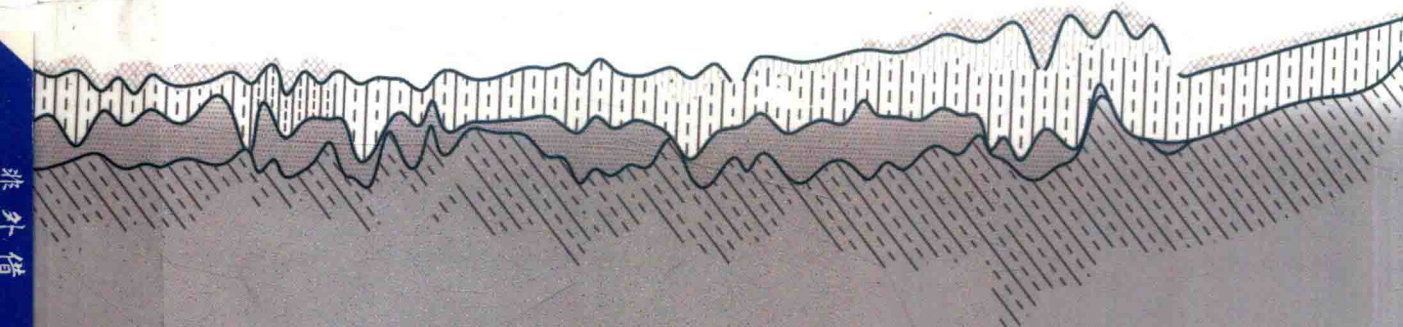


石家庄市科学技术局科技支撑计划项目



石家庄地铁工程 结构抗浮研究与应用

布永忠 李世民 高文新 王琦 编著



非外借

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

石家庄市科学技术局科技支撑计划项目

石家庄地铁工程结构抗浮研究与应用

布永忠 李世民 高文新 王琦 编著



中国铁道出版社

2017年·北京

内 容 简 介

本书为石家庄市科学技术局科技支撑计划项目。全书共分五章,主要包括:绪论、石家庄地铁的工程地质水文地质条件、地下水位影响因素、地铁工程抗浮设防水位研究方法、地铁工程结构抗浮应用等。

本书可供地铁工程的研究设计人员及现场施工技术人员研究、学习使用,摘取部分章节也可作为相关院校及现场的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

石家庄地铁工程结构抗浮研究与应用:石家庄市科学技术局科技支撑计划项目/布永忠等编著. —北京:中国铁道出版社,2017.3

ISBN 978-7-113-22741-8

I. ①石… II. ①布… III. ①地下铁道-铁路工程-工程结构-研究 IV. ①U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 003201 号

书 名:石家庄地铁工程结构抗浮研究与应用
作 者:布永忠 李世民 高文新 王 琦 编著

责任编辑:刘红梅
助理编辑:陈美玲
封面设计:崔丽芳
责任校对:苗 丹
责任印制:郭向伟

编辑部电话:010-51873133

电子信箱:mm2005td@126.com

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:虎彩印艺股份有限公司

版 次:2017年3月第1版 2017年3月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:8.25 字数:136千

书 号:ISBN 978-7-113-22741-8

定 价:98.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)
打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

编委会人员

主 编：布永忠 李世民 高文新 王 琦
副主编：张光辉 连苏宁 吕志刚 张全秀
编 委：李世民 布永忠 高文新 王 琦 张全秀
陈 辉 梁兵林 龚选波 倪西民 万 清
田言亮 郭文远 黄溯航 宋亚奎 周玉凤
于海兵 张润梓 潘 维 庞 炜 李方凝
吕志刚 王语夫
审 稿：连苏宁 高文新 黄伏莲 张光辉 李大勇
顾 问：韩春素 马海志 梁金国 郭现钊

参 编 单 位

北京城建勘测设计研究院有限责任公司

石家庄市轨道交通有限责任公司

北京城建设计发展集团股份有限公司

铁道第三勘察设计院集团有限公司

中国地质科学院水文地质环境地质研究所

序

进入 21 世纪以来,我国各主要城市的地铁工程建设如雨后春笋般迅猛发展。地铁工程不同于一般民用单体建筑,其主体结构一般全都处于道路下方,结构荷载较小,延伸较长,跨越多种地质单元,施工及运行过程中受地下水的影响较大。特别是在地下水位埋藏较浅或未来地下水位有可能大幅度上升的地区,地铁结构受地下水浮力的影响较大,在结构设计中需要涉及到抗浮设防水位。抗浮设防水位的取值不仅关系到结构的安全,也较大程度影响工程造价。因此,为预测地铁工程使用年限内地下水位可能达到的最高值,提供合理的抗浮水位值,开展地铁建设中地下水抗浮问题的研究十分必要。

石家庄地铁工程为河北省首先开建的地铁工程,于 2012 年 9 月开工建设。根据地铁勘察成果及相关资料显示,由于受人工开采等影响,石家庄市地下水位普遍较深,整体地下水位埋深沿东西方向呈漏斗状,漏斗中心地下水位埋深达 55 m,地下水位向东西两个方向逐渐变浅,水位埋深一般在 25~50 m 之间。以目前地下水位情况,地下水对地铁的工程影响很小,可以忽略不计。但随着地下水开采的限制、南水北调以及降水的影响,石家庄市地下水位有很大的上升趋势,在地铁工程百年使用期内,地下水位可能的最大上升高度以及对地铁的影响程度,都需要通过专项研究进行确定。

本书通过对石家庄市的水文地质条件、地下水位动态规律、未来影响地下水位上升的可能因素进行分析,对影响地下水位上升的主要因素与地下水位变幅进行统计回归分析,建立了地下水数值模拟模型。通过地下水数值分析,给出了如何预测地铁车站所在场地百年一遇可能遭遇的最高地下水位,并依据各车站结构底板埋深和场地地层分布特点,确定适合于各车站的抗浮设防水位计算模型,总结出了如何确定石家庄地铁工程抗浮设防水位值的基本方法。

同时,本书介绍了石家庄地铁结构设计中可能遇到的抗浮措施以及设计方法,并通过具体案例对相关设计方法进行了说明。为后续地铁工程的设计、施工和维护提供重要参考,并为石家庄类似工程考虑抗浮设防问题提供了借鉴,具有重要的实用价值。

Handwritten signature in black ink, reading '韩素' (Han Shu).

2016年12月

前 言

本书是在石家庄市科学技术局科技支撑计划项目“石家庄市轨道交通一期工程抗浮设防水位及地下水浮力取值方法研究”的基础上编写完成的。

目前,全国地铁工程建设如火如荼,在地铁工程建设过程中,地下结构的抗浮问题一直困扰着工程建设者。因为抗浮设防水位的取值不仅关系到地下结构的安全,也影响工程造价。特别是在石家庄地区,目前地下水位普遍较低,但在地铁工程百年使用期内,地下水位是否上升,上升后是否影响地铁工程结构的安全,影响有多大以及采取何种措施来消除水位上升所带来的影响,这些都使抗浮设防水位的取值问题显得更加突出。在此背景下,为了满足石家庄地铁工程的设计、施工和建设需要,并为石家庄其他地下工程建设提供重要借鉴作用,经石家庄市轨道交通有限责任公司协商组织编写了本书。

本书由石家庄市轨道交通有限责任公司布永忠,北京城建勘测设计研究院有限责任公司李世民、高文新,北京城建设计发展集团股份有限公司王琦编著,铁道第三勘察设计院集团有限公司以及中国地质科学院水文地质环境地质研究所等单位专家学者参编。其中,第1章由布永忠负责组织编著,第2章及第3章由李世民负责组织编著,第4章由高文新负责组织编著,第5章由王琦负责组织编著。

在本书的组织和编写过程中,得到了石家庄市轨道交通有限责任公司总经理韩春素、北京城建勘测设计研究院有限责任公司董事长马海志及河北建设勘察研究院有限公司全国工程勘察设计大师梁金国的关心、支持和帮助,在此对各位表示衷心感谢。特别感谢石家庄市轨道交通有限责任公司总经理韩春素为本书作序。

书中不足之处,恳请读者批评指正。

编著者
2016年12月

目 录

1 绪言	1
第 1 节 地铁规划及在建情况	1
第 2 节 石家庄地铁工程结构抗浮研究的必要性	6
第 3 节 国内外结构抗浮研究现状	7
2 工程地质水文地质条件	13
第 1 节 自然地理概况	13
第 2 节 区域地质概况	18
第 3 节 工程地质条件	23
第 4 节 水文地质条件	32
3 地下水位影响因素	48
第 1 节 地下水位的影响因素	48
第 2 节 石家庄地下水位影响因素	51
4 地铁工程抗浮设防水位研究方法	56
第 1 节 资料收集	56
第 2 节 水文地质调查	57
第 3 节 数值模拟	64
第 4 节 影响因素分析	88
第 5 节 理论分析	91
第 6 节 综合研究	98

5	地铁工程结构抗浮应用	102
第1节	地铁工程结构抗浮措施	102
第2节	地铁工程结构抗浮设计	106
第3节	地铁工程结构抗浮案例	113
参考文献	121

第 1 节 地铁规划及在建情况

石家庄市作为河北省省会,位于河北省中南部,是京津冀都市圈第三级核心城市。2012 年石家庄市开展轨道交通建设,在全国省会城市中属于较晚建设轨道交通的城市。

1. 地铁规划情况

目前,石家庄地铁规划情况主要分近期建设规划和远期线网规划,近期建设规划已获国家发展改革委员会批准。

(1) 远期线网规划

依据石家庄城市总体规划和综合交通规划,石家庄市规划城市轨道交通线网由 6 条线路组成(图 1.1),总长约 242 km,设车站 242 座,其中换乘车站 29 座,核心区线网密度 $1.09 \text{ km}/\text{km}^2$,中心城区线网密度 $0.42 \text{ km}/\text{km}^2$ 。线网中,1 号线是沿市区主轴布置的东西向骨干线路,衔接主要对外交通枢纽和城市重要功能节点,2 号线是沿市区南北向发展轴布置的骨干线路,3 号线是沿市区东西向发展轴布置的骨干线路,4、5 号线为外围辅助填充线,6 号线为内部填充线。

(2) 近期建设规划

2012 年 7 月,国家发改委批准了石家庄市城市轨道交通近期建设规划(2012~2020 年),如图 1.2 所示。至 2020 年,建成 1 号线一期、2 号线一期和 3 号线一期工程,长约 59.6 km,形成复合十字形轨道交通基本骨架,基本情况如下:

1 号线一期工程自西王至东兆通,线路长约 23.9 km,设站 20 座,投资约 188 亿元,规划建设期为 2012~2018 年。

2 号线一期工程自西古城至嘉华,线路长约 16.0 km,设站 15 座,投资约 115 亿元,规划建设期为 2015~2020 年。

3 号线一期工程自西三庄至位同,线路长约 19.25 km,设站 17 座,投资 154



图 1.1 石家庄市轨道

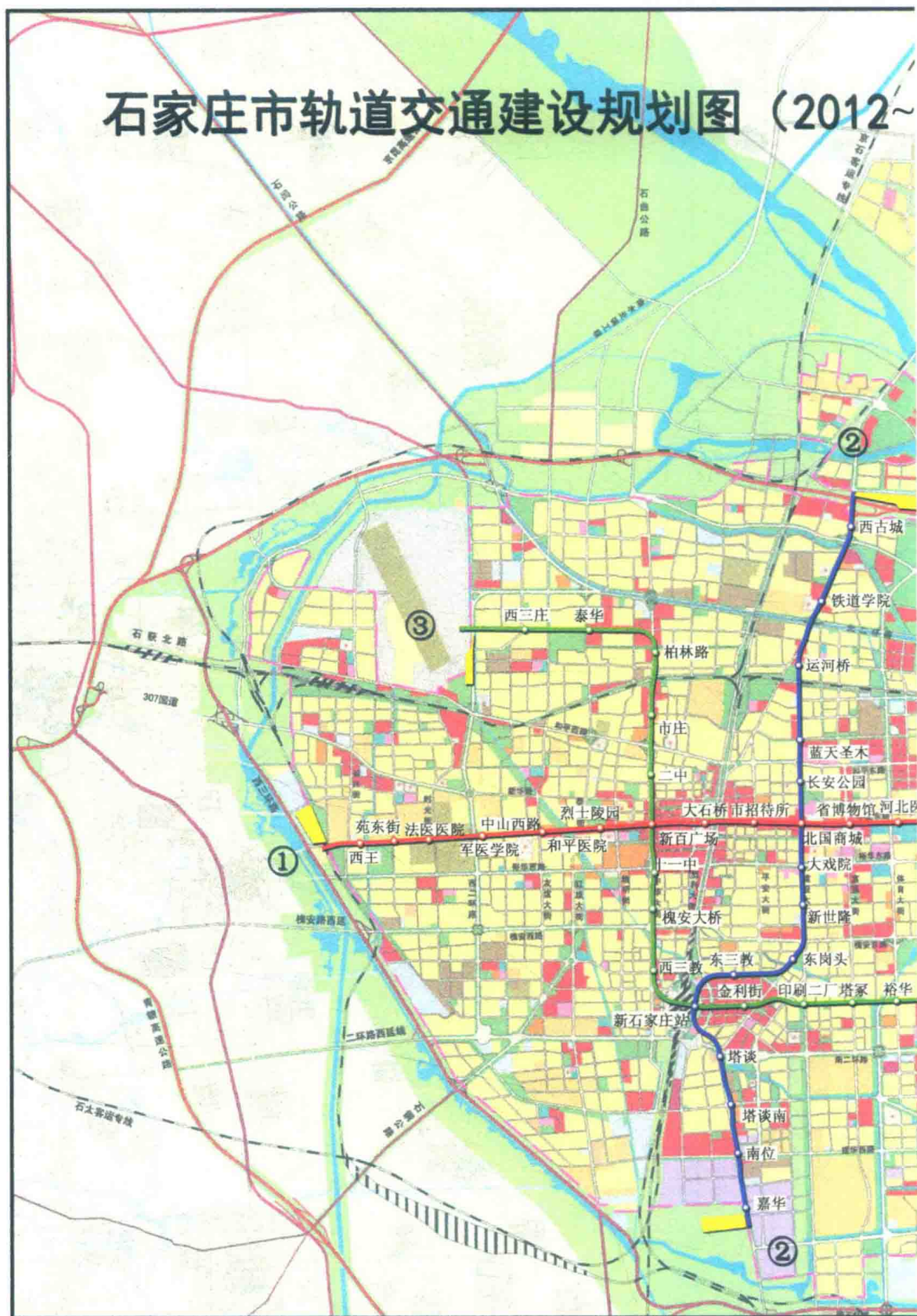
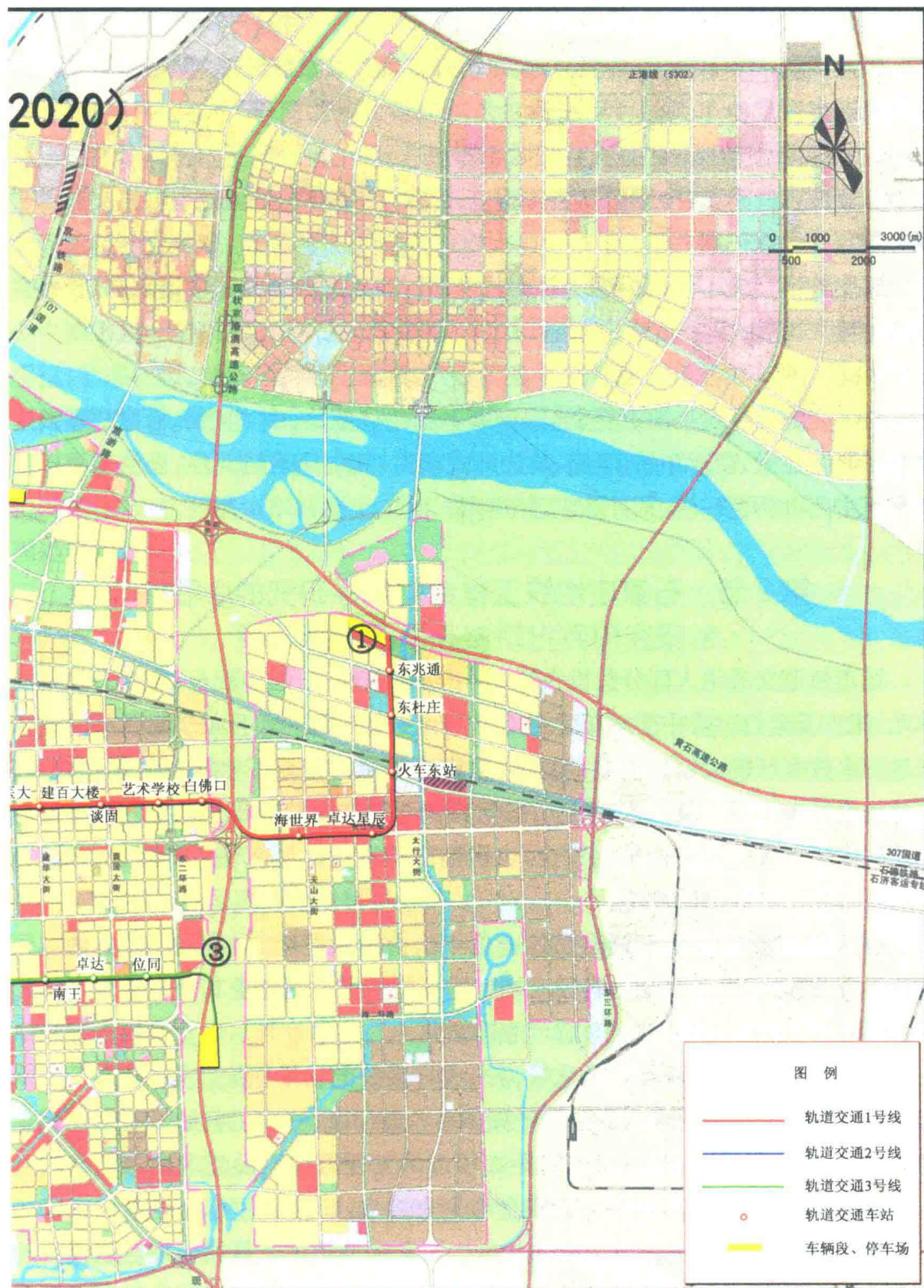


图 1.2 石家庄市轨道交通建设规划图
(注:本图摘自《石家庄市城市



设规划图(2012~2020年)
轨道交通近期建设规划》

亿元,规划建设期为 2013~2018 年。

预计 2020 年,石家庄市公共出行占全方式出行量的 30%,轨道交通占公共交通出行量的 30%。

2. 地铁在建情况

石家庄市尚无正在运营的地铁线路。目前,正在修建的线路为轨道交通 1 号线一期和 3 号线一期工程。

其中轨道交通 1 号线一期工程全长 23.9 km,沿中山西路、中山东路、长江大道和秦岭大街敷设,为全地下线路,新建车站 20 座,其中换乘站 6 座,设控制中心 1 座,设西兆通车辆段和张营停车场各 1 座,预计 2017 年通车。

轨道交通 3 号线一期工程全长 19.25 km,沿联盟路、中华大街、石家庄新火车站和塔北路敷设,新建车站 17 座,均为岛式车站,其中换乘站 5 座,设同车辆段和南王主变电所各一座,预计 2017 年通车。

第 2 节 石家庄地铁工程结构抗浮研究的必要性

城市轨道交通绝大部分敷设在地下,结构荷载较小,延伸较长,跨越多种地质单元,施工及运行过程中受地下水的影响较大,特别是在地下水位埋藏较浅或未来地下水位有可能大幅度上升的地区,轨道交通结构受地下水浮力的影响较大,在结构设计中需要涉及到抗浮设防水位,即抗浮设防水位的确定问题。抗浮设防水位的取值不仅关系到结构的安全,也影响工程造价。如何确定抗浮设防水位,目前还没有一套成熟的理论。

石家庄市地质环境较特殊,总体上位于山前冲洪积扇上,渗透性较大的粗颗粒地层分布较广,地下水受地表径流补给的条件较好。同时受其他人为因素的影响,石家庄市未来地下水位上升的可能性较大。

历史上,石家庄市抗浮设防水位尚未进行系统的科学研究工作,没有形成一套比较完善的抗浮设防水位研究和计算体系。经调研,已建工程的设防水位多由勘察、设计单位凭经验确定,出现了距离很近的工程但抗浮设防水位却相差较大的现象,这使工程设计或偏于保守或存在安全隐患,而且近些年由于水位下降幅度较大,有些工程都不提供抗浮设防水位。石家庄地铁 1、3 号线一期可研报告的审查过程中,各地专家通过对石家庄市地质情况的分析,对此设防水位提出了异议,建议开展专项研究工作。

地铁工程不同于一般民用单体建筑,整体为线状形态,穿越城市多个水文地质单元及分区,且地铁建成后将不同程度地改变区域水文地质环境及地下水赋存、运移条件,使抗浮设防的水位确定更为复杂。浮力的大小主要取决于作用于地下结构物底板的孔隙水压力,且与地下水的赋存特征及运移规律息息相关。地下轨道交通,其主体结构全都处于地下,当地下水位较高时,其结构底板承受的浮力荷载将十分可观,势必将产生严重的浮力破坏隐患。此外,随着季节和降雨量变化,结构底板的浮力荷载还存在明显的非确定性,更加大了灾害的风险程度。

本书主要依托石家庄市轨道交通一期工程,通过采用地下水动态监测、数值模拟、动态比拟、频率分析等先进技术手段,对石家庄地区今后百年的最高地下水预测和抗浮设计水位合理取值等关键技术问题进行深入研究,总结出适用于石家庄市轨道交通 1 号线工程的抗浮设防水位及地下水浮力取值方法。为设计施工提供依据,以达到缩短车站施工工期、节省工程造价的目的,具有较大社会、技术和经济效益。

第 3 节 国内外结构抗浮研究现状

建筑抗浮设防水位的研究涉及到地下水位预测和建筑基底水压力的计算两方面内容。伴随着水资源评价和工程建设的需要,地下水位预测和建筑基底水压力的计算方法在工程领域中得到了快速发展。首先回顾一下国内外关于地下水位预测和建筑基底水压力计算的研究成果。

1. 地下水位预测研究现状

早在 20 世纪初,国外就开始对地下水动态的预测预报进行研究,采用的是比较简单的水均衡方法以及水文地质比拟方法。20 世纪 50 年代后期,苏联水文地质学家卡门斯基通过研究存在降水入渗条件下的有限差分法,实现了用解析法预测地下水的动态变化。20 世纪 80 年代后期,随机方法在国外迅速发展。美国、日本、荷兰等国还根据地下水动态研究,开始推广利用地下水库调蓄水资源,并将其视为水资源管理的一个重要战略。

与国外相比,国内地下水动态的预测预报研究起步较晚,主要从 20 世纪 70 年代中后期开始相关工作。在随后的二三十年里,随着地下水开采量不断增加,特别是对北方平原区地下水超采引发生态环境问题的关注,不同预测方法相继出现并试点应用。近年来计算机模拟技术的快速发展,把地下水动态预测工作推向