

城市轨道交通建设系列指南

城市轨道交通工程 矿山法施工指南



江苏省住房和城乡建设厅
江苏省土木建筑学会城市轨道交通建设专业委员会

组织编写

中国建筑工业出版社

本指南用术语

1. 城市轨道交通 urban rail transit 或 mass transit

采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统，包括地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁浮、自动导向轨道、市域快速轨道系统。

2. 矿山法 mining method

修筑隧道的暗挖施工方法。传统的矿山法指用钻眼爆破的施工方法，又称钻爆法。现代矿山法包括软土地区浅埋暗挖法及由其衍生的其他暗挖方法。

3. 超前地质预报 geological forecast

在分析既有地质资料的基础上，采用地质调查、物探、地质超前钻探、超前导坑等手段，对隧道开挖工作面前方的工程地质与水文地质条件及不良地质体的工程性质、位置、产状、规模等进行探测、分析判译及预报，并提出技术措施建议。

4. 超前支护 pre-supporting

对开挖面前方进行预支护后，再进行开挖而采用的支护类型。

5. 初期支护 primary support

采用复合式衬砌的隧道在开挖后施设的由喷混凝土与锚杆、钢架、钢筋网等构成的第一次衬砌。

6. 喷混凝土 shotcrete, spray concrete

利用压缩空气以一定喷射压力形成的一种混凝土。

7. 系统锚杆 system bolt

在隧道周边上按一定间距径向布置的锚杆群。

8. 钢架 steel frame or beam support

用钢筋或型钢等制成的支护骨架构件。

9. 管棚 pipe-roof protection

在隧道开挖前，沿开挖轮廓线外，在一定范围内，按一定外插角和间距插入一定直径的钢管，并压注水泥浆或水泥砂浆，然后将钢管尾部与钢架焊接为一体形成的拱部预支护构件。

10. 全断面法 full face excavation method

按设计断面一次基本开挖成形的施工方法。

11. 台阶法 bench cut method

先开挖上半断面，待开挖至一定距离后再同时开挖下半断面，上下半断面同时并进的施工方法。

12. 中隔壁法（CD 法） center diagram method

在软弱围岩大跨隧道中，先分部开挖隧道的一侧，并施作中隔壁，然后再分部开挖隧道的另一侧，最终封闭成环的施工方法。

13. 交叉中隔壁法 (CRD 法) center cross diagram method

在软弱围岩大跨隧道中, 先分部开挖隧道一侧, 施作部分中隔壁和横隔板, 并封闭成环; 再分部开挖隧道另一侧, 完成横隔板施工, 最终隧道整个断面封闭成环的施工方法。

14. 双侧壁导洞法 both side drift method

在软弱围岩大跨隧道中, 先开挖隧道两侧的导洞, 并进行初期支护, 再分部开挖剩余部分的施工方法。

15. 中洞法 middle hole construction method

修建暗挖车站时, 将车站断面分为三个大断面, 首先开挖初支中洞断面后, 施作中洞断面二衬结构, 然后对称开挖两侧边洞并施作剩余二衬结构的施工方法。

16. 洞桩法 Caven-PBA Method

修建暗挖结构时, 首先开挖小导洞并在导洞里施作围护边桩, 施工两排桩之间的拱顶结构 (桩顶纵梁), 使围护桩、桩顶纵梁、拱顶共同构成桩、梁、拱支撑体系, 然后在保护下, 逐层向下开挖, 施工内部结构, 最终形成由外层边桩、拱顶初期支护和内层二次衬砌组合而成的永久承载体系。

17. 拱盖法 arch-cover method

拱部采用小导洞形式, 逐步实现由小导洞到大跨的转换, 并在两端以大拱脚的形式坐落在稳定基岩上, 大拱脚纵向形成纵梁, 在其上完成二衬, 形成扣拱, 在拱盖的保护下向下爆破开挖, 然后施工下部结构的施工方法。

18. 光面爆破 smooth blasting

为获得平整的开挖面, 最后起爆周边眼的爆破方法。

19. 预留变形量 excess clearance or camber

针对围岩预计变形量而将设计的隧道开挖断面作适当扩大的预留量。

20. 监控量测 monitoring measurement

隧道施工中对围岩和支护动态进行的经常性观察和测量。

21. 二次衬砌 secondary lining

在初期支护内侧施作的模筑混凝土衬砌, 与初期支护共同组成复合式衬砌。

22. 施工缝 construction joint

在混凝土浇筑过程中, 因设计要求或施工需要分段浇筑, 而在先、后浇筑的混凝土之间形成的接缝。

23. 充填注浆 filling grouting

在衬砌完成后, 为了填充初期支护与围岩之间或二次衬砌与防水层之间的空隙进行的注浆。

24. 防水等级 grade of waterproof

根据轨道交通工程对防水的要求确定的结构允许渗漏水量的等级标准。

25. 特殊岩土 special rock and soil

对本身具有特殊的物理、力学、化学性质, 并影响工程地质条件的岩土的统称, 主要包括黄土、膨胀土 (岩)、红黏土、软土 (松软土)、盐渍土、岩盐、多年冻土、填土等。

26. 不良地质 unfavorable geological condition

由于各种地质作用和人类活动而造成的工程地质条件不良的地质现象的统称。交通工

程修建和运营中经常遇到的不良地质现象有：滑坡、错落、危岩、落石、崩塌、岩堆、泥石流、风沙、岩溶、人为坑洞（采空区）、水库坍岸、地震区、放射性地区和有害气体等。

27. 风险管理 risk management

参与工程建设各方通过对工程建设风险进行界定、风险辨识、风险估计、风险评价与风险控制，以求减少风险的影响，以合理的成本获得最大的安全保障的管理行为。

第 1 章 矿山法施工概述

1. 矿山法技术的发展历程

常用的地下工程结构施工方法有明挖法或盖挖法、矿山法、盾构法、沉管法、顶进法等。其中矿山法是指用开挖地下坑道的作业方式修建隧道的施工方法，是暗挖隧道结构施工的传统方法。在现行《地铁设计规范》GB 50157—2013 中，矿山法定义为“修筑隧道的一种暗挖施工方法。传统的矿山法指用钻眼爆破的施工方法，又称钻爆法。现代矿山法包括软土地层浅埋暗挖法及由其衍生的其他暗挖方法”。而现行《城市轨道交通工程基本术语标准》GB/T 50833-2012 中矿山法术语为“传统的矿山法指用钻眼爆破的方法修筑隧道的暗挖施工方法，又称钻爆法，现代矿山法还包括机械开挖法、新奥法等施工方法”。

早期修筑隧道常常采用传统的矿山法，它是人们在长期的施工实践中发展起来的，该技术以木或钢构件作为临时支撑，待隧道开挖成型后，逐步将临时支撑撤换下来，而代之以整体式厚衬砌作为永久性支护的施工方法。因它总是与钻眼、爆破技术联系在一起，所以也称为钻爆法。20 世纪 60 年代，新奥法出现，并在地下工程结构施工中得到应用。国内隧道施工技术以新奥法为基础，很快发展为喷锚构筑法，并针对软弱和浅埋地层，发展为浅埋暗挖法。虽然习惯上大家仍沿用矿山法的概念，但这一阶段的矿山法更准确说应称之为现代矿山法。由此可见，矿山法的概念在不同历史时期具有不同的内涵。早期的矿山法可称为传统矿山法，目前的矿山法可称为现代矿山法。

新奥法作为现代矿山法施工中的一项重要技术，最先应用于水利隧洞，其主要特点是运用现代岩石力学理论，充分发挥围岩自身承载能力，把衬砌与围岩当成一个整体看待。在施工过程中，必须进行现场监测，并应用监测成果及时修正设计和指导施工。1934 年新奥法主要创始人 L. V. 拉布采维茨 (L. V. RABCEWICZ) 就试图将喷浆方法用于地下工程。1948~1953 年在奥地利首次将喷混凝土法用于卡普伦水力发电站默尔隧洞施工中。在欧洲最早推广使用锚杆的是 1951~1953 年建造的伊泽尔-阿尔克电站的有压输水隧洞。1953~1955 年修建普鲁茨-伊姆斯特电站的有压输水隧洞时，按照拉布采维茨的建议，充分采用锚杆而获得成功。1957~1965 年是发展新奥法的重要时期。1963 年拉布采维茨将这一方法正式命名为新奥地利隧道施工法 (New Austrian Tunneling Method, 简称新奥法)，并取得专利权。此后，新奥法在西欧、北欧、美国和日本等许多地下工程施工中获得极为迅速的发展，成为现代隧道工程新技术标志之一。

20 世纪 70 年代，新奥法传入我国，此后得到迅速发展。20 世纪 80 年代以后，隧道施工钻爆法发展为以光面爆破、喷锚支护、监控量测信息反馈、复合式衬砌结构为主要特征的施工方法，并在实践中不断涌现出一系列新技术、新工艺、新材料、新设备。目前，我国的铁路、公路隧道、引水隧洞等地下工程绝大多数采用此种方法修筑。

2. 矿山法在城市轨道交通工程建设中的应用

矿山法适用于从硬岩地层至具备一定自稳能力的第四纪地层施工,适合各种断面形式,与其他施工方法相比,具有一定的优势,在我国城市轨道交通工程建设中应用较多。

20世纪80年代中期,在北京地铁复兴门车站折返线工程中,王梦恕院士首创了在不拆迁、不扰民、不破坏环境情况下,在软弱、浅埋地层中安全施工的浅埋暗挖法。此后该方法在国内很多城市地铁工程施工中得到了广泛应用,并总结出浅埋暗挖法的十八字方针,即“管超前、严注浆、短进尺、强支护、早封闭、勤量测”。

目前,在城市轨道交通工程地下区间施工中,除盾构法外,矿山法是最常用的地下工程施工方法。大连、南京、广州、徐州、深圳、青岛等城市轨道交通工程常见的硬质岩层中施工,北京等城市常遇到含有大量粗颗粒漂石、块石的地层,以及受地质条件影响,不便采用盾构法施工时,区间隧道经常采用矿山法施工。在地铁的折返线、渡线、停车线隧道等特殊结构段地下工程,区间近距离下穿既有铁路、公路、城市轨道交通线路,以及下穿重要或敏感性建(构)筑物及设施地段地下工程,采用矿山法施工也比较普遍。天津、上海、苏州等城市地下第四纪覆盖深厚,矿山法应用范围相对较小。虽然各城市由于具体情况不同,矿山法在区间的应用范围有一定差异,但各城市的盾构区间联络通道也经常采用矿山法施工。在地下车站施工方面,北京等城市受车站站址地面环境及交通条件所限,不具备明挖或盖挖施工条件,也多用矿山法施工;沈阳、徐州等城市在围岩稳定性好和覆盖层适宜的部分站点,一般选用矿山法设计和施工。此外,各城市轨道交通工程地下车站出入口等附属结构施工,在不适宜明挖法施工时,也多采用矿山法施工。因此,矿山法在城市轨道交通工程建设中应用十分广泛。

3. 矿山法在城市轨道交通工程施工中应遵循的原则

城市轨道交通工程矿山法施工必须严格执行国家法律法规及相关技术标准,按照设计文件施工,满足工程结构安全、耐久性能及系统使用功能要求,保证在设计使用年限内正常运营。目前矿山法技术在施工中遵循的原则主要包含:

(1)城市轨道交通工程矿山法施工前,要认真研究分析地质情况,对地质可能存在突变、风化槽地段应采取必要地质核查手段,同时施工过程中应注重超前地质预报和监控量测工作,严格遵守“探在先、管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测”的施工原则。

(2)施工过程中的防水应遵循“以防为主、刚柔结合、多道设防、因地制宜、综合治理”的原则。

(3)矿山法施工应加强施工现场标准化管理,规范现场布置,树立绿色施工的理念,提高文明施工水平。

(4)施工应实施动态风险管理,重视风险界定、风险辨识、风险分析评价工作,制定风险规避措施和安全应急救援预案,利用现场监测数据和风险记录,实现施工现场动态跟踪与控制。

(5)施工应注重环境保护和水土保持,施工中必须遵守污染物排放的国家标准和地方标准,本着“预防为主、防治结合”的原则,防止施工造成周边环境污染和破坏。

(6)施工涉及文物保护和其他文物古迹的,应根据文物保护行政部门要求和批准的设计保护措施组织施工。

(7) 施工应根据国家节约资源、节约能源、减少排放等有关法规和技术标准,结合工程特点、施工环境编制并实施工程施工节能减排技术方案。

(8) 城市轨道交通矿山法施工应满足安全、卫生的要求,并应做到以人为本、技术成熟、经济适用。施工中应遵守国家有关劳动保护法规,确保作业人员身体健康。积极改善矿山法工程施工条件,加强通风、防尘、照明,防止有害气体、辐射对作业人员的危害。

(9) 矿山法施工资料的收集和整理工作应与工程进度同步进行,做到系统、完整、真实、准确,保证其具有有效的查考利用价值和完备的质量责任追溯功能,并应按有关规定做好资料归档管理工作。竣工后应按档案部门要求,及时提交竣工文件。

(10) 矿山法施工应采用信息化网络技术,推广应用新技术、新工艺、新材料、新设备,不断提高施工的技术水平和管理水平。

(11) 城市轨道交通工程矿山法施工应符合国家、行业及城市现行有关标准、管理办法等的规定。

4. 矿山法在城市轨道交通工程施工中的技术发展

城市轨道交通工程矿山法技术发展主要受宏观政策、设计理念、业主要求、专家导向、施工单位自身需要、社会科技发展等多方面影响。目前,我国城市轨道交通工程矿山法施工机械化程度较低,施工速度慢,施工风险大,施工工艺受施工队伍技术限制,工法有待进一步提高。因此,加大矿山法施工技术、施工装备研发投入,加强“四新”技术的推广应用,加强施工队伍培养和管理模式的转变,提高施工效率,改变矿山法施工技术落后局面势在必行。

(1) 超前地质预报手段日趋多样化、综合化。除常规的超前地质预报外,越来越多的新科技被应用,如采用军事、医学等领域的先进科技手段,使得超前地质预报更加准确可靠。

(2) 矿山法施工应用范围不断扩大,新工法不断出现。目前已在海底隧道、超浅埋隧道及暗挖大跨车站、各类地质复杂地层、复杂城市环境情况下应用。随着建设项目的增多,新的辅助工法和施工工艺的出现,必将进一步扩展矿山法施工的应用范围。随着我国城市轨道交通的发展,原有矿山法施工工法在应用中不断发展、转变,一些具有地区特点的新工法包括辅助工法也在出现。

(3) 开挖不断向大断面、少分部方向转变,与之相应的支护技术也在不断发展。简单易行且强有力的支护结构,适应大型机械施工的断面操作空间有利于提高施工效率,也是矿山法施工技术的发展最重要的内在动力。

(4) 工程机械和施工设备的快速发展,先进施工机械应用逐步取代大部分的人工作业,施工质量和效率不断提高。开挖、装运渣、支护、防水、衬砌、通风等机械设备不断发展,机械配套会更加合理,施工效率会不断提高。

(5) 爆破施工技术更加精准和环保。为适应城市环境,爆破网络设计日趋精准,数码雷管控制爆破、水压爆破、静态爆破等技术应用日趋广泛。

(6) 应用软弱地层岩土控制变形分析法开发新工法,在设计、施工中逐步加强应用。在岩土控制变形分析法基础上,与现有工法融合开发综合施工工法,确保隧道安全穿越不良地层和全断面开挖,有效降低施工对周边环境的影响,提高施工机械化,加快施工

进度。

(7) 信息化技术不断拓展应用，传统的施工管理方法得以改进。建立基于 BIM 应用的施工管理模式和协同工作机制，通过施工模型建立，完善设计；综合应用数字监控、移动通信和物联网技术，进行成本管理与控制，质量安全监控和风险管控，实现施工过程的可视化模拟和施工方案的不断优化，通过利用综合信息技术手段助力施工管理，全面实现施工目标。

第2章 施工准备

城市轨道交通工程矿山法施工单位应按照相关要求建立项目管理机构，配备相应的人员，明确相关的岗位和职责，建立健全相应的项目管理制度体系，特别是要建立健全质量管理体系和施工质量检验制度。施工前，应进行充分调查，合理筹划，按规定做好各项准备工作，确保满足开工条件，并有利于本工程质量、安全、工期、环保、文明施工、效益等总体目标实现。

2.1 施工调查

1. 施工调查程序

施工前应查阅设计文件和相关资料，制定调查提纲，组织施工调查。

施工调查完成后，应及时组织编写书面的施工调查报告，提出建议方案和注意事项，明确尚待进一步落实的问题，为施工组织提供基础依据。

2. 施工调查内容

施工调查一般应包括下列内容：

- (1) 工程所在区域自然环境、气候特征、区域工程地质、水文地质条件等。
- (2) 场地范围内的地形地貌、工程地质、水文地质情况，施工影响区内的地面附着物、建（构）筑物和管线、道路交通等与本工程的关系等。
- (3) 施工运输、供水、供电、通信、施工场地、征地拆迁情况、弃渣场地及容纳能力等。
- (4) 原材料及半成品的品种、质量、价格及供应能力等。爆破作业管理方式，爆破专业施工队伍、监理队伍情况，爆破器材的供应情况、供货渠道等。
- (5) 交通运能、运价、装卸费率等。
- (6) 生活供应、医疗、卫生、防疫、民俗及社会治安情况等。
- (7) 可供利用的社会资源状况，包括劳动力、机械设备等。
- (8) 施工需配合的接口单位以及受施工影响的建（构）筑物产权单位情况。
- (9) 工程的重难点、重大风险源以及科技攻关项目。
- (10) 施工对环境可能造成的影响，包括施工产生的废水废浆、废气、扬尘、垃圾、噪声、强光、振动、对交通的干扰等。
- (11) 对施工有直接和间接影响的其他问题。

2.2 图纸会审

1. 图纸会审组织

施工单位收到设计文件和图纸后，应仔细、全面地熟悉详细勘察、环境调查报告及施

工图设计图纸，及时组织图纸会审。

施工单位应将图纸会审结果及存在问题形成资料，以书面形式报送建设、设计、监理等相关单位。由监理组织图纸会审会，设计单位处置，经建设、设计、施工、监理等参建方确认、签字并盖章后作为设计文件的补充。设计方案出现较大调整或工程造价变化较大时，需严格按照建设单位的变更管理办法执行。

2. 图纸会审内容

图纸会审应包括以下内容：

- (1) 隧道的勘测资料核对，如地形、地貌、工程地质、水文地质、钻探附表等；
- (2) 隧道的平面、纵断面以及与两端车站或区间的接口核对；
- (3) 设计各专业的接口以及相互衔接的施工方法和技术措施核查；
- (4) 隧道穿越不良地质地段的设计方案，隧道施工对环境可能造成影响的预防措施核查；
- (5) 施工竖井选址的施工条件，隧道洞口位置、洞口形式、边坡的稳定程度、衬砌类型等核查；
- (6) 设计文件的齐全性，设计文件相互间的一致性、系统性等方面的核查，核查设计文件是否存在差、缺、漏、碰；
- (7) 工程数量计算是否正确、合理；
- (8) 相关执行标准、影响施工的其他问题等。

2.3 施工方案

1. 施工方案管理要求

(1) 矿山法工程施工前必须编制专项施工方案。专项施工方案应根据施工条件、地质条件、暗挖长度、暗挖断面、埋置深度、工期要求、环境保护、资源配置等因素综合确定。

(2) 专项施工方案必须具有针对性，对工程的重难点及重大风险源项目需制定针对性施工方法和措施。

(3) 地质复杂及高风险隧道专项施工方案应结合周边环境及现场情况，分析工程及水文地质资料，进行风险评估，相关专项施工方案应组织召开专家论证会论证。

(4) 施工方案应按相关办法进行分级审核合格，履行报批手续，经相关负责人签字后方可实施。

(5) 矿山法工程专项施工方案管理尚应执行建设主管部门制定的相关安全管理办法规定。

2. 施工方案内容

矿山法工程施工方案宜在多方案的基础上，经过技术、经济、工期的比较后，择优确定。施工方案编制应当包括以下内容：

- (1) 工程概况：分部分项工程概况、施工平面布置、施工要求和技术保证条件。
- (2) 编制依据：相关法律、法规、规范性文件、标准、规范及图纸（国标图集）、施工组织设计等。
- (3) 施工计划：包括施工进度计划（开竣工日期及总工期，施工作业面筹划及协调方

案、总体施工顺序、主要节点工期安排，主要进度指标及分项工程施工进度计划，工程的接口及配合，施工进度计划图表等）、材料与设备计划。

(4) 施工工艺技术：技术参数、工艺流程、施工方法、检查验收等。

(5) 新技术、新工艺、新材料、新设备应用（如果有）。

(6) 重大风险源的识别、分析和施工预控措施。

(7) 施工安全、质量、环保等保证措施：组织保障、技术措施、应急预案、监测监控等。

(8) 劳动力计划：项目组织机构设置及岗位职责、生产岗位劳动力投入计划，专职安全生产管理人员、特种作业人员等。

(9) 计算书及相关图纸。

2.4 测量准备

1. 测量方案要求

施工前，应根据工程特点编制施工测量方案，经监理单位审核后报测量中心单位复审，批准后实施。

2. 测量相关规定

(1) 控制桩和水准基点的交接和复核应符合下列规定：

1) 隧道控制桩和水准基点的交接，应在建设单位主持下，由测量中心单位持交桩资料向施工单位逐桩、逐点交接确认，遗失的应补桩。

2) 对接收的控制桩和水准基点，应按同等级测量精度进行复核。

3) 复测应与相邻标段进行贯通测量，确保标段施工交界处正确衔接。

4) 复测结果与交接桩成果不符时，必须再次复测进行确认。当确认交接桩资料有误或精度不符合规定要求时，应报监理单位、测量中心单位，由测量中心单位对测量成果进行改正。

5) 复测完成后，应编制详细的复测成果书并形成交桩文件，应呈报监理单位、测量中心单位，经审核批复后方可进行后续的测量工作。

(2) 加密控制网应符合下列规定：

1) 控制桩密度不满足施工要求时，施工单位应加密控制网，保证每个井（洞）口附近布设不少于三个平面控制桩作为向隧道内传递坐标和方位的联系测量依据；每个井（洞）口附近布设不少于两个高程控制点作为向隧道内传递高程的依据。

2) 加密控制网成果应呈报监理工程师、测量中心单位审核批复后方可使用。

(3) 测量技术要求应执行现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308规定。

2.5 施工机械配置

1. 施工机械配置总体要求

(1) 矿山法施工应进行施工机械配置方案设计，并纳入施工组织设计或施工方案。

(2) 施工机械配置应做到技术先进、安全可靠、节能环保。施工机械应机况良好，零配件、附件及履历书齐全。

(3) 施工机械配置应与施工方法配套、适应工期要求，配置的生产能力应大于均衡施工能力，并利于发挥机械设备总体效率。

2. 专业机械配备要求

(1) 开挖机械配备时，钻爆作业宜采用凿岩机配合作业台架开挖。不适宜爆破施工的隧道，宜选用挖掘机、破碎锤、单臂掘进机、铣挖机等进行开挖。

(2) 装、运渣机械选型应与开挖断面相适应，并协调配套，运输机械配置能力不应小于挖装能力的 1.2 倍。宜按下列要求配备：

1) 水平运输采用无轨运输方式时，装渣宜采用装载机，扒渣宜采用挖掘机。运输车辆应为自卸车，严禁使用汽油机械。内燃机械宜装配尾气净化装置。

2) 采用有轨运输装渣可采用扒渣机或挖装机，运渣宜采用梭式矿车或侧卸式矿车，牵引应采用电瓶车。

3) 竖井井身装渣宜采用小型挖机或抓岩机。

4) 垂直运输机械提升能力应与装渣能力、一次施工循环出渣量相匹配，并经专门设计和荷载检算。竖井井口可选用三脚架、龙门架或井字型塔架等井口固定和提升绞车，临时提升设备可采用吊车等，运渣设备可配置提升吊桶、罐笼或箕斗等。

(3) 支护及衬砌机械配备应符合下列要求：

1) 管棚、小导管、预注浆、锚杆等施工钻孔机械应按支护类型合理选用，并应满足不良地质支护施工需要。

2) 喷射混凝土应使用湿喷机，喷射料拌制应采用全自动计量混凝土搅拌站，运送湿喷料应采用搅拌运输车。

3) 初期支护钢架、格栅加工、钢筋加工应配置成套机械，工厂化加工。

4) 混凝土衬砌作业应配置混凝土输送泵及模板台车等机械设备。

(4) 矿山法施工辅助施工机械配备应符合下列要求：

1) 隧道独头掘进长度超过 150m 时，应采用机械通风并配置相应通风机械。

2) 施工供风设备宜采用螺杆式电动空压机。

3) 应配置与排水设计配套的抽排水设备。

4) 应配置粉尘检测仪、噪声计及其他有毒有害气体检测仪。

5) 防水层铺设应配置专用台架和焊接安装设备。

3. 施工机械管理规定

(1) 施工机械应根据进场计划和施工进度要求及时进场，并报监理单位验收。

(2) 施工机械的使用、管理、维修、保养应严格执行有关规定，保证机械使用安全、正常运转，防止发生机械事故。

(3) 垂直运输吊装设备等属于《特种设备目录》（国质检特〔2014〕679 号）的特种设备，应使用取得许可生产并经检验合格的特种设备。安装完成后应进行安全检查及性能试验并经试运转合格，按有关规定，向特种设备安全监督管理的部门办理使用登记，取得使用登记证书，并将登记标志置于特种设备的显著位置后，方可正常投入使用。

2.6 队伍选择及人员培训

1. 作业队伍要求

施工单位必须选用具有相应资质、具备准入资格的施工劳务企业，严禁无资质施工、转包、违法分包及挂靠等违法行为。

2. 人员要求

(1) 从事城市轨道交通工程矿山法施工的人员未经教育培训不得上岗作业，并符合以下规定：

1) 从事隧道施工作业的人员应符合劳动法律、法规的规定，并对其进行培训提高法制观念。

2) 从事隧道施工的专业技术人员，必须依法取得相应的执业资格证书；企业主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员（即“三类人员”）必须依法依规取得安全生产考核合格证书；必须设置相应资质的专职质检员。

3) 施工前必须对施工管理人员、作业人员进行安全质量培训，考核合格后方可上岗。特种作业人员培训后持证上岗。

4) 施工过程中，应对管理人员、作业人员应经常进行安全教育，提高自我保护意识，确保施工安全。

5) 结合施工现场实际，建立质量责任制及施工质量保证体系，编制质量管理实施计划，并培训作业人员，确保工程质量。

6) 所有培训、教育、学习应保存记录，并纳入劳务人员实名制管理。

(2) 根据隧道施工情况，应对作业人员进行定期健康检查，并归入档案进行管理。

2.7 施工技术交底

1. 交底制度及要求

(1) 在施工前，施工单位应参加建设单位或监理单位组织的勘察、设计交底。相关单位应及时解决影响施工的勘察、设计问题。

(2) 施工单位施工技术及安全交底实行分级交底制度，交底应覆盖所有参与工程施工的管理人员、技术人员、作业人员。

(3) 分项、分部工程开工前，技术负责人应就批准的施工方案、技术措施及设计要求等组织施工技术交底。针对各工序施工中可能出现的安全风险、安全注意事项、急救包使用及应急救援措施、紧急逃生措施等，应进行逐项安全技术交底。

(4) 在推广新技术和使用新型机械设备时，应对职工进行专项施工技术及安全交底。

(5) 对特殊、重要工序施工应设置重要控制点，编制专门的作业指导书，并进行交底。

(6) 施工工艺发生变化时，应对相关技术及管理人员、作业队及班组进行二次交底。

(7) 施工技术交底及安全交底应形成书面记录，并履行复核、签认手续。交底可采用会议、口头或书面形式。交底资料应归档留存备查。

2. 施工单位分级交底内容

(1) 对项目部各部室及技术人员的交底主要包括下列内容：

- 1) 矿山法工程地质、水文情况、围岩等级等工程概况，重难点、施工调查情况。
- 2) 工程目标及主要节点工期安排。
- 3) 总体施工组织方案、施工场地布局、临时设施方案等。
- 4) 总体施工顺序、技术方案，通风运输方案。
- 5) 主要工程材料、设备、劳动力安排及资金计划。
- 6) 不良地质及特殊环境下的施工方法、措施。
- 7) 重大安全技术、环保措施。
- 8) 主要风险源、应急预案及抢险救援机构和设备。
- 9) 采用的新技术、新结构、新材料、新工艺。
- 10) 设计变更内容、施工中应注意的问题等。

(2) 对作业队的技术交底主要包括下列内容：

- 1) 总体施工组织安排及施工方案。
- 2) 工程质量、安全、环保、进度目标及保证措施。
- 3) 施工方法、操作规程及施工技术要求。
- 4) 新技术、新工艺操作要求。
- 5) 分部、分项工程划分。
- 6) 施工作业指导书。
- 7) 设备加工图、拼装图及使用说明。
- 8) 试验参数及配合比。
- 9) 测量、监控量测桩概等。

(3) 对作业班组的技术交底主要包括：

- 1) 工序概况、结构尺寸、位置坐标、预埋件；相关施工详图和加工图，包括钻爆设计、开挖轮廓、复合衬砌结构、模板制作设计、钢筋配筋、结构尺寸大样图等。
- 2) 施工工艺流程及施工顺序、施工方法、工序间衔接处理等。
- 3) 施工工艺细则、操作要点。
- 4) 作业标准和质量验收标准等。
- 5) 使用的材料规格及材质要求，混凝土等级，施工配合比，施放样控制桩点数据等。
- 6) 设备加工图、拼装图及其操作要领，大型施工机械操作规程、安全使用、维修保养规则等。
- 7) 质量通病预防措施。
- 8) 施工安全及技术措施。
- 9) 各工序施工中可能出现的安全风险、出现紧急情况下的应急救援措施，紧急逃生措施。
- 10) 劳动保护、环保水保、自然文物保护等。

2.8 进场材料检验及试验

1. 材料进场准备

施工前，应计算主要物资材料的需用量及分阶段消耗量，并按照甲供、甲控、自购材

料规格、数量、供应时间节点要求，制定相应的招标采购计划。

材料供应满足生产需要、降低成本的要求。

所有用于工程的材料（包括半成品、成品），必须符合国家有关规范规定和设计要求。

2. 检验试验要求

（1）城市轨道交通工程矿山法施工单位必须建立完善的检验试验制度，按要求配备具有岗位资格的试验检测人员、取样员；提供必要的工作场所、配备必要的检测试验仪器设备，确保检验试验的有效开展。委托相关检测单位实施检验试验工作的，应符合相关规定。

（2）所有用于工程的主要材料、半成品、成品、构配件、器具和设备都应按国家有关规范和设计要求进行检验试验。

（3）进场检验包括对进场材料的生产厂家、规格、数量、尺寸、外观以及质量保证资料的检验和检查。施工单位应对进场材料进行 100% 的检验，并建立检验台账，不合格材料不得进场，不得用于工程施工。

（4）施工单位进场后应制定检测方案，确定检测、试验的项目、方式、频率、检测设备、接收的准则、责任人以及检测记录，并按批准的检测方案对进场材料进行抽检、复试。经复试不符合要求的材料不得用于矿山法工程中。

（5）施工单位要建立检验、检测、试验档案（包括：材料供应商提供的质保资料、现场检验、检查记录以及检测、试验报告等），并纳入工程竣工档案。

（6）施工单位应按要求执行进场材料报验制度。

（7）施工单位应服从建设单位检测机构、监理单位的检查和管理；服从政府质监部门质量监督抽检的要求。

2.9 临时设施

1. 临时设施布置原则

生产区、辅助生产区和办公生活区现场布置应遵循下列原则：

（1）有利于安全生产、文明施工、节约用地和保护环境。

（2）事先统筹规划，分期安排，便于各项施工活动有序进行，避免相互干扰。

（3）办公生活区应与生产区和辅助生产区分开设置，采取相应的分割措施并保证安全距离。

（4）临时设施布置和建设标准应符合城市管理相关规定。

2. 临时设施布置内容及要求

（1）施工场地布置应包括下列内容：

1) 各种生产、生活房屋。

2) 喷射混凝土拌合站、砂石料场及施工备品仓库区。

3) 危险品库房。

4) 钢（拱）架原材料和半成品堆放、加工区。

5) 风、水、电设施场地。

6) 运输线路及相关设施场地、车辆进出场地的冲洗设施。

- 7) 机具设备组装、检修和存放场地。
- 8) 临时存渣场。
- 9) 场内临时排水系统。
- 10) 道路交通疏解、与市政设施相关接口等。

(2) 临时工程施工应符合下列要求：

1) 施工现场周边应统一设置标准围挡，临街施工可能危及安全区域处应设置安全隔离设施。

- 2) 生活、办公区入口应设门卫房，醒目位置应按要求设置公示标牌。
- 3) 供配电系统严格按三相五线制、三级配电、一级一闸一保险统一布置。
- 4) 各种房屋按其使用性质应符合相应的安全消防规定。

易燃易爆危险品库房设置和管理必须符合国家 and 城市有关规定。

房屋区应考虑防洪要求，有通畅的给水排水系统，并避开高压电线；台风影响区还应考虑防台风要求，并采取加固措施。

- 5) 严禁将营地等设施布置在不安全的地点。
- 6) 进出车辆应冲洗干净；施工现场泥浆、污水处理设施应满足城市排水要求。
- 7) 加强施工过程中扬尘的控制，宜在施工现场围挡上及临时渣土场设喷雾系统。
- 8) 现场的食堂、厕所应符合卫生要求。

9) 施工现场应设置可靠、安全的门禁系统。各类人员宜凭磁卡、二维码、脸谱等进入现场。门禁系统应能准确记录进入施工现场的人员姓名（来访、外来检查人员除外）、身份类别、时长等信息，应有足够的数据保存容量，正常通电情况下数据应能长期可靠保存，断电后数据保存期限不宜少于 3 个月。

- 10) 施工场所应设置警示标识、标语以及各种标牌图表。

(3) 施工现场宜采用可视化手段进行管理，施工作业面安装牢固的摄像头并随作业面前移而移动，工地会议室可设大屏幕进行监控。

- (4) 工程竣工时，应按照合同要求恢复受到施工破坏的自然环境。

第3章 竖井与横通道

3.1 竖井

竖井是一种隧道辅助坑道，是为增加隧道工作面以缩短工期和改善施工通风、施工排水和施工运输等施工条件所设置的临时性隧道附属工程。也可作为永久性的隧道附属建筑，作为运营通风、排水和防灾害等使用。

城市轨道交通工程矿山法施工中，竖井宜利用通风道、车站端头井等永久结构设置。单独设置施工竖井时，应根据工程规模、施工期限、现场条件、施工和运营功能需要，通过技术经济比较确定。

竖井及横通道尺寸应能满足施工设备、土石方及材料运输、施工人员出入、隧道通风和排水等需要。利用永久结构时，其尺寸还应满足设计功能要求。

竖井结构一般采用锚喷构筑。当井身穿过的地层地质或水文条件复杂，锚喷构筑难以施工，可采用沉井、地下连续墙、支护桩或逆筑法等结构形式，必要时采用旋喷加固或搅拌加固等辅助工法，并按照相应的标准施工。

竖井结构采用围护结构时，应先施工围护结构，再进行井身开挖。竖井围护结构施工应符合相应的技术标准。

竖井及横通道施工应进行超前地质预报和现场监控量测，指导施工。施工前应对影响范围内管线进行迁改或保护，对有影响的地面建筑物、构筑物等进行拆迁或制定保护措施，并加强监测。

1. 井口规划

(1) 竖井井口场地应合理规划和布置，做好竖井周边地面硬化，并设置好排水坡度和排水沟，便于集中排水，减少地表水的下渗和水土流失；完善场地冲洗、沉淀设施，防止城市环境污染。

(2) 井口应设防雨设施。井口作业区必须设置防汛墙、栏杆和安全门，非施工人员禁止入内。

(3) 竖井井口平面布置示例见图 3-1，竖井井内布置示例见图 3-2。

2. 井口施工

(1) 正式开挖竖井前，应做好锁扣圈梁，保证井口稳定。

(2) 锁口圈梁施工应符合下列要求：

1) 应采用钢筋混凝土结构。

2) 井口应比周围地面高出 0.5m 或浇筑环形挡墙，同时防止地面雨水等进入竖井内。

3) 在井口采用机械开挖锁口圈梁范围内土体。基坑开挖接近基底 200mm 时，配合人工清底，不得超挖或扰动基底土。锁口圈基底位于填土或淤泥质土层时，需先进行换填