

Economic Analysis of Construction Techniques for Sinking Well Method and Inverted Wall Method

Feiyun Ma

Tianyou Beijing Railway Engineering Construction Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

With the rapid development of urban construction, power, gas, water conservancy and other pipeline networks have entered the ground one after another, and the number of underground pipeline projects crossing railways is gradually increasing. The non excavation pipe jacking construction technology, which has high construction efficiency, minimal land acquisition and demolition, low environmental pollution, and little impact on railway operation, is widely used in urban underground pipeline engineering. The paper selected two river alluvial terraces for railway pipe jacking projects. Starting from the similarity of geological and hydrogeological conditions, a comprehensive technical and economic analysis was conducted on the use of different construction methods for working well construction in terms of technology, construction period, cost, and other aspects. The advantages and disadvantages of using the sinking well method or the hanging wall method for construction were explored, and practical experience, solution ideas, and reliable suggestions were provided from different perspectives for the selection of similar engineering projects and investment decisions.

Keywords

railway pipe jacking; working well; caisson method; hanging upside down wall method; technical and economic analysis

沉井法与倒挂井壁法施工技术经济分析

马飞云

天佑京铁工程建设有限公司, 中国·河北 石家庄 050000

摘要

随着城市建设的快速发展, 电力、燃气、水利等管网纷纷入地, 地下管线穿越铁路的项目逐渐增多。施工效率高、征地拆迁少、环境污染小、对铁路运营影响不大的非开挖顶管施工技术被广泛应用于城市地下管道工程中。论文选取了两个河流冲积阶地穿越铁路顶管工程, 从地层岩性及水文地质条件的相似性出发, 在工艺、工期、造价等多个层面上, 对其采用不同施工方法进行工作井施工做了充分的技术经济分析, 探究采用沉井法或倒挂井壁法施工的各自优缺点, 从不同角度为类似工程项目的方案选择和投资决策等提供实践经验、解决思路及可靠建议。

关键词

铁路顶管; 工作井; 沉井法; 倒挂井壁法; 技术经济分析

1 引言

工作井施工在整个顶管工程中至关重要, 它是工程能够顺利实施的第一个关键步骤。工作井为顶进设备进行安装和拆卸提供了空间, 为顶进完成后进行管道组装和连接创造了条件。工作井采用的结构形式、施工方法、对周围地层的变形控制等都对其施工质量有着重要影响。因此, 工作井只有采用合适的施工工艺、合理的工程造价才能保证良好的施工质量, 保证顶管工程的安全和稳定。

论文选取了两个河流冲积阶地穿越铁路顶管工程, 从地层岩性及水文地质条件的相似性出发, 在工艺、工期、造

价等多个层面上, 对其采用不同施工方法进行工作井施工做了充分的技术经济分析, 探究采用沉井法或倒挂井壁法施工的各自优缺点, 从不同角度为类似工程项目的方案选择和投资决策等提供实践经验、解决思路及可靠建议。

2 顶管项目概况

2.1 项目一

某地对流经城市的河流进行生态综合治理, 拟新建污水处理厂中水管网并沿河敷设, 中水管为 DN1000mm 焊接钢管, 实际工作压力为 0.64MPa, 拟定的穿越铁路里程为平定下行线 K1+662.1 和平定上行线 K1+392.87, 管道中心与平定下行线铁路夹角为 57.2° , 与平定上行线夹角为 58.3° , 穿越时采用 $1-\phi 1.55\text{m}$ 铁路钢筋混凝土管进行防护。本项目采用了沉井法施工工艺。

【作者简介】马飞云 (1989-), 男, 中国河北石家庄人, 本科, 工程师, 从事工程建设技术与经济研究。

2.2 项目二

为解决城区燃气用气需求,某地计划增设城区天然气中压管网,根据管线规划,总体管线走向与锦承铁路交叉,交叉处铁路里程为 K343+590,管线中线与铁路中线交角为 90°,穿越处天然气管道管径为钢管 D426mm,设计压力为 0.4MPa,穿越时采用 1-φ 1.55m 铁路钢筋混凝土管进行防护。本项目采用了倒挂井壁法施工工艺。

3 沉井法与倒挂井壁法技术经济分析

3.1 工艺方面

3.1.1 沉井法工艺特点

沉井结构使用的机械设备简单、实用、常见,不需考虑井内是否排水才能施工的问题,能更好地适应不同地质和复杂地形;当场地狭小受限时,沉井法施工对周围建筑物和构筑物的影响较小;但其施工技术和质量要求较高、施工工序较多。

3.1.2 沉井法施工重点:沉井下沉

沉井下沉时应勤观测、勤分析,应重点关注其水平和垂直度。如果沉井超出水平和垂直度的合理阈值,发生偏移、扭转等偏差时,要第一时间分析数据、查找原因,采取有效的纠偏手段,实际施工时,经常采取对一侧压重、不对称取土、对单侧地面加压等措施进行纠偏。基坑开挖不断深入,地面逐渐下降,当井身自重小于摩擦阻力时,可为其增加重量,使其沉至设计标高。

3.1.3 倒挂井壁法工艺特点

倒挂井壁结构中,钢格栅、钢筋网、注浆锚杆、连接钢筋等焊接成一体,共同抵挡井壁四周土体的侧向压力及地面传递的荷载作用力,与达到设计强度的喷射混凝土形成联合护壁,大大提高了工作井支护的稳定性能,能够起到有效的止水作用,能防止井壁四周的土体流失,整体施工难度不大,易于实现,能节约工期。

3.1.4 倒挂井壁法施工重点:喷射混凝土

喷射混凝土前应首先检查开挖断面尺寸,确认是否满足设计要求,要用高压风充分清理坑面的表层浮土,重点是与上一根钢格栅相连接的位置,应将上次喷射混凝土时的回弹料清扫干净,同时应埋设标志来控制混凝土的喷射厚度。喷

射混凝土时应按照自下而上的顺序分层、分段地依次进行。钢格栅的混凝土要先喷,然后喷射其之间的混凝土,一次喷射厚度不应超过 10cm,分次喷足、喷满,直至达到设计厚度。每次喷射之前,都应将上次喷射的接茬处进行凿毛处理,及时清扫表面附土,保证接茬部位混凝土的内部密实、表面平整。终凝 2h 后,要及时喷水养护,每次喷水时间间隔为 4~8h。

3.2 工期方面

3.2.1 沉井法主要施工工序及工期

沉井法施工工序如下:①开挖基坑表面、施作混凝土垫层;②搭建脚手架、立内侧模板;③绑扎钢筋、安设预埋件;④立外侧模板;⑤浇筑井身混凝土;⑥混凝土养护,直至设计强度;⑦工作井开挖;⑧沉井下沉,直至设计标高;⑨封底施工。本项目工程实践中,沉井法施工工作井主要规格为:8×5×8.25m(长×宽×深),井壁厚度为 0.75m,最终工期为 25 天。

3.2.2 倒挂井壁法主要施工工序及工期

倒挂井壁法施工工序如下:①开挖至井圈底设计标高后,支模板、绑钢筋、安设下部连接钢筋、浇筑混凝土并养护至设计强度;②在逐步向下开挖时,坚持一半断面开挖锚喷、一半断面作为支撑,挖深间隔建议 0.5~0.8m,交替进行直至设计井底标高;③开挖土方后应立即打设注浆锚杆并注浆,锚杆与井壁成 15°~20°,注浆压力建议 0.2~0.3MPa,然后安装钢筋网、钢格栅,用连接钢筋将其焊牢,再喷射混凝土至设计厚度;④开挖至设计标高后,要清扫井底,铺设混凝土垫层后,再浇筑底板。本项目工程实践中,倒挂井壁法主要规格为:8×5×6.68m(长×宽×深),井壁厚度为 0.4m,最终工期为 15 天。

3.3 造价方面

3.3.1 造价分析主要编制依据

《铁路基本建设工程设计概(预)算编制办法》《铁路基本建设概(预)算费用定额》《铁路工程材料基期价格》《铁路工程施工机具台班费用定额》《铁路路基工程概(预)算定额》、施工项目设计图纸及项目所在地施工当月的主要材料信息价格等资料。

2.3.2 沉井法及倒挂井壁法工程造价分析

沉井法及倒挂井壁法工程造价分析如表 1、表 2 所示。

表 1 沉井法工作井造价分析表

单价编号	工作项目或费用名称	单位	数量	费用(元)	
				单价	合价
	①井壁				171779
QY-282	重力式钢筋混凝土沉井 井身混凝土	10m ³	18.34	906.26	16621
400000003	C35 混凝土	m ³	183.4	400	73360
400000004	泵送混凝土	m ³	183.4	20	3668
QY-290	沉井钢筋 陆上	t	23.82	3280.03	78130
	②封底及底板				22694
QY-886	垫层 混凝土	10m ³	1.2	346.59	416
400000001	C15 混凝土	m ³	12	350	4200

续表 1

单价编号	工作项目或费用名称	单位	数量	费用(元)	
				单价	合价
400000004	泵送混凝土	m ³	12	20	240
QY-308	陆上沉井封底 水下混凝土	10m ³	2.25	769.36	1732
400000002	C25 混凝土	m ³	22.5	370	8325
400000004	泵送混凝土	m ³	22.5	20	450
QY-290	沉井钢筋 陆上	t	2.235	3280.03	7331
	③后背梁				12655
QY-789	顶进框架式桥涵 后背梁 混凝土	10m ³	1.5	456.13	684
400000002	C25 混凝土	m ³	15	370	5550
400000004	泵送混凝土	m ³	15	20	300
QY-947	陆上 机械拆除钢筋混凝土	10m ³	1.5	1077.5	1616
LY-97	≤ 2.0m ³ 挖掘机装车 次坚石	100m ³	0.15	174.26	26
LY-120	≤ 15t 自卸汽车运 次坚石运距 ≤ 1km	100m ³	0.15	543.34	82
LY-121*4	≤ 15t 自卸汽车运 次坚石增运 1km	100m ³	0.15	573.27	86
QY-790	顶进框架式桥涵 后背梁 钢筋	t	0.815	3099.81	2526
QY-792	顶进框架式桥涵 后背梁 钢构安拆	t	1.413	1262.96	1785
	④洞口加强				2171
QY-224	钢护筒埋设 桩径 > 3.0m	t	0.12	7856.68	943
QY-918	一般焊接结构	t	0.301	4079.88	1228
	⑤土方				66817
QY-301	陆上沉井下沉 起重机配抓土斗硬土	100m ³	5.5	11270.6	61988
QY-37	基坑回填 原土	10m ³	24.6	97.5	2399
LY-14	≤ 2.0m ³ 挖掘机装车 硬土	100m ³	3.04	138.18	420
LY-32	≤ 15t 自卸汽车运土 运距 ≤ 1km	100m ³	3.04	294.28	895
LY-33*4	≤ 15t 自卸汽车运土 增运 1km	100m ³	3.04	366.89	1115
	一、定额直接工程费	元			276116
	三、价差合计	元			36209
	五、施工措施费	%	87012	7.2	6265
	七、间接费	%	87012	44.2	38459
	八、税金	%	357049	9	32134
	九、单项概算价值	元			389183

表 2 倒挂井壁法工作井造价分析表

单价编号	工作项目或费用名称	单位	数量	费用(元)	
				单价	合价
	①井圈				14924
PY-67	大口井及沉井 井壁混凝土	10m ³	1.69	1446.88	2446
400000002	C25 混凝土	m ³	16.9	370	6253
400000004	泵送混凝土	m ³	16.9	20	338
PY-89	大口井及沉井钢筋	t	1.772	3322.36	5887
	②井壁及底板				124045
SY-84	喷射普通混凝土	10m ³	7.84	4715.26	36967
400000002	C25 混凝土	m ³	78.4	370	29008
SY-90	钢筋网	t	3.445	3767.96	12980
SY-91	格栅钢架	t	10.372	4347.27	45090
	③后背梁				12131
QY-789	顶进框架式 后背梁 混凝土	10m ³	1.2	456.13	547
400000002	C25 混凝土	m ³	12	370	4440

续表 2

单价编号	工作项目或费用名称	单位	数量	费用(元)	
				单价	合价
400000004	泵送混凝土	m ³	12	20	240
QY-947	陆上机械拆除钢筋混凝土	10m ³	1.2	1077.5	1293
LY-97	≤ 2.0m ³ 挖掘机装车 次坚石	100m ³	0.12	174.26	21
LY-120	≤ 15t 自卸汽车运 运距≤ 1km	100m ³	0.12	543.34	65
LY-121*4	≤ 15t 自卸汽车运 增运 1km	100m ³	0.12	573.27	69
QY-790	顶进框架式桥涵 后背梁 钢筋	t	0.564	3099.81	1748
QY-792	顶进框架式桥涵 后背梁 钢构安拆	t	2.936	1262.96	3708
	④洞口加强				31116
SY-90	钢筋网	t	3.993	3712.38	14824
QY-918	一般焊接结构	t	3.993	4079.88	16292
	⑤临时支撑				6302
FY-346	大型支撑安装基坑宽 15m 以内	t	6.91	603.85	4172
FY-347	大型支撑拆除 基坑宽 15m 以内	t	6.91	308.28	2130
	⑥注浆止水				129242
SY-93	钻孔 小导管	100m	1.34	2300.2	3082
SY-97	注水泥 - 水玻璃浆	10m ³	19.5	6469.77	126160
	⑦土方				42595
QY-301	陆上沉井下沉起重机配抓土斗硬土	100m ³	3.5	11270.6	39447
QY-37	基坑回填 原土	10m ³	20	97.5	1950
LY-14	≤ 2.0m ³ 挖掘机装车 硬土	100m ³	1.5	138.18	207
LY-32	≤ 15t 自卸汽车运土 运距≤ 1km	100m ³	1.5	294.28	441
LY-33*4	≤ 15t 自卸汽车运土 增运 1km	100m ³	1.5	366.89	550
	一、定额直接工程费	元			360355
	三、价差合计	元			21117
	五、施工措施费	%	112000	7.2	8064
	七、间接费	%	112000	44.2	49504
	八、税金	%	439040	9	39514
	九、单项概算价值	元			478554

4 结语

从安全和节约投资的角度看,沉井法安全性更高、造价更低。

从工期的角度看,倒挂井壁法更能加快施工进度。

从建设单位的角度看,根据不同的需求选择确定不同的施工方法,为今后的投资决策提供了更有说服力的实际案例。在面对不同方案选择时,提供了一个很好的解决方法和思路,能在一定程度上指导实践,值得探究推广。

从施工单位的角度看,根据不同的要求在施工中确保技术水准和施工质量,针对容易出现、反复出现的安全问题进行预判,制定切实可行的预案能避免增加整体工程造价。

参考文献

- [1] 肖辉.工程造价在桩基工程技术方案选型中的应用[J].建筑技术开发,2022(7):49.
- [2] 油芳芳.顶管施工中工作井支护方法与造价对比分析[J].江西建材,2022(8):3.
- [3] 舒小龙.平原地区铁路桥梁采用大直径管桩或钻孔灌注桩经济性对比研究[J].铁路工程造价管理,2020,35(6):42-45.
- [4] 何海江.顶管工作井施工工法在北京高水位地区的选择[J].冶金丛刊,2019(4):4.
- [5] TB 10001—2017 铁路桥涵设计规范[S].
- [6] TB 10093—2017 铁路桥涵地基和基础设计规范[S].