

成都地铁6号线建设中的市政管线迁改设计

靳云辉, 秦川, 郝静, 朱方毅, 戴红
(中国市政工程西南设计研究总院有限公司, 四川 成都 610081)

摘要: 地铁建设会导致既有市政管线的迁改,市政管线具有管网数量多、服务范围广、埋设深、管径大、迁改难度高等特点。结合成都地铁6号线一、二期工程,对地铁管线迁改工作思路、基本方法、迁改基本原则进行分析;探讨了市政管线常用施工措施如明挖、支护开挖、顶管、拖拉法及泥水盾构等的适用条件;介绍了地铁6号线典型管线设计思路,提出设置出入口位置或改变其出口爬坡形式避让埋设深排水管、排水管道合理改渠道等各种方法。

关键词: 市政管线; 永久迁改; 临时迁改; 悬吊保护; 顶板敷土; 出入口

中图分类号: TU99 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)02-0050-06

Design of Municipal Pipeline Reconstruction during Subway Construction of Chengdu Metro Line 6

JIN Yun-hui, QIN Chuan, HAO Jing, ZHU Fang-yi, DAI Hong

(Southwest Municipal Engineering Design and Research Institute of China, Chengdu 610081, China)

Abstract: Subway construction would lead to the reconstruction of municipal pipeline. In the process of municipal pipeline reconstruction, many difficulties including large number of pipelines, wide spectrum of services, laying depth and large-diameter pipes would encountered. Took the first and second phase projects of Chengdu metro line 6 as an example, the reconstruction ideas, basic approach and principles were analyzed in this paper. And then, the application conditions of construction measures, such as open cut, braced excavation, pipe-jacking, drag method and slurry type shield were discussed as well. The typical design method of line 6 was introduced. And the methods of setting up the passageway location or form to avoid the laying of deep drain pipe, the drainage pipe and changing the channel reasonably were put forward.

Key words: municipal pipeline; permanent reconstruction; temporary reconstruction; suspension protection; roof covering; passageway

近年来,全国各大城市地铁建设如火如荼,地铁建设将不可避免地对现状及规划市政管线建设、运行和维护带来影响。市政管线,尤其是给排水管线具有管网数量多、服务范围广、埋设深、管径大等特点,在地铁建设过程中出现的问题较多,迁改难度较大^[1]。

1 地铁管线迁改的总体工作思路

1.1 地铁管线迁改的基本概况

以成都地铁建设为例,成都市规划管理技术规

定:城市公共开敞空间的地下建(构)筑物,其顶板上覆土 ≥ 2 m,同时应满足有关市政管线的敷设要求^[2]。目前成都地铁车站长度通常为250~500 m;车站间距在城市中心区和居民稠密地区为1 km,在城市外围区为2 km;车站顶板覆土厚度普遍为3~3.5 m,区间覆土通常为10~20 m。

地铁车站的施工方法有明挖法、盖挖法、暗挖法^[3]。明挖及盖挖法施工的车站及区间与大量市政管线冲突,需在施工期间进行前期管线迁改或保

护。此外车站风井、出入口、盾构施工始发井、接收井及盾构加固段、牵引变电站及勘察钻孔作业区也存在大量管线迁改工作^[4]。

1.2 市政管线与地铁车站埋深之间的相互关系

以成都市道路下市政管线平面位置及埋设深度为例来进行说明,敷设于道路下的各种地下工程管线,由道路红线向道路中心线方向平行布置通常按下列顺序排列。道路西(南)侧为电力、给水、雨水;道路东(北)侧为燃气、电信、污水。

各种管线的平面布置、埋设深度及迁改特点如表1所示。

表1 市政管线平面布置、埋设深度及迁改特点^[2,4]

Tab. 1 Plan layout, laying depth and reconstruction characteristics of municipal pipeline

管线	道红宽度/m	布置形式	性质	埋深/m	迁改特点
污水	≥50	双侧	重力流	3~9	埋设深度大,施工风险及费用高
	<50	单侧			
雨水	≥50	双侧	重力流	2.5~5	管径较大,施工期间需保证雨水过流能力
	<50	单侧			
给水	≥30	双侧	压力流	1.2~3.5	输水管停水居民影响较大,需保证消防用水
	<30	单侧			
燃气	≥30	双侧	压力流	1.2~2	施工期间安全风险较高
	<30	单侧			
电力	≥30	双侧		0.7~2	造价较高避免多次迁改
	<30	单侧			
通信	≥50	双侧		0.7~2	产权单位较多,协调困难
	<50	单侧			

由表1可知,市政管线自地面向下排列的顺序宜为:电力管线、电信管线、燃气管线、给水管线、雨水管线、污水管线。给排水管线与其他市政管线相比具有管径较大、埋设较深、范围较广的特点^[2]。给水管,除配水管以外,输水管径≥1400mm其最小埋设深度已达到3m。污水管埋设深度较大,通常市政道路下污水管埋深>3m,少量支路支管道和地块污水预留支管埋深<3m。雨水管管径较大,据统计,成都市内现状雨水管超过35%埋深>3m。雨污水管大多为重力流管道,受排水方向、上下游管道及支管标高控制,极大地增加了迁改难度。燃气、电力、通信管线由于埋深较浅,在管线迁改过程中可根据实际情况灵活调整。

管线迁改设计过程中不但要结合现场实际情况,还要遵循以下避让原则^[5]:压力管线让重力自流管线,可弯曲管线让不可弯曲管线,分支管线让主

干管线,小管径管线让大管径管线,临时管线让永久管线,工程量小管线让工程量大管线,协调工作容易管线让协调工作困难管线。

1.3 地铁管线迁改的基本方法

地铁建设期间管线迁改方式主要分为永久迁改、临时迁改和悬吊保护^[6]。

1.3.1 永久迁改

永久迁改是指将与地铁车站主体顶板、附属出入口风井或区间高程有冲突的地下管线迁建至影响范围以外的迁改方式。以成都地铁6号线为例,车站主体顶板覆土通常为3~3.5m。这就不可避免地导致大量覆土深、管径大的给排水管线需要永久迁改至车站主体以外,此外与出入口和风井有冲突的市政管线也需要永久迁改,如图1所示。

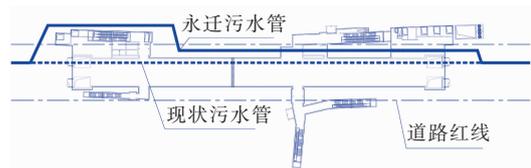


图1 永久管线迁改示意图

Fig. 1 Schematic diagram of pipeline permanent reconstruction

1.3.2 临时迁改

临时迁改是将位于车站主体或附属结构上方的市政管线临时迁建至主体或附属外侧,待主体或附属封顶后原位还建的迁改方式。地铁车站的设置通常沿市政道路布置,地铁6号线车站外轮廓宽度通常是21~24m,主体围护桩1.2m,6号线沿线道路红线宽度为30~50m,因此敷设于道路上的市政管线如给水管、燃气管通常考虑临时迁改至主体外侧,永久还建于车站主体上方,如图2所示。

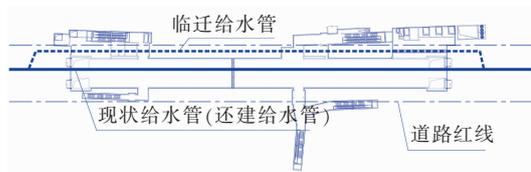


图2 临时管线迁改示意图

Fig. 2 Schematic diagram of pipeline temporary reconstruction

1.3.3 悬吊保护

地铁车站主体或附属施工期间,对于横跨基坑的市政管线,由于工期、造价以及技术无法临时或永久迁改,需要采取悬吊保护(原位换管)等方式^[4]。不同的市政管线悬吊保护方式不同,对于通信和电力管线则直接破除原有管沟对电力和通信线进行悬

吊保护,而给排水管和燃气管需要更换原有管道材质为钢管后进行悬吊保护^[7]。悬吊保护可以减少管线迁改工程量,缩短地铁前期施工周期;然而横跨基坑管线数量的增加,不但给基坑本身施工带来不便,同时也造成悬吊管线运行存在风险。悬吊方式见图3。

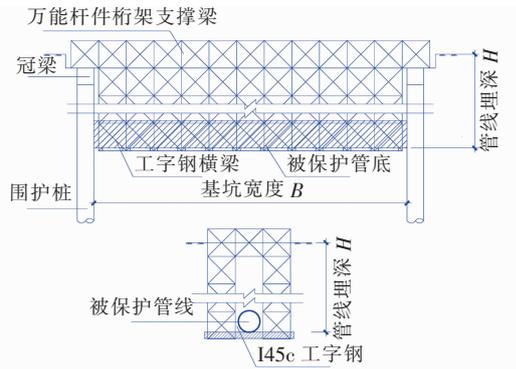


图3 悬吊保护示意图

Fig.3 Schematic diagram of pipeline suspension protection

2 地铁管线迁改的设计原则

市政管线的迁改应结合地铁车站及区间本身特点、施工组织安排、交通疏解顺序综合考虑,不但要保证地铁管线迁改施工进度、施工安全风险,而且要考虑市政管线正常运行、节省工程投资等。

2.1 给水管线

给水管线的迁改设计首先要从地铁车站平面与现状给水管位置进行分析,保证地铁建设期间供水安全及维护方便,同时兼顾基坑施工安全。管径 ≥ 800 mm 给水管一旦爆管将对地铁车站基坑造成极大风险。①管径 ≥ 600 mm 给水管尽量一次迁改到位,管径 $\geq 1\ 400$ mm 给水管可根据需要调整车站附属,尽量不迁改;②严格控制给水管管径与最小覆土的关系,通常管径 600~800、1 000~1 200、1 400~1 600、1 800~2 000 mm 的给水管最小覆土需分别保证 1.0、1.4、1.6、2 m,这成为车站主体或附属顶板是否预留管廊的重要控制因素;③市政道路较窄时,可根据现场条件临时废除 DN300 及以下配水管,但需保证道路两侧用户供水及消防;④横跨基坑的给水管需更换为钢管。

2.2 排水管线

①雨污水管线的临迁或永迁不能改变原有排水系统规模、流向和汇流范围,若需改变应对下游排水过流能力进行复核,永久迁改的雨污水管线应符合

规划要求^[4];②为减少排水管线迁改工程量,对于市政道路起端排水管线可在没有转输流量汇入情况下施工期间临时废除;③排水管线埋设较深时,地铁车站附属需根据管道埋深进行调整,例如出入口提前爬坡等;④横跨基坑的排水管需采用钢管。

2.3 燃气管线

①管径 ≥ 400 mm 燃气管尽量不迁改或者一次迁改到位;②燃气管属于高风险源管线,施工期间不适合长距离悬吊,通常 < 60 m,当 ≥ 60 m 时建议临时迁改;③横跨基坑的燃气管需更换为钢管。

2.4 通信管线

①通信管线尽量一次迁改到位,多次迁改接线繁杂且费用较高;②通信空沟可在基坑施工期间临时废除,车站封顶后原尺寸原规模重建;③对于横跨基坑通信管线直接悬吊保护,位于基坑内通信管线分以下两种情况考虑:基坑外有已建通信沟时将基坑内通信线接入已建通信沟;基坑外无通信沟时,将通信线悬挂于施工围挡或车站冠梁上方悬吊保护,待车站封顶后原位重建;④对车站基坑施工有影响的通信架空线则考虑就近入沟。

2.5 电力管线

电力迁改流程较为繁杂,对 35 kV 以上的电力管线迁改审批流程特别冗长,迁改时间至少半年以上,这特别耽误地铁建设工期^[8]。①35 kV 及以上电力管线原则上不迁改,车站主体和附属结构需根据电力管线进行调整;②10 kV 及以下电力管线迁改尽量一次到位;③同 2.4 节②、③、④条。

3 地铁管线迁改施工措施分析

市政管线施工技术措施分为开挖及非开挖施工,开挖分为放坡开挖及支护开挖,非开挖有顶管、定向钻和盾构等^[9]。

放坡开挖是管线最基本的施工方式,当管线埋深较浅,距离现状建(构)筑物有足够安全施工距离时,施工开挖断面不影响道路交通和其他地下管线时可采用该方式。支护开挖是为保护管线施工和沟槽周边环境的安全,对沟槽采用的临时性支挡、加固、保护的措施,通常适用于埋设深不适合非开挖施工的给排水管线。

非开挖施工方式种类较多,地铁排水管线迁改施工中运用最广泛为顶管。顶管适用于管顶的覆土厚度 > 3 m,或者 ≥ 1.5 倍的管道外径,否则应采取相应的技术措施^[10]。6 号线排水管道顶管施工多

为人工掘进,要求管径 ≥ 800 mm。通常埋深较深,管径较大的排水管采用顶管施工。二程式拖拉法是一种较新的市政管道非开挖施工工艺,管径 $\leq 1\ 000$ mm,管材采用聚乙烯管。对于横穿道路的给水和燃气管,因管径较小,埋深较浅不适用于顶管施工时推荐采用二程式拖拉法施工。泥水加压盾构法施工,指在盾构开挖面的密封隔仓内注入泥水,通过泥水加压和外部压力平衡,以保证开挖面土体的稳定。在6号线东光站污水管道施工采用泥水盾构法,该管道埋深为9~10 m,管径为2 600 mm。地铁管线迁改施工需根据迁改管线特点、交通疏解、施工工筹安排、现场实际情况综合考虑各种施工工艺,以满足地铁建设需要。

4 成都地铁6号线管线迁改典型设计分析

4.1 巧用出入口爬坡避让污水管

6号线车站顶板敷土普遍深度为3~3.5 m,通常出入口顶板比车站主体顶板低1.5 m,所以对于埋深 > 5 m的污水管道需考虑出入口顶板降板或者

出入口提前爬坡,污水管从出入口底部通过。

建设北路站位于一环路东一段,车站顶板覆土为3.7 m,一环路现状污水管管径为 $d800$ 和 $d1\ 200$,埋深为8.3~8.7 m;建设北路污水管管径为 $d600$,埋深为8.4 m。一环路污水管扩容要求地铁站点范围内污水管迁建扩容至 $d1\ 500$,现状管道位于出入口上方,排向自北向南,需永久迁改。通过实施方案和比较方案对比,比较方案考虑主管从污水井(W2-2)横穿出入口至污水井(W1-6),出入口提前爬坡至污水管上方。但是现状雨水管(Y-1~Y-2)管径为 $d1\ 800$,埋深为4.4 m,扣除污水管管径、壁厚、出入口底板和顶板厚度,雨水管高程上无法避开出入口。推荐方案则考虑将建设北路东侧污水接入井(W1-1)后排入迁建污水管(W1-2~W1-7),从A出入口扶梯下方穿过,并在井(W1-5)处接入建设北路西侧污水。现状雨水管(Y-1~Y-2)位于出入口顶板上方,施工期间悬吊保护该管道,出入口通过雨水管后再爬坡,如图4所示。

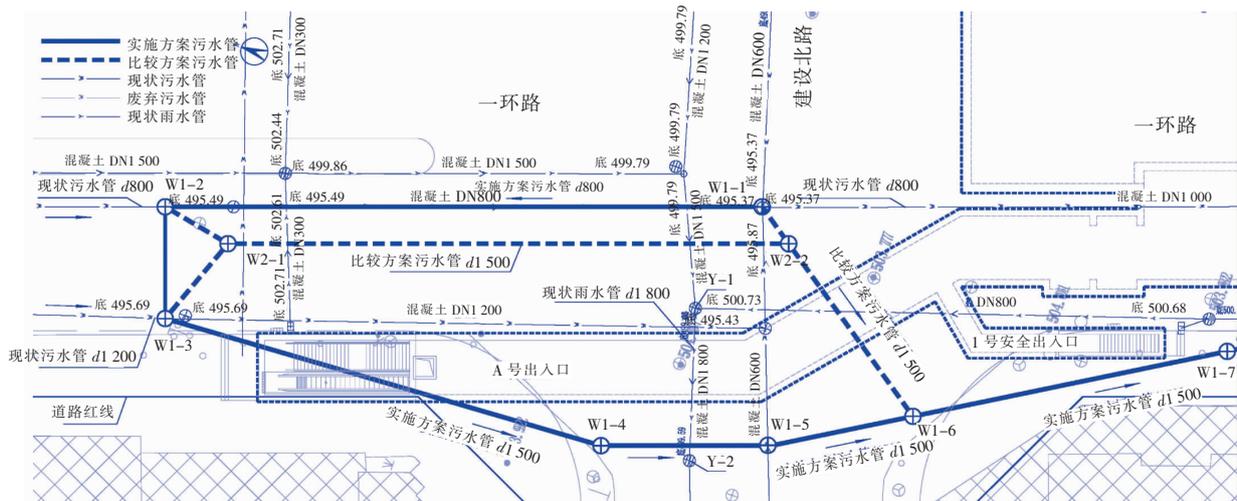


图4 建设北路站A出入口处污水管道方案

Fig. 4 Sewage pipeline scheme of passageway A of Jianshebei Road Station

牛王庙站位于一环路东四段,与地铁2号线换乘,车站顶板覆土为2.8 m,一环路现状污水管管径为 $d1\ 400$,埋深为7.4~7.8 m;现状雨水渠尺寸为 $1\ 800\text{ mm}\times 2\ 000\text{ mm}$ 及 $1\ 200\text{ mm}\times 1\ 600\text{ mm}$,埋深分别为5.4~5.5和3.5~4.5 m。一环路污水管扩容要求地铁站点范围内污水管迁建扩容至 $d1\ 800$,现状 $d1\ 400$ 污水管及 $1\ 200\text{ mm}\times 1\ 600\text{ mm}$ 雨水渠位于车站顶板上方,排向自北向南,需永迁至主体外侧。一环路现状道路红线宽度为40 m,部分路段受

历史遗留问题影响现状建筑侵入道路红线。该车站1号安全出入口处,道路红线受现状房屋影响平面空间较窄出入口无法外扩,若出入口直接爬坡则无法避开市政管道,现状 $1\ 800\text{ mm}\times 2\ 000\text{ mm}$ 雨水渠与扩容迁建的 $d1\ 800$ 污水管净距仅为320 mm,如图5所示。该出入口设置方案考虑绕行爬坡,将 $d1\ 400$ 污水管迁建于第二段爬梯下方,保证既不影响现状雨水渠,也能为污水管迁建提供条件,同时还满足现状房屋、市政管线及出入口的间距要求。

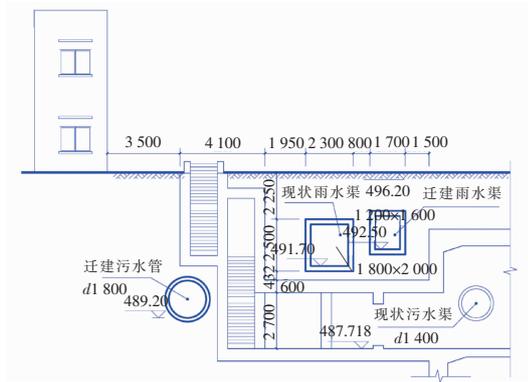


图 5 牛王庙站 1 号出入口管线剖面图

Fig. 5 Pipeline profile chart of passageway 1 of Niwangmiao Station

4.2 管道改渠道的合理运用

常见排水管渠的断面形式有圆形、半椭圆形、马蹄形、矩形、梯形和蛋型等^[10]。目前多采用圆形管道和矩形渠道。圆形断面有良好的水力学特性,在一定坡度下,指定的断面面积具有最大的水力半径,因此流速和流量较大。矩形断面可以就地浇筑或砌筑,路面狭窄地区排水管道常采用这种断面形式,为改善水力条件渠道内可做底流槽或弧形流槽。

琉璃场站位于锦华路二段,与 7 号线换乘,受 7 号线已建车站影响,6 号线车站顶板覆土仅为 2.1 m。锦华路现状污水管管径为 $d1\ 000$,埋深为 4.8 ~ 5.3 m;现状两根雨水管管径为 $d1\ 200$,埋深为 3.3 ~ 3.6 m,排向沿锦华路自南向北,需永久迁改至主体外侧。雨污水管受换乘节点影响,只能迁改至锦华路西侧,A 出入口与车站主体净距仅为 6.3 m,车站主体与出入口各有 $\varnothing 1.0\ m$ 和 $\varnothing 0.8\ m$ 围护桩,扣除桩后已无足够空间迁改雨污水管,此外管线迁改先于围护桩施工,当桩与管线净距不够时很可能造成打桩时污水管发生渗漏。本方案将车站主体与 A 出入口之间雨污水管道改为渠道。施工期间先将车站主体与 A 出入口的围护桩施工完毕,利用围护桩做渠道支撑明挖渠道。雨水渠结构局部位于污水渠上方,通过井筒的错位合理设置避开雨水渠,见图 6。对以圆管及渠道作为污水和雨水管道分别进行水力计算,结果见表 2、3。可见,相同设计参数下,1 000 mm × 1 000 mm 污水渠道过流能力大于 $d1\ 000$ 污水管道。1 100 mm × 1 200 mm 雨水渠道过流能力大于 $d1\ 200$ 雨水管道,针对渠道排水时容易出现死角的缺点,考虑在渠道底部设置弧形流槽。

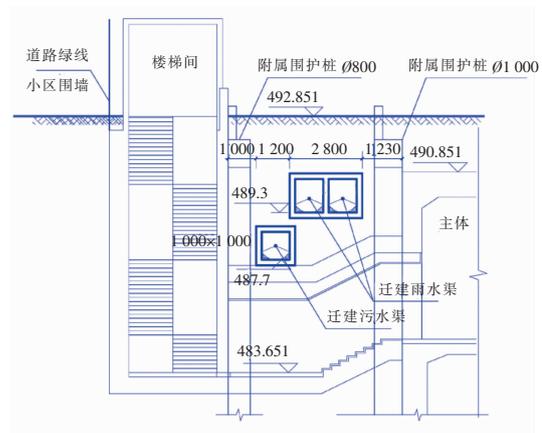


图 6 琉璃场站 A 出入口管线剖面图

Fig. 6 Pipeline profile chart of passageway A for Liulichang Station

表 2 污水管道水力计算

Tab. 2 Hydraulic calculation of sewage pipeline

断面类型	D 或 $B \times H/m$	设计 $I/\%$	设计 $v/(m \cdot s^{-1})$	充满度 h/D	半中心角 $\theta/$ 弧度	水力半径/ m	$Q/(L \cdot s^{-1})$
圆管	1	0.15	1.14	0.55	1.471		505.03
渠道	1×1	0.15	1.13	0.55		0.262	622.83

表 3 雨水管道水力计算

Tab. 3 Hydraulic calculation of rainwater pipeline

断面类型	D 或 $B \times H/m$	设计 $I/\%$	设计 $v/(m \cdot s^{-1})$	水力半径/ m	$Q/(L \cdot s^{-1})$
圆管	1.2	1.5	1.24	0.30	1 402.12
渠道	1.1×1.2	1.5	1.20	0.29	1 588.68

4.3 陆肖站电力隧道迁改思路分析

陆肖站位于中柏大道与中和 1 线路口,沿中柏大道布置,车站主体顶板覆土为 3.3 ~ 3.7 m。影响车站施工的主要管线为中柏大道两侧 $d700$ 污水管(埋深为 6.7 ~ 7.1 m),中和 1 线处 $2\ 500\ mm \times 3\ 000\ mm$ 电力隧道(横跨中柏大道处理深为 12 m)。中柏大道道路红线和绿线宽度分别为 40 和 89.7 m,因此污水管($d700$)具有足够迁改空间。电力隧道迁改方案较为复杂,方案一考虑将电力隧道绕行车站主体,绕行车站北侧和南侧长度均为 630 m,直接工程费用为 950 万元。方案二考虑将电力隧道下沉至车站主体下侧,电力隧道埋深为 22 m,投资低于方案一,由于埋设较深,对后面运行管理带来极大不便。方案一、二在工程投资和运行管理方面都存在不足,方案三考虑将现状电力隧道由单舱改为双舱,断面尺寸调整为 $2\ 500\ mm \times 1\ 800\ mm$,

电力隧道底板贴主体顶板通过(见图7),电力隧道爬坡至主体顶板通过后继续下降至接现状电力隧道。电力隧道通过主体处为道面分水岭,无雨水管;

污水管因附属施工需迁改,永迁至电力隧道下方,其余市政管道埋深较浅,可根据电力隧道高程进行调整。

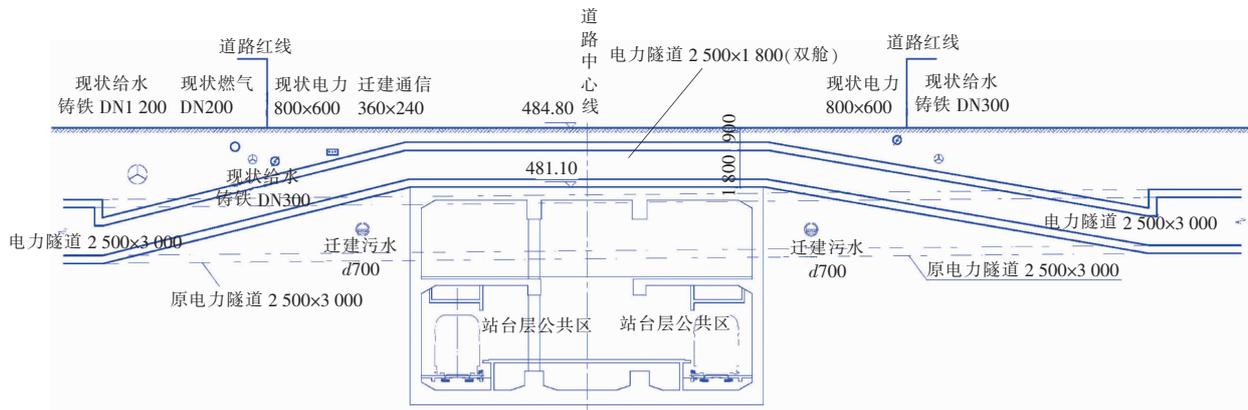


图7 陆肖站管线剖面图

Fig.7 Pipeline profile chart of passageway A for Luxiao Station

5 结论及建议

① 管线迁改要结合车站主体、附属打围顺序及交通疏解进行设计,不能因地铁建设而降低市政管线功能使用和运行安全。

② 车站主体及附属设计需结合管径大、埋设深的给排水管线迁建需要进行方案合理调整。

③ 根据主体和附属方案最优化设计管线迁改方案,重要市政管线迁改尽量一次迁建到位,避免反复迁改浪费工程投资和增加建设周期。

参考文献:

- [1] 王福德,张穆童. 地铁设计中地下管线拆改综合设计工作思路及方法探讨[J]. 铁道标准设计,2009,(10):14-15.
- [2] 成都市规划管理局. 成都市规划管理技术规定(2015)市政工程规划管理分册[M]. 成都:成都市规划管理局,2015.
- [3] GB 50157—2013,地铁设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [4] 闫智涛. 轨道交通建设工程中给排水管线迁改设计[J]. 给水排水,2015,41(7):99-102.
- [5] GB 50289—2016,城市工程管线综合规划规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [6] 孟凡良,徐辉. 深圳地铁3号线施工中管线迁改设计[J]. 城市道桥与防洪,2011,(11):117-119.

- [7] 何宝玲. 横跨车站基坑管线悬吊保护施工技术的探讨[J]. 中国科技信息,2013,(7):60-60.
- [8] 胡铁军. 地铁施工中的管线迁改[J]. 低碳世界,2014,(8):281-282.
- [9] GB 50268—2008,给水排水管道工程施工及验收规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [10] CECS 246:2008,给水排水工程顶管技术规程[S]. 北京:中国工程建设标准化协会,2008.



作者简介:靳云辉(1980-),男,河南驻马店人,大学本科,高级工程师,主要从事市政给排水工程的设计与研究,获得多项四川省工程勘察奖和优秀工程咨询成果奖。

E-mail: qinchuan87@126.com

收稿日期:2017-07-17