

第四节 喷锚暗挖法施工

1K413041 喷锚暗挖法的掘进方式选择

1K413042 工作井施工技术

1K413043 超前预支护及预加固施工技术

1K413044 喷锚支护施工技术

1K413045 衬砌及防水施工要求

1K413046 喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

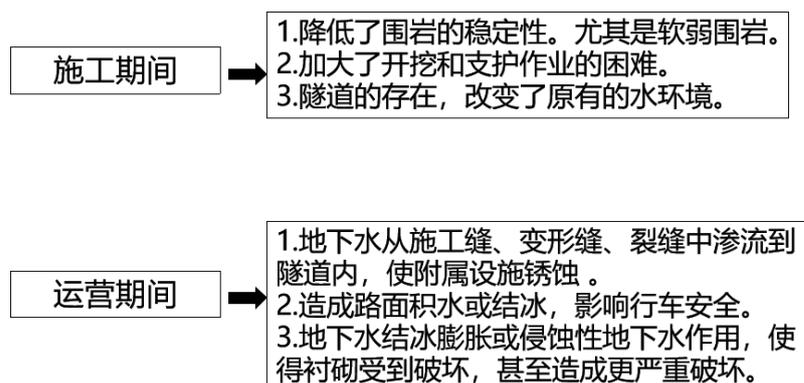
1K420112 喷锚支护施工质量检查与验收

1K420172 暗挖法施工安全措施

五、衬砌及防水施工要求



水的存在会给隧道带来哪些影响？





佛山地铁线路透水塌陷事故
(2018年2月7日晚)



一、防水结构施工原则

(一) 相关规范规定

(1) 《地下工程防水技术规范》GB50108—2008 规定：地下工程防水的设计和施工应遵循“防、排、截、堵相结合，刚柔相济，因地制宜，综合治理”的原则。

(2) 《地铁设计规范》GB50157—2013 规定：地下铁道隧道工程的防水设计，应根据工程地质、水文地质、地震烈度、结构特点、施工方法和使用要求等因素进行，并应遵循“以防为主，刚柔结合，多道设防，因地制宜，综合治理”的原则，采取与其相适应的防水措施。

二、施工方案选择

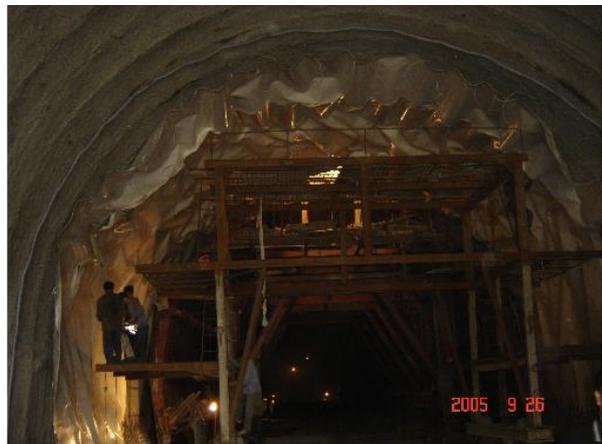
(1) 施工期间的防水措施主要是排和堵两类。施工前，根据资料预计可能出现的地下水情况，

估计水量, 选择防水方案。施工中要做好出水部位、水量等记录, 按设计要求施作排水系统, 确保防水效果。当结构处于贫水稳定地层, 且位于地下潜水位以上时, 在确保安全的条件下, 可考虑限排方案。



(2)在衬砌背后设置排水盲管(沟)或暗沟和在隧底设置中心排水盲沟时, 应根据隧道的渗漏水情况, 配合衬砌一次施工。施工中应防止衬砌混凝土或压浆浆液侵入盲沟内堵塞水路, 盲管(沟)或暗沟应有足够的数量和过水能力断面, 组成完整有效的排水系统并应符合设计要求。

(3)衬砌背后可采用注浆或喷涂防水层等方法止水。施工前应根据工程地质和水文地质条件, 通过试验做出设计, 并在施工过程中修正各项参数。

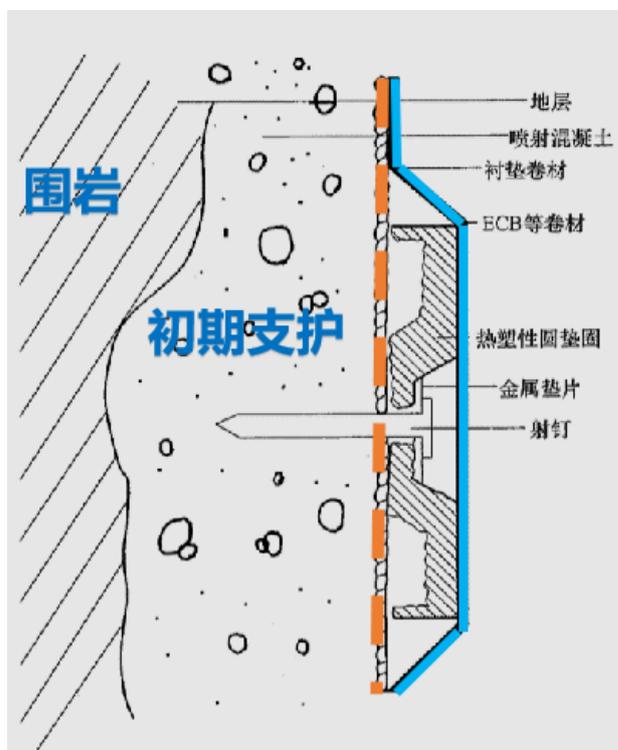


二、复合式衬砌防水层施工

(1)复合式衬砌防水层施工应优先选用射钉铺设，结构组成如图 1K413045 所示。

(2)防水层施工时喷射混凝土表面应平顺，不得留有锚杆头或钢筋断头，表面漏水应及时引排，防水层接头应擦净。防水层可在拱部和边墙按环状铺设，开挖和衬砌作业不得损坏防水

层, 铺设防水层地段距开挖面不应小于爆破安全距离, 防水层纵横向铺设长度应根据开挖方
法和设计断面确定。

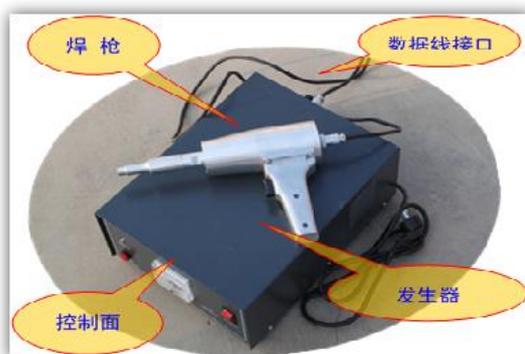
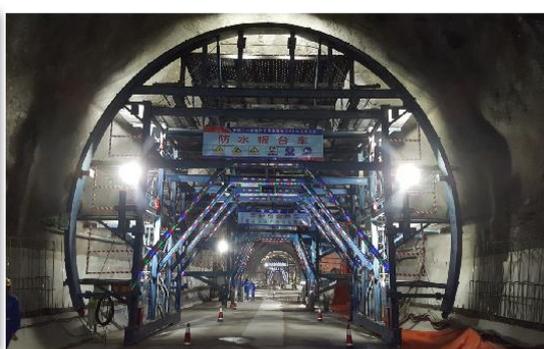
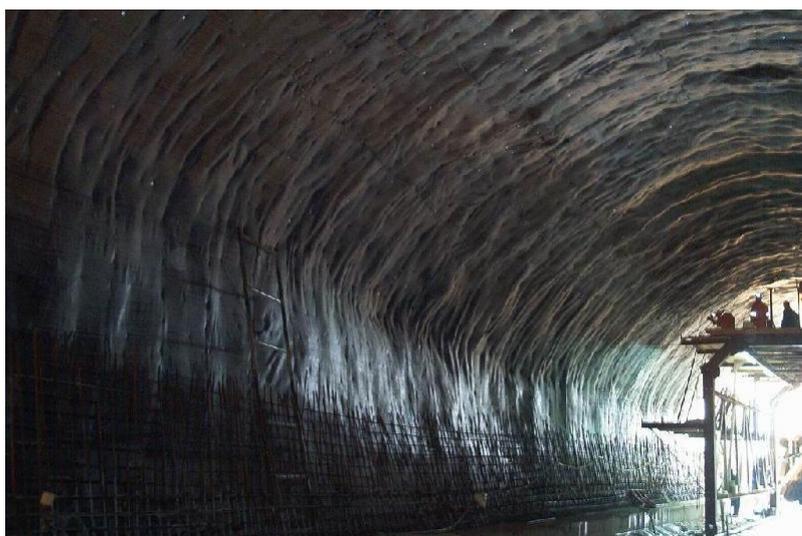


日前, 为打鸟而制造枪支的犯罪嫌疑人周某被汉中市南郑县人民检察院依法提起公诉, 该县法院对该案以非法制造枪支罪判处有期徒刑三年, 宣告缓刑三年六个月。

据悉, 被告人周某有打鸟的兴趣爱好, 2015年9月中旬, 周某先后通过网络购买射钉枪、无缝钢管及红外线瞄准镜等物品, 并在家中将这些物品制造成一把长788mm的枪支。同年10月15日被告人周某向其朋友在南郑县汉山办事处某村河边沿河打鸟时被民警当场查获。经鉴定, 被告人周某非法制造的枪支为自制火药枪, 以火药发射为动力, 具有杀伤力, 公诉机关认为被告人周某违反国家枪支管理规定, 未经有关部门批准非法制造以火药为动力发射子弹的非军用枪支一支, 其行为触犯我国《刑法》第125条第一款之规定, 涉嫌非法制造枪支罪, 故对其依法提起公诉, 法院查明事实后对周某做了有罪判决。



射钉的作用是将射钉打入混凝土或钢板等基体, 起紧固连接作用



(3)衬砌施工缝和沉降缝的止水带不得有割伤、破裂，固定应牢固，防止偏移，提高止水带

部位混凝土浇筑的质量。



(4) 二衬混凝土施工要求如下：

1)二衬采用的补偿收缩混凝土应具有良好的抗裂性能，主体结构防水混凝土在工程结构中不但承担防水作用，还要和钢筋一起承担结构受力作用。

2)二衬混凝土浇筑应采用组合钢模板和模板台车两种模板体系。对模板及支撑结构进行验算，以保证其具有足够的强度、刚度和稳定性，防止发生变形和下沉。模板接缝要拼贴严密，避免漏浆。

3)混凝土浇筑采用泵送模筑，两侧边墙采用插入式振捣器振捣，底部采用附着式振捣器振捣。混凝土浇筑应连续进行，两侧对称（由下至上），水平浇筑，不得出现水平和倾斜接缝；如混凝土浇筑因故中断，则必须采取措施对两次浇筑混凝土界面进行处理，以满足防水要求。





插入式振捣器



附着式振捣器



六、喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

一、降低地下水位法 (P178)

(1)当浅埋暗挖施工地下结构处于富水地层中，且地层的渗透性较好，应首选降低地下水位法达到稳定围岩、提高喷锚支护安全的目的。含水的松散破碎地层宜采用降低地下水位法，不宜采用集中宣泄排水的方法。

(2)在城市地下工程中采用降低地下水位法时，最重要的决策因素是确保降水引起的沉降不会对已存在构筑物或拟建构筑物的结构安全构成危害。

(3)降低地下水位通常采用地面降水方法或隧道内辅助降水方法。

(4)当采用降水方案不能满足要求时，应在开挖前进行帷幕预注浆，加固地层等堵水处理。

根据水文、地质钻孔和调查资料，预计有大量涌水或涌水量虽不大，但开挖后可能引起大规

模塌方时，应在开挖前进行注浆堵水，加固围岩。

二、地表锚杆（管）

(1)地表锚杆（管）是一种地表预加固地层的措施，适用于浅埋暗挖、进出工作井地段和岩体松软破碎地段。

(2)地面锚杆（管）按矩形或梅花形布置，先钻孔→吹净钻孔→用灌浆管灌浆→垂直插入锚杆杆体→孔口将杆体固定。地面锚杆（管）支护，是由普通水泥砂浆和全粘结型锚杆构成地表预加固地层或围岩深孔注浆加固地层。

(3)锚杆类型应根据地质条件、使用要求及锚固特性进行选择，可选用中空注浆锚杆、树脂锚杆、自钻式锚杆、砂浆锚杆和摩擦型锚杆。





三、冻结法固结地层

(1)冻结法是利用人工制冷技术，用于富水软弱地层的暗挖施工固结地层。通常，当土体的含水量大于 2.5%、地下水含盐量不大于 3%、地下水流速不大于 40m/d 时，均可适用常规冻结法；当土层含水量大于 10%和地下水流速不大于 7~9m/d 时，冻土扩展速度和冻结体形成的效果最佳。

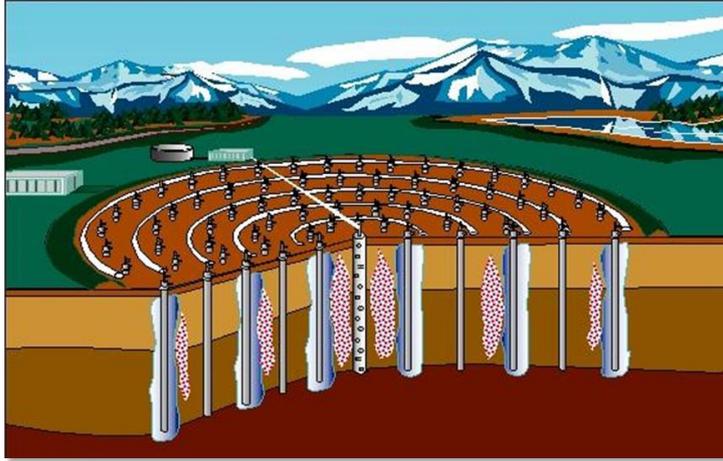
(2)在地下结构开挖断面周围需加固的含水软弱地层中钻孔敷管，安装冻结器，通过人工制冷作用将天然岩土变成冻土，形成完整性好、强度高、不透水的临时加固体，从而达到加固地层、隔绝地下水与拟建构筑物联系的目的。

(3)在冻结体的保护下进行工作井或隧道等地下工程的开挖施工，待衬砌支护完成后，冻结地层逐步解冻，最终恢复到原始状态。

(4)冻结法主要优缺点：

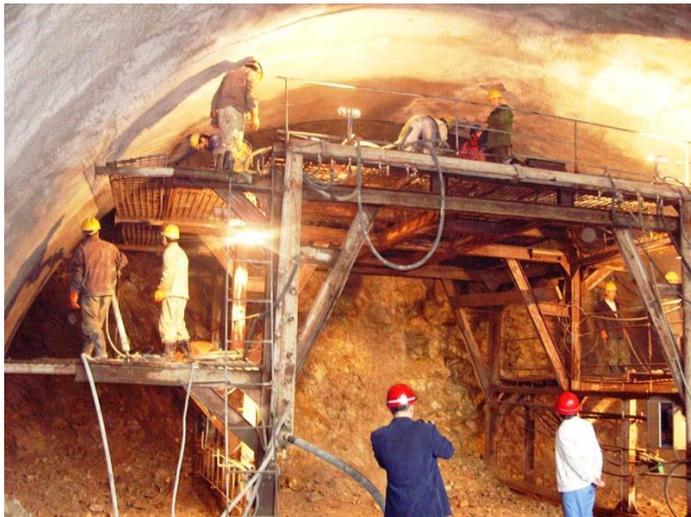
1)主要优点：冻结加固的地层强度高；地下水封闭效果好；地层整体固结性好；对工程环境污染小。

2)主要缺点：成本较高；有一定的技术难度。



七、喷锚支护施工质量检查与验收

喷锚支护法施工质量检查与验收分为开挖、支护、防水、二次衬砌四个环节，本条简要介绍各主要环节质量控制。(P370)



一、施工准备阶段质量控制

(一) 踏勘调研

(1)施工前施工管理人员必须全面学习、熟悉和审查施工图纸及其有关设计资料，研究现场条件、各分项工程及工程结构形式特点；熟悉地质、水文等勘察资料。

(2)调查研究、收集有关资料：包括社会调查、自然调查、地上地下构筑物调查、技术经济条件调查。重点是掌握地上（下）建（构）筑物的详细资料。

(3)根据补充调查和收集的资料，制定工程施工方案，特别是开挖和支护步序设计；并确定

质量控制重点目标。



一、施工准确阶段质量控制

(二) 质量保证计划

(1)施工前，施工管理人员进行踏勘调研，由项目负责人组织编制施工组织设计，评估作业难易程度及质量风险，制定质量保证计划。

(2)对关键部位、特殊工艺、危险性较大分项工程分别编制专项施工方案和质量保证措施：

1)危险性较大分部分项工程专项方案和降(排)水方案必须考虑其影响范围内的建(构)筑物的影响与安全，并应通过专家论证。

2)工作井施工方案，包括马头门细部结构和超前加固措施。

3)隧道施工方案，主要包括土方开挖、衬砌结构、防水结构等。

二、土方开挖、初期支护施工质量控制

(一) 土方开挖

(1)宜用激光准直仪控制中线和隧道断面仪控制外轮廓线。

(2)按设计要求确定开挖方式，经试验选择开挖步序。

(3)每开挖一榀钢拱架的间距，应及时支护、喷锚、闭合，严禁超挖。

(4)在稳定性差的地层中停止开挖，或停止作业时间较长时，应及时喷射混凝土封闭开挖面。

(5)相向开挖的两个开挖面相距约 2 倍管（隧）径时，应停止一个开挖面作业，进行封闭；

从另一开挖面作贯通开挖。



(二) 初期衬砌施工

(1)按设计要求设置变形缝

(2)支护钢格栅、钢架以及钢筋网的加工、安装符合设计要求；安装前应除锈，并抽样试拼装，合格后方可使用。

(3)喷射混凝土前准备工作：

- 1)钢格栅、钢架及钢筋网安装检查合格。
- 2)埋设控制喷射混凝土厚度的标志。
- 3)检查开挖断面尺寸，清除松动的浮石、土块和杂物。
- 4)作业区的通风、照明设置符合规定。
- 5)做好排、降水，疏干地层的积、渗水。



(4)喷射混凝土施工：

- 1)喷射作业分段、分层进行，喷射顺序由下而上。
- 2)喷头应保持垂直于工作面，喷头距工作面不宜大于 1m。

3)一次喷射混凝土的厚度参见表 1K413044；分层喷射时，应在前一层混凝土终凝后进行。

4)钢筋网的喷射混凝土保护层不应小于 20mm。

5)喷射混凝土终凝 2h 后进行养护，时间不小于 14d；混凝土强度低于 6MPa 时不得受冻。

三、防水、二次衬砌施工质量控制

(一) 防水层施工

(1)应在初期支护基本稳定，且衬砌检查合格后进行。

(2)清理混凝土表面，剔除尖、凸部位并用水泥砂浆压实、找平，防水层铺设基面凹凸高差不应大于 50mm,基面阴阳角应处理成圆角或钝角，圆弧半径不宜小于 100mm。

(3)衬垫材料应直顺，用垫圈固定，钉牢在基面上；固定衬垫的垫圈，应与防水卷材同材质，并焊接牢固；衬垫固定时宜交错布置，间距应符合设计要求；固定钉距防水卷材外边缘的距离不应小于 0.5m;衬垫材料搭接宽度不宜小于 500mm。



(4)防水卷材固定在初期衬砌面上；采用软塑料类防水卷材时，宜采用热焊固定在热圈上。

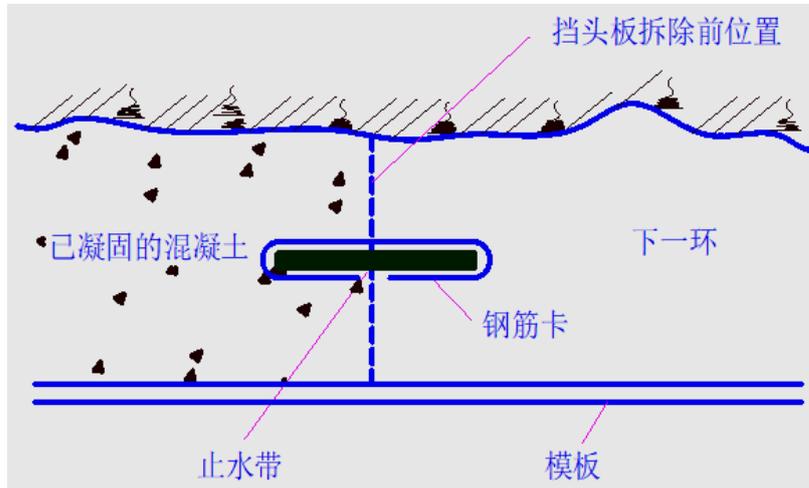
(5)采用专用热合机焊接，焊缝应均匀连续；双焊缝搭接的焊缝宽不应小于 10mm；焊缝不得有漏焊、假焊、焊焦、焊穿等现象；焊缝应经充气试验合格：气压 0.15MPa 经 3min 其下降值不大于 20%。

(二) 二次衬砌施工

(1)①结构变形基本稳定的条件下施作；

②变形缝应根据设计设置，并与初期支护变形缝位置重合；

③止水带安装应在两侧加设支撑筋，并固定牢固，浇筑混凝土时不得有移动位置、卷边、跑灰等现象。



(2) 模板施工质量保证措施

1) 模板和支架的强度、刚度和稳定性应满足设计要求，使用前应经过检查，重复使用时应经修整。

2) 模板支架预留沉落量为：10~30mm。

3) 模板接缝拼接严密，不得漏浆。

4) 变形缝端头模板处的填缝中心应与初期支护变形缝位置重合，端头模板支设应垂直、牢固。



(二) 二次衬砌施工

(3) 混凝土浇筑质量保证措施

- 1) 应按施工方案划分浇筑部位。
- 2) 浇注前，应对设立模板的外形尺寸、中线、高程、各种预埋件等进行隐蔽工程验收，并填写记录；验收合格后方可进行灌注。(对称浇筑，两侧高差不超过 0.5 米)
- 3) 应从上向下浇筑，各部位应对称浇筑振捣密实，且振捣器不得触及防水层。
- 4) 应采取措施做好施工缝处理。

(4) 泵送混凝土质量保证措施

- 1)坍落度为：150-180mm。
 - 2)碎石级配，骨料最大粒径不大于 25mm。
 - 3)减水型、缓凝型外加剂，其掺量应经试验确定；掺加防水剂、微膨胀剂时应以动态运转试验控制掺量；严禁在浇筑过程中向混凝土加水。
 - 4)骨料的含碱量控制符合有关规范规定。
- (5)拆模时间应根据结构断面形式及混凝土达到的强度确定；矩形断面顶板应达到 100%。
- (6)仰拱混凝土强度达到 5MPa 后人员方可通行，达到设计文件规定强度的 100%后车辆方可通行。



四、安全质量控制主要措施

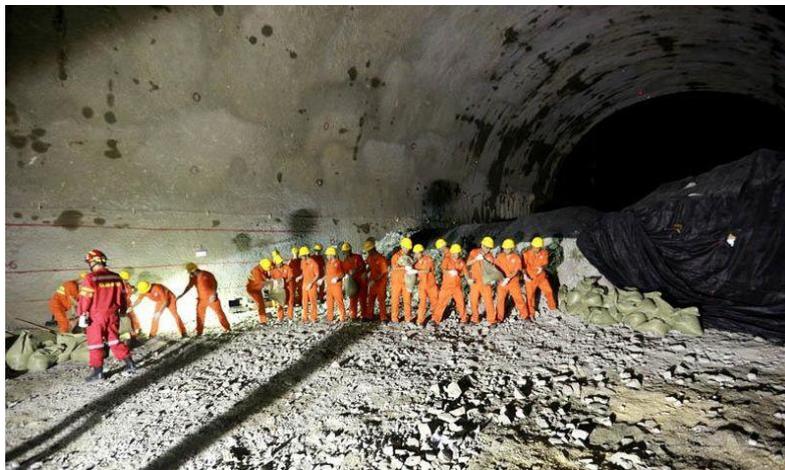
(一) 进出工作井

- (1)按照设计要求，采取大管棚或者超前小导管注浆加固措施。
- (2)根据设计给定的暗挖施工步骤，凿除进出位置的工作井支护结构。
- (3)在进出位置安放钢拱架并及时喷射混凝土。

(二) 减少地面沉降措施

- (1)信息化施工——依据监测数据信息反馈，调整设计和施工参数，保证沉降值控制在允许范围。
- (2)编制专项施工方案并严格落实——根据实际情况采取地面预注浆、隧道内小导管注浆和衬砌结构背后注浆等措施，控制地层变形在允许范围。

八、暗挖法施工安全措施



一、准备阶段安全技术管理 (P443)

(一)技术准备

(1)应依据工程具体情况识别危险源，选择合理的施工方法，编制施工组织设计，明确技术安全措施；对施工场地进行统一规划，做好临时工程和附属辅助设施。

(2)编制危险性较大的分部分项工程专项施工方案和施工现场临时用电方案；专项施工方案

应按规定组织专家论证。

(3)项目部应严格技术管理，做好技术交底工作和安全技术交底工作；并做好记录和考核。

(4)编制监控量测方案，布置监测点。

(二) 人员准备

(1)特殊工种应经过安全培训，考试合格后方可操作，并持证上岗。

(2)项目负责人、技术人员、管理人员、操作人员都必须学习和遵守安全生产责任制，熟悉安全生产管理制度和操作规程。

(3)项目部全部作业人员必须经过安全培训，通过考核持证进场。

(4)建立抢险专业队伍，并进行演练。

(三) 物资准备

(1)按施工组织设计中的物资计划组织施工物资和应急物资进场。

(2)各种电力设施、安全防护装置与用品，按规定进行检验和检查，不符合要求的严禁使用。

(3)按规定安装施工现场通风、照明、防尘、降温和治理有害气体设备，保护施工人员的身心健康。



二、工作井施工

(一) 作业区安全防护

(1)在施工组织设计中应根据设计文件、环境条件选择工作井位置。设计无要求时，应对工

作井结构及其底部平面布置进行施工设计，满足施工安全的要求。

(2)施工机械、运输车辆距工作井边缘的距离，应根据土质、井深、支护情况和地面荷载并经验算确定，且其最外着力点与井边距离不得小于 1.5m。

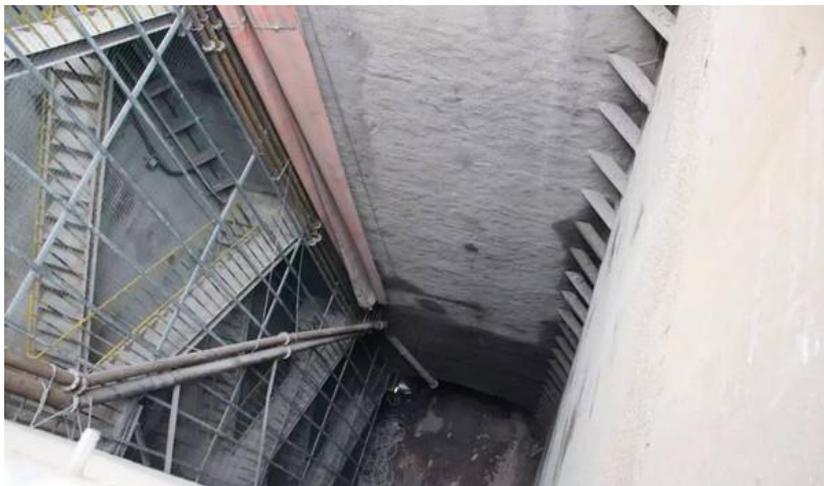
(3)井口作业区必须设置围挡，非施工人员禁止入内，并建立人员出入工作井的管理制度。

(4)工作井不得设在低洼处，且井口应比周围地面高 300mm 以上，地面排水系统应完好、畅通。

(5)不设作业平台的工作井周围必须设防护栏杆，护栏高度不低于 1.2m，栏杆底部 50cm 应采取封闭措施。

(6)井口 2m 范围内不得堆放材料。

(7)工作井内必须设安全梯或梯道，梯道应设扶手栏杆，梯道的宽度不应小于 1.0m。



(二) 工作井土方开挖

(1)工作井邻近各类管线、建（构）筑物时，开挖土方前应按施工组织设计规定对管线、（构）筑物采取加固措施，并经检查符合规定，形成文件，方可开挖。

(2)采用先开挖后支护方法时，应按施工组织设计的规定，由上至下分层进行，随开挖随支护。支护结构达到规定要求后，方可开挖下一层土方。



(3)人工开挖土方吊装出土时，必须统一指挥。土方容器升降前，井下人员必须撤至安全位置；当土方容器下降落稳后，方可靠近作业。

(4)工作井开挖过程中，施工人员应随时观察井壁和支护结构的稳定状态。发现井壁土体出现裂缝、位移或支护结构出现变形等坍塌征兆时，必须停止作业，人员撤至安全地带，经处理确认安全，方可继续作业。



(三) 工作井锚喷混凝土支护

(1)在IV、V级围岩中进行锚喷支护时，应遵循以下原则：

1)喷锚支护必须紧跟开挖面。

2)喷射作业过程中应设专人随时观察围岩变化情况，确认安全。

(2)安装钢筋（或型钢）骨架和挂网应与挖掘方式紧密结合，每层拱架应及时形成闭合框架结构形式。

(3)锚杆作业过程中应设专人监护支护结构的稳定状态，发现异常必须立即停止作业，人员撤至安全地带，待采取安全技术措施、确认支护结构稳定后，方可继续作业。

(四) 工作井口平台、提升架及井架安装

(1)工作井口平台、提升架及井架必须按施工中最大荷载进行施工设计。提升架及井架应支搭防护棚。

(2)工作井口平台、提升架及井架支搭完成，必须经过检查、负荷能力检验，确认符合施工设计要求并形成文件后，方可投入使用。

(五) 工作井垂直运输

(1)提升设备及其索、吊具、吊运物料的容器、轨道、地锚等和各种保险装置，使用前必须按设备管理的规定进行检查和空载、满载或超载试运行，确认合格并形成文件。使用过程中每天应由专职人员检查一次，确认安全且记录，并应定期检测和保养。检查、检测中发现问题必须立即停机处理，处理后经试运行合格方可恢复使用。



(2)工作井运输应设专人指挥，协调井上、井下作业人员的配合关系。

(3)使用电葫芦运输应设缓冲器，轨道两端应设挡板。

(4)使用卷扬机运输，其安装、操作方法必须符合规程要求。卷扬机地锚应埋设牢固，卷扬机与基础或底架的连接应牢固。钢丝绳在卷筒上的安全圈数不应少于 3 圈，其末端固定应牢固可靠。

(5)使用吊桶（箱）运输时，严禁人员乘坐吊桶（箱），吊桶（箱）速度不超过 2m/s。

(6)提升钢丝绳必须有生产企业的产品合格证，新绳在悬挂前必须对每根绳的钢丝进行试验，确认合格并形成文件后，方可使用。库存超过一年的钢丝绳，使用前应进行检验，确认合格并形成文件后方可使用。

三、隧道施工

（一）开挖

(1)在城市进行爆破施工，必须事先编制爆破方案，并有专业人员操作，报城市主管部门批准，并经公安部门同意后方可施工。

(2)隧道开挖应连续进行，每次开挖长度应严格按照设计要求、土质情况确定。严格控制超挖量。停止开挖时，对不稳定的围岩应采取临时封堵或支护措施。

(4)两条平行隧道（含导洞）相距小于 1 倍洞跨时，其开挖面前后错开距离不得小于 15m。

(5)隧道内应加强通风，在有瓦斯的隧道内进行爆破作业必须遵守现行《煤矿安全规程》（国

家安全生产监督管理总局（现称中华人民共和国应急管理部令第 87 号）的有关规定。

（二）喷射混凝土初期支护

(1)隧道在稳定岩体中可先开挖后支护，支护结构距开挖面不宜大于 5m;在不稳定岩土体中，支护必须紧跟土方开挖工序。

(2)钢筋格栅拱架就位后，必须支撑稳固，及时按设计要求焊（栓）连接成稳定整体。

(3)初期支护应预埋注浆管，结构完成后，及时注浆加固，填充注浆滞后开挖面距离不得大于 5m。



（三）超前导管与管棚

(1)围岩自稳时间小于支护完成时间的地段，应根据地质条件、开挖方式、进度要求、使用机械情况，对围岩采取锚杆或小导管超前支护、小导管周边注浆等安全技术措施。当围岩整体稳定难以控制或上部有特殊要求可采用管棚支护。

(2)钻孔中遇到障碍，必须停止钻进作业，待采取措施，并确认安全后，方可继续钻进，严禁强行钻进。



(四) 现浇混凝土二次衬砌

(1)现浇混凝土二次衬砌在隧道初期支护变形稳定后进行。初期支护临时支撑的拆除严格按照设计要求分段进行。

(2)钢筋绑扎中，钢筋骨架呈不稳定状态时，必须设临时支撑架。钢筋骨架未形成整体且稳定前，严禁拆除临时支撑架。

(3)模板及其支撑体系应进行施工设计。其强度、刚度、稳定性应满足施工阶段荷载的要求，并制定支设、移动、拆除作业的安全技术措施。模板及其支撑体系支设完成后，应进行检查、验收，确认合格并形成文件后，方可浇筑混凝土。

(4)使用模板台车和滑模时，应进行专项设计，规定相应的安全操作细则。

(5)浇筑侧墙和拱部混凝土应自两侧拱脚开始，对称进行。每仓端部和绕筑口封堵模板必须安装牢固，不得漏浆。作业中应配备模板工监护模板，发现位移或变形，必须立即停止浇筑，经修理、加固，确认安全后，方可恢复作业。



