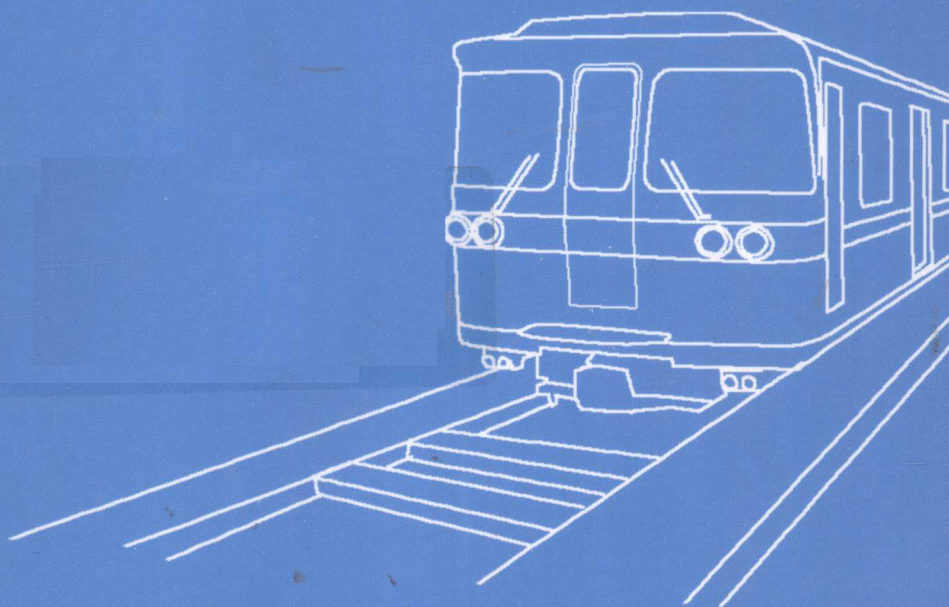




DITIESHIGONGJIANLI
YUGUANLICHUANGXIN

地铁施工监理 与管理创新

中咨工程建设监理公司 编



中国建筑工业出版社

地铁施工监理与管理创新

中咨工程建设监理公司 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地铁施工监理与管理创新/中咨工程建设监理公司编.

北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-112-12416-9

I. ①地… II. ①中… III. ①地下铁道—铁路工程—
工程施工—监督管理—文集 IV. ①U231-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 169456 号

本书精选了二十余篇地铁施工方面的监理论文。涉及了盾构、TBM、矿山法、联络通道冻结法等地铁施工技术, 以及风险控制、监控测量等内容。每篇论文的作者均来自地铁施工一线, 同时也是地铁监理业务的骨干, 因此论文的内容客观、实际、可读性强, 充分反映了地铁施工的特殊技术性和可操作性, 对从事地铁施工的技术管理、监理等一线施工人员具有借鉴和指导意义。

* * *

责任编辑: 郇锁林 张伯熙

责任设计: 陈 旭

责任校对: 张艳侠 刘 钰

地铁施工监理与管理创新

中咨工程建设监理公司 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

世界知识印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10 $\frac{3}{4}$ 字数: 262 千字

2010 年 11 月第一版 2010 年 11 月第一次印刷

定价: 26.00 元

ISBN 978-7-112-12416-9

(19700)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

1998 年，中咨工程建设监理公司承担了深圳地铁一期工程的建设监理，是国内最早开展地铁监理业务的监理公司之一。近些年，公司在地铁监理领域的业务发展很快，继深圳地铁一期工程以后，陆续承揽了天津地铁、北京地铁、深圳地铁二期、南京地铁、重庆地铁、杭州地铁、苏州地铁、郑州地铁、武汉地铁、大连地铁、贵阳地铁等项目。公司承担的地铁监理业务量已近公司业务总量的三分之一，成为公司重要的支柱产业和业务增长点。承担地铁监理业务的部门由最初的深圳地铁监理部和深圳分公司，发展到包括工业、交通、铁路市政、江苏分公司和宁波分公司等众多部门，一些尚未涉足地铁监理领域的事业部也在积极参与并争取进入这个领域。地铁监理业务在公司呈现良好的发展态势。目前，公司已承担国内多个城市的地铁监理业务。这些项目遍布全国各地，其管理模式、水文地质条件、施工工法各异，特点鲜明，在国内地铁建设界具有一定的代表性。为了及时总结公司地铁监理经验，开阔地铁监理骨干视野，建立部门间相互学习、交流的平台，提高公司地铁监理业务的整体实力和管理水平，2009 年 10 月底，安全质量部会同交通事业部、深圳分公司、重庆办事处等部门，在公司目前地铁业务量最大的城市重庆市组织召开了地铁监理业务交流会。

公司各部门非常重视这次会议，积极组织地铁监理业务骨干撰写论文并参加会议交流。这些论文涉及盾构、TBM、矿山法、混凝土结构、联络通道冻结法、深基坑、防水等地铁施工技术，以及风险控制、监控量测等内容，具有一定的学术和实用价值，是公司长期以来地铁业务建设的经验总结和技术结晶，经会议交流并修订后，现由公司组织出版，供公司从事地铁监理业务的同志们学习参考以及与国内同行们交流。

希望公司各事业部、分公司及现场项目监理部重视并不断加强自身的业务建设，及时总结在施项目的管理经验，积极开展学术研讨、培训交流等学术活动，加强学习型团队的建设，努力提高广大监理人员的学术素养和技术水平，不断增强公司的技术实力和管理水平，为实现公司“做强做大”的战略目标作出贡献。

总经理



2010 年 9 月

目 录

地铁暗挖区间矿山法施工技术 王红达	1
深基坑施工中地下水控制 郭景虎	11
城市地铁闹市区段隧道埋深及施工方法的探讨 郭汉夫	15
城市轨道交通敞开式 TBM 施工技术探讨与实践 李宝仓	21
地铁车站侧墙与中（顶）板同步浇筑施工工艺 李宝仓	31
浅埋暗挖大跨径地铁车站隧道开挖支护技术 李宝仓	36
地铁隧道施工中大管棚的应用 王晋华	41
监控量测技术在城市地铁隧道中的应用 倪志军	49
某市地铁某号线二期 × × 西站下穿既有地铁某号线	
车站特级风险控制 周金山 郑洪永	55
盾构法隧道监理监控重点 侯宝利	76
地铁车站深基坑施工监控 刘培英	92
联络通道冻结法施工质量、安全风险的监理与控制 李宗禹	96
地铁工程监理中的问题分析与建议 谢克波	100
盾构施工技术探讨 段拥军	112
TBM 地铁施工阶段的监理 韩珠江	127
监理部工作的管理方法 李 伟	130
冻结法联络通道施工的监理要点 陈继东 邹志坚	133
淤泥地段深基坑围护结构施工技术 朱 武	147
地铁结构防水工程监控 谭 帅	155
对当前地铁建设工程监理工作的思考 熊方旭	159
地铁站台屏蔽门设备系统的监理 郭育荣	163

地铁暗挖区间矿山法施工技术

工业事业部 王红达

1 工程概况

1.1 区间概况

某地铁区间线路间距 8 ~ 15m, 为左右双线隧道, 隧道采用矿山法施工。矿山法施工段开挖支护采用注浆小导管超前支护、50cm/榀格栅钢架 + 25cm 厚 C20 网喷混凝土初期支护。在区间隧道中部设竖井和横通道。竖井深 18.395m, 竖井开挖支护采用格栅钢架 + 35cm 厚 C20 的网喷混凝土支护, 钢筋网为 $\phi 6.5 @ 150 \times 150$ 。横通道长 25.245m, 开挖高度 10.065m, 分三层洞室进行开挖; 开挖支护采用注浆小导管超前支护, 50cm/榀格栅钢架 + 35cm 厚 C20 网喷混凝土初期支护。区间隧道及横通道结构断面见图 1。

1.2 地质状况

本段线路土层分布较为稳定, 主要地层由上至下依次为: 人工填土①层; 粉土②层; 粉细砂③层; 中粗砂④层; 圆砾⑤层; 粉质黏土⑥层; 卵石⑦层; 粉质黏土⑧层; 卵石⑨层; 粉质黏土⑩层; 砾岩⑪层。土层具中~低压缩性, 地层透水性较好, 施工时易发生涌水、涌砂, 开挖后的稳定性差。

1.3 水文地质

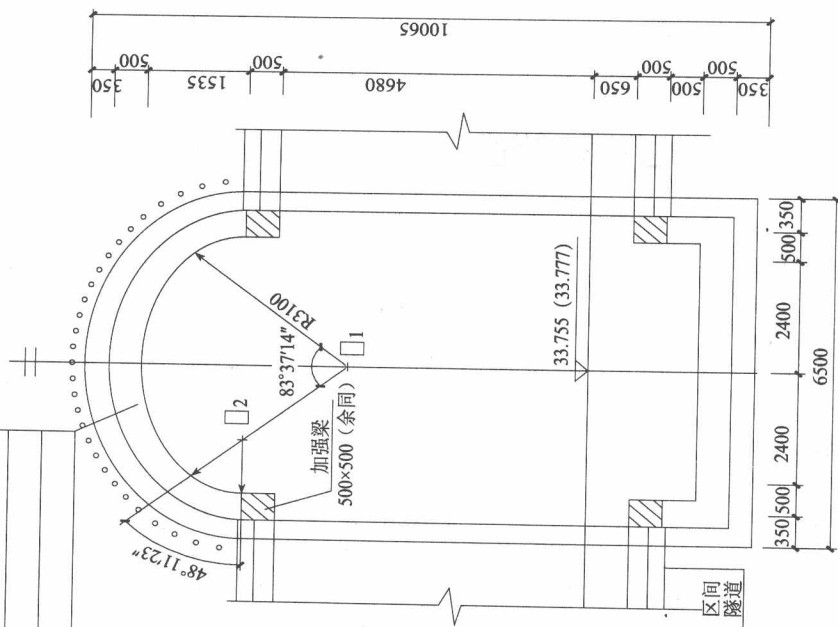
本段线路受地质成因与古河道控制, 自地面约 4 ~ 7m 以下自南至北第四纪沉积物以砂砾石层 (表层为填土和第四纪全新世冲洪积粉土、粉质黏土薄层) 为主, 地下水类型为潜水。深部卵石层中赋存的地下水具弱承压性。潜水赋存于中下部卵石层中, 沿线潜水水位标高在 19.03 ~ 24.00m 之间, 水位埋深在 21.49 ~ 28.30m 之间。

2 施工方法—矿山法

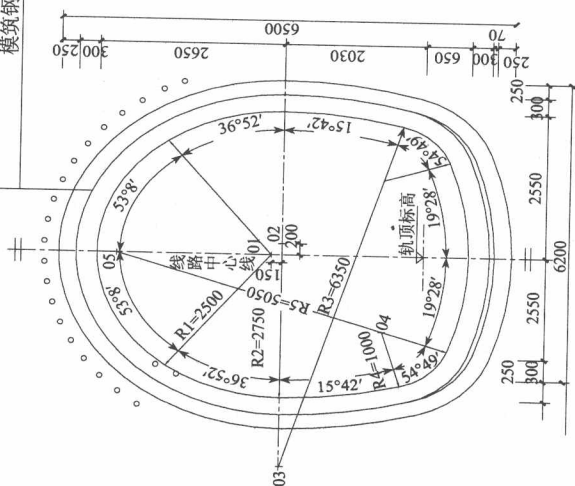
矿山法以加固和处理软弱地层为前提, 采用足够刚性的复合式衬砌结构, 选用合理的开挖方式, 应用信息化量测反馈设计和施工, 以保证施工安全, 控制地面沉降。

φ42超前小导管@300, L=2.5m. 拱部180°每幅打设
初支内外侧各一层φ6.5@150×150钢筋网
格栅钢架, 纵距500mm
C20混凝土早强混凝土
防水层
C40防水混凝土, P10

拱部150°φ42, L=2.5m, 超前小导管@300
初支内外侧各一层φ6.5钢筋网@150×150
格栅钢架, 间距0.5m
C20混凝土早强混凝土
全包柔性防水层
模筑钢筋混凝土, C40 P10



横通道断面图



正线断面图

图1 区间隧道及横通道结构断面图

2.1 矿山法施工的原理

矿山法沿用了新奥法的基本原理,创建了信息化量测反馈设计和施工的新理念;采用先柔后刚复合式衬砌新型支护结构体系,初期支护按承担全部基本荷载设计,二次模筑衬砌作为安全储备;初期支护和二次衬砌共同承担特殊荷载。应用矿山法进行设计和施工时,同时采用多种辅助工法,超前支护,改善加固围岩,调动部分围岩的自承能力;采用不同的开挖方法及时支护、封闭成环,使其与围岩共同作用形成联合支护体系;在施工过程中应用监控量测、信息反馈和优化设计,实现不塌方、少沉降、安全生产与施工。

对于第四纪晚更新世冲洪积地层中的地下工程,由于地层透水性较好,施工时易发生涌水、涌砂,开挖后地层稳定性差。为避免对地面建筑物和地下构筑物造成破坏,需要严格控制地面沉降量。因此,要求初期支护刚度要大,支护要及时。这种设计思想的施工要点可以概括为“管超前、严注浆、短进尺、强支护、早封闭、勤量测、速反馈”。初期支护必须由上而下施工,二次模筑衬砌必须通过变位量测,当结构基本稳定时,才能施工;而且必须由下而上进行施工,决不允许先拱后墙施工。

2.2 矿山法的优缺点

矿山法与明挖法(盖挖法)、盾构法相比,具有简单易行,无需多种专业设备,灵活方便,适用于不同的地层、不同跨度、多种断面等优点。尤其对于区间隧道,矿山法施工速度完全能够满足总工期要求。其缺点是速度慢、喷射混凝土粉尘多、劳动强度大、机械化程度不高以及高水位地层结构防水施工比较困难等。

3 施工方法及技术措施

3.1 具体施工步骤

- (1) 竖井冠梁施工和龙门架加工制作及安装;
- (2) 竖井开挖及支护;
- (3) 横通道开挖支护;
- (4) 正线马头门施工;
- (5) 正线开挖支护。

竖井、横通道、区间隧道土方开挖均采用人工开挖,人力推车或内燃三轮车运输,竖井提升机提土至竖井口临时屯土场,由自卸汽车运至弃土场。钢筋格栅在现场钢筋加工场加工,现场拼装,并按设计要求进行连接、加固。然后喷射混凝土,完成隧道初期支护。

3.2 竖井施工

矿山法区间隧道主要利用竖井进行施工。竖井开挖净空尺寸 $7700\text{mm} \times 5700\text{mm}$,初支厚 35cm ,井深 18.395m 。竖井采用格栅+锚喷混凝土支护,竖井与矿山法区间隧道采用横通道连接。竖井仅作为区间临时施工设施使用,区间隧道完工后,应拆除竖井口 5m 范围的支护结构,下部用 $3:7$ 的土石回填;竖井口 5m 范围采用黏土回填,恢复原地貌。

1) 冠梁施工

竖井顶设置冠梁。冠梁结构采用 155cm × 180cm 矩形结构，冠梁钢筋在加工场加工成半成品，在现场绑扎安装，用大块钢模现场灌注 C25 混凝土。其施工方法及技术措施如下：

(1) 人工配合机械开挖冠梁基坑，基坑开挖宽度要保证有足够空间支立侧模。开挖深度为设计冠梁底以下 5cm；开挖到位后，找平基底，基底抹 5cm 厚水泥砂浆作为冠梁底模。

(2) 基坑土方开挖后，安装冠梁钢筋，一次性浇筑冠梁混凝土。

(3) 冠梁侧模采用大块钢模板，采用方木配合 $\phi 48$ 钢管作支撑加固；安装前模板要涂隔离剂，以利脱模。

(4) 冠梁混凝土应一次浇筑完成。混凝土采用商品混凝土，由混凝土运输车运至施工现场，溜槽入模，采用插入式振动棒振动捣固，混凝土终凝后洒水养护。

(5) 冠梁钢筋安装时，应同时安装第一阶段竖井初支连接钢筋，使竖井初支格栅倒挂于冠梁上，以防止下沉。

2) 竖井土方开挖

竖井开挖在井口冠梁施工完成、井口电动提升机安装调试完毕并经相关部门验收合格后进行。竖井采用人工分层开挖，分层厚度 50cm，从竖井中部向四周扩挖。采用电动提升机提升出土至地面的临时堆土场，然后用自卸汽车运至弃土场弃土。

3) 竖井支护

竖井开挖支护采用间距 50cm（局部 450cm）的格栅钢架 + 35cm 厚 C20 的网喷混凝土，钢筋网为 $\phi 6.5 @ 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ ，竖井 5m 以下每 2 榀格栅钢架打设 $\phi 32$ 注浆小锚管，环向间距 2m/根，长度为 2.5m。每 1m 设 22 号工字钢角撑；当斜撑与施工楼梯冲突时，可改为横向支撑。竖井开挖至横通道马头门附近时，及时沿马头门外轮廓线设置 $\phi 32$ 小导管超前注浆。竖井格栅环向内外侧交错设置纵向拉结钢筋 $\phi 22 @ 1000\text{mm}$ ，搭接长度 22cm；角部内外侧各加设 1 根。

3.3 马头门施工

1) 马头门施工方案设计

本矿山法区间隧道共开设马头门 7 个，分别是：竖井东侧横通道马头门（1 个）、横通道南北方向区间正线马头门（4 个）和轨排井南端马头门（2 个）。马头门施工必须遵循“管超前，严注浆，短开挖，强支护，早成环，勤量测”地铁暗挖十八字方针进行，以确保施工安全。

马头门均采用分层开设。马头门支护与竖井或横通道支护连成整体，洞门开好并掘进一定深度作为锚固体系。每层洞室封闭成环，形成独立的受力体系，避免群洞效应。马头门开设总体施工顺序如图 2 所示。

2) 马头门施工方法

(1) 严格遵循“管超前，严注浆，短开挖，强支护，早成环，勤量测”地铁暗挖十八字方针。按照“竖井先落底，马头门尽早封闭成环”的原则施工。

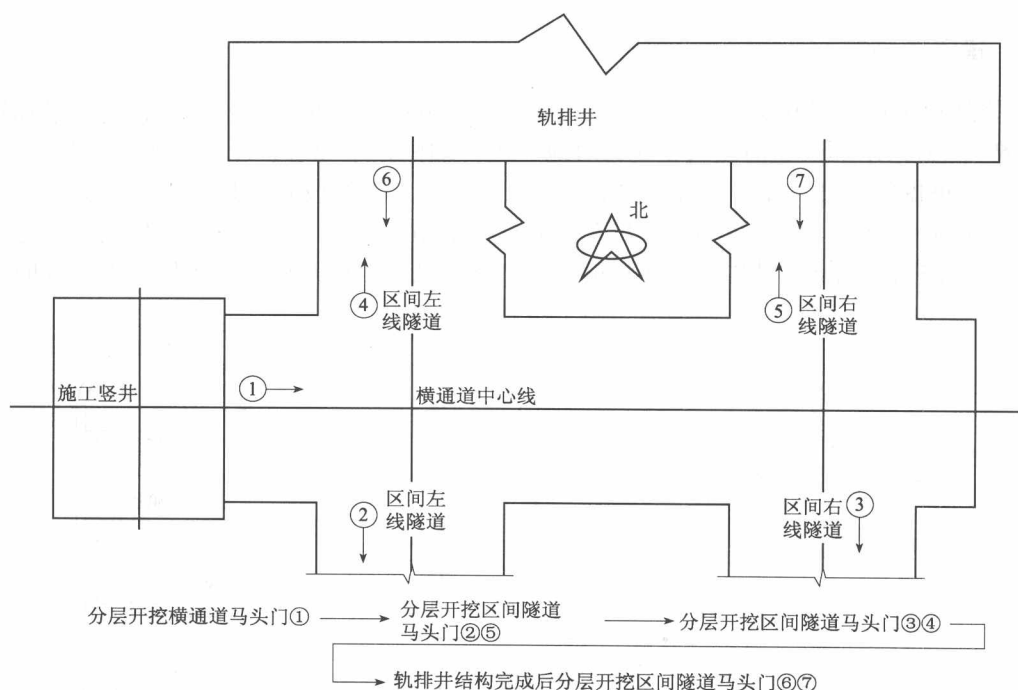


图2 区间隧道马头门开挖顺序图

(2) 横通道马头门①施工前，首先沿马头门开挖轮廓线设 $\phi 32$ 超前小导管，打设角度为 15° ，长度为 2.5m ，全断面注浆加固地层，然后安装马头门门口加强格栅，施工门口加强环。待达到设计强度后，根据横通道施工步骤破除横通道上层洞室马头门范围内的竖井格栅，保留竖井加强格栅①②③④，安装横通道上层洞室第一樁格栅，然后进行上层洞室正常暗挖作业。中层洞室和下层洞室开挖在上层洞室开挖完成并封端后分层进行。竖井支护结构破除时，应先破除两侧支护结构，迅速将横通道上层洞室格栅落底，然后开挖中部土体，安装临时型钢仰拱，封闭中层、下层洞室。见图2 区间隧道马头门开挖顺序图。

(3) 横通道内开设区间正线马头门②③④⑤，以便尽快展开施工。区间隧道马头门开设安排在横通道开挖完成后进行，横通道二衬施工时间将根据监控量测结果合理安排。施工时对马头门进行加固处理，以确保洞室安全。马头门开挖时，首先，采用马头门门口型钢加固门洞，然后沿马头门开挖轮廓线打设 $\phi 32$ 超前注浆小导管，打设角度为 15° ，长度为 2.5m ，全断面注浆加固地层；其次，先破除马头门上台阶开挖轮廓线内横通道初支混凝土和格栅，施作区间隧道上台阶第一樁格栅（设临时型钢仰拱），并将区间第一樁格栅与横通道格栅连接牢固。向前施作 5m 后，按同样的方法破除区间隧道下台阶开挖轮廓线内的横通道初支混凝土和格栅，安装隧道下台阶格栅，迅速封闭下台阶，然后进行正常暗挖作业。洞口 5m 范围增设型钢仰拱，以减少洞口段隧道净空收敛，确保洞室稳定。

(4) 预留轨排井南端开设区间隧道马头门⑥⑦应待轨排井结构施工完成后进行。结构施工前，沿隧道开挖轮廓线在桩间土体内打设超前注浆小导管注浆加固地层。轨排井结构完成后，根据区间隧道施工步骤破除马头门处上台阶范围内的轨排井围护桩，施作区间隧道第一樁格栅，并向前施作 1.5m 后迅速封闭下台阶，然后进行正常暗挖作业。

3.4 横通道施工

横通道采用分层开挖，其中上层洞室采用环形开挖，预留核心土。开挖前，沿通道拱部 180° 范围施作 $\phi 32$ 超前注浆小导管对地层进行加固，小导管长度为 2.5m，环向间距为 0.30m，每榀格栅打一环。横通道均采用人工开挖，人工推胶轮车运输至竖井处，从竖井处垂直运输提渣至地面，再用自卸汽车运渣至弃土场弃渣。中层洞室和下层洞室土方开挖时，应先破除两侧支护结构，迅速将横通道格栅落底，然后开挖中部土体，安装临时型钢仰拱，封闭中层、下层洞室。横通道施工步骤图见图 3。

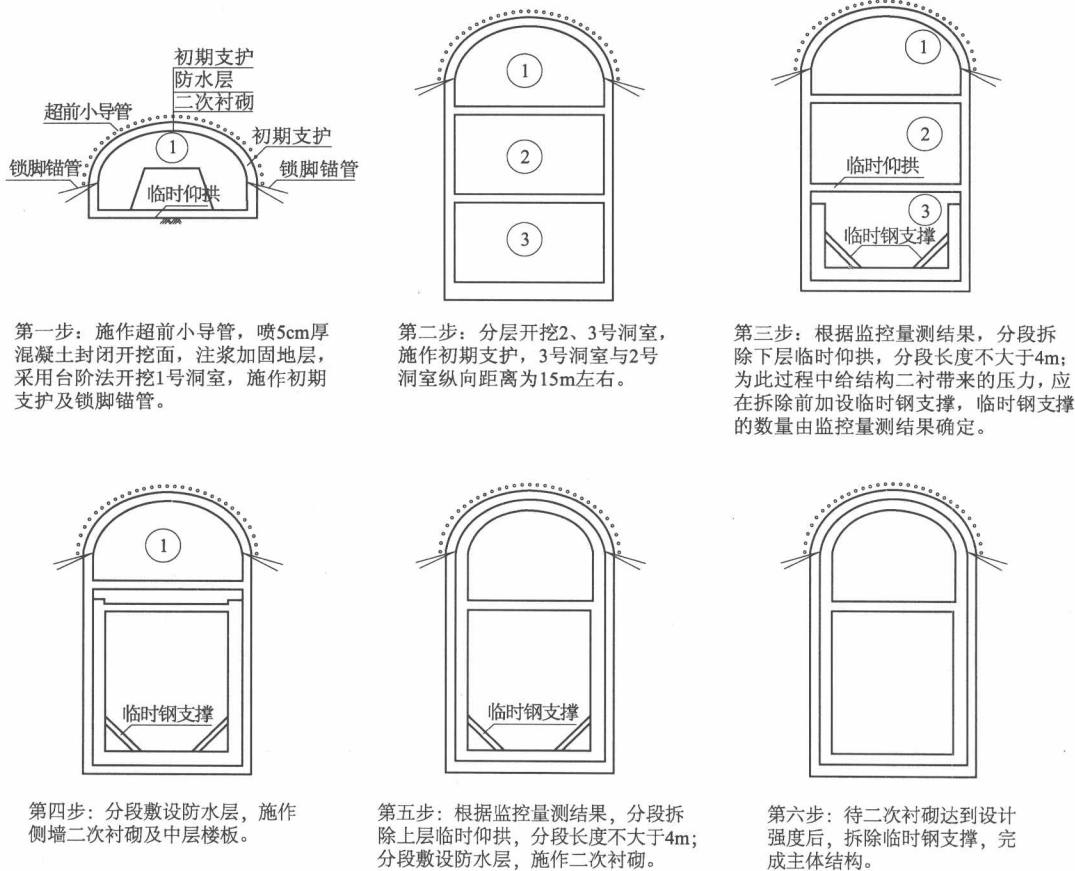


图3 横通道施工步骤图

横通道初期支护采用 35cm 厚网喷混凝土支护，0.5m/榀格栅钢架加强支护，格栅钢架内外侧各设置一层 $\phi 6.5@150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 钢筋网，网片搭接长度为 150mm。格栅间环向设置纵向拉结筋 $\phi 22@1000\text{mm}$ ，内外侧布置，拉结筋纵向采用单面搭接焊，搭接长度为 22cm。格栅应分段加工，在施工现场采用螺栓进行连接。考虑围岩变形量，格栅加工时应外放 5cm。横通道上层和中层洞室底部为 20a 工字钢 + 30cm 厚网喷混凝土型钢仰拱，型钢与格栅采用连接钢板、螺栓进行连接。为有效控制拱部下沉，在每榀格栅拱脚处打设 2 根锁脚锚管，锚管长度为 2.5m。锁脚锚管与格栅应焊接，锚管内注浆浆液种类应根据现

场试验确定，注浆压力为 0.4 ~ 0.6MPa，注浆加固厚度为 0.5m。

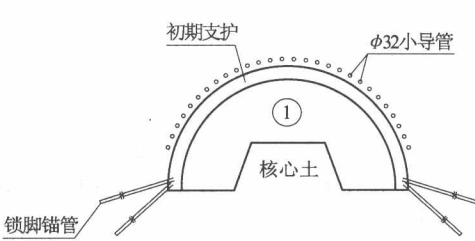
横通道端头墙采用 35cm 厚网喷混凝土 + 格栅钢筋支护封闭，端头墙格栅与横通道格栅采用连接板、螺栓进行连接。格栅间内外设置两排 $\phi 22@30\text{cm}$ 的纵向连接筋，且角部保证两边各有一根，此钢筋应与环向格栅钢筋焊接牢固。端头墙外侧土体采用锚管注浆加固，锚管采用 $\phi 32$ 钢管，长度为 2.5m，在每幅格栅 1/3、2/3 处打设，注浆加固土体直径不小于 0.5m，锚管与格栅应焊接牢固。端头墙内外设双层钢筋网，钢筋网为 $\phi 6.5@150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 钢筋网，网片搭接长度 150mm。

横通道二衬施工时间应根据监控量测结果进行确定。若支护结构稳定，应安排在区间隧道贯通后进行；若支护结构稳定性出现异常时，应先考虑施作横通道二衬，以保证洞室稳定。横通道二衬直墙模板采用 1000mm $\times$ 1500mm 大块钢模，拱部采用 300mm $\times$ 1500mm 的弧形模板，自制简易衬砌台架作加固体，每次衬砌长度 6m，采用商品混凝土入模浇筑。二次衬砌钢筋在加工场加工成形，现场绑扎安装。混凝土终凝后，洒水养护应不少于 14d。

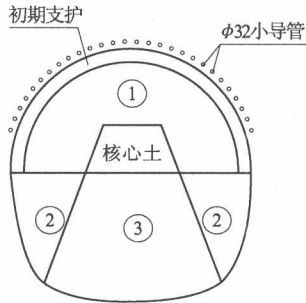
3.5 矿山法区间隧道施工

1) 隧道开挖

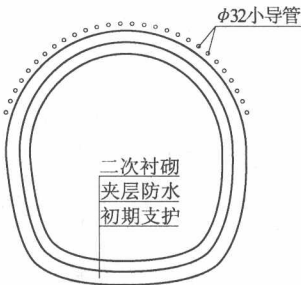
本矿山法区间隧道分左右线。隧道开挖均采用短台阶法开挖，人工推胶轮车或内燃三轮车运输至竖井处，竖井处垂直运输提渣至地面，用自卸汽车运渣至弃土场弃渣。左右洞开挖进尺应前后错开距离不小于 15m。矿山法区间隧道施工步骤见图 4。



第一步：施作超前支护，喷5cm厚混凝土封闭开挖面，注浆加固底围，开挖1号洞室，留核心土，架设格栅钢拱架，设锁脚锚管，喷射混凝土支护。



第二步：台阶法顺序开挖2、3号洞室，架设格栅钢架，喷射混凝土支护。



第三步：敷设防水层，施作二次衬砌，完成主体结构。

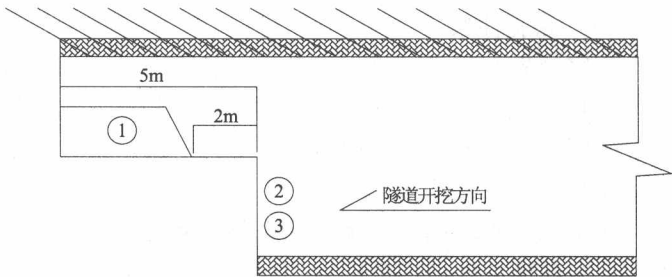


图 4 矿山法区间隧道施工步骤图

2) 超前支护

超前支护采用 $\phi 25$ 超前注浆小导管超前支护，超前小导管长度 2.5m，在隧道拱部 180° 范围打设，每榀钢格栅打一环，环向间距 0.30m。其施工工艺见图 5。

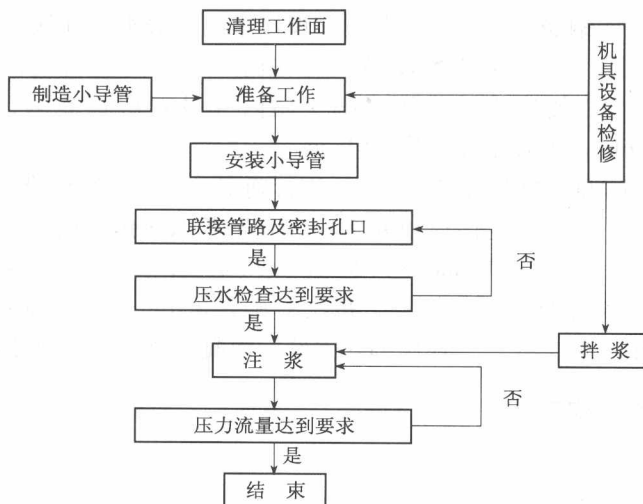


图 5 超前小导管施工工艺流程

(1) 施工工艺流程

施工工艺：工序作业包括钻孔、布管、封孔、注浆四道工序。

(2) 钻孔布管

超前注浆小导管采用 $\phi 25$ 热轧钢管，长度 2.0m。先用高压风管吹孔，然后利用风镐或钻机推送小导管，孔口偏差小于 50mm，孔眼长度应大于设计小导管长度，小导管应顺直，顶部成尖锥状，管上按梅花形布置小孔，间隔 15cm，孔眼直径 8mm，尾部与格栅钢架焊接。纵向两环小导管的搭接长度不小于 1.5m，见图 6。

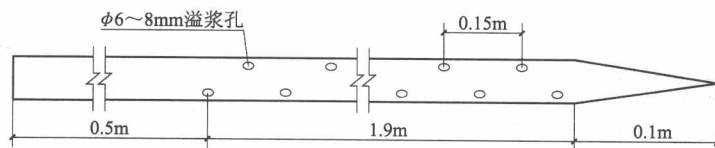


图 6 注浆花管示意图

(3) 封孔注浆

注浆前先在掌子面喷一层 5cm 厚混凝土，孔口处设止浆塞，采用注浆泵注浆，注浆压力 0.4MPa，根据土层特点压注不同材料水泥浆或改性水玻璃，浆液配比现场试验确定。注浆顺序由下至上，浆液用搅拌筒搅拌。遇窜浆或跑浆时，则采取间隔一孔或几孔灌注的方法注浆。

注水泥—水玻璃双液浆，水泥浆水灰比为 1.25 : 1 ~ 0.5 : 1，水玻璃模数以 2.4 ~ 2.8 为宜，水玻璃浓度使用范围为 30 ~ 45 波美度，水泥、水玻璃浆体积比为 1 : 1 ~ 1 : 0.3，初凝时间可用不同配合比和少量磷酸氢二钠来控制。注浆时将两种不同的浆液分别放在两个容器内，使用双液注浆泵按配合比分别吸入两种浆液，两种浆液在混合器混合后注入地层。

3) 初期支护

隧道初期支护采用 25cm 厚网喷混凝土支护, 0.5m/榀的格栅钢加强支护, 格栅内外各设 $\phi 6.5$ 钢筋网片, 网格间距 150mm $\times$ 150mm, 网片搭接长度 150mm。初期支护施工时拱部预埋 $\phi 32$ 钢花管, 环向间距 2 ~ 3m, 纵向间距 3m, 在拱部 120° 范围内布置, 对初支背后注浆。

4) 格栅钢架施工

格栅钢架在钢筋加工房现场冷弯制作, 按 1 : 1 胎模比例放样, 设立 1 : 1 胎模工作台, 钢架分段制作, 按单元拼焊后, 运至现场安装。钢架在现场分单元堆码, 安设前检查开挖断面尺寸, 及时处理欠挖部分。

格栅钢架安装时首先测定出线路中线, 确定高程, 然后再测定其横向位置, 要求每榀钢架在同一垂直面上, 不能偏斜、扭曲。钢架与围岩之间应回填密实, 两排钢架间沿环向设置纵向拉结筋 $\phi 22 @ 1000\text{mm}$, 内外侧布置, 纵向钢筋采用单面焊接, 搭接长度 22cm。为有效控制拱部下沉, 在每榀格栅拱脚处打设 2 根锁脚锚管, 锚管长度 2.5m。锁脚锚管与格栅焊接, 锚管内注浆种类根据现场试验确定, 注浆压力 0.4 ~ 0.6MPa, 注浆加固厚度 0.5m。

5) 喷射混凝土施工

喷射混凝土采用湿喷工艺, 并用湿喷机一次喷射混凝土覆盖钢架。喷混凝土的工艺及技术要求如下:

(1) 喷射混凝土的工艺流程

喷射机械安设调整后, 先注水、通风, 清除管道杂物。

上料保证连续性, 校正好配料的输出比。

操作顺序: 喷射时, 先开外加剂、后开风、再送料, 以利于粘结; 以回弹量小、表面湿润光泽为准。

喷射机工作风压严格控制在 0.5 ~ 0.7MPa 范围内, 从拱部到边墙脚, 风压由高变低。拱部的风压为 0.4 ~ 0.65MPa, 边墙的风压为 0.3 ~ 0.5MPa。

严格控制好喷嘴与岩面的距离和高度。喷嘴与岩面垂直, 有钢筋时角度适当放偏 30° 左右, 喷嘴与岩面距离控制在 0.8 ~ 1.0m 范围内。

喷射料束运动轨迹: 喷射时自上而下, 先墙角后墙顶, 先拱脚后拱顶, 避免死角。料束呈旋转轨迹运动, 一圈压半圈, 纵向按蛇形状。

喷射混凝土的工艺流程见图 7。

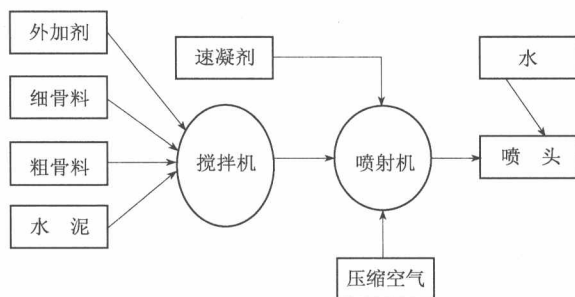


图 7 喷射混凝土湿喷工艺框图

(2) 技术要求

初喷混凝土紧跟工作面，复喷前按设计完成钢筋网、钢筋格栅的安装工作后，立即复喷混凝土到设计厚度。

试验室负责优选喷射混凝土配合比与施工控制，喷射混凝土中按施工配合比掺速凝剂，减少回弹和粉尘；按配合比称料拌合，确保喷射混凝土强度符合设计要求。

确保喷射混凝土厚度，喷射混凝土要覆盖住钢架。超挖部分用喷混凝土补平，严禁用其他材料回填。

喷混凝土由专人喷水养护，以减少由于水化热引起的开裂，发现裂纹用红油漆作上标志，进行观察和监测，确定其是否继续发展并找出原因进行处理，对可能掉下的喷射混凝土撬下重喷；对不再发展的裂纹，采取加喷一层混凝土的办法处理，以策安全。

坚决实行“四不”制度，即喷锚工艺不完毕，掌子面不前进；喷射混凝土厚度不够不前进；开挖喷锚后发现的问题不解决不前进；量测结果判断不安全未经补强不前进。以上制度由工地领工员负责实施，并将实施情况填入工程日志备查，项目经理部负责检查督促。

(3) 初支背后注浆施工

为了保证初期支护和围岩紧贴密实，防止围岩变形，同时为了提高防水质量，沿隧道纵向每 3m 于初支拱部 120° 范围布置，环向间距 2 ~ 3m 预设注浆花管，跟随初支背后回填注浆。采用注浆泵注 1 : 3 水泥砂浆。凡出现滴漏和湿渍处，均反复压注浆液，直至无湿渍，以封闭水路。注浆参数按设计控制，如设计无控制参数，则按下面参数控制； $P=0.3 \sim 0.5\text{MPa}$ ，水泥砂浆 1 : 3。当地层可注性差时，可选择普通水泥浆液或超细水泥浆注浆。

4 结语

本工程矿山法施工技术，结合工程水文地质条件、环境条件等多种因素，攻克了施工中的难点和关键技术，达到了较为满意的工程效果，为今后类似工程的施工提供了借鉴和参考。

深基坑施工中地下水控制

工业事业部 郭景虎

1 概述

深基坑施工中止水和降水技术是工程实施的关键问题，又是岩土工程中比较复杂和困难的问题，其影响因素多，隐蔽情况多，随机性强。我国幅员辽阔，土层性质复杂多样，没有一种通用的方法能解决所有问题。随着国家把资源的可持续性利用作为战略任务提上日程后，城市地下空间正被广泛的开掘出来。地铁、地下停车场、地下商场等城市地下空间如雨后春笋般地走进人们工作和生活中。我国深基坑工程已从原来的几米发展到 20 ~ 30m 甚至更深。其中，不少建设工程由于降水、止水施工做得不到位，导致重大经济损失，并延误建设工期。因此，如何保证基坑工程的安全和经济已成为当前城市的一项重要课题。

2 基坑地下水控制的方法

基坑地下水控制目前主要有止水法和降水法。

2.1 止水法

在城市管网和建筑密集的地段，进行深基坑开挖、基坑降水应考虑对周围的影响。当降水引起土体固结沉降时，会危及周围建筑物和地下管道的安全和使用，宜采用止水的方法控制地下水。

国内外堵截地下水的方法有多种：钢板桩法、稀浆槽法、地下连续墙法、夹心墙法、防渗帷幕（水平、垂直）法、冷冻法。

2.2 降水法

降水方法通常是指采用各类井点降低地下水位的一种方法。

3 地下水对基坑的影响

在地下水位以下开挖基坑，地下水对基坑的影响表现在如下方面：

3.1 砂性土的流砂与管涌

在以砂性土为主的基坑开挖时，坑内降低地下水位，则坑内外形成水头差，当地下水

的渗流速度超过临界流速、水力梯度超过临界梯度时，坑外土颗粒将随着地下水流入坑内，形成流砂。

当坑内存在承压含水层，土的自重压力小于承压水层的水头压力时，将突破坑底隔水层，形成突涌。

3.2 水压力

当坑内外存在水头差时，由于水压力的存在，坑壁将承受更大的水平荷载。

4 止、降水方案的优缺点

由于地下水对基坑有很多不利的影响，因此必须采取有效地止水、降水措施，以保证周边建、构筑物的安全和基坑的顺利施工。

4.1 止水方案

1) 优点

(1) 在止水帷幕有效的情况下，在坑内排水时，几乎对坑外无任何影响。

(2) 对饱和软黏土等渗透性差的土层，采用止水帷幕措施是防止其向坑内塑性流出的有效途径。

(3) 如果采用水泥土重力式挡墙或连续墙、咬合排桩等支护结构时，可以支护、止水合二为一，降低工程造价。

2) 缺点

(1) 现有施工设备和施工手段在遇到地下障碍、停电、机械故障等不利因素时，往往难以保证止水帷幕的连续性，导致基坑开挖时管涌、流砂现象时有发生。

(2) 止水方案往往造价较高，特别是在遇到密实的粉土、砂土、硬塑的黏性土（下段有含水层）等不适宜深层搅拌桩施工的地层时，如采用三重管旋喷桩或冻结法等工艺施工时，其造价可能比降水方案高出数倍。

(3) 当止水帷幕存在缺陷时，在基坑开挖过程中可能发生管涌、流砂现象，酿成工程事故。

(4) 当存在巨厚含水层时，无法施工全封闭止水帷幕。

4.2 降水方案

1) 优点

(1) 施工方便，工艺成熟，施工质量容易保证。

(2) 可降低坑外水压力并提高疏干段土层的力学指标，有利于支护结构的安全。

(3) 工程造价较低。

(4) 水位的变化数据可通过观测获得，一旦发现水位异常情况，可及时实行补充降水或回灌等措施，通过信息化施工控制工程风险。

2) 缺点

(1) 对于饱和软黏土等渗透性差的地层，适用性较差。