方式。承包人授权分包人进行相关采购时，必须经发包人书面同意。

(5) 为确保分包合同的履行，承包人可以要求分包人提供履约担保。分包人提供担保后，如要求承包人同时提供分包工程付款担保的，承包人也应当予以提供。

(6) 分包人有权与承包人共同享有分包工程业绩。分包人业绩证明由承包人与发包人共同出具。

分包人以分包业绩证明承接工程的，发包人应当予以认可。分包人以分包业绩证明申报资质的，相关交通运输主管部门应当予以认可。

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。

6.2.2 公路建设信用信息管理

1. 公路建设市场信用信息管理办法

根据《交通运输部关于修订〈公路建设市场信用信息管理办法(试行)〉的通知》(交公路规〔2021〕3号)，对公路建设市场信用信息管理作了以下规定：

本办法所称公路建设市场信用信息，是指各级交通运输主管部门、公路建设管理有关部门或单位、公路行业社团组织、司法机关在履行职责过程中，以及从业单位和从业人员在工作过程中产生、记录、归集的能够反映公路建设从业单位和从业人员基本情况、市场表现等信用状况的各类信息。

1) 信用信息内容

(1) 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。

(2) 从业单位基本信息是区分从业单位身份、反映从业单位状况的信息，主要有：

① 从业单位名称、法定代表人、注册登记基本情况及组织机构代码。

② 基本财务指标、在金融机构开立基本账户情况。

③ 资质、资格情况。

④ 主要经济、管理和工程技术从业人员的职称及执业资格基本状况。

⑤ 自有设备基本状况。

⑥ 近 5 年主要业绩及全部在建的公路项目情况等。

(3) 从业单位表彰奖励类良好行为信息主要有：

① 模范履约、诚信经营，受到市级及以上交通运输主管部门、与公路建设有关的政府监督部门或机构表彰和奖励的信息。

② 被省级及以上交通运输主管部门评价为最高信用等级（AA 级）的记录。

(4) 从业单位不良行为信息主要有：

① 从业单位在从事公路建设活动以及信用信息填报过程中违反有关法律、法规、标准等要求，受到市级及以上交通运输主管部门、与公路建设有关的政府监督部门或机构行政处罚及通报批评的信息。

② 司法机关、审计部门认定的违法违规信息。

③ 被省级及以上交通运输主管部门评价为最低信用等级（D 级）的记录。

2) 信用信息发布与管理

信用信息发布期限按照下列规定设定：

(1) 从业单位基本信息公布期限为长期。

(2) 表彰奖励类良好行为信息、不良行为信息公布期限为 2 年，信用评价信息公布期限为 1 年，期满后系统自动解除公布，转为系统档案信息。

行政处罚期未满的不良行为信息将延长至行政处罚期满。

上述期限均自认定相应行为或作出相应决定之日起计算。

2. 施工企业信用评价规则

根据《交通运输部关于修订〈公路施工企业信用评价规则（试行）〉的通知》（交公路规〔2021〕4号），对公路施工企业信用评价作了如下规定：

(1) 本规则所称公路施工企业信用评价是指省级及以上交通运输主管部门或其委托机构依据有关法律法规、标准规范、合同文件等，通过量化方式对具有公路施工资质的企业在公路建设市场从业行为的评定。

(2) 公路施工企业信用评价工作实行定期评价和动态管理相结合的方式。

(3) 定期评价工作每年开展一次，对公路施工企业上一年度（1月1日～12月31日期间）的市场行为进行评价。

(4) 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。

(5) 投标行为和履约行为初始分值为 100 分，实行累计扣分制。其中，投标行为占 20%，履约行为占 80%。若有其他行为的，从企业信用评价总得分中扣除。

(6) 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。招标人、项目法人、负责行业监管的相应地方人民政府交通运输主管部门等评价人对评价结果签认负责。

(7) 下列资料可以作为公路施工企业信用评价依据：

① 交通运输主管部门及其质量监督机构督查、检查结果或做出的处罚通报、决定。

② 招标人、项目法人管理工作中的正式文件。

③ 举报、投诉或质量、安全事故调查处理结果。

④ 司法机关做出的司法认定及审计部门的审计意见。

⑤ 其他可以认定不良行为的有关资料。

(8) 评价程序

① 投标行为评价。招标人完成每次招标工作后，对参与投标的公路施工企业不良投标行为进行评价。

无不良投标行为的公路施工企业不进行评价。联合体有不良投标行为的，联合体各方均按相应标准扣分。

② 履约行为评价。项目法人结合日常建设管理状况，对参与项目建设的公路施工企业上一年度的履约行为进行评价。

对当年组织交工验收的工程项目，项目法人可在交工验收时提前确定参与项目建设的公路施工企业本年度的履约行为评价结果。

联合体有不良履约行为的，联合体各方均按相应标准扣分。

③ 其他行为评价。负责行业监管的相应地方人民政府交通运输主管部门对公路施工企业其他行为进行评价。

(9) 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： $95 \leq X \leq 100$ 分，信用好。

A 级： $85 \leq X < 95$ 分，信用较好。

B 级： $75 \leq X < 85$ 分，信用一般。

C 级： $60 \leq X < 75$ 分，信用较差。

D 级： $X < 60$ 分，信用差。

(10) 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。

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。

(11) 公路施工企业信用升级实行逐级上升制，每年只能上升一个等级，不得越级。公路施工企业信用降级按照实际评定的等级确定。

(12) 公路施工企业信用评价结果有效期 1 年，下一年度公路施工企业在该省份无信用评价结果的，其在该省份信用评价等级可延续 1 年。2 年以上在该省份无信用评价结果的，按照初次进入该省份确定，但不得高于其在该省份原评价等级的上一等级。

(13) 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。

(14) 公路施工企业在某省级行政区域的信用评价等级可使用本省级综合评价结果，也可使用全国综合评价结果，具体由省级交通运输主管部门规定。

国务院有关部门许可资质的公路施工企业初次进入某省级行政区域时，其等级按照全国综合评价结果确定。尚无全国综合评价的企业，若无不良信用记录，可按 A 级

对待。若有不良信用记录，视其严重程度按B级及以下对待。

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。

6.2.3 公路工程设计变更管理

《公路工程设计变更管理办法》适用于交通运输部批准初步设计的新建、改建公路工程的设计变更管理。该办法规定：

设计变更指自公路工程初步设计批准之日起至通过竣工验收正式交付使用之日止，对已批准的初步设计文件、技术设计文件或施工图设计文件所进行的修改、完善等活动。

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。

公路工程重大、较大设计变更实行审批制。公路工程重大、较大设计变更，属于对设计文件内容作重大修改，应当按照本办法规定的程序进行审批。未经审查批准的设计变更不得实施。任何单位或者个人不得违反本办法规定擅自变更已经批准的公路工程初步设计、技术设计和施工图设计文件。不得肢解设计变更规避审批。经批准的设计变更一般不得再次变更。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运输主管部门负责审批。

项目法人负责对一般设计变更进行审查，并应当加强对公路工程设计变更实施的管理。公路工程勘察设计、施工及监理等单位可以向项目法人提出公路工程设计变更的建议。设计变更的建议应当以书面形式提出，并应当注明变更理由。项目法人也可以直

接提出公路工程设计变更的建议。对一般设计变更建议，由项目法人根据审查核实情况或者论证结果决定是否开展设计变更的勘察设计工作。对较大设计变更和重大设计变更建议，项目法人经审查论证确认后，向省级交通运输主管部门提出公路工程设计变更的申请，设计变更申请书包括拟变更设计的公路工程名称、公路工程的基本情况、原设计单位、设计变更的类别、变更的主要内容、变更的主要理由等。

施工单位不按照批准的设计变更文件施工的，交通运输主管部门责令改正；造成建设工程质量不符合规定的质量标准的，负责返工、修理，并赔偿因此造成的损失；情节严重的，责令停业整顿，降低资质等级或者吊销资质证书。

6.2.4 公路工程验收

1. 公路工程竣（交）工验收依据

根据《公路工程竣（交）工验收办法实施细则》（交公路发〔2010〕65号），公路工程验收阶段划分、验收阶段主要工作和验收依据规定如下：

1) 公路工程验收阶段划分和验收阶段主要工作

公路工程验收分为交工验收和竣工验收两个阶段。

交工验收阶段，其主要工作是：检查施工合同的执行情况，评价工程质量，对各参建单位工作进行初步评价。

竣工验收阶段，其主要工作是：对工程质量、参建单位和建设项目进行综合评价，并对工程建设项目作出整体性综合评价。

2) 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。

2. 公路工程竣（交）工验收条件和主要内容

根据《公路工程竣（交）工验收办法实施细则》（交公路发〔2010〕65号），公路工程竣（交）工验收应具备的条件和主要工作内容规定如下：

1) 公路工程交工验收

(1) 公路工程交工验收应具备的条件

公路工程交工验收工作一般按合同段进行，并应具备以下条件：

- 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 施工单位按现行《公路工程质量检验评定标准》系列规范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。

（2）交工验收程序

① 施工单位完成合同约定的全部工程内容，且经施工自检和监理检验评定均合格后，提出合同段交工验收申请报监理单位审查。交工验收申请应附自检评定资料和施工总结报告。

② 监理单位根据工程实际情况、抽检资料以及对合同段工程质量评定结果，对施工单位交工验收申请及其所附资料进行审查并签署意见。监理单位审查同意后，应同时向项目法人提交独立抽检资料、质量评定资料和监理工作报告。

③ 项目法人对施工单位的交工验收申请、监理单位的质量评定资料进行核查，必要时可委托有相应资质的检测机构进行重点抽查检测，认为合同段满足交工验收条件时应及时组织交工验收。

④ 对若干合同段完工时间相近的，项目法人可合并组织交工验收。对分段通车的项目，项目法人可按合同约定分段组织交工验收。

⑤ 通过交工验收的合同段，项目法人应及时颁发“公路工程交工验收证书”。

⑥ 各合同段全部验收合格后，项目法人应及时完成“公路工程交工验收报告”。

（3）交工验收的主要工作内容

① 检查合同执行情况。

② 检查施工自检报告、施工总结报告及施工资料。

③ 检查监理单位独立抽检资料、监理工作报告及质量评定资料。

④ 检查工程实体，审查有关资料，包括主要产品的质量抽（检）测报告。

⑤ 核查工程完工数量是否与批准的设计文件相符，是否与工程计量数量一致。

⑥ 对合同是否全面执行、工程质量是否合格做出结论。

⑦ 按合同段分别对设计、监理、施工等单位进行初步评价。

项目法人负责组织公路工程各合同段的设计、监理、施工等单位参加交工验收。路基工程作为单独合同段进行交工验收时，应邀请路面施工单位参加。拟交付使用的工程，应邀请运营、养护管理单位参加。交通运输主管部门、公路管理机构、质量监督机构视情况参加交工验收。

（4）交工验收质量评定

合同段工程质量评分采用所含各单位工程质量评分的加权平均值。即工程各合同段交工验收结束后，由项目法人对整个工程项目进行工程质量评定，工程质量评分采用各合同段工程质量评分的加权平均值。即投资额原则使用结算价，当结算价暂时未确定时，可使用招标合同价，但在评分计算时应统一。

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。

2) 公路工程竣工验收

（1）竣工验收应具备的条件

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。

（2）竣工验收准备工作程序

① 公路工程符合竣工验收条件后，项目法人应按照公路工程管理权限及时向相关交通运输主管部门提出验收申请，其主要内容包括：交工验收报告；项目执行报告、设计工作报告、施工总结报告和监理工作报告；项目基本建设程序的有关批复文件；档案、环保等单项验收意见；土地使用证或建设用地批复文件；竣工决算的核备意见、审计报告及认定意见。

② 相关交通运输主管部门对验收申请进行审查，必要时可组织现场核查。审查同意后报负责竣工验收的交通运输主管部门。

③ 以上文件齐全且符合条件的项目，由负责竣工验收的交通运输主管部门通知所属的质量监督机构开展质量鉴定工作。

④ 质量监督机构按要求完成质量鉴定工作，出具工程质量鉴定报告，并审核交工验收对设计、施工、监理初步评价结果，报送交通运输主管部门。

⑤ 工程质量鉴定等级为合格及以上的项目，负责竣工验收的交通运输主管部门及时组织竣工验收。

（3）竣工验收的主要工作内容

① 成立竣工验收委员会。

② 听取公路工程项目执行报告、设计工作报告、施工总结报告、监理工作报告及接管养护单位项目使用情况报告。

③ 听取公路工程质量监督报告及工程质量鉴定报告。

④ 竣工验收委员会成立专业检查组检查工程实体质量，审阅有关资料，形成书面检查意见。

⑤ 对项目法人建设管理工作进行综合评价。审定交工验收对设计单位、施工单位、监理单位的初步评价。

⑥ 对工程质量进行评分，确定工程质量等级，并综合评价建设项目。

⑦ 形成并通过《公路工程竣工验收鉴定书》。

⑧ 负责竣工验收的交通运输主管部门印发《公路工程竣工验收鉴定书》。

⑨ 质量监督机构依据竣工验收结论，对各参建单位签发“公路工程参建单位工作综合评价等级证书”。

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。国防公路应邀请军队代表参加。大中型项目及技术复杂工程，应邀请有关专家参加。项目法人、设计单位、监理单位、施工单位、接管养护等单位参加竣工验收工作。

项目法人、设计、施工、监理、接管养护等单位代表参加竣工验收工作，但不作为竣工验收委员会成员。

(4) 参加竣工验收工作各方的主要职责

① 竣工验收委员会负责对工程实体质量及建设情况进行全面检查。对工程质量进行评分，对各参建单位及建设项目进行综合评价，确定工程质量和建设项目等级，形成工程竣工验收鉴定书。

② 项目法人负责提交项目执行报告及验收工作所需资料，协助竣工验收委员会开展工作。

③ 设计单位负责提交设计工作报告，配合竣工验收检查工作。

④ 施工单位负责提交施工总结报告，提供各种资料，配合竣工验收检查工作。

⑤ 监理单位负责提交监理工作报告，提供工程监理资料，配合竣工验收检查工作。

⑥ 接管养护单位负责提交项目使用情况报告，配合竣工验收检查工作。

⑦ 公路建设项目建设、施工、监理、接管养护等有多家单位的，项目法人应组织汇总设计工作报告、施工总结报告、监理工作报告、项目使用情况报告。竣工验收时选派代表向竣工验收委员会汇报。

(5) 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。

对于交工验收和竣工验收合并进行的小型项目，质量监督机构工程质量鉴定得分权值为 0.6，监理单位对工程质量评定得分权值为 0.1，竣工验收委员会对工程质量的评分权值为 0.3。

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。

第7章 相关标准

7.1 公路工程施工安全生产相关规定

7.1.1 公路工程施工安全生产条件

根据《中华人民共和国安全生产法》《安全生产许可证条例》《公路水运工程安全生产监督管理办法》《公路水运工程安全生产条件通用要求》JT/T 1404—2022，对公路工程施工安全生产条件规定如下：



第7章
看本章精讲课
配套章节自测

(1) 从业单位从事公路水运工程建设活动，应当具备法律、法规、规章和工程建设强制性标准规定的安全生产条件。任何单位和个人不得降低安全生产条件。

(2) 施工单位从事公路水运工程建设活动，应当取得安全生产许可证及相应等级的资质证书。

(3) 建立、健全全员安全生产责任制，制定完备的安全生产规章制度和操作规程。

(4) 施工单位应当设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员。施工单位的主要负责人和安全生产管理人员应当经交通运输主管部门对其安全生产知识和管理能力考核合格，取得安全生产考核合格证书。

施工单位应当根据工程施工作业特点、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。

(5) 从业单位应当保证本单位所应具备的安全生产条件必需的资金投入。

施工单位在工程投标报价中应当包含安全生产费用并单独计提，不得作为竞争性报价。安全生产费用应当经监理工程师审核签认，并经建设单位同意后，在项目建设成本中据实列支，严禁挪用。

(6) 从业人员中的特种作业人员应当按照国家有关规定取得操作资格证书，方可上岗作业。

(7) 两个以上施工单位在同一作业区域进行施工，可能危及对方安全生产的，应书面明确各自职责和应采取的安全措施。

(8) 施工单位不应使用应当淘汰的、危及安全的施工工艺、设备和材料。

(9) 施工单位实施安全生产风险管控，根据施工安全专项风险评估结论，制定风险预控措施，确定不同风险等级的管理要求，并将重大风险的名称、位置、可能导致的生产安全事故及管控措施等及时告知直接影响范围内的相关单位或人员。

(10) 施工单位应全员参与事故隐患排查治理，隐患治理应明确责任、措施、资金、时限、预案等相关要求，整改过程中应采取相应的安全防范措施，整改治理完成后应通过验收。

(11) 依法为从业人员参加工伤保险和安全责任险，缴纳保险费。

(12) 公路水运工程施工现场的办公、生活区与作业区应当分开设置，并保持安全距离。办公、生活区的选址应当符合安全性要求，严禁在已发现的泥石流影响区、滑坡

体等危险区域设置施工驻地。

(13) 制定并落实职业危害防治措施，为从业人员配备符合国家标准或者行业标准的劳动防护用品。

(14) 建设及施工单位应当针对工程项目特点和风险评估情况分别制定项目综合应急预案、合同段施工专项应急预案和现场处置方案，告知相关人员紧急避险措施并定期组织演练。

7.1.2 公路工程施工单位安全生产责任

根据《中华人民共和国安全生产法》《建设工程安全生产管理条例》《公路水运工程安全生产监督管理办法》，对公路工程施工单位安全责任规定如下：

(1) 施工单位应当建立健全全员安全生产责任制，明确各岗位的责任人员、责任范围和考核标准等内容，加强对安全生产责任制落实情况的监督考核。

(2) 施工单位应当按照法律、法规、规章、工程建设强制性标准和合同文件组织施工，保障项目施工安全生产条件，对施工现场的安全生产负主体责任。施工单位主要负责人依法对项目安全生产工作全面负责。

建设工程实行施工总承包的，由总承包单位对施工现场的安全生产负总责。分包单位应当服从总承包单位的安全生产管理，分包单位不服从管理导致生产安全事故的，由分包单位承担主要责任。

(3) 施工单位应当书面明确本单位的项目负责人，代表本单位组织实施项目施工生产。项目负责人对项目安全生产工作负有下列职责：

- ①建立项目全员安全生产责任制，加强安全标准化建设并实施相应的考核与奖惩。
- ②按规定配足项目专职安全生产管理人员。
- ③结合项目特点，组织制定并实施项目安全生产规章制度和操作规程。
- ④组织制定并实施项目安全生产教育和培训计划。
- ⑤保证本项目安全生产投入的有效实施。
- ⑥依据风险评估结论，完善施工组织设计和专项施工方案。
- ⑦组织建立并落实安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防工作机制，督促、检查本项目安全生产工作，及时消除生产安全事故隐患整改情况。
- ⑧组织制定本合同段应急预案并定期组织演练。
- ⑨按要求及时、如实报告生产安全事故并合理组织自救。

(4) 施工单位的专职安全生产管理人员履行下列职责：

- ①组织或参与拟订本项目安全生产规章制度、操作规程和生产安全事故应急预案。
- ②组织或参与本项目安全生产教育和培训，如实记录安全生产教育和培训情况。
- ③组织开展本项目危险源辨识和评估，督促落实本项目重大危险源的安全管理措施。
- ④组织或参与本项目应急救援演练。
- ⑤检查本项目的安全生产状况，及时排查事故隐患，提出改进安全生产管理的建议。
- ⑥制止和纠正违章指挥、强令冒险作业、违反操作规程的行为。

⑦ 督促落实本项目安全生产整改措施。

(5) 施工单位应当在施工组织设计中编制安全技术措施和施工现场临时用电方案，对下列达到一定规模的危险性较大的分部分项工程编制专项施工方案，并附具安全验算结果，经施工单位技术负责人、总监理工程师签字后实施，由专职安全生产管理人员进行现场监督：

① 基坑支护与降水工程。

② 土方开挖工程。

③ 模板工程。

④ 起重吊装工程。

⑤ 脚手架工程。

⑥ 拆除、爆破工程。

⑦ 国务院建设行政主管部门或者其他有关部门规定的其他危险性较大的工程。

(6) 施工单位应当根据施工规模和现场消防重点建立施工现场消防安全责任制度，确定消防安全责任人，制定消防管理制度和操作规程，设置消防通道，配备相应的消防设施、物资和器材。

施工单位对施工现场临时用火、用电的重点部位及爆破作业各环节应当加强消防安全检查。

(7) 施工单位应当将专业分包单位、劳务合作单位的作业人员及实习人员纳入本单位统一管理。

(8) 新进人员和作业人员进入新的施工现场或者转入新的岗位前，施工单位应当对其进行安全生产培训考核。

(9) 施工单位采用新技术、新工艺、新设备、新材料的，应当对作业人员进行相应的安全生产教育培训，生产作业前还应当开展岗位风险提示。

7.1.3 公路工程项目施工安全风险评估

1. 总体要求

根据《公路水运工程施工安全风险评估指南 第1部分：总体要求》JT/T 1375.1—2022，公路工程项目施工应开展安全风险评估，该评估分为总体风险评估和专项风险评估两个阶段。具体要求如下：

(1) 总体风险评估宜在项目施工招标完成。

(2) 专项风险评估包括施工前专项风险评估、施工过程专项风险评估和风险控制预期效果评价等环节，贯穿整个施工过程。

(3) 公路工程施工安全总体风险评估应将整个工程项目按照桥梁工程、隧道工程、边坡工程、基坑工程、大型临时工程和“两区三场”等重点区域划分为相互独立的作业单元，作为总体风险评估对象。

(4) 开展施工安全风险评估工作应成立评估小组，小组成员应严格按照流程和要求开展评估工作，评估结果应通过评估小组集体讨论确定。桥梁工程、隧道工程、边坡工程、基坑工程、大型临时工程和“两区三场”施工安全风险评估工作还应符合各类工程的具体要求。

(5) 施工安全风险评估方法应根据工程的特点和实际进行选择。总体风险评估宜采用专家调查法和指标体系法等方法；专项风险评估可综合采用安全检查表法、作业条件危险性评价法（LEC法）、专家调查法、指标体系法、风险矩阵法等方法，必要时宜采用两种以上方法比对验证风险评估结果，当采用不同方法得出的评估结果出现较大差异时，应分析导致较大差异的原因，确定合理的评估结果。

(6) 施工安全风险评估工作包括以下几个步骤：前期准备、现场调查、总体风险评估、专项风险评估、风险评估报告编制、风险评估报告评审。

(7) 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）。

(8) 工程施工应实施全过程风险分级管控和风险警示告知、监控预警制度。在项目实施前期阶段，应根据总体风险评估结果采取相应措施，并在后续项目施工阶段根据专项风险评估结果采取事前预控、事中监控、事后评价的方式，实施动态、循环的风险控制，直至将风险至少降低到可接受的程度。施工过程中的风险监控宜采用信息化、智能化、可视化方式。

2. 高速公路路堑高边坡工程施工安全风险评估

根据《交通运输部关于发布高速公路路堑高边坡工程施工安全风险评估指南（试行）的通知》（交安监发〔2014〕266号）要求，施工项目应充分重视对老滑坡体、岩堆体、老错落体等不良地质体地段，膨胀土、高液限土、冻土、黄土等特殊岩土地段，以及居住区、地下管线分布区、高压塔等周边地段的施工安全风险评估。

(1) 专项风险评估。在总体风险评估基础上，将风险等级达到较大风险（Ⅲ级）及以上的路堑段作为评估单元，以施工作业活动为评估对象，根据其施工安全风险特点及类似工程事故情况，进行风险辨识、分析、估测；并针对其中的重大风险源进行量化评估，提出具体的风险控制措施。专项风险评估可分为施工前专项评估和施工过程专项评估。专项风险评估结论应作为编制或完善专项施工方案的依据。

(2) 总体风险评估应在项目开工前实施。专项风险评估应在路堑边坡分项工程开工前完成。施工中，经论证出现新的重大风险源，或发生生产安全事故（险情）等情况，应补充开展施工过程专项评估。

(3) 评估组织与评估报告

① 总体风险评估工作由建设单位负责组织，专项风险评估工作由施工单位负责组织。组织单位按照“谁组织谁负责”的原则对评估工作质量负责。

② 总体风险评估和施工前专项风险评估应分别形成评估报告，施工过程专项风险评估可简化形成评估报表。评估报告应反映风险评估过程的全部工作，报告内容应包括编制依据、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。

(4) 实施要求

① 项目总体风险评估的重大风险源应按规定报监理单位、建设单位、地方行业主管部门备案。

② 施工单位应根据风险评估结论，完善路堑高边坡工程施工组织设计和专项施工方案，分类制定相应的专项应急预案，对项目施工过程实施预警预控。对重大风险源应建立日常巡查、监测预警、定期报告、销号等制度，并严格实施。对暂时无有效应对措

我们只做自己高分通过的考试，需要考试资料和指导请找卡哥团队！认准VX：kagezhukao668

施的Ⅳ级风险，应立即停工。

③ 施工安全风险评估工作费用在项目安全生产费用中列支。

3. 公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估

根据《关于开展公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估试行工作的通知》(交质监发〔2011〕217号)要求，公路桥梁和隧道工程应进行安全风险评估。

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。

④ 采用新材料、新结构、新工艺、新技术的特大桥、大桥工程。

⑤ 特殊桥型或特殊结构桥梁的拆除或加固工程。

⑥ 施工环境复杂、施工工艺复杂的其他桥梁工程。

(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。

⑤ 采用新技术、新材料、新设备、新工艺的隧道工程。

⑥ 隧道改扩建工程。

⑦ 施工环境复杂、施工工艺复杂的其他隧道工程。

2) 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。

(1) 总体风险评估。桥梁或隧道工程开工前，根据桥梁或隧道工程的地质环境条件、建设规模、结构特点等孕险环境与致险因子，估测桥梁或隧道工程施工期间的整体安全风险大小，确定其静态条件下的安全风险等级。

(2) 专项风险评估。当桥梁或隧道工程总体风险评估等级达到Ⅲ级(较大风险)及以上时，将其中高风险的施工作业活动(或施工区段)作为评估对象，根据其作业风险特点以及类似工程事故情况，进行风险源普查，并针对其中的重大风险源进行量化估测，提出相应的风险控制措施。

(3) 评估方法应根据被评估项目的工程特点，选择相应的定性或定量的风险评估方法。一般采用风险指标体系法、作业条件危险性分析法等。

3) 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：

(1) 开展总体风险评估。根据设计阶段风险评估结果(若有)，以及类似结构工程安全事故情况，用定性与定量相结合的方法初步分析本项目孕险环境与致险因子，估测施工中发生重大事故的可能性，确定项目总体风险等级。

(2) 确定专项风险评估范围。总体风险评估等级达到Ⅱ级(一般风险)及以上工程应进行专项风险评估。其他风险等级的可视情况开展专项风险评估。

(3) 开展专项风险评估。通过对施工作业活动(施工区段)中的风险源普查，在分析物的不安全状态、人的不安全行为的基础上，确定重大风险源。宜采用指标体系法等定量评估方法，对重大风险源发生事故的概率及损失进行分析，评估其发生重大事故的可能性与严重程度，对照相关风险等级标准，确定专项风险等级。

(4) 确定风险控制措施。根据风险接受准则的相关规定，对专项风险等级在Ⅲ级(较大风险)及以上的施工作业活动(施工区段)，应明确重大风险源的监测、控制、预警措施以及应急预案。其他风险等级工程可根据工程实际情况，按照成本效益原则确定相应的风险控制措施。

4) 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。

(2) 当施工单位的施工经验或能力不足时，可委托行业内安全评估机构承担相关风险评估工作。

(3) 评估工作负责人应当具有5年以上的工程管理经验，并有参与类似工程施工的经历。

(4) 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。评估结论应当明确风险等级、可能发生事故的关键部位、区域或节点、事故可能性等级、规避或者降低风险的建议措施等内容。

5) 实施要求

(1) 施工单位应根据风险评估结论，完善施工组织设计和危险性较大工程专项施工方案，制定相应的专项应急预案，对项目施工过程实施预警预控。专项风险等级在Ⅱ级(一般风险)及以上的施工作业活动(施工区段)的风险控制，还应符合下列规定：

(2) 重大风险源的监控与防治措施、应急预案经施工企业技术负责人和项目总监理工程师审批后，由建设单位组织论证或复评估。

(3) 施工单位应建立重大风险源的监测及验收、日常巡查、定期报告等工作制度。

(4) 施工项目经理或技术负责人在工程施工前应对施工人员进行安全技术教育与交底；施工现场应设立相应的危险告知牌。

(5) 适时组织对典型重大风险源的应急救援演练。

(6) 当专项风险等级为Ⅳ级(重大风险)且无法降低时，必须提高现场防护标准，落实应急处置措施，视情况开展第三方施工监测；未采取有效措施的，不得施工。

(7) 公路桥粱和隧道工程施工安全风险评估应遵循动态管理的原则，当工程设计方案、施工方案、工程地质、水文地质、施工队伍等发生重大变化时，应重新进行风险

评估。

(8) 施工安全风险评估工作费用应在项目安全生产费用中列支。

7.1.4 公路工程施工生产安全事故报告

施工单位应当按照《中华人民共和国安全生产法》《生产安全事故报告和调查处理条例》《建设工程安全生产管理条例》等法律法规要求，事故处理坚持“四不放过”（即事故原因未查清不放过、责任人员未处理不放过、整改措施未落实不放过、有关人员未受到教育不放过）和“科学严谨、依法依规、实事求是、注重实效”的原则，及时、准确地查清事故经过、事故原因和事故损失，查明事故性质，认定事故责任，总结事故教训，提出整改措施，并对事故责任者依法追究责任。

1. 事故分类及等级

(1) 根据《企业职工伤亡事故分类》GB 6441—1986，事故分20类：

- ① 物体打击；② 车辆伤害；③ 机械伤害；④ 起重伤害；⑤ 触电；⑥ 淹溺；⑦ 灼烫；⑧ 火灾；⑨ 高处坠落；⑩ 坍塌；⑪ 冒顶片帮；⑫ 透水；⑬ 放炮；⑭ 火药爆炸；⑮ 瓦斯爆炸；⑯ 锅炉爆炸；⑰ 容器爆炸；⑱ 其他爆炸；⑲ 中毒和窒息；⑳ 其他伤害。

(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：

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，“以下”不包括本数。

2. 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。

(2) 报告事故应当包括下列内容：

- 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。

(4) 事故发生后，有关单位和人员应当妥善保护事故现场以及相关证据，任何单位和个人不得破坏事故现场、毁灭相关证据。因抢救人员、防止事故扩大以及疏通交通等原因，需要移动事故现场物件的，应当做出标志，绘制现场简图并作出书面记录，妥善保存现场重要痕迹、物证。

7.1.5 公路工程施工项目安全生产监督管理

按照《中华人民共和国安全生产法》《建设工程安全生产管理条例》《公路水运工程安全生产监督管理办法》《公路水运工程施工企业项目负责人施工现场带班生产制度(暂行)》(交质监发〔2012〕576号)等有关安全生产相关规定，对公路工程施工项目安全生产监督管理做如下规定，本节所述的监督是指施工项目内部对安全生产所做的监督管理工作。

(1) 公路工程施工期间，项目负责人必须在施工现场轮流带班生产。项目负责人原则上不得同时承担2个及以上施工合同段安全生产管理工作，确需兼任的，应当征得项目建设单位的书面同意。

(2) 项目经理为公路工程施工合同段安全生产管理的第一责任人，对落实带班生产制度负全面领导责任。

(3) 公路工程施工合同段项目经理部，应根据项目施工特点，建立项目负责人施工现场轮流带班生产制度，明确工作内容、职责权限、人员安排和考核奖惩等要求，制定月度带班生产计划，并严格实施。

对于有专业(或劳务)分包的合同段，分包单位应制定月度带班生产计划，并报承包单位项目经理部备案。

对于施工总承包的项目，项目分段(分部或工区)实施单位应制定月度带班生产计划，并报施工总承包项目经理部备案。

(4) 项目负责人因其他事务不能带班生产时，项目经理应指定其他项目负责人承担其带班工作，并提前向项目监理单位报备。

(5) 项目负责人带班生产方式主要有：

① 现场巡视检查。对当日本合同段内施工作业区进行巡视检查，了解掌握施工现场安全生产状况，重点检查危险性较大的分部分项工程、事故多发易发的施工环节或部位。

② 蹲点带班生产。巡视检查后，项目负责人根据施工现场安全生产状况，选择当日事故多发易发的施工环节或部位，或危险性较大的分部分项工程，或本合同段首件工程等作业区蹲点带班生产。

(6) 项目负责人带班生产时，应履行以下职责：

① 检查本合同段安全生产条件落实情况，包括专职安全员施工现场履责情况；作业人员个人防护和施工现场临边防护的规范性。特种作业人员持证上岗情况；起重机械和整体提升式脚手架、滑模爬模、架桥机等设备检验验收与安全运行情况。承重支架或满堂脚手架、施工挂篮等危大工程实施运行情况。安全技术交底与班前会落实情况。

- ② 检查施工组织设计或专项施工方案中风险管控措施的落实情况。
- ③ 加强对重点部位、关键环节的施工指导，及时制止“三违”行为。
- ④ 及时发现、报告并组织消除事故隐患和险情。
- ⑤ 填写带班生产工作日志并签字归档备查。

(7) 项目经理除做好现场带班生产外还应组织做好如下安全重点事项的监督管理。

- ① 执行法律、法规、规章、规范及工程建设强制性标准情况。
- ② 项目安全生产规章制度、操作规程及应急预案制定及落实情况。
- ③ 施工场地布置、现场安全防护、施工工艺操作等安全生产标准化建设推进情况。
- ④ 项目安全管理机构及专职安全生产管理人员配备情况。
- ⑤ 项目负责人、专职安全生产管理人员、特种作业人员持证情况。
- ⑥ 施工风险分级管控及隐患排查治理情况。
- ⑦ 危大工程专项方案编制审批及执行及危险作业许可执行情况。
- ⑧ 国家明令淘汰、禁止使用的危及施工安全的工艺、设备、材料执行情况。
- ⑨ 项目安全生产投入执行情况。
- ⑩ 项目安全生产教育和培训情况。
- ⑪ 项目安全设施“三同时”(即同时设计、同时施工、同时投入生产和使用)情况。
- ⑫ 严禁关闭、破坏直接关系生产安全的监控、报警、防护、救生设备、设施，或者篡改、隐瞒、销毁其相关数据、信息执行情况。

7.2 公路工程质量 管理相关规定

7.2.1 公路工程施工单位质量责任和义务

根据《公路水运工程质量监督管理规定》，对公路工程施工单位质量责任和义务做了如下规定：

(1) 从业单位应当建立健全工程质量保证体系，制定质量管理制度，强化工程质量管 理措施，完善工程质量目标保障机制。

公路水运工程实行质量责任终身制。建设、勘察、设计、施工、监理等单位应当书面明确相应的项目负责人和质量负责人。从业单位的相关人员按照国家法律法规和有关规定在工程合理使用年限内承担相应的质量责任。

(2) 施工单位对工程施工质量负责，应当按合同约定设立现场质量管理机构、配备工程技术人员和质量管理人员，落实工程施工质量责任制。

(3) 施工单位应当严格按照工程设计图纸、施工技术标准和合同约定施工，对原材料、混合料、构配件、工程实体、机电设备等进行检验；按规定施行班组自检、工序交接检、专职质检员检验的质量控制程序；对分项工程、分部工程和单位工程进行质量自评。检验或者自评不合格的，不得进入下道工序或者投入使用。若施工单位不按照工程

设计图纸或者施工技术标准施工的，依照《建设工程质量管理条例》第六十四条规定，责令改正，按以下标准处以罚款；情节严重的，责令停工整顿：

① 未造成工程质量事故的，处所涉及单位工程合同价款 2% 的罚款。

② 造成工程质量一般事故的，处所涉及单位工程合同价款 2% 以上 3% 以下的罚款。

③ 造成工程质量较大及以上等级事故的，处所涉及单位工程合同价款 3% 以上 4% 以下的罚款。

若施工单位未按规定对原材料、混合料、构配件等进行检验的，依照《建设工程质量管理条例》第六十五条规定，责令改正，按以下标准处以罚款；情节严重的，责令停工整顿：

① 未造成工程质量事故的，处 10 万元以上 15 万元以下的罚款。

② 造成工程质量事故的，处 15 万元以上 20 万元以下的罚款。

(4) 施工单位应当加强施工过程质量控制，并形成完整、可追溯的施工质量管理资料，主体工程的隐蔽部位施工还应当保留影像资料。对施工中出现的质量问题或者验收不合格的工程，应当负责返工处理；对在保修范围和保修期限内发生质量问题的工程，应当履行保修义务。若施工单位对施工中出现的质量问题或者验收不合格的工程，未进行返工处理或者拖延返工处理的，应责令改正，处 1 万元以上 3 万元以下的罚款。施工单位对保修范围和保修期限内发生质量问题的工程，不履行保修义务或者拖延履行保修义务的，依照《建设工程质量管理条例》第六十六条规定，责令改正，按以下标准处以罚款：

① 未造成工程质量事故的，处 10 万元以上 15 万元以下的罚款。

② 造成工程质量事故的，处 15 万元以上 20 万元以下的罚款。

(5) 勘察、设计、施工单位应当依法规范分包行为，并对各自承担的工程质量负总责，分包单位对分包合同范围内的工程质量负责。

(6) 施工、监理单位应当按照合同约定设立工地临时试验室，严格按照工程技术标准、检测规范和规程，在核定的试验检测参数范围内开展试验检测活动。

施工、监理单位应当对其设立的工地临时试验室所出具的试验检测数据和报告的真实性、客观性、准确性负责。若设立工地临时试验室的单位弄虚作假、出具虚假数据报告的，责令改正，处 1 万元以上 3 万元以下的罚款。

7.2.2 公路工程质量事故管理

公路水运建设工程项目在缺陷责任期结束前，由于施工或勘察设计等原因使工程不满足技术标准及设计要求，并造成结构损毁或一定直接经济损失的事故。根据《交通运输部办公厅关于印发公路水运建设工程项目质量事故等级划分和报告制度的通知》(交办安监〔2016〕146号)，对公路工程质量事故管理作了如下规定：

1. 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），公路水运建设工程项目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。

我们只做自己高分通过的考试，需要考试资料和指导请找卡哥团队！认准VX：kagezhukao666

(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、报废的事故。

(4) 一般质量事故，是指造成直接经济损失 100 万元以上 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、报废的事故。

2. 公路工程质量事故报告的规定

1) 公路工程质量事故报告的责任人

工程项目交工验收前，施工单位为工程质量事故报告的责任单位；自通过交工验收至缺陷责任期结束，由负责项目交工验收管理的交通运输主管部门明确项目建设单位或管养单位作为工程质量事故报告的责任单位。

2) 公路工程质量事故报告相关规定

一般及以上工程质量事故均应报告。事故报告责任单位应在应急预案或有关制度中明确事故报告责任人。事故报告应及时、准确，任何单位和个人不得迟报、漏报、谎报或瞒报。

事故发生后，现场有关人员应立即向事故报告责任单位负责人报告。事故报告责任单位应在接报 2h 内，核实、汇总并向负责项目监管的交通运输主管部门及其工程质量监督机构报告。接收事故报告的单位和人员及其联系电话应在应急预案或有关制度中予以明确。

重大及以上质量事故，省级交通运输主管部门应在接报 2h 内进一步核实，并按工程质量事故快报统一报交通运输部应急办转部工程质量监督管理部门；出现新的经济损失、工程损毁扩大等情况的应及时续报。省级交通运输主管部门应在事故情况稳定后的 10 日内汇总、核查事故数据，形成质量事故情况报告，报交通运输部工程质量监督管理部门。

对特别重大质量事故，交通运输部将按《交通运输部突发事件应急工作暂行规范》由交通运输部应急办会同部工程质量监督管理部门及时向国务院应急办报告。

3. 工程质量事故快报内容（表7.2-1）

4. 发生重大质量事故的现场保护措施

工程质量事故发生后，事故发生单位和相关单位应按照应急预案规定及时响应，采取有效措施防止事故扩大，同时，应妥善保护事故现场及相关证据，任何单位和个人不得破坏事故现场。因抢救人员、防止事故扩大及疏导交通等原因需要移动事故现场物件的，应做出标识，保留影像资料。

5. 工程质量事故迟报、漏报、谎报或者瞒报处理

交通运输主管部门对违反本制度，发生工程质量事故迟报、漏报、谎报或者瞒报的，按照《建设工程质量管理条例》相关规定进行处罚，并按交通运输行业信用管理相关规定予以记录。

我们只做自己高分通过的考试，需要考试资料和指导请找卡哥团队！认准VX：kagezhukao666

表 7.2-1 公路水运建设工程质量事故快报

填报单位：（盖章）		填报日期： 年 月 日			
项目名称					
事故地点			发生时间	年 月 日 时	
工程类别	公路工程	<input type="checkbox"/> 高速公路	<input type="checkbox"/> 干线公路	<input type="checkbox"/> 农村公路	
		<input type="checkbox"/> 特长隧道	<input type="checkbox"/> 长隧道	<input type="checkbox"/> 中隧道	
		<input type="checkbox"/> 特大桥	<input type="checkbox"/> 大桥	<input type="checkbox"/> 中桥	
	水运工程	<input type="checkbox"/> 路基工程	<input type="checkbox"/> 其他	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/> 港口	<input type="checkbox"/> 航道	<input type="checkbox"/> 船闸	<input type="checkbox"/> 其他
		<input type="checkbox"/> 大型	<input type="checkbox"/> 中型	<input type="checkbox"/> 小型	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 沿海	<input type="checkbox"/> 内河			
估算直接经济损失	(万元)	预判事故等级	<input type="checkbox"/> 特别重大	<input type="checkbox"/> 重大	
<input type="checkbox"/> 建设单位					
<input type="checkbox"/> 施工单位					
<input type="checkbox"/> 设计单位					
<input type="checkbox"/> 监理单位					
<input type="checkbox"/> 管养单位					
<input type="checkbox"/> 工程规模					
<input type="checkbox"/> 事故经过					
<input type="checkbox"/> 损毁情况					
<input type="checkbox"/> 初步原因分析					
<input type="checkbox"/> 采取的措施					

注：对于重大和特别重大工程质量事故，应将本表报交通运输部应急办。

值班电话：

传真：

填表人：

审核人：

联系人及电话：

7.2.3 公路工程质量监督管理相关规定

根据《公路水运工程质量监督管理规定》，对公路工程质量监督作了如下规定：

(1) 公路水运工程实行质量监督管理制度。交通运输主管部门或者其委托的建设工程质量监督机构依法要求建设单位按规定办理质量监督手续。

建设单位应当按照国家规定向交通运输主管部门或者其委托的建设工程质量监督机构提交以下材料，办理工程质量监督手续：

- ① 公路水运工程质量监督管理登记表。
- ② 交通运输主管部门批复的施工图设计文件。
- ③ 施工、监理合同及招标投标文件。
- ④ 建设单位现场管理机构、人员、质量保证体系等文件。
- ⑤ 本单位以及勘察、设计、施工、监理、试验检测等单位对其项目负责人、质量负责人的书面授权委托书、质量保证体系等文件。

⑥依法要求提供的其他相关材料。

(2)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。

公路水运工程质量监督管理受理通知书中应当明确监督人员、内容和方式等。

(3)建设单位在办理工程质量监督手续后、工程开工前，应当按照国家有关规定办理施工许可或者开工备案手续。

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自建设单位办理完成施工许可或者开工备案手续之日起，至工程竣工验收完成之日止，依法开展公路水运工程建设的质量监督管理工作。

(4)公路水运工程交工验收前，建设单位应当组织对工程质量是否合格进行检测，出具交工验收质量检测报告，连同设计单位出具的工程设计符合性评价意见、监理单位提交的工程质量评定或者评估报告一并提交交通运输主管部门委托的建设工程质量监督机构。

工程交工质量核验意见应当包括交工验收质量检测工作组织、质量评定或者评估程序执行、监督管理过程中发现的质量问题整改以及工程质量验证性检测结果等情况。

(5)公路水运工程竣工验收前，交通运输主管部门委托的建设工程质量监督机构应当根据交通运输主管部门拟定的验收工作计划，组织对工程质量进行复测，并出具项目工程质量鉴定报告，明确工程质量水平；同时出具项目工程质量监督管理工作报告，对项目建设期质量监督管理工作进行全面总结。

工程质量鉴定报告应当以工程交工质量核验意见为参考，包括交工遗留问题和试运行期间出现的质量问题及整改、是否存在影响工程正常使用的质量缺陷、工程质量用户满意度调查及工程质量复测和鉴定结论等情况。

交通运输主管部门委托的建设工程质量监督机构应当将项目工程质量鉴定报告和项目工程质量监督管理工作报告提交负责组织竣工验收的交通运输主管部门。

(6)交通运输主管部门委托的建设工程质量监督机构具备相应检测能力的，可以自行对工程质量进行检测，否则可以委托具有相应能力等级的第三方试验检测机构负责相应检测工作。委托试验检测机构开展检测工作的，应当遵守政府采购有关法律法规的要求。

(7)交通运输主管部门或者其委托的建设工程质量监督机构可以采取随机抽查、备案核查、专项督查等方式对从业单位实施监督检查。

公路水运工程质量监督管理工作实行项目监督责任制，可以明确专人或者设立工程项目质量监督组，实施项目质量监督管理工作。

(8)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制定年度工程质量监督检查计划，确定检查内容、方式、频次以及有关要求等。监督检查的内容主要包括：

- ①从业单位对工程质量法律、法规的执行情况。
- ②从业单位对公路水运工程建设强制性标准的执行情况。
- ③从业单位质量责任落实及质量保证体系运行情况。