

一、公路隧道围岩分级

隧道围岩分级是设计、施工的基础。施工方法的选择、衬砌结构类型及尺寸的确定、隧道施工劳动定额、材料消耗标准的制定都要以围岩分级作为主要依据。

二、围岩分级的判定方法

1. 隧道围岩分级的综合评判方法宜采用两步分级，并按以下顺序进行：

(1) 根据岩石的坚硬程度和岩体完整程度两个基本因素的定性特征和定量的岩体基本质量指标，综合进行初步分级。

2. 围岩分级中岩石坚硬程度、岩体完整程度两个基本因素的定性划分和定量指标及其对应关系应符合有关规定。

3. 围岩详细定级时，如遇下列情况之一，应对岩体基本质量指标进行修正：

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

1B414012 掌握隧道构造

隧道可分为两大类：岩石隧道（又称山岭隧道）和软土隧道（又称水底隧道、城市道路隧道）。

隧道构造由主体构造物和附属构造物两大类组成。主体构造物通常指洞身衬砌和洞门构造物，附属构造物是主体构造物以外的其他建筑物，是为了运营管理、维修保养、给水排水、供蓄发电、通风、照明、通信、安全等而修建的构造物。（掌握）

一、洞门类型及构造

1. 洞门类型：为了保护岩（土）体的稳定和使车辆不受崩塌、落石等威胁，确保行车安全，应该根据实际情况，选择恰当的洞门形式，修筑洞门，并对边、仰坡进行适宜的护坡。洞门类型有：端墙式洞门、翼墙式洞门、环框式洞门、遮光式洞门等。（掌握）

2. 洞门构造：

(1) 洞口仰坡坡脚至洞门墙背的水平距离不应小于 1.5m，洞门端墙与仰坡之间的水沟的沟底至衬砌拱顶外围的高度不应小于 1.0m，洞门墙顶应高出仰坡坡脚 0.5m 以上。

(2) 洞门墙应根据实际需要设置伸缩缝、沉降缝和泄水孔。

(3) 洞门墙基础必须置于稳固的地基上，应视地形及地质条件，埋置足够的深度，保证洞门的稳定性。

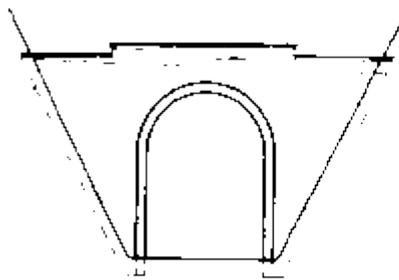


图1 端墙式洞门

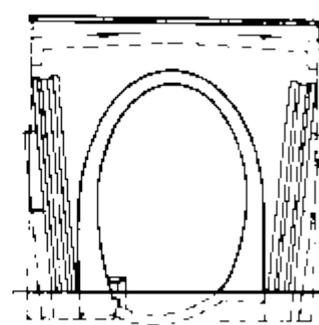
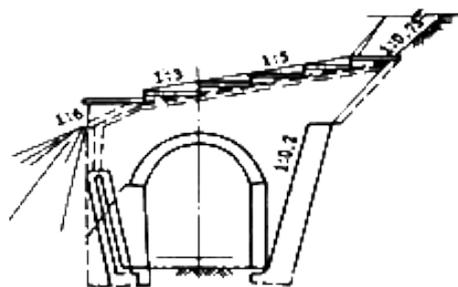


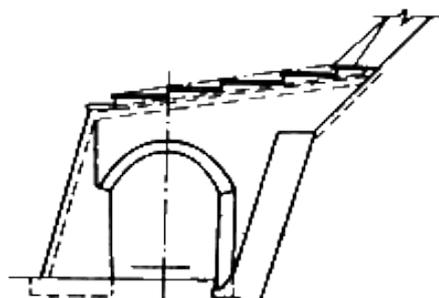
图2 翼墙式洞门

二、明洞类型及构造

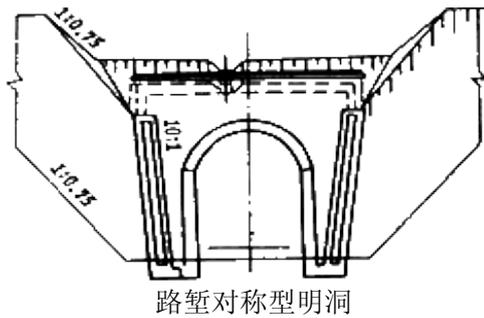
1. 明洞类型：洞顶覆盖层较薄，难以用暗挖法建隧道时，隧道洞口或路堑地段受坍方、落石、泥石流、雪害等危害时，道路之间或道路与铁路之间形成立体交叉，但又不宜做立交桥时，通常应设置明洞。明洞一般用明挖法施工。明洞主要分为两大类，即拱式明洞和棚式明洞。拱式明洞按荷载分布又可分为路堑对称型、路堑偏压型、半路堑偏压型和半路堑单压型。棚式明洞按构造又可分为墙式、刚架式、柱式等此外还有特殊结构明洞，如支撑锚杆明洞、抗滑明洞、柱式挑檐棚洞、全刚架式棚洞、空腹肋拱式棚洞、悬臂棚洞、斜交托梁式棚洞、双曲拱明洞等，以适应特殊场合。



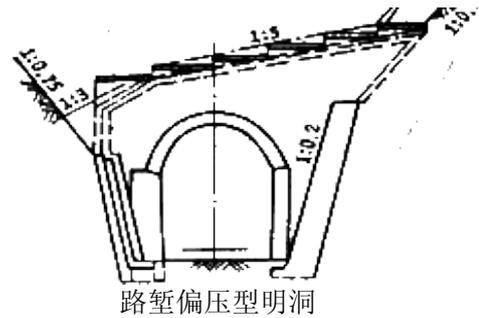
半路堑偏压型明洞



半路堑单压型明洞



路堑对称型明洞



路堑偏压型明洞

2. 明洞构造:

(1) 拱式明洞。拱式明洞主要由**顶拱和内外边墙**组成混凝土或钢筋混凝土结构，**整体性较好**，能承受较大的垂直压力和侧压力。内外墙基础相对位移对内力影响较大，所以**对地基要求较高，尤其外墙基础必须稳固**。

(2) 棚式明洞。受地形、地质条件限制，**难以修建拱式明洞**时，边坡有**少量塌落掉块**，**侧压力较小时**，可以采用**棚式明洞**，棚式明洞由**顶盖和内外边墙**组成。顶盖通常为梁式结构。内边墙一般采用重力式结构。当岩层坚实完整，干燥无水或少水时，为减少开挖和节约圬工，可采用锚杆式内边墙。外边墙可以采用墙式、刚架式、柱式结构。

三、洞身类型及构造——隧道的主体部分

1. 洞身类型：按隧道断面形状分为**曲墙式、直墙式和连拱式**等。

2. 洞身构造：**分为一次衬砌和二次衬砌、防排水构造、内装饰、顶棚及路面等**。

1B414020 隧道地质超前预报和监控量测技术

1B414021 掌握隧道地质超前预报

一、**隧道地质超前预报方法主要有：超前钻孔法、地质雷达法、TSP、TGP 法或 TRT 法，目前常用的主要方法为 TSP (TGP) 法。**

二、TSP (TGP) 法

(一) 组成 TSP 或 TGP 隧道超前地质预报系统包括仪器主机、配件和处理软件三部分组成。

(二) 原理 **TSP 或 TGP 法是利用地震波反射回波方法测量的原理**。地震波震源采用小药量炸药激发产生，炸药激发在隧道边墙的风钻孔中，通常**24 个**炮孔布置成一条直线。

反射回波的时间、波形和强度，可以达到预报隧道掌子面前方地质条件的目的。在一定间隔距离内连续采用上述方法，结合施工地质调查，可以得到隧道围岩的地质力学参数，如动弹性模量、动剪切模量和动泊松比参数等。

1B414022 掌握隧道施工监控量测技术

一、隧道施工测量技术

(一) 一般规定

1. **控制测量的精度应以中误差衡量，最大误差（极限误差）规定为中误差的两倍。**

2. 隧道施工时应做好下列工作：

(1) **长隧道**设置的**精密三角网或精密导线网**，应**定期**对其基准点和水准点进行**校核**。

(2) **洞外水准点、中线点**应根据隧道平纵面、隧道长度等**定期**进行**复核**，洞内控制点应根据施工进度设定。

3. 洞内施工隧道测量，桩点必须稳定、可靠，且通视良好。测量仪器、工具在使用前应作检校，保证器具的技术状态符合使用要求。

5. **隧道竣工后应提交贯通测量技术成果书、贯通误差的实测成果和说明、净空断面测量和永久中线点、水准点的实测成果及示意图。重点**

(二) 洞内施工测量

1. 洞内导线应根据洞口投点向洞内作引伸测量，洞口投点应纳入控制网内，由洞口投点传递进洞方向的连接角测角中误差，不应超过测量等级的要求，后视方向的长度不宜小于 300m。**导线点应尽量沿路线中线布设，导线边长在直线地段不宜短于 200m；曲线地段不宜短于 70m。**无闭合条件的单导线，应进行两组独立观测，相互校核。

用**中线法**进行洞内测量的隧道，**中线点间距直线部分不宜短于 100m；曲线部分不宜短于 50m。**

2. 特长隧道、长隧道及采用大型掘进机械施工的隧道，宜用激光设备导向。

3. 供导坑延伸和掘进用的临时点可用**串线法**标定，其延伸长度在直线部分不应大于 30m；曲线部分不应大于 20m。串线法的两吊线间距不宜小于 5m。用串线法标定开挖面中线时，其距离可用皮尺丈量。

4. 开挖前应在开挖断面标出设计断面尺寸线，开挖工作完成后应及时测量并绘出断面图。

5. 供**衬砌用的临时中线点**，**必须用经纬仪测定**，其**间距**可视放样需要适当加密，但**不宜大于 10m。**

7. 洞内水准路线应由洞口高程控制点向洞内布设，结合洞内施工情况，测点间距以 200~500m 为宜。
8. 洞内施工用的水准点，应根据洞外、洞内已设定的水准点，按施工需要加设。为使施工方便，在导坑内拱部、边墙施工地段宜每 100m 设立一个临时水准点，并定期复核。

(三) 贯通误差的测定及调整

2. 贯通误差的调整应按以下方法进行：

- (1) 用折线法调整直线隧道中线。
- (2) 曲线隧道，根据实际贯通误差，由曲线的两端向贯通面按长度比例调整中线。
- (3) 采取精密导线法测量时，贯通误差用坐标增量平差来调整。

3. 隧道贯通后，施工中线及高程的实际贯通误差，应在未衬砌的 100m 地段内（即调线地段）调整。

(四) 竣工测量

1. 隧道竣工后，应在直线地段每 50m、曲线地段每 20m 及需要加测断面处，测绘以路线中线为准的隧道实际净空，标出拱顶高程、起拱线宽度、路面水平宽度。

2. 隧道永久中线点，应在竣工测量后用混凝土包埋金属标志。直线上的永久中线点，每 200~250m 设一个，曲线上应在缓和曲线的起终点各设一个；曲线中部，可根据通视条件适当增加。永久中线点设立后，应在隧道边墙上画出标志。

3. 洞内水准点每公里应埋设一个，短于 1km 的隧道应至少设一个，并应在隧道边墙上画出标志。

(五) 辅助坑道测量

1. 经辅助坑道引入的中线及水准测量，按要求精度在坑道口附近设置洞外控制点。

2. 平行导坑与横洞的引线方法和高程测量均与正洞相同。

二、掌握隧道施工监控量测技术（2010 案例）

(一) 监控量测的目的

通过对围岩和支护的变位、应力量测，修改支护系统设计；分析各项量测信息，确认或修正设计参数。

(二) 采用复合式衬砌的隧道，必须将现场监控量测项目列入施工组织设计。

(三) 量测内容与方法

1. 表 1B414022 中的 1~4 项地质和支护状况观察、周边位移、拱顶下沉、锚杆轴力及抗拔力为必测项目。

2. 初期支护完成后应进行喷层表面的观察和记录，并进行裂缝描述。

3. 隧道开挖后应及时进行围岩、初期支护的周边位移量测、拱顶下沉量测；安设锚杆后，应进行锚杆抗拔力试验。当围岩差、断面大或地表沉降控制严时宜进行围岩体内位移量测和其他量测。位于 IV—VI 级围岩中且覆盖层厚度小于 40m 的隧道，应进行地表沉降量测。

4. 量测部位和测点布置，应根据地质条件、量测项目和施工方法等确定。

5. 测点应距开挖面 2m 的范围内尽快安设，并应保证爆破后 24h 内或下一次爆破前测读初次读数。

7. 现场量测手段，一般应尽量选择简单可靠、耐久、成本低、稳定性能好，被测量的物理概念明确，有足够大的量程，便于进行分析和反馈的测试仪器。

(四) 量测数据处理与应用

1. 应及时对现场量测数据绘制时态曲线（或散点图）和空间关系曲线。

2. 当位移一时间曲线趋于平缓时，应进行数据处理或回归分析，以推算最终位移和掌握位移变化规律。

3. 当位移一时间曲线出现反弯点时，则表明围岩和支护已呈不稳定状态，此时应密切监视围岩动态，并加强支护，必要时暂停开挖。

4. 二次衬砌的施作应在满足下列要求时进行：

(1) 各测试项目的位移速率明显收敛，围岩基本稳定；

(2) 已产生的各项位移已达预计总位移量的 80%~90%；

(3) 周边位移速率或拱顶下沉速率小于规定值。

例题：复合式衬砌隧道现场监控量测的必测项目包括（ ）。(2009)

A. 周边位移 B. 拱顶下沉 E. 钢支撑内力及外力 D. 地质和支护状况观察 E. 围岩弹性波测试

【答疑编号 502077104101】 【正确答案】 ABD

(五) 量测管理

隧道现场监控量测应成立专门量测小组，量测组负责测点埋设、日常量测、数据处理和仪器保养维修工作，并及时将量测信息反馈于施工和设计。

(六) 竣工文件中应包括的量测资料

1. 现场监控量测计划。

2. 实际测点布置图。

3. 围岩和支护的位移一时间曲线图、空间关系曲线图以及量测记录汇总表。

4. 经量测变更设计和改变施工方法地段的信息反馈记录。

5. 现场监控量测说明。

1B414030 隧道施工技术

1B414031 掌握隧道主要施工方法隧道施工的技术与方法归纳如表所示。

隧道施工方法	山岭隧道施工	矿山法（钻爆法）	传统的矿山法
		掘进机法	新奥法
	浅埋及软土隧道施工	明挖法	
		地下连续墙	
		盖挖法	
		浅埋暗挖法	
		其他……	
	水底隧道施工	沉管法	
		盾构法	

1. **新奥法**：是新奥地利隧道施工方法的简称。新奥法是应用岩体力学理论，以维护和利用围岩的自承能力为基点，采用锚杆和喷射混凝土为主要支护手段，及时进行支护，控制围岩的变形和松弛，使围岩成为支护体系的组成部分，并通过对围岩和支护的量测、监控来指导隧道施工和地下工程设计施工的方法和原则。**施工原则：少扰动，早喷锚（或早支护），勤量测，紧封闭。**

2. **传统的矿山法**：是采用钻爆法开挖和钢木构件支撑的施工方法。

3. **隧道掘进机法**：是一种开挖与出碴联合作业的掘进机械，能连续掘进。**长隧道**

4. **盾构法（Shield）**：是一种钢制的活动防护装置或活动支撑，是通过软弱含水层，特别是**河底、海底，以及城市中心区**修建隧道的一种机械。

5. **明挖法**：是指挖开地面，由上向下开挖土石方至设计标高后，自基底由下向上顺做施工，完成隧道主体结构，最后回填基坑或恢复地面的施工方法。

6. **盖挖法**：是由地面向下开挖至一定深度后，将顶部封闭，其余的下部工程在封闭的顶盖下进行施工，主体结构可以顺作，也可逆作。

7. **浅埋暗挖法**：是参考新奥法的基本原理。

8. **地下连续墙**：也称为混凝土地下墙、连续地中墙。它是起挡土、承重、防水作用。

例题：盾构法最适合于在（ ）中建造隧道。（2004）

A. 硬岩地层 B. 破碎岩层 C. 完整岩层 D. 松软地层

【答疑编号 502077104102】 『正确答案』 D

1B414032 掌握隧道开挖

一、隧道开挖的要求

隧道开挖的主要方法是钻孔爆破法。开挖要求：

1. 按设计要求开挖出断面（包括形状、尺寸、表面平整、超挖、欠挖等要求）。

2. 石渣块度（石渣大小）便于装渣作业。

3. 掘进速度快，少占作业循环时间。

4. 爆破在充分发挥其能力的前提下，减少对围岩的震动破坏。

二、钻眼爆破掘进施工技术要点

钻眼爆破掘进是一般山岭隧道最常采用的掘进方式。

（一）钻眼机具

隧道工程中常使用的凿岩机有风动凿岩机和液压凿岩机。

（二）炮眼布置和周边眼的控制爆破

掘进工作面的炮眼可分为掏槽眼、辅助眼和周边眼。

1. 掏槽眼布置

掏槽眼的作用是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**，为其他炮眼的爆破创造有利条件。**掏槽炮眼一般要比其他炮眼深 10~20cm**，以保证爆破后开挖深度一致。

掏槽眼的布置应掌握好炮眼的**“三度”：深度、密度和斜度**。掏槽方式总的可分为斜眼掏槽和直眼掏槽两大类。

（1）斜眼掏槽：其特点是掏槽眼与开挖面斜交。常用的有**锥形掏槽，楔形掏槽，单向掏槽**，其中最常用的是**竖楔形掏槽**。斜眼掏槽的**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，而且所需掏槽眼的个数较少。**缺点**是眼深受坑道断面尺寸的限制，也不便于多台钻机同时凿岩。

（2）直眼掏槽：直眼掏槽可以实行多机凿岩、钻眼机械化和深眼爆破，从而为加快掘进速度提供了有利条件。直眼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

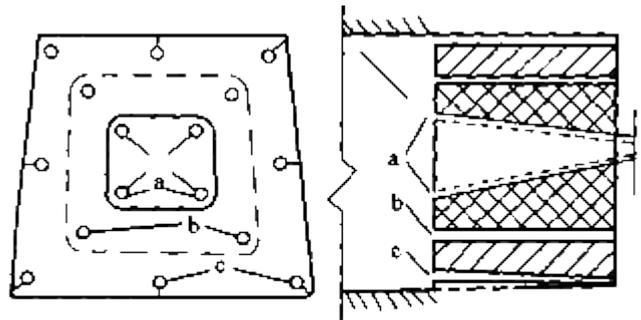


图 8-1 掘进爆破炮孔类型

a-掏槽孔；b-辅助孔；c-周边孔

炮眼深度;而斜眼掏槽则要随循环进尺的不同而改变炮眼位置和角度。直眼掏槽石碴抛掷距离也可缩短。所以**目前现场多采用直眼掏槽**。直眼掏槽的形式很多,过去常用的有:**龟裂掏槽,五梅花掏槽和螺旋掏槽**。

2. 辅助眼布置

辅助眼的作用是进一步扩大掏槽体积和增大爆破量,并为周边眼创造有利的爆破条件。其布置主要是解决间距和最小抵抗限问题,这可以由施工经验决定。最小抵抗线约为炮眼间距的60%~80%。

3. 周边眼布置

周边眼是一种辅助炮眼,目的是成型作用。**周边眼的作用是爆破后使坑道断面达到设计的形状和规格**。周边眼原则上沿着设计轮廓均匀布置,间距和最小抵抗限应比辅助眼的小,以便爆出较为平顺的轮廓。

周边眼的底端对于松软岩层应放在设计轮廓线以内,对于中硬岩层可放在设计轮廓线上,对于坚硬岩层则应略超出设计轮廓线外。为了避免欠挖,**底板眼底端一般都超出设计轮廓线**。

4. 周边眼的控制爆破

在隧道爆破施工中,首要的要求是炮眼利用率高,开挖轮廓及尺寸准确,对围岩震动小。**采用光面爆破与预裂爆破技术,可以控制爆破轮廓,尽量保持围岩的稳定**。

(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:

- 开挖轮廓成型规则,岩面平整;
- 岩面上保存50%以上孔痕,且无明显的爆破裂缝;
- 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,增进了施工安全,并为喷锚支护创造了条件。

(2) 光面爆破的主要参数及技术措施

光面爆破的主要参数包括周边眼的间距、光面爆破层的厚度、周边眼密集系数、周边眼的线装药密度等。光面爆破参数的选择,目前还缺乏一定的理论公式,多是采用经验方法。为了获得良好的光面爆破效果,可采取以下技术措施:

- 适当加密周边眼。一般情况下,坚硬或破碎的岩石宜取小值,软质或完整的岩石宜取大值。
- 合理确定光面爆破层厚度。所谓光面爆破层,就是周边眼与最外层辅助眼之间的一圈岩石层。光面爆破层厚度就是周边眼的最小抵抗线。
- 合理用药。用于光面爆破的炸药宜采用**低猛度、低爆速、传爆性能好的炸药**,在炮眼底部,为了克服眼底岩石的夹制作用,应改用高爆速炸药。

周边眼的装药量是光面爆破参数中最重要的一个参数,通常以线装药密度表示。

- 保证光面爆破眼同时起爆。
- 要为周边眼光面爆破创造临空面。这可以在开挖程序和起爆顺序上予以保证,并应注意不要使先爆落的石碴堵死周边眼的临空面。

掏槽眼→辅助眼→周边眼→底板眼。

(3) 预裂爆破

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原理相同。只是在爆破的顺序上,光面爆破是先引爆掏槽眼,接着引爆辅助眼,最后才引爆周边眼;而**预裂爆破则是首先引爆周边眼,使沿周边眼的连心线炸出平顺的预裂面**。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。但预裂爆破的周边眼间距和最小抵抗限都要比光面爆破的小,相应地要增多炮眼数量,钻眼工作量增大。

预裂爆破法的分区起爆顺序为:周边眼→掏槽眼→辅助眼→底板眼。

(三) 背景资料 2010

某高速公路上下行分离式隧道,洞口间距40m,左线长3216m,右线长3100m,隧道最大埋深500m。进出口为浅埋段,IV级围岩,洞身地质条件复杂,地质报告指出,隧道穿越地层为三叠系底层,岩性主要为炭质泥岩、砂岩、泥岩砂岩互层,且有瓦斯设防段、涌水段和岩爆段,I、II、III级围岩大致各占1/3,节理裂隙发育,岩层十分破碎,且穿越一组背斜,在其褶曲轴部地带中的炭质泥岩及薄煤层中并存有瓦斯等有害气体,有瓦斯聚集涌出的可能,应对瓦斯重点设防,加强通风、瓦斯监测等工作。

技术员甲认为全断面开挖的特点是工作空间较小、施工速度快、便于施工组织和管理;且全断面开挖法具有较小的断面进尺比,每次爆破震动强度较小,爆破对围岩的震动次数少,有利于围岩的稳定。考虑到该隧道地质情况与进度要求,所以该隧道应采用全断面开挖。同时针对该隧道采用的新奥法施工,提出了“勤测量、紧封闭”的基本原则。

隧道施工过程中为防止发生塌方冒顶事故,项目部加强了施工监控量测,量测项目有地质和支护状况,锚杆或锚索内力及抗拔力、地表下沉、围岩体内位移、支护及衬砌内应力。

项目部还实行安全目标管理,采取了一系列措施,要求进入隧道施工现场的所有人员必须经过专门的安全知识教育,接受安全技术交底;电钻钻眼应检查把手胶套的绝缘是否良好,电钻工应戴棉纱手套,穿绝缘胶鞋;爆破作业人员不能穿着化纤服装,炸药和雷管分别装在带盖的容器内用汽车一起运送;隧道开挖及衬砌作业地段的照明电器电压为110~220V。同时加强瓦斯等有毒有害气体的防治,通风设施由专职安全员兼管。

隧道施工完成后,进行了供配电、照明系统设施的安装,其中变压器为油浸变压器,由于工期延误,变压器运到现场100天后才进行安装。电缆敷设在沟内时遵循了低压在上、高压在下的原则,敷设时还要求金属支架、导管必须接地(PE)或接零(PEN)可靠。

在交通监控方面,隧道由监控中心统一监控,监控中心设有完善的子系统,包括交通信号监控系统、视频监控系统、供配电监控系统、隧道照明控制系统、调度指令电话系统、有线广播系统等。

问题

1. 改正技术员甲对全断面开挖法特点阐述的错误之处。本项目采用新奥法施工还应遵循的两条基本原则是什么?

2. 补充本项目施工监控量测的必测项目,并指出隧道监控量测时出现冒顶塌方的危险信号(征兆)有哪些?

【答疑编号 502077104201】 【正确答案】

1. 改错如下:全断面开挖法具有较大的工作空间(1分),较大的断面进尺比(1分),每次爆破震动强度较大(1分);新奥法的原则还有:少扰动(1分),早喷锚(1分)。

【答疑编号 502077104202】 【正确答案】

2. 必测项目还有:周边位移(1分)、拱顶下沉(1分);
危险信号有:量测数据有不正常变化(或突变)(1分),洞内或地表位移大于允许位移值(1分),洞内或地表出现裂缝以及喷层出现异常裂缝(1分)。

1B414033 掌握隧道支护与衬砌

一、隧道施工预支护技术

常采用的**预支护措施**有超前锚杆、插板、或小钢管;管棚;超前小导管注浆;开挖工作面及围岩预注浆等。上述措施的**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。

(一)超前锚杆、小钢管施工技术要点

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,**也适用于采用中小型机械施工**。

此法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。

超前锚杆宜采用早强砂浆锚杆,锚杆可用不小于 $\Phi 22$ 的螺纹钢筋。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。

(二)管棚施工技术要点

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

短管棚(长度小于10m的小钢管)一次超前量小,基本上与开挖作业交替进行,占用循环时间较大,但钻孔安装或顶入安装较容易。

长管棚(长度为10~45m,直径较粗的钢管)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,减少了与开挖作业之间的干扰。

(三)超前小导管注浆施工技术要点

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。

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

自进式注浆锚杆(又称迈式锚杆)是将超前锚杆与超前小导管注浆相结合一种超前措施。它是在小导管的前端安装了一次性钻头,从而将钻孔和顶管同时完成,缩短了导管的安装时间,尤其适用于钻孔易坍塌的地层。

(四)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面30~50m,可以形成有相当厚度的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。

二、初期支护

(一) 喷射混凝土

喷射混凝土是用压力喷枪喷射混凝土的施工法。常用于灌筑隧道内衬、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。喷射混凝土的工艺流程有干喷、潮喷、湿喷和混合喷。

1. 干喷法是将水泥、砂、石在干燥状态下拌合均匀，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，粉尘污染及回弹情况较严重，但施工机械简单，易于操作。

2. 潮喷法是将骨料预加少量水，使之呈潮湿状，再加水泥拌合，送至喷嘴处并与压力水混合后进行喷射的方法。与干喷相比，上料、拌合及喷射时的粉尘少。目前施工现场较多使用的是潮喷工艺。潮喷和干喷混凝土强度可达到 C20。

3. 湿喷法是将水泥、砂、石和水在按比例拌合均匀，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。软弱围岩特别是黄土隧道以及渗水隧道不宜使用潮喷而改用湿喷较好。

4. 混合喷射采用两套搅拌机，在第一套搅拌机内将一部分砂加第一次水拌湿，在投入全部水泥强制搅拌，然后加第二次水和减水剂拌合成 SEC 砂浆，用砂浆泵压送到混合管；在第二套搅拌机内将部分砂石和速凝剂强制搅拌均匀，用干喷机压送到混合管后经喷嘴喷出。湿喷和混合喷混凝土强度可达到 C30~C35。

混合喷射工艺的粉尘和回弹率较干喷法有大幅度降低，但工艺复杂，使用机械多，机械清洗和故障处理很麻烦，一般只用在喷射混凝土量大和大断面隧道工程中。

(二) 锚杆

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。

(三) 钢支撑

钢支撑具有承载能力大的特点，常用于软弱破碎或土质隧道中，并与锚杆、喷射混凝土等共同使用。钢支撑按其材料的组成可分为钢拱架和格栅钢架。

1. 钢拱架

钢拱架是工字钢或钢轨制造而成的刚性拱架。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。

2. 格栅

格栅是由钢筋经冷弯成形后焊接而成，其断面形状有圆形、门形、三角形、四边形等。格栅断面有 3 根和 4 根主筋组成的两种形式。4 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 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；主筋和联系钢筋的连接方式较多，接头形式一般有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及其与围岩的空隙，且能和锚杆、超前支护结构连成一体，支护效果好。

(四) 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时锚杆（主要指系统锚杆）加喷射混凝土（素喷或网喷）。

钢筋网及钢拱架要被喷射混凝土所包裹、覆盖，即喷射混凝土要将筋网和钢拱架包裹密实。

三、模筑混凝土衬砌

单层衬砌中的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、先墙后拱的顺序连续浇筑。在隧道纵向，则需分段进行，分段长度一般为 8~12m。

1. 衬砌施工的准备工作的

(1) 组装式模板

在衬砌工作开始前，要进行中线和水平测量，检查开挖断面是否符合设计要求，欠挖部分应予修凿。先墙后拱法施工，应按线路中线确定边墙模板的设计位置。

对于先墙后拱法施工，拱架是架设在墙架的立柱上的。先拱后墙法施工时，拱架的架设是在复核检查中线及拱部净空无误后，在拱脚放线定位，直接支承在地层上，现场广泛采用 38kg/m 的旧钢轨弯制成的钢拱架。为了运输和拆装方便，每根钢拱架分成左右两片。架立时在拱顶处用钢夹板和螺栓连接起来，采用不同长度的夹板，就能得出不同加宽值 W 的衬砌断面。

拱架的标高要预留沉落量，先墙后拱法不大于 5cm，并应在施工过程中按实际情况加以校正。另外，

考虑到测量和施工误差，以及灌注混凝土时拱脚内挤，**为了保证设计净空，拱架的拱脚每侧应加宽 5~10cm，拱矢加高 5cm。**

拱架和边墙模板支架的间距，应根据衬砌地段的围岩情况、拱圈跨度和衬砌厚度，并结合模板长度来确定；一般采用 1m，最大不超过 1.5m。

目前，现场亦多采用钢模板。**拼装式拱架模板**常将整榀拱架分解为 2~4 节，进行现场组装。拼装式拱架模板的灵活性大，适应性强，尤其适用于曲线地段。

(2) 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。

模板台车的长度即一次模筑段长度应根据施工进度要求、混凝土生产能力和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，是较先进的模板设备。

2. 混凝土的制备与运输

(1) 配料

新拌合好的混凝土的塌落度，在边墙处为 1~4cm，拱圈及其他施工不便之处为 2~5cm。

(3) 混凝土的运输

可结合工地情况选用；常用的有斗车、手推车、自卸汽车、搅拌车、吊筒、吊斗、带式输送机，输送泵等。

3. 混凝土的灌注

(1) 混凝土衬砌在灌注以前，必须做好对灌注段的清理检查，灌注后还需切实做好捣固工作。

灌注边墙混凝土时，要求**两侧混凝土保持分层对称地均匀上升。**

(2) 灌注拱圈混凝土时，应从两侧拱脚开始，同时向拱顶分层对称地进行，层面应保持辐射状。当灌注到拱顶时，需要改为沿隧道纵向进行灌注，边灌注边铺封口模板。

(3) 混凝土捣固、养护与拆模

隧道衬砌混凝土施工中应用最多的是**插入式振动器。**

为保证混凝土有良好的硬化条件，防止早期干缩产生裂纹，应在灌注后 12h 内。

拱架、墙架和模板的拆除时间，应根据围岩压力、衬砌部位、环境温度、所用水泥品种和强度等级等因素确定。

(4) 衬砌灌注中若干问题的处理

• 衬砌灌注中墙拱接口的处理。先拱后墙法施工时，要注意墙顶与拱脚间的接口封填。如边墙用塑性混凝土灌注时，应在接近拱脚处留 7~10cm 缺口，待 24h 后，使先灌的边墙充分收缩，经过施工间歇处理，再以较干的混凝土紧密填实。如边墙用干硬性混凝土灌注时，墙顶封口可连续完成。

• 回填与压浆。隧道拱圈和边墙背后的空隙必须回填密实，并应与混凝土灌注工作同时进行。**用先拱后墙法施工时，拱脚以上 1m 范围内，应用与拱圈同级的混凝土一起灌注。边墙基底以上 1m 范围内，宜用与边墙同级的混凝土一起灌注。**

压浆工作应在衬砌达到设计强度后或拱架拆除前及时进行，每段长度为 20~30m，在衬砌两侧同时自下而上压注。

• **仰拱的灌注。**因此应对仰拱和底板的施作时间、分块施工顺序和与运输的干扰问题进行合理安排。灌注仰拱时必须把隧道底部的虚碴、杂物及淤泥清除干净。仰拱超挖部分，若在允许范围内，应用与仰拱同级的混凝土回填。超出允许范围的部分，应用浆砌片石或片石混凝土回填密实。**为施工方便，仰拱和底板可以合并浇筑。**

例题：山岭隧道复合式衬砌中防水层的施工时间应在（ ）。(2009)

A. 初期支护变形基本稳定前

B. 二次衬砌施工作业后

C. 初期支护变形和二次衬砌施工期间

D. 初期支护变形基本稳定后，二次衬砌施工前

☞ [答疑编号 502077104203] 【正确答案】D

1B414034 掌握隧道防排水

一、施工中的防排水措施

隧道两端洞口及辅助坑道洞(井)口应按设计要求及时做好排水系统；覆盖较薄和渗透性强的地层，地表积水应及早处理。**洞内顺坡排水，其坡度应与线路坡度一致，洞内反坡排水时，必须采取机械抽水。洞内有大面积渗漏水时，宜采用钻孔将水集中汇流引入排水沟。**其钻孔的位置、数量、孔径、深度、方向和渗水量等应作详细记录，以便在衬砌时确定拱墙背后排水设施的位置。**洞内涌水或地下水位较高时，可采用井点降水法和深井降水法处理。**顶上方设有高位水池时应有防渗和防溢水设施。当隧道覆盖层厚度较薄且地层中水渗透性较强时，水池位置应远离隧道轴线。

二、结构防排水施工技术要点

复合式衬砌中防水层的施工：**防水层应在初期支护变形基本稳定后，二次衬砌施作前进行。**

1. **衬砌背后设置排水暗沟、盲沟和引水管**时，应根据隧道的渗水部位和开挖情况适当选择排水设施位置，并配合衬砌进行施工。设在衬砌背后和隧底的纵横向排水设施，其纵横向坡应平顺，并配合其他作业同时施工；当隧底岩层松软有裂隙水时，应视具体情况加深侧沟或中心水沟的沟底，或增设横向盲沟，铺设渗水滤层及仰拱等。衬砌背后采用压注水泥砂浆防水时，压浆地段混凝土衬砌达设计强度的 70%时，方可进行压浆，如遇流沙或含水土质地层，不宜采用水泥砂浆作防水层；注浆地段衬砌背面宜

用干砌片石回填紧密，并每隔 20m 左右用 1m 厚的浆砌片石或混凝土做阻浆隔墙，分段进行压浆。压浆顺序应从下而上，从无水区、少水区向有水或多水区，从下坡方向往上坡方向，从两端洞口向洞身中间压浆。隧道初砌采用防水混凝土时，必须经现场试验达到规定要求后方可使用。

2. 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。

1B414035 掌握隧道附属工程施工

一、洞口施工

隧道洞口各项工程应通盘考虑、妥善安排、尽快完成，为隧道洞身施工创造条件。隧道引道范围内的桥梁墩台、涵管、下挡墙等工程的施工应与弃渣需要相协调，尽早完成。开挖进洞时，宜用钢支撑紧贴洞口开挖面进行支护，围岩差时可用管棚支护，支撑作业应紧跟开挖作业，稳妥前进。

洞门衬砌拱墙应与洞内相连的拱墙同时施工，连成整体。洞门端墙的砌筑与墙背回填应两侧同时进行，防止对衬砌边墙产生偏压。洞门衬砌完成后，及时处治洞门上方仰坡脚受破坏处。当边（仰）坡地层松软、破碎时，应采取坡面防护措施。

二、明洞工程

1. 当边坡能暂时稳定时，可采用先墙后拱法。

2. 当边坡稳定性差，但拱脚承载力较好，能保证拱圈稳定时，可采用先拱后墙法。

3. 半路堑式明洞施工时，可采用墙拱交替法，且宜先做外侧边墙，继作拱圈，再作内侧边墙。

4. 当路堑式明洞拱脚地层松软，不能采用先拱后墙法施工时，可待起拱线以上挖成后，采用跳槽挖井法先灌注两侧部分边墙，再做拱圈，最后做其余边墙。

5. 具备相应的机具条件时，可采用拱墙整体灌注。

三、浅埋段工程

1. 根据围岩及周围环境条件，可优先采用单侧壁导坑法、双侧壁导坑法或留核心土开挖法；围岩的完整性较好时，可采用多台阶法开挖。浅埋段严禁采用全断面法开挖。

2. 开挖后应尽快施作锚杆、喷射混凝土、敷设钢筋网或钢支撑。当采用复合衬砌时，应加强初期锚喷支护。V 级以下围岩，应尽快施作衬砌，防止围岩出现松动。

3. 锚喷支护或构件支撑，应尽量靠近开挖面，其距离应小于洞跨的 1 倍。

4. 浅埋段的地质条件很差时，宜采用地表锚杆、管棚、超前小导管、注浆加固围岩等辅助方法施工。

例题：关于隧道浅埋段开挖施工技术的说法，正确的有（ ）。2010

A. 根据围岩及周围环境条件，可优先采用单侧壁导坑法或双侧壁导坑法

B. 围岩完整性较好时可采用全断面法开挖（浅埋段不允许）

C. 开挖后应尽快施作锚杆、喷射混凝土、敷设钢筋网

D. V 级以下围岩，宜待围岩稳定后再做衬砌（尽快衬砌）

E. 地质条件很差时，宜采用锚杆、超前小导管注浆加固围岩等辅助方法施工

【答疑编号 502077104204】 【正确答案】ACE

1B414036 熟悉隧道通风防尘及水电作业

一、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，有如下几种通风方式：

1. 风管式通风

风流经由管道输送，分为压力式、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。

2. 巷道式通风

这种方法适用于有平行坑道的长隧道，其特点是：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

这种方法适用于较长隧道。当管道式通风难以解决，又无平行导坑可以利用的话，可利用隧道成洞部分较大的断面，用砖砌或木板隔出一条 2~3m² 的风道，以减小风管长度，增大风量满足通风要求。

例题：隧道施工通风按照风道的类型和通风机安装位置，可将通风方式分为（ ）。（2006）

A. 密闭式 B. 敞开式 C. 风管式 D. 巷道式 E. 风墙式

【答疑编号 502077104301】 【正确答案】CDE

二、防尘

（一）湿式凿岩标准化

湿式凿岩即打“水风钻”，根据风钻内的供水方式不同，又分为旁侧供水和中心供水两种。

4. 操作正规，应先开水后开风，先关风后关水，凿岩时机体与钻杆方向应一致，不得摆，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。

（二）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（钻眼、装渣等）进行期间应始终保持风机的运转。

(三) 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。

三、供水

隧道施工期间生产用水和生活用水，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。有高山自然水源对应蓄水利用，**水池高度应能保证洞内最高用水点的水压。（所以平面布置时一般将水池设在最高位置）**

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. 充分利用洞内地下水源，通过高压水箱送到工作面。

四、供电

1. 隧道供电电压应符合以下要求：

(1) 应采用 **400 / 230V 三相四线系统两端供电**；

(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；**

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密封电缆，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。

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。

例题：关于隧道施工供电线路安装要求的说法，不符合规定的是（ ）。2010

A. 成洞地段固定的电力线路应使用绝缘良好胶皮线

B. **瓦斯地段输电线必须使用胶皮线（密封电缆）**

C. 竖井、斜井应采用铠装电线

D. 施工地段临时电线应采用橡套电缆

⑦ [答疑编号 502077104302] 『正确答案』 B

1B414040 特殊地段施工

1B414041 熟悉涌水地段施工特点

一、施工调查

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；超前围岩预注浆堵水；井点降水及深井降水。排堵降**

二、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**，保证掌子面没有水。

三、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孔。

2. 钻孔孔位（孔底）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。**

四、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，一般宜在 30~50m 之间。

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。

五、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，当降水深为 3~6m 时，可采用井点降水；当降水深度大于 6m 时，可采用深井井点降水。**

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。

六、深井井点降水施工应符合的要求

1. **在隧道两侧地表面布置井点，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。

1B414042 熟悉塌方地段的施工特点

隧道开挖时，**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，或不适当的施工作业方法等。**

一、发生塌方的主要原因

(一) 不良地质及水文地质条件

1. 隧道穿过断层及其破碎带,或在薄层岩体的小曲褶、错动发育地段,一经开挖,潜在应力释放快,围岩失稳,小则引起围岩掉块、塌落,大则引起塌方。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. 水是造成塌方的重要原因之一。地下水的软化、浸泡、冲蚀、溶解等作用加剧岩体的失稳和塌落。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。

(二) 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。

2. 缺乏较详细的隧道所处位置的地质及水文地质资料,引起施工指导或施工方案的失误。

(三) 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;工序间距安排不当;施工支护不及时,支撑架立不合要求,或抽换不当“先拆后支”;地层暴露过久,引起围岩松动、风化,导致塌方。

2. 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,因震动引起坍塌。

5. 对危石检查不重视、不及时。

二、预防塌方的施工措施

1. 隧道施工预防塌方,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“先排水、短开挖、弱爆破、强支护、早衬砌、勤量测”的施工方法。必须制定出切实可行的施工方案及安全措施。

2. 加强塌方的预测。预测塌方常用的几种方法:

(1) 观察法。

(2) 一般量测法。按时量测观测点的位移、应力,测得数据进行分析研究。

(3) 微地震学测量法和声学测量法。前者采用地震测量原理制成的灵敏的专用仪器;后者通过测量岩石的声波分析确定岩石的受力状态,并预测塌方。

3. 加强初期支护,控制塌方。当开挖出工作面后,应及时有效地完成喷锚支护或喷锚网联合支护,并应考虑采用早强喷射混凝土、早强锚杆和钢支撑支护措施等。这对防止局部坍塌,提高隧道整体稳定性具有重要的作用。

三、隧道塌方的处理措施

1. 隧道发生塌方,应及时迅速处理。

2. 处理塌方应先加固未塌地段,防止继续发展,并可按下列方法进行处理:

(1) 小塌方,纵向延伸不长、塌穴不高,首先加固塌体两端洞身,并抓紧喷射混凝土或采用锚喷联合支护封闭塌穴顶部和侧部,再进行清渣。

(2) 大塌方,塌穴高、塌渣数量大,塌渣体完全堵住洞身时,宜采取先护后挖的方法。在查清塌穴规模大小和穴顶位置后,可采用管棚法和注浆固结法稳固围岩体和渣体,待其基本稳定后,按先上部后下部的顺序清除渣体,采取短进尺、弱爆破、早封闭的原则挖塌体,并尽快完成衬砌。

(3) 塌方冒顶,在陷穴口附近地面打设地表锚杆,洞内可采用管棚支护和钢架支撑。

(4) 洞口塌方,一般易塌至地表,可采取暗洞明作的办法。

3. 处理塌方的同时,应加强防排水工作。塌方往往与地下水活动有关,治塌应先治水。防止地表水渗入塌体或地下,引截地下水防止渗入塌方地段,以免塌方扩大。

具体措施有:

(1) 地表沉陷和裂缝,用不透水土壤夯填紧密,开挖截水沟,防止地表水渗入塌体。

(2) 塌方通顶时,应在陷穴口地表四周挖沟排水,并设雨棚遮盖穴顶。

(3) 塌体内有地下水活动时,应用管槽引至排水沟排出。防止塌方扩大。

4. 衬砌背后与塌穴洞孔周壁间必须紧密支撑。当塌穴较小时,可用浆砌片石或干砌片石将塌穴填满;当塌穴较大时,可先用浆砌片石回填一定厚度,其以上空间应采用钢支撑等顶住稳定围岩;特大塌穴应作特殊处理。

5. 采用新奥法施工的隧道或有条件的隧道,塌方后要加设量测点,增加量测频率,根据量测信息及时研究对策。浅埋隧道,要进行地表下沉测量。

1B414043 熟悉岩溶地段施工特点

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。

一、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。

二、隧道遇到溶洞的处理措施

1. 隧道通过岩溶区，应查明溶洞分布范围和类型，岩层的完整稳定程度、填充物和地下水情况，据此确定施工方法。

2. 隧道穿过岩溶区，如岩层比较完整、稳定，可采用探孔或物探等方法。当溶洞尚在发育或穿越暗河水囊等岩溶区时，则必须探明地下水量大小、水流方向等，先要解决施工中的排水问题，一般可采用平行导坑的施工方法，以超前钻探方法，向前掘进。当出现大量涌水、流石流泥、崩塌落石等情况时，平导可作为泄水通道，正洞堵塞时也可利用平导在前方开辟掘进工作面，不致正洞停工。

3. 岩溶地段隧道常用处理溶洞的方法，有“引、堵、越、绕”四种。

(1) 引。遇到暗河或溶洞有水流时，直排不宜堵。

(2) 堵。

(3) 越。隧道穿过大溶洞，情况较为复杂时，可根据情况，采用边墙梁、行车梁等，由设计单位负责特殊设计后施工。

(4) 绕。绕行开挖时，应防止洞壁失稳。

三、溶洞地段隧道施工的注意事项

1. 当施工达到溶洞边缘，各工序应紧密衔接，支护和衬砌超前。

2. 施工中注意检查溶洞顶部，及时处理危石。

3. 在溶蚀地段的爆破作业应尽量做到多打眼、打浅眼，并控制爆破药量减少对围岩的扰动。

4. 在溶洞充填体中掘进，如充填物松软，可用超前支护施工。

1B414044 熟悉瓦斯地段的施工特点

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。

(一) 瓦斯的燃烧和爆炸性

当坑道中的瓦斯浓度小于5%，遇火源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，但遇火能平静燃烧。

(二) 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：有时带有一种嘶音。渗出的瓦斯量是最大的

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。

以上三种瓦斯放出形式，以第一种放出的瓦斯量为大。

(三) 防止瓦斯事故的措施

1. 防瓦斯的技术要点参见1B420074。

2. 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。随时发现异常情况，应及时报告技术主管负责人，采取措施进行处理。

(3) 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) 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。

1B414045 了解流沙地段施工特点

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。

一、加强调查，制定方案

二、因地制宜，综合治水

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

1. 防。防止降雨和地表水下渗。

2. 截。正洞之外深井降水，对地下水起拦截作用。

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。

三、先护后挖，加强支护也可采用超前注浆，以改善围岩结构，用水泥浆或水泥水玻璃为主的注浆材料注入或用化学药液注浆加固地层，然后开挖。

四、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。

例题：在流沙段开挖隧道，可采用的治理措施有（ ）。2010

A. 必要时采取井点法降低地下水位 B. 采用注浆法固结围岩 C. 采用从下而上分部开挖，先挖后护
D. 在流沙逸出口附近较干燥围岩处，应尽快打入锚杆或施作喷射混凝土层 E. 可采用工字钢支撑或木支撑进行支护

【答疑编号 502077104303】 【正确答案】 ABDE