

浅析地铁车站二次结构与主体结构同步施工的优越性

翁发林 张海军 张 森 彭爱兰 薛宝宝

北京市政路桥股份有限公司, 北京 100045

[摘要]随着我国城市交通建设的不断发展, 地铁已成为大中城市中缓解城市交通阻塞的最有效的交通运输工具之一。目前已有越来越多的城市在修建地铁工程。然而地铁建设中, 其施工方法的选择和施工顺序安排的合理与否, 将直接影响到工程建设安全、质量、进度、成本等目标。多数情况下, 明挖车站主体结构在组织施工时, 一般将二次结构站台板及轨顶风道的施工编排在主体结构全部施工完成、模板支架拆除后再进行施工。分包队伍上报的费用看起来较高, 为解决此类问题, 依托育知路站二次结构在主体结构模架拆后施工, 小西沟站二次结构实施过程中, 采用了调整及优化施工顺序、施工方法, 将二次结构施工连同主体结构一并进行。通过对以往两个车站的站台板、轨顶风道施工顺序安排进行对比, 得出了站台板、轨顶风道与主体结构同步施工要优于主体结构模架拆后再行施工, 研究表明站台板、轨顶风道与主体结构同步施工既能节约工期、成本, 又能确保安全、质量, 对今后类似工程施工提供了良好的借鉴。

[关键词] 地铁车站; 站台板; 轨顶风道; 施工顺序优化; 目标实现

DOI: 10.33142/ec.v5i8.6560

中图分类号: U455

文献标识码: A

Brief Analysis of Advantages of Synchronous Construction of Secondary Structure and Main Structure of Metro Station

Weng Falin, ZHANG Haijun, ZHANG Sen, PENG Ailan, XUE Baobao

Beijing Municipal Road and Bridge Co., Ltd., Beijing, 100045, China

Abstract: With the continuous development of urban traffic construction in China, subway has become one of the most effective means of transportation to alleviate urban traffic congestion in large and medium-sized cities. At present, more and more cities are building subway projects. However, in the subway construction, the choice of construction methods and the rationality of construction sequence will directly affect the safety, quality, progress, cost and other objectives of the project construction. In most cases, when organizing the construction of the main structure of the open cut station, the construction of the secondary structure platform slab and the rail top air duct is generally arranged after the main structure is completely constructed and the formwork support is removed. The cost reported by the subcontracting team seems to be high. In order to solve this problem, the secondary structure of Yuzhi Road station was constructed after the formwork of the main structure was removed. During the implementation of the secondary structure of Xiaoxigou station, the construction sequence and method were adjusted and optimized to connect the secondary structure construction with the main structure. By comparing the construction sequence of platform slab and rail top air duct in the past two stations, it is concluded that the synchronous construction of platform slab, rail top air duct and the main structure is better than the construction of the main structure after the formwork is removed. The research shows that the synchronous construction of platform slab, rail top air duct and the main structure can not only save the construction period and cost, but also ensure the safety and quality, which provides a good reference for the construction of similar projects in the future.

Keywords: subway station; platform slab; rail top air duct; optimization of construction sequence; goal achievement

北京市轨道交通昌平线与地铁 8 号线联络线工程土建施工 11 合同段育知路站, 车站总长 195.100m, 地下两层侧式车站, 采用明挖法施工。站台板长为 167.7m, 轨顶风道长为 118m, 站台板及轨顶风道在主体结构全部施工完成、模板支架拆除后再进行施工。乌鲁木齐市轨道交通 1 号线工程土建施工 10 合同段小西沟站, 车站总长 226.400m, 地下两层岛式车站, 采用明挖法施工。站台板长为 193.3m, 标准段宽 12m, 轨顶风道长为 195.9m, 站台板及轨顶风道连同主体结构同步施工。通过对以往两个车站的站台板、轨顶风道施工顺序安排进行对比, 不难看出站台板、轨顶风道与主体结构同步施工要优于主体结构

模架拆后再行施工, 既能缩短工期、节约成本, 又能确保安全、质量, 对今后类似工程施工提供了良好的借鉴。

1 工程概况

1.1 育知路站站台板及轨顶风道

北京市轨道交通昌平线与地铁 8 号线联络线工程土建施工 11 合同段育知路站, 车站总长 195.100m, 地下两层侧式车站, 单柱两跨混凝土结构, 采用明挖法施工。站台板为双侧岛式站台, 站台板长为 167.7m, 标准及有排热风口段每侧宽 7m, 上部板厚为 0.2m, 站台板受力墙为 0.2m 厚, 站台板结构设计混凝土强度为 C30。轨顶风道长为 118m, 高为 1.45m, 每侧宽为 4m, 风道侧墙墙体厚度

为 0.25m，下部托板厚度为 0.15m，中间与纵梁交接处有一厚 0.25m，高 0.15m 小隔墙，风道结构设计混凝土强度为 C30。站台板、轨顶风道的钢筋工程量见表 1 所示；车站站台板标准段横剖面图、轨顶风道标准段横剖面图详见图 1、2 所示。

表 1 站台板、轨顶风道工程量统计表

序号	部位	规格型号	用途	间距 (mm)	备注
1	站台板	Φ8	侧墙、板的拉筋	300	侧墙主筋 1119*2*4 根、板主筋 1119*2*2 根 96 个柱子
2		Φ10	侧墙、板的分布筋	150	
3		Φ12	侧墙、板的主筋	150	
4		Φ14	构造柱的主筋	每个 8 根	
5		Φ8	构造柱的箍筋	100	
6		Φ8	侧墙、板的拉筋	300	
7		Φ10	侧墙、板的分布筋	150	
8		Φ12	板的主筋	150	
9		Φ14	侧墙的主筋	150	

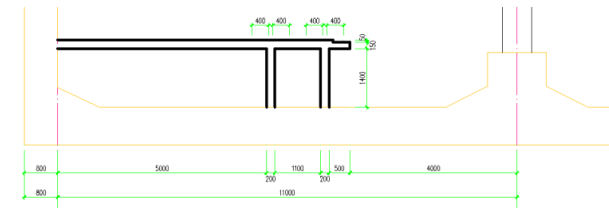


图 1 育知路车站站台板标准段横剖面图

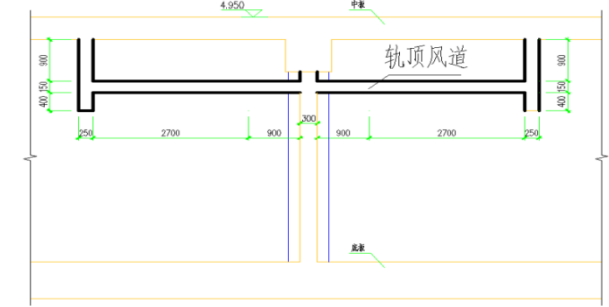


图 2 育知路车站轨顶风道标准段横剖面图

1.2 小西沟站站台板及轨顶风道

乌鲁木齐市轨道交通 1 号线工程土建施工 10 合同段小西沟站，车站总长 226.400m，地下两层岛式车站，双柱三跨混凝土结构，采用明挖法施工。站台板为岛式站台，站台板长为 193.3m，标准段宽 12m，上部板厚为 0.25m，站台板受力墙为 0.2m 厚，站台板结构设计混凝土强度为 C30。轨顶风道长为 195.9m，高为 1.43m，每侧宽为 3.25m，

风道侧墙墙体厚度为 0.2~0.25m，下部托板厚度为 0.2m，风道结构设计混凝土强度为 C30。站台板、轨顶风道的钢筋工程量见表 2 所示；车站站台板标准段横剖面图、轨顶风道标准段横剖面图详见图 3、4 所示。

表 2 站台板、轨顶风道工程量统计表

序号	部位	规格型号	用途	间距 (mm)	备注
1	站台板	Φ8	侧墙、板的拉筋	300	侧墙主筋 1290*2*6 根 144 个柱子
2		Φ10	侧墙、板的分布筋	150	
3		Φ12	侧墙、板的主筋	150	
4		Φ14	构造柱的主筋	每个 8 根	
5		Φ8	构造柱的箍筋	100	
6	轨顶风道	Φ8	侧墙、板的拉筋	300	侧墙主筋 1307*8 根
7		Φ10	侧墙、板的分布筋	150	
8		Φ12	板的主筋	150	
9		Φ14	侧墙的主筋	150	

图 3 小西沟车站站台板标准段横剖面图

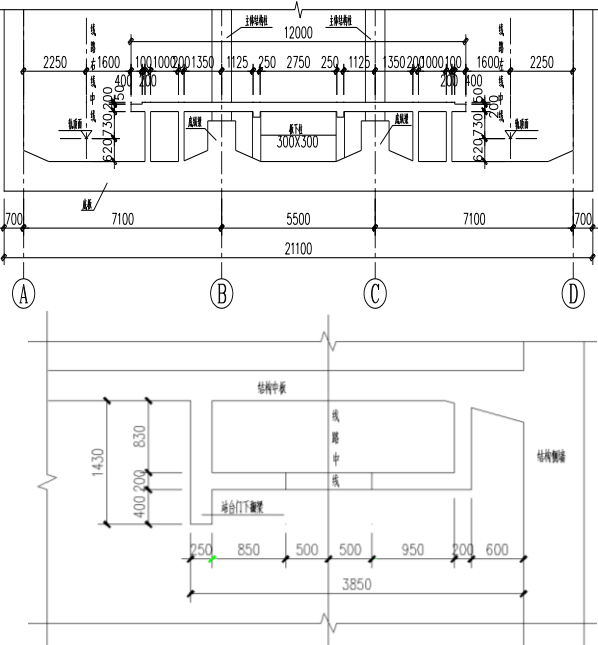


图 4 小西沟车站轨顶风道标准段横剖面图

2 施工安排

2.1 总体施工安排

2.1.1 育知路车站站台板及轨顶风道

站台层在进行二次结构施工时，主体结构完成拆模及地面处理完成后，先进行站台板的施工，后进行轨顶风道施工。

2.1.2 小西沟站站台板及轨顶风道

站台层二次结构连同主体结构同步施工,即先进行主体结构底板的施工,然后进行站台板的施工,再次进行轨顶风道的施工,最后依次进行主体结构中板及顶板的施工。

2.2 施工工期

2.2.1 育知路地铁站台板及轨顶风道

育知路站二次结构施工总体工期为 75 日历天,每一仓施工工期为 22 日历天,具体时间为 2012 年 10 月 5 日至 2012 年 12 月 18 日。

2.2.2 小西沟站站台板及轨顶风道

小西沟站二次结构施工工期为 60 日历天,每一仓施工工期为 16 日历天,具体时间为 2016 年 4 月 1 日至 2016 年 5 月 30 日。

3 施工方法

3.1 站台板施工

3.1.1 育知路地铁站台板施工

站台板施工工序流程图如图 5 所示。

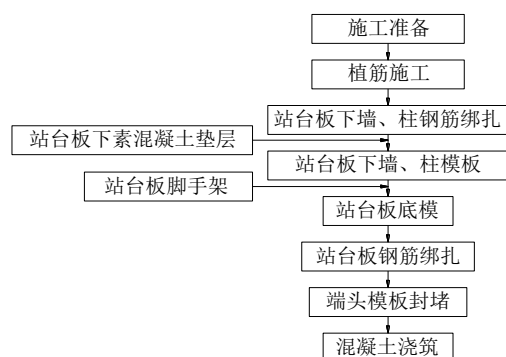


图 5 站台板施工工序流程图

涉及到的主要施工工序描述如下:

(1) 施工准备

主体结构强度达到设计要求后,拆除模板、支架,清理施工现场,完成底板站台墙、柱预留钢筋的调直及除锈工作,完成站台墙、柱底部混凝土凿毛及清理,测量放线完成。

(2) 植筋施工

站台板植筋施工工序如下:

① 钢筋位置的确定

根据站台板的高度,用墨线弹出台站板与结构侧墙衔接处施工界限,按照图纸保护层厚度、钢筋间距等要求,在原混凝土构件上标出具体植筋位置。

② 锤钻成孔

植筋位置确定后,用电锤进行锤钻成孔。成孔施工操作不得损伤原混凝土构件结构钢筋,孔道间距不小于钢筋直径 d 。植筋钻孔的最小深度根据《混凝土结构后锚固技术规程 JGJ145-2004》的规定,受拉钢筋植筋锚固最小深度为 $21d$,受压钢筋植筋锚固最小深度为 $19d$ 。

钻孔时如果植筋位置与原结构钢筋发生冲突时应对植筋位置进行微调,以避免损伤结构钢筋。

③ 清孔

钻孔深度经监理工程师检验合格后,先用钢丝刷和软毛刷清理孔洞内的软弱体,再吹净孔洞内的浮灰,并用丙酮反复清洗孔洞,去除杂质及有机质,以保证植筋强度及质量。

④ 配置植筋胶

植筋胶已经有厂家按比例配好,进场后复试合格后可直接使用。

⑤ 植筋钢筋加工

按图纸要求切割钢筋,切割前必须核对钢筋种类、型号。钢筋切割采用无齿锯。切割完毕后,用角磨机磨除植筋所需长度上的钢筋外表面的浮锈,再用丙酮擦洗钢筋以清除钢筋外表的油脂及污物,并在植入端做好标记。

⑥ 钢筋的植入

植筋钢筋加工完毕后,向植筋孔内注入植筋胶,植筋胶注入量为钻孔体积的 $2/3$ 为宜,并用结构胶涂抹钢筋表面。然后将钢筋轻轻送入孔内,用手锤敲击,直至孔内有胶体反出,钢筋进入长度不在变化为止。

⑦ 养护

钢筋植入后,不得受到任何扰动,现场需派专人看护,直到植筋胶固化为止。植筋胶的固化时间与温度有关,参照施工所选用植筋胶说明书,养护至相应的固化时间。

⑧ 强度检验

待植筋胶固化后,需对植好的钢筋进行拉拔试验检验其强度,强度满足要求方可进行下道工序施工。同规格,同型号,基本相同部位的钢筋组成一个检验批。抽取数量按每批锚 栓总数的 1% 计算,且不少于 3 根。

植筋强度在原位检查,进行非破坏性拉拔试验。非破坏性检验荷载下,以混凝土基材无裂缝、植筋无滑移等宏观破损现象,且 2min 持荷期间荷载降低 $\leq 5\%$ 时为合格。

(3) 站台板下墙及柱钢筋调直、焊接接长

站台板下墙、柱主筋均为结构底板施作时预留,有遗漏位置进行植筋。如存在不直的部分,还需要进行调直。由于墙、柱主筋预埋高度不够,钢筋接头采用焊接,焊缝长度满足设计要求,即单面焊的焊接长度不小于 $10d$,并且焊接接头应按要求错开。

(4) 站台板脚手架及模板安装

站台板模板垂直支撑选用碗扣式满堂红脚手架,立杆顶端加可调顶托,以便调整模板高程。立杆采用 $48 \times 3.5\text{mm}$ 钢管,间距 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$,横杆间距为 1.2m ,本工程车站站台板下平均净高 1.4m ,因此设置两道横杆;每隔 4.8m 设置一道剪刀撑;扫地杆距地面 0.2m 。在顶托上设置 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的方木作为主龙骨,在主龙骨上铺设 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 间距 600mm 的方木作为次龙骨,次龙骨上铺设厚 18mm 木模板。站台板上梁位置模板用 18mm 厚竹胶板切割拼装,在竹胶板背后钉 200mm 间距 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的方木为次龙骨,同样次龙骨铺设在主龙骨上,梁位置的底模标

高由可调顶托调节,站台板模板构造示意图如图6所示。

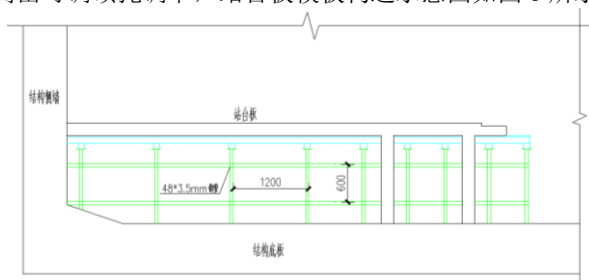


图6 站台板模板构造示意图

3.1.2 小西沟站站台板施工

站台板施工工序,除不需要预留墙体及柱子钢筋调直及焊接外,其他主要工序均同育知路地铁站站台板施工。

3.2 轨顶风道施工

3.2.1 育知路站轨顶风道施工

轨顶风道施工工序流程图如图7所示。

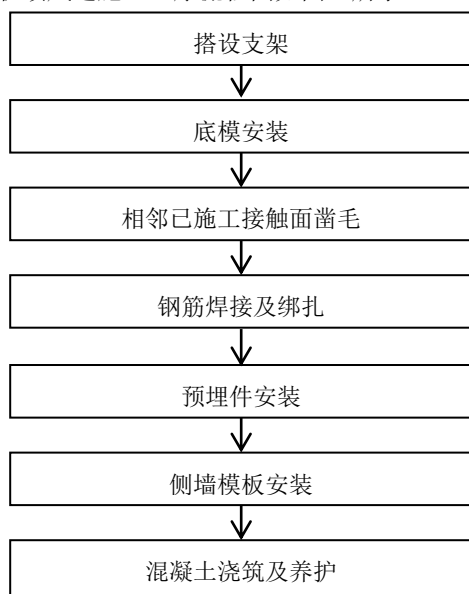


图7 轨顶风道施工工序流程图

涉及到的主要施工工序描述如下:

(1) 相邻已施工接触面凿毛处理

轨顶风道施工前,完成侧墙与中板交接处的混凝土凿毛及清理,测量放线完成。

(2) 轨顶风道侧墙的预留钢筋调直、焊接接长

轨顶风道侧墙主筋为主体结构中板施作时进行预留,如存在不直的部分,还需要进行调直。由于主筋预埋高度不够,钢筋接头采用焊接,焊缝长度满足设计要求,并且焊接接头应按要求错开。

(3) 轨顶风道脚手架及模板安装

轨顶风道模板垂直支撑选用碗扣式满堂红脚手架,立杆顶端加可调顶托,以便调整模板高程。立杆采用48*3.5mm钢管,间距1.2m×1.2m,横杆间距为1.2m,本

工程车站轨顶风道下平均净高3.4m,因此设置四道横杆;每隔4.8m设置一道剪刀撑;扫地杆距地面0.2m。采用一次浇筑,轨顶风道侧墙浇筑至中板底标高处,待混凝土强度达到设计要求后,再行搭设轨顶风道内部支撑体系浇筑中板。轨顶风道底板模板采用18mm厚胶合板,次龙骨采用100×100mm方木(间距600mm),主龙骨采用100×100mm方木(间距1200mm)。侧墙模板采用18mm胶合板进行拼装,侧墙次龙骨采用100×100mm方木间距300mm,主龙骨采用双拼48*3mm钢管间距600mm,拉杆采用M16对拉螺栓,间距600mm。轨顶风道模板构造示意图如图8所示。

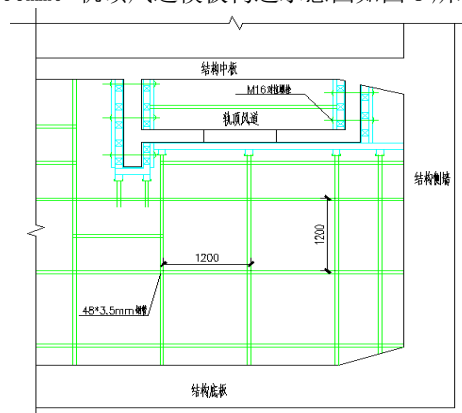


图8 轨顶风道脚手架及模板安装构造示意图

3.2.2 小西沟站轨顶风道施工

轨顶风道施工工序,除不需要预留钢筋调直及焊接外,其他主要工序均同育知路站轨顶风道施工。

4 效果分析

4.1 工期缩短了

与主体结构同步施工相比于主体结构模架拆后再行施工,按照同等规模的侧式车站施工,累计工期缩短19天,也能尽快给铺轨及其他专业施工队伍创造作业面。

4.2 安全

与主体结构同步施工相比于主体结构模架拆后再行施工具有的优越性:

(1) 敞开式作业环境下,灰尘少、视线好,更利于工人身心健康;

(2) 减少了一次模板及支架拆除作业,降低了一次高处作业安全风险;

(3) 无需对预留站台板构造柱及墙体的主筋进行焊接施工作业,减少了用电安全隐患;

(4) 无需与车站内风水电、装修及其他施工队伍交叉作业,降低了交叉作业安全隐患。

4.3 质量

与主体结构同步施工相比于主体结构模架拆后再行施工具有的优越性:

(1) 提高了主体结构及二次结构整体质量;

(2) 轨顶风道混凝土浇筑,无需通过中板的预留孔

表 3 成本降低统计表

序号	成本类型	计算说明	成本金额（元）	备注
1	侧墙及构造柱钢筋焊接接长的钢筋原材料成本	采用单面焊 10d，站台板的侧墙主筋 $\Phi 12$ 为 $1119 \times 2 \times 4 = 8952$ 根，累计长度 1074.24 米、合计 0.95t，站台板的构造柱主筋 $\Phi 14$ ，每个柱 8 根，共 96 个柱子，共 768 根，累计长度 107.52 米、合计 0.13t；轨顶风道侧墙主筋 $\Phi 14$ 为 $788 \times 2 \times 2 = 3152$ 根，累计长度 441.28 米、合计 0.53t；累计 1.61t	按照 4000 元/t 考虑，需要 6440 元	
2	侧墙及构造柱钢筋焊接接长的人工成本	采用单面焊 10d，站台板的侧墙主筋 $\Phi 12$ 为 $1119 \times 2 \times 4 = 8952$ 根，站台板的构造柱主筋 $\Phi 14$ ，每个柱 8 根，共 96 个柱子，共 768 根；轨顶风道侧墙主筋 $\Phi 14$ 为 $788 \times 2 \times 2 = 3152$ 根；累计 12872 根，一个焊工一天焊接 100 根，需要 129 个工日	按照一个焊工一工日 400 元/天，需要 51600 元	
3	支架的二次搭设与拆除材料租赁费	站台板立杆单根长度 1.2m、横杆单根长度 7.2m、剪刀撑单根长度 4.6m，立杆共 $141 \times 9 \times 2 = 2538$ 根，横杆共 $141 \times 2 \times 2 = 564$ 根，剪刀撑共 $36 \times 2 \times 2 = 144$ 根，站台板脚手架长度合计 $1.2 \times 2538 + 7.2 \times 564 + 4.6 \times 144 = 7768.8$ 米；轨顶风道立杆单根长度 3.45m、横杆单根长度 4.5m、剪刀撑单根长度 6.1m，立杆共 $99 \times 5 \times 2 = 990$ 根，横杆共 $99 \times 4 \times 2 = 792$ 根，剪刀撑共 $26 \times 2 \times 2 = 104$ 根，站台板脚手架长度合计 $3.45 \times 990 + 4.5 \times 792 + 6.1 \times 104 = 7613.9$ 米	支架材料租赁费按每米每天 3.5 分考虑，租赁时间按 50 天、材料周转一次进行考虑，需要 $15382.7 \times 50 \times 0.035 = 26919.725$ 分 = 2692 元	
4	支架的二次搭设与拆除人工费	站台板脚手架搭设每仓 5 人/天、拆除及清理每仓 3 人/天，轨顶风道脚手架搭设每仓 5 人/天、拆除及清理每仓 3 人/天，累计需要木工数量为 $(5+3) \times (8+6) = 112$ 工日	按照一个木工 300 元/天考虑，需要 33600 元	
5	制作主体结构中板预留 150*150mm 浇筑孔洞的木盒成本	按纵向间距 5 米/个、横向每个断面 4 个，按照 118 米考虑，则需要 100 个，一天 1 个木工顶多制作 10 个木盒考虑，需要 10 个工；（模板使用剩余的废旧模板，此处暂不考虑模板成本）	按 1 个木工一天 300 元考虑，需要 3000 元	
6	主体结构中板预留浇筑孔洞拆除木盒模板及浇筑成本	1 个木工，需拆除 2 天；做孔洞封口模板及浇筑混凝土，2 个木工，需 4 天	按 1 个木工一天 300 元考虑，需要 3000 元	
7	材料运输成本	按每仓多花 5 个工日，按照站台板 8 仓、轨顶风道 6 仓计算	按照普工每人 200 元/天考虑，需要 $200 \times 5 \times (8+6) = 14000$ 元	
8	管理费成本	按 10 个人、1 人 10000 元/月、工期 1 个月考虑	需要 100000 元	

洞下放砣，保证了砣质量；

（3）主体结构中板无需预留浇筑孔洞，钢筋无需断开，后期不需要单独封孔洞，保证了结构中板的整体性；

（4）站台板立柱、墙体及轨顶风道墙体钢筋无需焊接，提高整体性。

4.4 成本降低了

与主体结构同步施工相比于主体结构模架拆后再行施工，按照同等规模的侧式车站施工，累计节约成本为 214332 元，具体如表 3 所示。

累计成本：

$$C = 6440 + 51600 + 2692 + 33600 + 3000 + 3000 + 14000 + 100000 = 214332 \text{ 元} \quad (4-1)$$

5 结论

育知路站的站台板及轨顶风道采用在主体结构全部施工完成、模板支架拆除后再进行施工，小西沟站的站台板及轨顶风道采用连同主体结构同步施工。通过对以往两个车站的站台板、轨顶风道施工顺序安排进行对比，我们发现二次结构连同主体结构同步施工，其视线好，减少了

用电、交叉作业、高处作业等安全隐患，更利于工人身心健康，同时，提高了主体结构及二次结构整体性，保证了工程质量。按照同等规模的侧式车站施工，缩短工期 19 天，节约成本 214332 元，研究表明站台板、轨顶风道与主体结构同步施工明显优于主体结构模架拆后再行施工，对今后类似工程施工提供了良好的借鉴。

【参考文献】

- [1] 丁睿. 地铁车站装配式二次结构技术探索[J]. 建筑科技, 2021, 5(04): 63-65.
 - [2] 中华人民共和国建设部. 混凝土结构后锚固技术规范: JGJ145-2004[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004: 89-91.
 - [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范: JGJ166-2016[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016: 24-28.
- 作者简介: 翁发林 (1991.5-) 男, 汉族, 江西吉安, 中级职称, 一级建造师、注册安全工程师, 主要从事市政工程施工及技术管理工作。