

贵阳喀斯特地貌深埋地铁车站施工技术

尹竹

中铁上海工程局集团有限公司

摘要：贵阳地铁3号线作为在贵州喀斯特地貌下的第一个PPP模式地下工程项目，其深埋地铁车站的施工经验对类似项目施工有重要的借鉴意义。

关键词：方案；工艺；安全；效益

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.060

一、总体概况

贵阳地铁3号线土建2标位于贵阳市花溪区，共包含三站三区间，线路总长2.668公里。三车站分别为桃花寨站半盖挖车站、花溪南站明挖车站、明珠大道站明挖车站。PPP项目采用有条件概算包干模式。

本次以桃花寨站为依托，分别从新技术应用与改进、PPP项目概算包干的设计方案优化与变更两方面进行交流。

二、桃花寨站工程概况

(一) 设计概况

桃花寨站位于清溪路上桃花寨北侧规划路与清溪路十字路口，沿清溪路南北向设置。车站为11m岛式站台地下二层车站，有效站台长度为120m，车站净长195.0m、净宽18.3m，为局部半盖挖车站。

桃花寨站主体围护结构采用 $\phi 1000\text{mm}$ 间隔钻孔灌注桩+20cm厚喷射混凝土+内支撑（钢筋混凝土支撑+钢支撑）的支护体系。竖向共设置1道钢筋混凝土支撑+2道钢支撑。

(二) 工程地质

本车站岩体结构以层状岩体为主，涉及地层主要有三叠系及第四系地层。由上之下依次为人工杂填土、黏土、强风化与中风化白云岩，白云岩中局部伴有溶洞，中风化白云岩强度38Mpa。车站范围内土层厚度由南向北减小，南端覆土9-10m，北端覆土4-6m。

(三) 水文情况

桃花寨站场地无地表水分布。地下水按不同介质主要有孔隙水、岩溶水两种类型，以岩溶水为主。孔隙水一般分布于场地松散层内，主要在填土层中，水量不大，且随季节性变化很大。岩溶水主要赋存于三叠系安

顺组的白云岩中，地表径流及地下伏流相间分布，该段地下水埋深一般位于地表以下10m~12m；岩溶水主要为大气降雨通过溶孔、溶蚀裂隙、洼地等入渗补给以及地表径流通过洼地、落水洞等由岩溶管道直接集中注入补给。

(四) 周边建筑物情况

桃花寨站周边建筑物较密集。西侧多为一、二层民房，北端头西侧有一栋六层混凝土建筑曼斯顿酒店距离基坑16.8m；西南侧为花溪顺通客运汽车站及花溪青年修理厂距离基坑23.3m，东侧多为2~4层民房。

三、新技术应用与改进

近年来，随着现代科学技术迅猛发展，建筑行业不断发展和提高，建筑行业正向全新的高度发生着日新月异的变化，行业竞争也日益激烈。要想在市场上增强竞争力，获得更大的优势，必须不断采用新技术，并在原有基础上进行改造创新，加快将科技成果转化为生产力。现将本项目应用的有特点的新技术介绍如下：

(一) 全自动锯切套丝生产线应用

本项目在桃花寨2号出入口及1号风亭红线内建设了钢筋集中加工场，主要供应桃花寨站、花溪南站车站主体钢筋加工。钢筋加工场内应用了一系列数控设备，其中全自动锯切套丝生产线尤为方便。

1. 设备介绍

(1) 设备组成

该设备由承料架、送料架、锯床、定尺架、中转料架、套丝架2组、套丝机2台（可定制4台套丝机）、打磨传送架2组、砂光机2台、料仓、空压机、操作台构成。

(2) 设备操作工艺

将原材批量放置在承料架上→送至送料架→锯床对齐钢筋一端批量切头→通过滚轴送料至定尺架对齐钢筋另一端批量切头→透过中转料架运送至套丝架上进行套丝→通过中转架转移砂光机打磨端头→成品存放至料仓。整个过程为自动操作，一气呵成。工艺流程如下图：

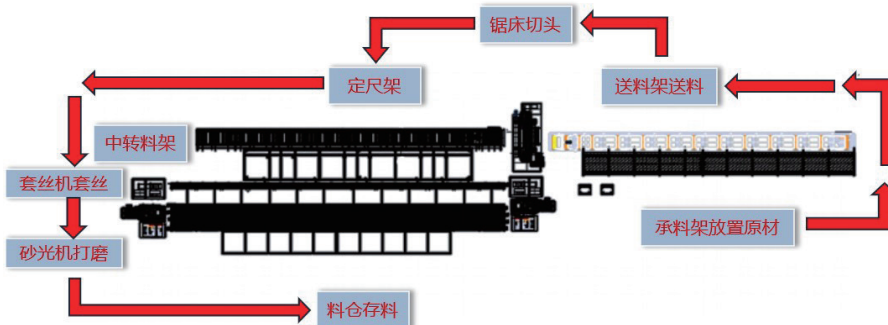


图1 操作工艺流程图

2. 注意事项

(1) 操作设备前应将锯床、套丝机与砂光机调试到位，试操作无问题方可投入使用。

(2) 锯床切头前注意将钢筋端头调整齐平，避免漏切、多切。

(3) 设备使用时应每天检查机况与成品质量，如发现问题要立刻排查、调试，排除故障后方可再次生产。

3. 实施效果

(1) 质量方面

传统的直螺纹加工工艺每道工序都与工人的操作技术、责任心等相关，合格率为88%。采用全自动锯切套丝线，降低过程管理难度，整个流程数控自动化减少人为操作失误，合格率为97%。

(2) 经济效益

全自动锯切套丝线具有切削效率高、定尺精准、节能省料、操作简单等特点，钢筋锯切——钢筋套丝——端口打磨仅需1人操作，再配置1人收料即可，大大降低工人工作强度。综合施工工效、机械设备成本后测算桃花寨站主体结构采用全自动锯切套丝线节约劳务成本30万元。

(二) 地铁车站侧墙钢模滑移台车应用

桃花寨站是局部半盖挖车站，盖板侧有钢格构柱且无吊装空间。侧墙施工采用带滑移系统的侧墙钢模台车。该模板台车只需装拆各一次，过程中不需大型设备辅助，施工便捷，安全风险低，混凝土成型质量优。

1. 侧墙钢模滑移台车介绍

侧墙钢模滑移台车主要由四部分组成：模板支撑系统、纵向滑移系统、脱模合模系统、油电控制柜。

侧墙滑移台车工作原理是利用液压油缸顶升使模板支撑系统横向脱模，再由控制柜控制电机滑轮向前滑移至下一段侧墙浇筑混凝土。

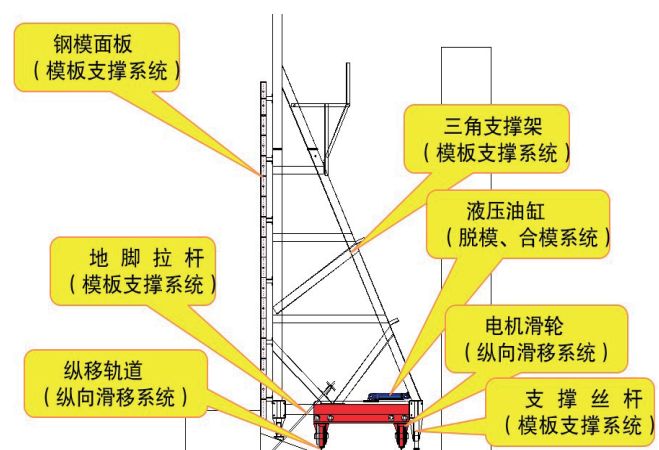


图2 侧墙滑移台车配置图

2. 侧墙钢模滑移台车安拆步骤

第一步：底板混凝土施工后绑扎侧墙钢筋，并安装台车滑移轨道，轨道采用43型钢轨。采用Φ48钢管设置横向连接以增强钢轨稳定性。

第二步：安装行走轮组、底梁及底梁连接梁，并将

支撑丝杆调整与底板接触以保证后期三角架安装平稳。

第三步：安装三角架、剪刀撑、操作平台支架、液压千斤顶，并用Φ48钢管将各三角架连接成整体，三角架背部设置有与扣件钢管连接的钢管接头。

第四步：安装桩组合面板，并加固，将地脚拉杆与压梁进行连接固定。

侧墙钢模滑移台车拆除时，按照安装顺序逆向操作即可。

3. 侧墙钢模滑移台车工艺流程

首段侧墙混凝土浇筑并等强→拆除地脚拉杆、提升支撑丝杆→顶升液压油缸横向脱模→纵向滑移至未绑扎侧墙钢筋区段→钢模面板表面处理→纵向滑移至待浇筑区段→液压油缸回缩合模→模板加固调整→浇筑侧墙混凝土→依次循环。

4. 施工注意事项

(1) 因滑移需要钢模板与地面脱离一定空间，所以首次拼装时需要间距4m布置临时支撑已固定靠混凝土侧模板及支撑架，间距70cm×1m勾头螺栓连接钢模板与三角桁架。

(2) 因侧墙大钢模重量集中在一侧，为保证行走时体系平衡，滑移前须在远离侧墙方向配重。配重可采用混凝土预制块或钢筋。

(3) 传统侧墙大钢模可随时拆装打磨涂油；侧墙滑移台车脱模空间较小且拼装成型后为一整体，因此需滑移至未绑扎侧墙钢筋区段利用侧墙空间对模板打磨涂油。

5. 侧墙滑移台车的改进

侧墙滑移台车作为一种新技术在本项目应用的过程中碰到一些问题，项目部积极思考采取了对应的改进措施。

(1) 面板处理问题的改进

问题：侧墙滑移台车拼装成型后为一整体，拆卸麻烦、脱模空间小（仅有10cm），导致面板打磨涂油非常不方便。钢模面板存放时间较长，表面锈蚀严重，打磨后模板表面有明显坑洞。

改进措施：

1) 面板处理前，将滑移台车移至未绑扎侧墙钢筋段落，利用结构侧墙的80cm净空处理面板。

2) 在面板上均匀涂刷一层模板漆，涂刷一次模板漆可周转2-3次，降低模板打磨人工，提高其周转次数、与施工效率。

(2) 侧墙滑移台车在降板段应用问题的改进

问题：桃花寨站N2段结构底板比其余标准段底板低60cm，侧墙滑移台车应用在此段落对向后续段落的纵向滑移影响较大。

改进措施：根据轨道位置增加地梁，将侧墙滑移台车整体抬高；加高吊模，浇筑底板时抬高矮边墙浇筑高度。让侧墙滑移台车在降板段平顺过渡。

6. 实施效果

(1) 工效对比

传统侧墙大钢模从拆装到混凝土浇筑3天/段，采用侧墙滑移台车后达到1.5天/段。

(2) 经济效益

侧墙滑移台车所需人工少、且只需首次拼装、拆除需要起重设备辅助，过程中只需人工。桃花寨站实施应用侧墙滑移台车后，经测算，节约劳务成本约10万元。

(3) 社会效益

侧墙滑移台车减少了起重设备使用，降低了吊装风险。过程中只需一次拼装，减少了模板拼装工序，降低了出现模板拼缝错台、小模板影响混凝土外观质量的概率。项目部在应用此项新技术的过程中成立了QC小组，开展了《提高半盖挖地铁车站侧墙模板台车施工质量合格率》QC攻关活动，并获得了2020年云南省市政工程建设优秀质量管理小组一等奖，贵阳地铁3号线指挥部组织全线观摩，获得了一致好评。

四、PPP概算包干项目的设计方案优化

伴随着市场经济的发展，越来越多的建设工程投资采用PPP、EPC等等模式，近两年公司中标项目中投资项目占比也越来越大。

PPP概算包干项目优势和风险都很大，即基本以概算作为计量依据，施工图量的多少只与现场施工有关不作为计量依据。施工图与概算量的区别是项目盈亏的重大因素。

从技术角度来说，这类型的投资项目有一个以往施工总承包项目所不具备的优势，即施工方作为社会投资人在很多的时候可以主动的、直接的参与到设计当中。

下面将贵阳地铁3号线土建2标桃花寨站设计方案优化案例介绍如下：

(一) 变更相关规定与策划

贵阳地铁3号线一期工程PPP项目内部承包合同中概算主要由建筑工程概算与第二部分工程费用即“两迁一改”费用组成。

贵阳地铁3号线一期工程PPP项目合同中关于变更的规定如下：

非社会资本方原因即政府原因导致的工程相关标准调整、征拆工作导致的场地环境调整、工程地质变化导致的变更、法律法规国家政策导致的变更等四条引起的单笔投资变化300万元以上（含300万元）的方案变更和I类工程设计变更可调整施工总承包价格，其余原因引起的变更均不调整总承包价格。

合同中变更分为设计方案变更与施工图技术变更。设计方案变更即初步设计到施工图设计期间的方案变更，施工图技术变更即施工图出入后发生的变更。

基于以上两个条件，设计方案优化是决定项目成败的重大因素。

(二) 设计方案优化案例

1. 桃花寨站盖板缩减变更

桃花寨站原设计为全幅盖板施工，盖板宽度11m，交通疏解道路全部位于盖板上。

经项目部详细调查车站西侧（盖板侧）一排民房是棚户区改造红线用地，需拆除且拆迁款已付。后项目部积极与棚户区改造征拆指挥部对接提前拆除民房，将交通疏解道路改于民房位置，减少盖板范围、缩减盖板宽度。

变更后效益：

(1) 盖板面积由原设计2600m²缩减至560m²，将大部分盖挖土石方变为明挖土石方，大大提高基坑开挖效率。

(2) 减少一次盾构机平移及其措施。

(3) 此方案比概算减少150万元。

2. 桃花寨站4号出入口及1号风亭组优化

原设计方案4号出入口及风亭整个附属基坑采用围护桩+内支撑（第一道砼支撑+第二道钢支撑）围护形式（围护桩为钻孔灌注桩 ϕ 800@1200，嵌固3.5m；第一道砼支撑800mm*600mm，第二道钢支撑 ϕ 609 t 16）。

经实地调查，现场环境变化较大风亭西侧标高仅比基坑底高3.5m，且大部分棚户区改造红线范围内建筑正在拆除。

后与设计对接确定将原围护结构方案调整为：放坡开挖+喷锚（基坑深度小于5m采用一级放坡+土钉网喷支护；基坑深度大于5m采用二级放坡+土钉网喷支护）、南侧局部采用围护桩+内支撑形式围护桩为钻孔灌注桩 ϕ 800@1600，嵌固2.5m；第一道砼支撑600mm*600mm间距7m，第二道钢支撑 ϕ 609 t 16间距3.5m）。

变更后效益：

(1) 将大部分钻孔桩改为放坡开挖，提高施工效率。

(2) 此方案比概算减少40万元。

五、总结

PPP概算包干模式下地铁施工项目技术工作思路就是“能从上游解决的问题，决不交给下游解决”：

(1) “能由工艺工法解决的问题，绝不交给工人解决”。技术人员应大力推行新技术，推动技术创新，用新的工艺工法解决现场问题，提高施工水平。切记由劳动力堆砌而成的工艺肯定是工序多而繁杂，作为技术工作者应重点考虑的是如何用新的工艺工法减少劳动力、精简施工工序、降低过程管理的难度，做到自动化减人，机械化换人。

(2) “能由设计方案解决的问题，决不交给施工方案”。作为投资方我们应充分进行现场调查，主动参与到设计工作中去，最大限度的结合现场实际与施工经验提出适合现场的最优方案，降低现场施工难度与风险。俗话说“会干不如会算”，随着投资项目的兴起，应该说“会算不如会想”。

参考文献

[1] 陈湘生，付艳斌，陈曦，等. 地下空间施工技术进展及数智化技术现状[J]. 中国公路学报，2022，35（1）：1-12.

[2] 洪开荣. 我国隧道及地下工程发展现状与展望[J]. 隧道建设（中英文），2015，35（2）：95-107.

[3] 油新华，何光尧，王强勋，等. 我国城市地下空间利用现状及发展趋势[J]. 隧道建设（中英文），2019，39（2）：173-188.

[4] 关继发. 北京轨道交通一体化开发案例分析[J]. 都市快轨交通，2012，25（5）：65-69.

作者简介：尹竹（1978-09-10），男，汉，江西永新，本科，高级工程师，研究方向：土木工程。