

# 隧道与地下工程的竖井施工技术

何元俊

中铁隧道股份有限公司

DOI:10.12238/etd.v5i2.7094

**[摘要]** 文章就某隧道与地下工程的竖井施工技术展开研究,主要分析技术应用内容以及施工质量控制,以提高施工效率与质量。其中,竖井施工技术主要分为土方开挖、钢架布设、喷射砼、防水层制作、隧道施工五个工序;质量控制主要内容为监控量测、人员培训、安全管控。基于严格的技术管控,确保工程施工内容可在工期内完成。

**[关键词]** 隧道与地下工程;竖井施工技术;质量

**中图分类号:** TN753.94 **文献标识码:** A

## Shaft construction technology for tunnel and underground works

Yuanjun He

China Railway Tunnel Co., Ltd

**[Abstract]** This paper studies the shaft construction technology of a tunnel and underground engineering, mainly analyzes the application content of technology and construction quality control, so as to improve the construction efficiency and quality. Among them, the shaft construction technology is mainly divided into five processes: earthwork excavation, steel frame layout, shotcrete, waterproof layer production and tunnel construction; the main contents of quality control are monitoring and measurement, personnel training and safety control. Based on strict technical control, to ensure that the construction content can be completed within the construction period.

**[Key words]** Tunnel and underground engineering; shaft construction technology; quality

### 前言

城市规模不断扩大,为提高土地资源利用率,隧道与地下工程数量随之增长。城市地下管线及其建筑物交错纵横,施工条件更为复杂困难,在开展工程竖井施工技术时,必须明确施工目标和施工技术规范,严格按照技术内容施工作业,提高技术质量的同时,提高隧道与地下工程质量。

### 1 工程概况

某公路工程计划工期为25.5个月,主要工程数量表可见表1。工程主要包含3个隧道,结合施工难易程度开展相关施工工艺。

### 2 隧道与地下工程的竖井施工技术分析

#### 2.1 土方开挖

施工前,需要测量人员确定施工位置,布设好开挖线后,开始搭设龙门架。安装电动葫芦以作使用,应用前检查设备运行状态和制作合格性,确保设备在施工设备应用规范内,即可投入具体应用中。采用人工挖土方式作业,挖土期间及时运输土壤,以保证施工场地可应用性。

按照设计标高开挖至井口圈梁底后,可暂停挖土作业,接着浇筑圈梁。静待圈梁混凝土凝固后,再次向下挖掘<sup>[1]</sup>。借助电动

葫芦吊土外运,挖至第一个网构钢架搁下时,可停止全面挖掘,避免网构钢架发生下移现象。之后将其中一半土壤作为支撑,喷射另外一半混凝土,轮换交替作业。每次挖掘深度为0.6m,挖至井底即可停止。由于工程中的49#和53#为四通井,因此需要根据其特性依序施工。施工工序如下:

(1)先挖土,至第一榀拱架安装高程位置后,可停止挖掘作业。在现场安装拱架,沿着井壁45°方向环向打注浆管,每1米打1根,注浆管长度为2m。

(2)焊牢拱架后,可开始喷射砼作业。在第一榀拱架上方砌砖墙,沿着井壁砌墙。如超过地面50cm,则需要使用水泥砂浆勾缝。砌好砖墙后,继续挖土施工。挖至圈梁底部后,即可开展浇筑作业。圈梁砼速凝后,继续向下挖掘,深度仍然为0.6m。至井底即可停止挖掘。

开挖土方时,按照结构外缘线开挖,禁止超挖。严格按照设计高程开挖圈梁底和井底,禁止超挖扰动原状土壤,造成土壤结构稳固性降低。若施工期间出现超挖现象,则应立刻采取砼回填方法,或者回填水泥砂浆保证土壤结构的稳固。每次下挖作业时,必须保证其挖掘深度在设计范围内,以保证土方开挖的质量。

表1 主要工程数量

序号	工程内容	工程数量
1	路基工程	路基挖土方体积: 1002400m <sup>3</sup> ; 挖石方体积: 1052100m <sup>3</sup> ; 路基填土方体积: 776300m <sup>3</sup> ; 填石方体积: 312400m <sup>3</sup> ; 抗滑桩 1050m; 现浇防护排水混凝土体积: 21600m <sup>3</sup> ; 浆砌片石防护体积: 23800m <sup>3</sup> 。
2	桥梁工程	4座桥梁, 长度为 1680m。其中, 天桥 78.16m; 连接线大桥 171m。桩基为 288 根; 桩基系梁为 88 座; 墩柱为 210 根; 墩柱系梁为 99 座; 承台为 6 座; 预制梁板为 563 片; 箱梁 (20m) 为 64 片; 钢箱梁 (50m) 为 2 跨。
3	涵洞工程	涵洞: 1353.92m/30 道; 盖板涵: 1032.31m/21 道; 圆管涵: 259.54m/8 道; 箱通: 62.07m/1 道。
4	隧道工程	3 座隧道, 单洞长度为 9612m。1 号隧道左洞长度为 956m; 右洞长度为 1013m。2 号隧道左洞长度为 2308m; 右洞长度为 2288m。3 号隧道左洞长度为 1550m; 右洞长度为 1497m。

表2 监控量测项目与要求

项目名称	手段	测点布置	测试时间				
1-15d	16 天/1 个月	1-3 个月	3 个月以上				
测量项目	净空水平收敛	收敛计或测杆	每 15m 一个断面, 每面 1-3 对测点	1-2 次/1d	1 次/2d	1-2 次/1 周	1-3 次/1 个月
拱顶下沉	水平仪或侧杆	与净空收敛在同 一断面	1-2 次/1d	1 次/2d	1-2 次/1 周	1-3 次/1 个月	
地面下沉	水平仪	同上	1-2 次/1d	1 次/2d	1-2 次/1 周	1-3 次/1 个月	

## 2.2 钢架布设

在现场支立网构钢架, 焊接纵向联结筋。挂上钢筋网片, 开挖土方后可布设钢架位置, 确定其制备尺寸。钢架与钢架之间使用纵向连接筋焊接牢固。环向间距每米一根。首榀钢架与圈梁下预埋钢筋, 之后挂上钢筋网, 焊接牢固钢架和纵向联结筋。确保安装钢支架处于牢固状态, 且钢架平面应处于水平状态。其中, 翘曲应低于 20mm。每个钢架之间保持在一个垂直面上, 偏差数值应低于 20mm。

## 2.3 喷射砼

支立钢支撑后, 焊接纵向连接筋。此时可喷射第一层砼, 层

厚大约为 70~100mm<sup>[2]</sup>。喷射后挂上钢筋网片, 之后再次喷射, 至设计厚度即可停止。喷射砼之前, 施工人员需要对开挖断面尺寸进行检查, 将开挖面上层浮土清理干净。利用高压风清扫开挖面, 同时针对喷射砼设计厚度进行埋设和施工控制。喷射顺序: 自上而下。首先, 对钢架与壁面之间的砼进行喷射; 之后, 对钢架之间的砼进行喷射。喷射之后, 在其表面挂上钢筋网, 在首层砼终凝之前, 再喷射一层砼。施工期间, 若发现脱落的砼被钢筋网困住, 施工人员应第一时间处理, 之后再开展相关作业。喷射时, 注意砼密实度。该项施工工序的工艺要求: 表面平整光滑; 厚度与设计要求一致。

## 2.4 防水层制作

喷射砼之后,可开始防水层制作工序。首先,清除砼表面杂尘、杂物等。按照一定比例配制水泥砂浆,比例为1:2.5。制作水泥砂浆找平层,厚度为10mm。在其表面涂刷EVA乳液,涂刷次数为4次,确定涂刷厚度达到0.5mm即可。

## 2.5 隧道施工

完成竖井施工后,可开展隧道施工作业。开挖土方前,施工人员可采用小导管注浆形式降低地面沉降,以保证地层稳固性。导管长度:  $\Phi 32 \times 3.25\text{mm}$ 。或者使用焊接钢管形式制备花管,长度为2.25m即可。沿拱形布置导管,环向间距距离大约为0.3m。穿过首榀钢架,维持角度在 $5 \sim 8^\circ$ 。向上方向打入土层中,每隔2个榀钢架打1次超前小导管。导管搭接长度: 0.75m。打入花管后,即可开始注浆,最后在导管周边使用快硬性水泥进行封口。

注浆时,可使用改性水玻璃浆液。选择50波美度的水玻璃稀释,至38~40波美度后,再放入98%硫酸,将其浓度降低至10%。兑入水玻璃后,严格控制器pH值,大约为2~3即可。加入少量碳酸氢钠打设小导管。注浆液体量大约为 $4.8\text{m}^3$ 。注浆终压: 0.4MPa。由于该阶段的土质属于粉质粘土层,注浆相对困难。如无法完成注浆作业,则可打入锚杆<sup>[3]</sup>。每根锚杆的间距为100mm; 长度为2.25m。在进行背后回填注浆作业时,为确保喷射砼和地层的紧密度,应及时完成衬砌施工。喷射之前,预埋好注浆孔。将注浆孔布设在拱顶处,每个注浆孔之间的距离为2~3m。布设好注浆孔后,调配水泥砂浆。砂浆与灰砂的比值为1:15~1:3; 水灰比为1:1~1:1.1。注浆终压压力值应低于0.4MPa。完成注浆后,使用砼封堵管口。或者采用钢板将其表面焊牢,选择喷锌处理方式加固。完成变形缝设置与施工时,则可将变形缝设置在竖井与隧道结合位置。以41#竖井为例,在距离其中心4.8m处设置一条变形缝。方向: 东西向。

## 3 隧道与地下工程的竖井施工技术质量管控

隧道与地下工程的竖井施工技术需要结合工程质量管控制度,以提升技术应用水平,保证该施工流程施工质量的同时,强化工程建筑物结构的稳定性与安全性。以工程为例,概述竖井施工技术质量管控内容。

### 3.1 做好施工监控量测

测量人员通过检查和校准不同施工工序的施工允许误差,以确保施工质量达到设计要求。以监控测量为例,该项操作可以有效把控施工内容。根据测量信息确定施工情况,以增强施工内容的可应用性。量测时,需要借助表格记录相关信息。具体可见表2。

### 3.2 加强人员培训

除了施工技术的监管与量测,施工单位还应从人员意识方面入手。通过加强施工人员、管理人员的质量管控意识,降低施工安全隐患。施工前组织所有参与人员进行施工质量管控与安全施工培训,根据实际情况选择线上或线下的方式加强各个部门人员的质管意识<sup>[4]</sup>。其次,针对施工内容制定严格的奖惩制度,以增强相关人员的责任意识。例如,因测量人员未发现施工误差引起的施工问题,则应予以罚款处理,严重时可予以辞退。

### 3.3 做好安全施工管控

施工质量管控期间,施工单位还应做好安全施工保障,确保施工现场的安全性。例如,施工期间,避免将竖井设置在低洼处。井口以高于地面,大约为30cm以上,同时做好地面系统排水系统。竖井周围应布设防护栏杆,在其底部50cm处采取封闭措施。井口2m处,不应堆放材料。施工期间,施工人员必须佩戴安全帽、穿工作服,带好自救器以保障施工安全。安全带应与钢丝绳钩头连接牢固,禁止系在吊桶梁上。施工人员身体不应超出吊桶,且严禁用手攀扶桶沿。上下吊桶时,等待吊桶停稳后发出信号,才可进行相关操作。总而言之,应严格按照安全防护规范和技术要求施工,以保证施工作业安全开展。如无施工作业,禁止施工人员入井。入井时,则必须戴好安全帽。封口盘处禁止站人,严禁向井筒内观望。

## 4 结论

隧道与地下工程中,竖井施工技术质量管控与安全防护紧密联系施工质量,施工单位应制定严格的管理制度,要求相关人员按照规定实施作业,避免安全事故发生,造成效益下降、工程滞缓。根据竖井施工技术设计要求,设定合适的监管人员和施工人员,确保施工作业稳定进行。

### [参考文献]

- [1]初月朗.盾构遇地下锚索障碍竖井+暗挖隧道处理施工技术应用[J].建设机械技术与管理,2024,37(01):117-120.
- [2]陈丹.新型悬挂式竖井掘进技术在沉井施工中的应用研究[J].工程技术研究,2024,9(02):88-90.
- [3]万岚.水利工程竖井建设中反井钻机施工技术的应用[J].水利科学与寒区工程,2023,6(12):106-108.
- [4]段建强.隧道及地下工程竖井施工技术研究[J].交通科技与管理,2023,4(17):111-113.

### 作者简介:

何元俊(1969--),男,汉族,四川省德阳市旌阳区人,专科,中铁隧道股份有限公司,工程师,研究方向:隧道与地下工程。