

文章编号:1006-2106(2015)04-0109-05

严寒地区地铁给排水管道防冻害探讨^{*}

刘学志 胡哲睿^{**}

(铁道第三勘察设计院集团有限公司, 天津 300251)

摘要:研究目的:地铁给排水系统作为重要的机电系统之一,其安全性关乎地铁的正常运营,关乎乘客生命及国家财产安全。在北方严寒地区,冬季地铁站内给排水管道容易遭受冻害,影响系统的正常运行和使用安全。本文通过对哈尔滨地铁 1 号线车站给排水管道冻害因素进行分析,提出一种安全可靠的车站给排水管道电保温设计方案,供同行在以后的设计中参考。

研究结论:(1)严寒地区地铁车站的洞口部位采用恒功率电伴热保温技术是可行的;(2)严寒地区地铁设计需做到建筑、环控系统的协调配合,适当加大车站的覆土埋设深度,增设热风幕等措施可提高地铁内管道的防冻保温安全性;(3)地铁中使用的管道保温材料应选用 A 级不燃材料,采用双导线发热电缆可提高系统的可靠性;(4)本研究成果对地铁内电保温系统的控制方式和选型具有借鉴意义,对地铁运营能耗分析和成本控制具有指导作用。

关键词:严寒地区;地铁;给排水;管道

中图分类号:U177.8 文献标识码:A

Discussion on Frost Prevention and Thermal Insulation of Metro Water Pipes in Cold Region

LIU Xue - zhi, HU Zhe - rui

(The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation, Tianjin 300251, China)

Abstract: Research purposes: Water supply and drainage system is one of the most important electromechanical systems which security affects the normal operation of the subway system, and affects the safety of life and property of the passenger and the country. In freezing regions of North China, water supply and drainage pipelines in the subway station are subject to injury by frost in winter, so as to affect the normal operation and safe use of the subway. This paper based on the analysis of factors of water pipes freezing in the subway station at the beginning of design, provides a safe and freliable solution of station water pipeline electric insulation design for the reference of those future projects.

Research conclusions: (1) It is feasible to use the constant power electric tracing and insulation technology in the metro station entrance in cold areas. (2) The design of subway in cold regions need to be coordinated with the construction and environmental control system. Soil cover depth of station burying properly increasing and adding hot air curtain and other measures can improve the safety of water pipes antifreezing insulation. (3) Selection of materials of the pipeline thermal insulation should be the A - class non - combustible material in subway, adopts the double wire heating cable can improve the reliability of the system. (4) This research provides a model for control mode and the selection of electric insulation system of subway stations, and has a guiding role for the subway operation energy consumption analysis and cost control.

Key words: severe cold area; metro; water supply and drainage; pipeline

^{*} 收稿日期:2014-12-11

^{**} 作者简介:刘学志,1973 年出生,男,高级工程师;胡哲睿,1986 年出生,男,工程师。

1 概述

哈尔滨地铁 1 号线一、二期工程已于 2013 年 9 月 26 日正式运营,我国最北方省会城市首条耐高寒地铁线的通车载客,标志着北方冰城哈尔滨已经步入了真正意义上的地铁时代。该线从哈南站至哈东站线路全长 17.73 km,共开通 18 座车站,全部为地下车站。

城市地铁是城市交通运营的庞大的系统工程,为了保证高效、安全的疏导大量的城市人流,建设地铁的理念已经由过去单一的平面上的人员流动转变为城市立体的四通八达的交通动脉和城市综合体经营着城市的建设,建设地铁的意义已经渐渐超越了单纯的交通方面的价值,因此,地铁的安全尤为重要。地铁作为系统工程,由几十个专业组成,其中给排水系统是保证地铁正常运营的系统之一。在已经开通的哈尔滨地铁 1 号线中,给排水系统包括车站生产生活给水系统、湿式消火栓系统、站台公共区自动喷水局部应用系统、污水系统、废水系统、洞口雨水系统等。地铁开通运营以来曾经历 $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的最低气温考验,也曾出现部分水管冻害事故,通过采取一系列措施,取得了一些成功经验,在此进行总结。



图 1 车站出入口

深度,风道内与大气相通,冬季低温时通过结构顶板将冷量传导给土壤以至管道,造成水管冻结,影响使用。后期通过在水管外部做局部保温,解决此问题。

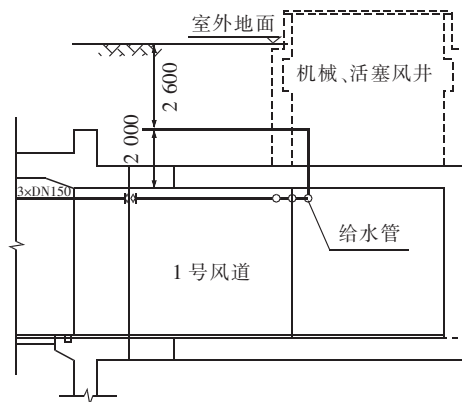


图 2 风道顶板水管铺设图(单位:mm)

2 严寒地区地铁给排水管道冻害及原因分析

2.1 建筑方案影响

哈尔滨地铁 1 号线车站均根据需要设置了出地面的出入口、风井。车站给水从站内风井引入,穿过风道、设备区走廊接至各用水点;车站排水通过收集系统收集,利用提升设备、压力排水管道再穿越设备区、风道,穿风井或出入口侧墙排至市政排水系统。车站出入口、风亭等建筑形式影响站内局部环境温度,如图 1 所示。这种出入口简洁大方,与城市的周边环境协调性好,造型美观,但是其门厅进深较小,四周是透明玻璃墙体,门口虽然加装了门帘但没有热风幕隔断冷空气,因哈尔滨冬季寒冷,容易形成冷空气的传导和对流交换,进入车站出入口通道环境温度较低,容易使出入口内消防水管或排水管冻裂。针对出入口和风道内冬季环境温度低的情况,水管道加设电伴热保温。

2.2 管道埋设深度不足影响

哈尔滨最大冻土深度为 2.05 m,车站结构顶板覆土埋深小,车站给水引入管在结构顶板上埋设深度不足,超出了冰冻深度,造成水管冻结事故。如图 2 所示,水管穿出风井后,在风道顶板上埋地,管道上部埋深 2.6 m 距地面虽然大于冰冻线,但由于管道从风井穿出后距风井钢筋混凝土顶板面仅为 2 m,小于冰冻

2.3 车站环控系统的运营模式影响

按照规范,地铁车站不设采暖,公共区采用内循环通风,设备区采取小新风预热通风工况,夏季排风,冬季内循环,排风变送风。车站除能够进风的口部环境温度低影响水管冻结外,在站台层轨行区活塞风道下,由于列车行进过程中的活塞效应,将室外冷空气通过风道、中板水平活塞风阀的缝隙携入车站区间,使得车站区间水管在冬季出现冻结现象。如图 3 所示,在站台板排水管口和变形缝处已经结冰。针对车站区间屏蔽门外冬季环境温度低的情况,在活塞风孔两侧的车站区间水管道加设电伴热保温。

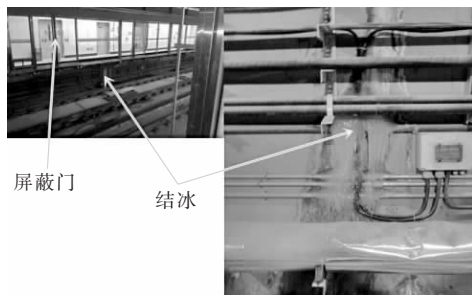


图 3 站台层轨行区

2.4 其他因素影响

上述均为专业设计方案因素影响,通过专业间的配合,采取必要的措施是能够避免水管冻害现象发生的。由于哈尔滨冬季温度极低,冰天雪地,风寒侵袭强烈,在乘客进出站或风道敞开时,即使管道做了保温,因长时间处在低温状态,有的管道还是会出现冻害。通过调整运营管理手段,在出入口增加门帘和热风幕,在风道增加防寒卷帘,对风阀等缝隙用棉毡盖封等管理措施,极大地缓解了冻害现象发生的频次,收到明显改观。因此防止车站水管冻害需要做到建设阶段措施可行、质量可靠,运营阶段管理维护及时到位。

3 严寒地区地铁给排水管道设计的重难点

哈尔滨地处严寒地区,地铁车站给排水管道需要保温范围的确定,在上序专业无法准确提供基础资料的情况下,给系统设计带来困难,在车站管线综合非常紧张的建筑空间内,选择适合的给排水管道防冻保温措施是系统设计的重难点。在地铁站内的新、排风道,车站出入口、站台层区间活塞风道下部尤其是站台屏蔽门以外轨行区部位的环境温度均很低,往往在零度以下,该区域的给排水管道在运营期间极易发生冻害。此区域主要有生产生活给水管,消火栓等水消防管,排除区间和车站废水的压力废水管,排除车站生活污水的压力污水管,风亭底部集水坑压力排水管等,上述管道直径一般在 DN200 及以下,管道材质为塑料或金属管,在冬季极低的室外环境气温下,地铁站会通过车站环控系统的通风换气的口部将室外冷空气携入,若不采取一些防冻保温措施,上述水管道会被冻裂,严重时波及地铁车辆的行车安全。本线据运营部门反馈,在哈尔滨冬季,地铁的维护很大一部分是人工除冰工作,

耗费着大量的人力和物力,必须在今后的地铁建设过程中引起足够的重视。为此要彻底消除冻害引起的不安全因素,车站内的给排水管道在洞口部位或在活塞风道下的轨行区需要设置电伴热防冻保护。

4 给排水管电保温设计参数及选型

4.1 参数选择

极端平均最低温度: - 33.4 ℃ (哈尔滨);介质保持温度:5 ℃ ~ 10 ℃;高温报警温度:15 ℃;低温报警温度:2 ℃;地铁环境修正系数:1.3;外保温材料:50 mm 厚复合硅酸镁;修正后外保温材料导热系数:0.047 W/(m · ℃);外保护材料:0.6 mm 厚铝合金薄板;外保温材料防火性能:A 级不燃;工作电压:AC220 V;发热电缆:双导线恒功率;缠绕系数:DN150—2, DN100—1.5, DN80—1.3, ≤ DN70—1.1。

4.2 选型计算

电保温系统由发热电缆、控制箱、温度传感器、发热电缆供电导线、铝箔胶带等组成。在管道适当位置放置温度传感器,控制箱内设有温度控制模块。当管道温度低于设定温度时,伴热系统自动启动伴热回路开始工作,即对管道进行加热,管道温度上升,当管道温度上升到设定温度时,伴热系统自动停止加热。此伴热程序周而复始的进行,使得管道温度始终保持恒定,从而起到主动为管道伴热保温的作用,保证管道系统冬季正常运行。以标准地下两层岛式车站为例,通过对车站给排水管线的布设和管线综合后,确定了管线平面位置、标高和伴热带布线,按国标图集《管道和设备保温、防结露及电伴热》(03S401)提出的计算方法,经对每根发热电缆进行选型计算,结果如表 1 所示。

表 1 电伴热选型计算表

温控箱编号	发热电缆位置	管道型号	管径/mm	管长/m	电缆长度/m	发热电缆型号	电缆功率/W	传感器/个
K1	站厅 2 - 3 轴	XH	DN150	24	49.7	840/17	840	1
	站厅 2 - 3 轴	XH	DN150	24	49.7	840/17	840	1
	消防通道 1	GS	DN150	23	49.7	840/17	840	1
K2	站厅 9 - 12 轴	XH	DN150	20	41	700/17	700	1
	站厅(B - C, 12)	XH	DN65	12	23.5	400/17	400	1
	2 号消防通道	XH	DN150	44	100	1 700/17	1 700	1
K3	2 号风道	YW	DN100	43	72.4	1 250/17	1 250	1
	站厅(9 - 12)	J	DN80	20	23.9	500/17	500	1
K4	站厅层	ZP	DN150	11	23.5	400/17	400	1
	站厅层	XH	DN150	11	23.5	400/17	400	1
K5	1 号出入口	XH	DN100	19	29.3	500/17	500	1
	1 号出入口	XH	DN80	15	23.5	400/17	400	1
K6	2 号出入口	XH	DN100	18	29.3	500/17	500	1
	2 号出入口	XH	DN80	17	23.5	400/17	400	1

续表 1 电伴热选型计算表

温控箱编号	发热电缆位置	管道型号	管径/mm	管长/m	电缆长度/m	发热电缆型号	电缆功率/W	传感器/个
K7	站厅层(29-30)	XH	DN150	10	23.5	400/17	400	1
	站厅层(30-31)	XH	DN150	23	49.7	840/17	840	1
K8	站台层(10-16)	XH	DN150	20	41	700/17	700	1
	站台层(10-16)	ZP	DN150	50	100	1 700/17	1 700	1
		XH	DN150	20	41	700/17	700	1
K9	站台层(10-16)	XH	DN150	28	58.3	1 000/17	1 000	1
	站台层(10-16)	XH	DN150	29	58.3	1 000/171 000	1	
	站台层(10-16)	J	DN32	45	49.7	800/17	840	1
K10	站厅层(31-33)	XH	DN150	11	23.5	400/17	400	1
	站厅层(31-33)	XH	DN150	23	49.7	840/17	840	1
K11	站厅层(29-32)	XH	DN150	22	49.7	840/17	840	1
	站厅层(29-32)	XH	DN150	20	49.7	840/17	840	1
K12	4号出入口	XH	DN150	20	41	700/17	700	1
	4号出入口	GS	DN150	46	100	1 700/17	1 700	1
K13	4号出入口	XH	DN150	22	49.7	840/17	840	1
	4号出入口	XH	DN150	23	49.7	840/17	840	1
K14	站台层(A,3-9)	XH	DN100	46	72.4	1 250/17	1 250	1
	站台层(A,1-3)	XH	DN150	14	29.3	500/17	500	1
K15	站台层(A-B,1-6)	XH	DN150	43	100	1 700/17	1 700	1
K16	站台层(B-C,1-6)	XH	DN150	44	100	1 700/17	1 700	1
K17	站台层(C,3-8)	XH	DN100	46	72.4	1 250/17	1 250	1
	站台层(C,1-3)	XH	DN150	14	29.3	500/17	500	1
K18	站台层(31-33)	XH	DN150	11	23.5	400/17	400	1
	站台层(31-33)	XH	DN150	10	23.5	400/17	400	1
K19	站台层(31-33)	XH	DN150	11	23.5	400/17	400	1
	站台层(31-33)	XH	DN150	10	23.5	400/17	400	1
合计	-	-	-	962	1 917.9	-	32 350	44

电保温控制系统可满足现场手动控制、自动控制、车控室远程监视及自动报警功能,做到启、停时段自动化,温度监控智能化。设计选用低耗能材料和产品,通过系统综合监控达到系统能耗管理,提高运营维护管理水平,降低运营维护成本。

5 结论

(1) 哈尔滨地铁水管采用电保温系统是可行的,电保温系统能实现自动化控制,在防冻保温和节电方面相协调,可达到电保温系统进行综合监控和能源管理,方便维护管理,降低运营成本。

(2) 严寒地区地铁设计应加强建筑、环控系统的防冻措施,做到专业间的协调配合,同时加强运营维护管理,系统性防范车站水管冻害事故发生,提高运营安全性。

(3) 严寒地区应重视地铁结构渗漏导致冬季冻胀对地铁运营的危害,地铁车站轨行区排水需要有组织排放,当环境温度很低时,设计要考虑线路排水沟内结冰给运营带来的次生危害。

(4) 地铁中使用的管道保温材料应选用 A 级不燃材料,考虑到地铁特殊使用环境,加强对地铁水管保温的施工监督,保温材料和外保护层安装必须牢固耐久。该项研究成果在北方严寒地区轨道交通行业得到有效的推广和应用,为其他城市地铁建设提供借鉴。

参考文献:

[1] 韩平. 严寒地区地铁环控系统方案探讨 [J]. 铁道工程学报,2011(6):81-87.
Han Ping. Discussion on Environment Control System Program for Metro in Cold Region [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2011(6):81-87.

[2] GB 50157—2013, 地铁设计规范[S].
GB 50157—2013, Code for Design of Metro[S].

[3] GB 50013—2006, 室外给水设计规范[S].
GB 50013—2006, Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering[S].

[4] 陈重,吴慧娟,孙英,等. 全国民用建筑工程设计技术措施——给水排水[M]. 北京:中国计划出版社,2009.
Chen Chong, Wu Huijuan, Sun Ying, etc. National

- Technical Measures for Design of Civil Construction Water Supply and Drainage [M]. Beijing: China Planning Press, 2009.
- [5] GB 50015—2003, 建筑给水排水设计规范[S].
GB 50015—2003, Code for Design of Building Water Supply and Drainage[S].
- [6] 姚建华,刘爱芳. 北方地区地铁给排水管道防冻及保温措施[J]. 铁道标准设计, 2011(11):101–103.
Yao Jianhua, Liu Aifang. Frost Prevention and Thermal Insulation Measures for Water Supply and Sewage Pipes of Metros in Northern Areas of China [J]. Railway Standard Design, 2011(11):101–103.
- [7] 03S401, 管道和设备保温、防结露及电伴热[S].
03S401, Piping and Equipment Insulation Anti Condensation and Electric Heat Tracing[S].
- [8] 官习艳,杨春生,崔向玲,等. 哈尔滨地铁车站通风方案 CFD 模拟研究 [J]. 建筑科学, 2007(10):23–27.
Guan Xiyan, Yang Chunsheng, Cui Xiangling, etc. CFD Simulation Study on Ventilation Scheme of Subway Station in Harbin[J]. Building Science, 2007(10):23–27.
- [9] 冯少凤,王益. 电伴热保温技术在地铁工程中的应用分析[J]. 市政技术, 2011(4):95–97.
Feng Shaofeng, Wang Yi. Applied Analysis of Electric Tracing Heating Technology in Metro Projects [J]. Municipal Engineering Technology, 2011(4):95–97.
- [10] 朱国伟. 寒冷及严寒地区铁路隧道防排水设计探讨[J]. 铁道工程学报, 2013(1):49–53.
Zhu Guowei. Discussion on Waterproofing and Draining Design of Railway Tunnel in Severe Cold and Cold Regions [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2013(1):49–53.
- (编辑 曹淑荣)

(上接第 85 页 From P. 85)

- [5] TB 10002.1—2005, 铁路桥涵设计基本规范[S].
TB 10002.1—2005, Fundamental Code for Design on Railway Bridge and Culverts[S].
- [6] 铁道部第三勘测设计院. 桥渡水文[M]. 北京:中国铁道出版社, 1993.
The Third Survey and Design Institute, Ministry of Railways. Bridge Hydrology [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1993.
- [7] 李黎,郭治胜,孔德艳. 山西中南部铁路桥梁设计活载计算参数研究[J]. 铁道工程学报, 2014(10):64–68
Li Li, Guo Zhisheng, Kong Deyan. Research on Calculation Parameters of Live Load for the Bridge Design of Shanxi Central – south Region Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2014(10):64–68.
- [8] 铁科技函[2006]60号,关于印发铁路桥梁活载标准的研究科研成果评审意见的通知[S].
Railway Science and Technology Letter [2006] No. 60, Announcement on Issue of Experts' Comments on Scientific Research Achievements of Standard Live Load for Railway Bridge[S].
- [9] 阚叔愚,陈岳源,周锡九. 重载铁路工程 [M]. 北京:中国铁道出版社, 1994.
Kan Shuyu, Chen Yueyuan, Zhou Xijiu. Heavy Haul Railway Engineering [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1994.
- [10] 北京铁路局,中国铁道科学研究院. 大秦线 2 万吨货车条件下线、桥、路基动载试验和检测总报告[R]. 北京:中国铁道科学研究院, 2005.
Beijing Railway Bureau, China Academy of Railway Sciences. Dynamic Load Test Report of Track, Bridge and Subgrade on Datong – Qinhuangdao Railway Line with 20 000 t Heavy Freight Car Passing[R]. Beijing: China Academy of Railway Sciences, 2005.
- (编辑 曹淑荣)