

# 地下水与结构抗浮

沈小克 周宏磊  
王军辉 韩 焯 ©著

**Groundwater and Anti-buoyancy  
of Engineering Structures**

中国建筑工业出版社

# 地下水与结构抗浮

沈小克 周宏磊 著  
王军辉 韩 焯

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

地下水与结构抗浮/沈小克等著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 9

ISBN 978-7-112-15020-5

I. ①地… II. ①沈… III. ①地下水位-影响-建筑结构-研究-北京市 IV. ①TU352.4②P641.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 176247 号

本书以北京市勘察设计研究院对北京地区工程地质水文地质条件开展的一系列创新性研究成果为基础,建立了建筑地下水抗浮的区域三维瞬态流模型分析法(区域法),可以便捷地预测在未来各种自然和人为条件下的水位变化趋势,提出了结构安全设防水位取值的方法体系和相应工程措施,为工程建设提供技术经济的设计参数和措施建议奠定了新的科学基础。本书将理论研究、数值模拟、工程设计与实践有机结合,重点论述地下水位环境变化及其对工程建设的影响与对策,全书分为8章,主要内容包括:概述、北京市地质及水文地质条件、北京市水资源现状及未来发展趋势、北京市区域地下水三维瞬态流模型及其应用、北京市地下水位预测管理信息系统、地下水位回升对地下结构影响、结构抗浮设计技术、国内外城市地下水位回升典型案例。

本书可供工程地质、水文地质、岩土工程、结构工程方面的研究人员和工程技术人员参考,也可作为高等院校师生的参考用书。

\* \* \*

责任编辑: 戚大庆 王梅 杨允

责任设计: 张虹

责任校对: 王雪竹 赵颖

## 地下水与结构抗浮

沈小克 周宏磊 著  
王军辉 韩焯

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京盈盛恒通印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14½ 字数: 360 千字

2013年11月第一版 2013年11月第一次印刷

定价: 40.00 元

ISBN 978-7-112-15020-5  
(23020)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

谨以此书纪念张在明院士

# 序 一

地下水对工程建设安全的影响是岩土工程中的重要课题，大多数的地下工程事故与地下水的作用密切相关，使得地下水与地下工程之间的相互影响受到工程界和学术界越来越高的重视。然而，地下水对工程安全性的影响既应考虑建设期，也应考虑使用期。由于地下水赋存状态及其变化规律的复杂性和监测数据的不足，已有的工程应用研究基本上围绕工程建设阶段，即集中在具备工程监测数据的近期问题上，对地下水远期变化及其影响的研究有着相当大的困难，有限的文章多集中在概念和方法的讨论上，系统介绍地下水对结构抗浮影响研究成果的论著更不多见。

北京市勘察设计研究院有限公司（简称“北勘院”）紧密结合城乡规划和工程建设发展的需要，长期开展地下水赋存状态、动态变化规律及其对建设工程影响的研究。近年来，北勘院的同仁们基于对北京地区工程地质条件和水文地质条件的研究和所获得的深入理解，采用地下水动力学的基本方法，继续进行研究和探索，取得了许多具有重要价值的新成果。《地下水与结构抗浮》一书内容丰富，全面总结了北京地区工程地质及水文地质条件，建立了北京地区地下水三维瞬态流模型，针对北京水资源的现状及未来发展趋势，分析了北京调水进京、进一步采取地下水限采等措施后地下水位回升对地下结构的影响，介绍了相关的结构抗浮设计技术措施，并总结了国内外城市地下水位回升的一些典型案例。读后感到本书有以下几个突出的特点：一是作者们的研究基于大量翔实的基础资料和专题研究成果，包括北勘院近 60 年在北京地区开展工程实践所积累的大量地质资料，以及他们所建立的“北京市浅层地下水位动态监测网”长期动态监测数据库和与水务系统相关研究的对比分析与验证，使得相关的研究工作基础扎实，成果可信；二是基于地下水动力学的基本原理，采用地下水三维瞬态流分析模型，充分研究了模型的边界条件和初始条件，展开水位动态预测分析工作，较之以往的经验性方法，他们提出的技术思路更加成熟，理论方法更加完善；三是理论紧密联系实际，针对北京地区地下水位回升及其对工程结构的影响问题深入开展专门研究，建立了北京中心城的水位预测模型和北京地下水位预测管理信息系统，形成了对地下水位的统一预测方法，具有重要的工程应用价值。

我非常欣喜地看到这本凝结着北勘院同仁们辛勤劳动成果的专著问世。作为一名岩土工程工作者，我相信这本书的出版将引起更多业界同仁对地下水引起相关工程问题，特别是地下水位动态变化条件下工程结构抗浮安全问题的关注，从而推动在这一领域更加深入

和更加广泛地研究，促进行业的技术进步，为社会的可持续发展创造出更大的价值。我期待这本书的早日问世，并乐为之序。

龚晓南

中国工程院院士

2013年8月

## 序 二

早在 20 世纪 50 年代，北京市勘察设计研究院有限公司（简称“北勘院”）就开始进行北京地下水的长期观测，积累系统数据，长期坚持不懈。近 20 年来，随着北京地下公共空间和地下轨道交通的不断开发，范围和深度越来越大，地下水环境特别是结构抗浮问题越来越突出。张在明院士敏锐地察觉到，这是一个必须解决的难题，乃率领团队开展研究，并身体力行，写了专著《地下水与建筑基础工程》，奠定了地下水与基础工程关系的科学基础。研究初期主要是基于宏观数据反分析与场地数值分析相结合的地下水位预测方法，并在北京大量重点工程中应用。但由于对经验的要求较高，推广难度较大。针对这个问题，张院士提出了“地下水位预测统一分析方法”的思路，可惜研究未果，不幸中道病逝。

北勘院对北京市的浅层地下水，掌握资料之丰富，认识规律之深刻，是无可伦比的。我每与该院专家讨论相关问题，他们总是一块一块地段是什么样的特征，一项一项研究成果能解决什么问题，了如指掌，如数家珍。张院士逝世后，北勘院的研究团队又继续将工作推向纵深，提出了“北京市区域地下水三维瞬态流模型”的新方法，建立了“北京市地下水位预测管理信息系统”，深入研究了“地下水位回升对地下结构的影响”和“结构抗浮设计技术”。本书集北勘院数十年珍贵资料和研究成果之大成，还汇集了国内外城市地下水回升的典型案列，内容非常丰富，不仅有助于勘察设计单位认识北京地下水的特征，学习结构抗浮设计的方法，也为相关学者提供了丰富数据和研究思路。

20 世纪 50 年代以来的 60 多年中，北京市地下水的情况发生了巨大变化。新中国成立后的大发展带来了盲目的资源开发，地下水的严重超采使水位大幅下降。为了解决北京的水资源问题和贯彻可持续发展的方针，从开源节流两方面入手，实施南水北调，严格节约用水。全市水资源已处于可调控状态，被破坏的生态环境，包括水面、泉水、湿地等，将有望逐渐得到一定程度的恢复，地下水位肯定也会上升。但回升多少，抗浮设防水位应如何取值，成了一时难以取得共识的大问题。

水位变动服从科学规律，只能通过研究解决。包括地下水的补给、径流和排泄，地下水渗流过程中的水头损失，水压力对结构的影响等等，更离不开北京市的具体水文地质条件及其演化，水资源利用的历史、现实和未来。问题非常复杂，不狠下功夫，积累数据，深入分析，长期坚持，难以取得令人信服的成果。这些年来，围绕北京结构抗浮问题的争议不少，有时还很激烈。争论当然可以，但争论必须服从科学，以科学原理和科学数据为准绳，与不讲科学的人争论没有任何意义，这大概也是北勘院数十年如一日致力于科学研

究的原因之一。

本书是地下水与结构抗浮问题的首部专著，系统阐述了相关的科学原理，提供了大量科学数据和有益的科学方法，得出了相应的科学结论，是值得从事勘察、设计、科研人员参考的一部好书，我很乐于将其推荐给各位。



中国工程勘察设计大师

2013年8月



# 前 言

半个多世纪以来，受首都建设和发展影响，北京市的地下水环境发生了重大变化，主要表现为地下水持续超采形成水位普遍较低的当前地下水环境格局。但自“十五”以来，在科学发展观的指引下，一系列开源节流的措施在北京得到贯彻执行，特别是正在建设的“南水北调（中线）工程”进京净水量每年将达 10 亿立方米，约占目前每年北京市地下水开采量的一半，再加上规划中的后续其他水资源补给项目，将使北京市水资源格局发生重大改变，地下水的开采量会明显减少，从而引起区域性地下水位的回升，形成新的地下水环境形态。

近年来，随着地面空间日益局促，北京市正迎来了地下空间开发热潮，大规模的地下工程建设也会在一定程度上影响局部地下水环境，进而诱发一系列次生工程与环境问题，已经越来越受到行业专家的重视，国家环保部新颁布的《环境影响评价技术导则—地下水》也从政策上为该问题评价提出了要求，但由于地下水环境问题的复杂性，尚未提出确切的评价方法。

地下水环境的变化将对城市大量既有和新建的建（构）筑物的结构安全产生重要影响，且国际上很多城市已经遇到过这个问题。在北京城市工程规划与建设中，地下水位的变化趋势及结构抗浮水位直接关系到工程安全，但由于问题的复杂性，长期以来行业内没有形成统一的评价方法，争议很大。因此，开展地下水位动态规律及其与城市规划建设的关系研究是一项前瞻性和现实意义很强的工作，是未来地下空间开发中行业必须关注的焦点之一。同时，在工程措施上，北京地区目前以抗浮构件和结构配重等被动抗浮措施为主，这类方法虽然较为成熟，但难以应用于既有建（构）物和市政设施，以排水减压为主导的主动抗浮措施研究的意义也就凸显出来。

为了满足首都规划建设的需求，受北京市规划委员会、北京市勘察设计与测绘管理办公室的委托，北京市勘察设计院自 1955 年即开始“北京市浅层地下水位动态监测网”的建设、监测和应用工作。近年来，监测网不断扩建，覆盖范围包括北京市六环以内及顺义、亦庄、通州、大兴、房山、昌平六个新城，控制面积达 4300km<sup>2</sup> 左右，约占北京市平原区总面积的 67%，在测监测网点 529 个，监测井 956 个，平均监测密度约为 20 个监测井/100km<sup>2</sup>。分别对北京地区 50 米深度范围内的上层滞水、台地潜水、层间潜水、潜水以及承压水的动态水位进行监测，并利用 GIS 技术建立了北京市浅层地下水信息管理系统，实现了对监测结果的科学信息化管理。

基于监测网的建设和监测工作，北京市勘察设计研究院有限公司结合首都规划建设的需求，针对地下水环境（水位）变化和结构抗浮问题开展了一系列研究工作。特别是在 20 世纪 90 年代，在总工程师张在明院士的带领下，通过长期的研究和总结，提出了第一代抗浮分析方法——“场域渗流模型综合分析法”（简称“场域法”）。该方法是基于宏观数据反分析与场地数值分析相结合的一种工程分析方法。在充分利用区域工程地质、水文地质背景资料和地下水水位长期观测资料的基础上，分析工程场区及其附近区域的水文地质条件、场区地下水与区域地下水之间的关系、各层地下水的水位动态特征以及相邻含水层之间的水力联系，确定影响场区地下水水位变化的各种因素及其影响程度，预测场区地下水远期最高水位，并经渗流分析、计算，最终提出建筑抗浮水位建议值，其研究成果不仅在理论和评价方法上有若干创新，而且在奥运会国家体育场、国家大剧院、四环路中关村路堑等重大工程中得到运用。

场域法遗留的问题是，第一，限于当时的条件，研究成果的应用只能为单体工程分析提供支持，甚至可以成为单位的独有技术，但没有提出针对整个城市建设的解决方案。在 2005 年开始开展的对《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》DBJ 01-501-92 的修订工作中，北京市广大的勘察、设计单位对此提出了强烈的要求。但限于已有的资料和研究深度，修订的 2009 版规范未能解决这个问题。第二，当时对北京地下水环境有重大影响的南水北调工程方案尚不具体，没有条件进行针对这个面上问题的研究。随着国家及北京市关于南水北调方案的逐渐具体和明朗，对场域法的改进也提到日程上。

基于上述原因和背景条件，在北京市规划委员会、北京市勘察设计与测绘管理办公室、张在明院士的倡导下，结合单位多年研究与工程实践的系统总结和提炼，经过长期的技术准备工作，北京市勘察设计研究院有限公司（北京市勘察设计研究院 2007 年改企为北京市勘察设计研究院有限公司，简称“北勘”）自 2008 年正式开始开展了“北京市地下水环境变化对结构抗浮影响研究”，随后又开始了工程应用示范和改进，逐渐形成了第二代抗浮分析方法——区域三维瞬态流模型分析法（简称“区域法”）。本方法是利用地下水三维渗流模型进行抗浮水位分析计算的方法，在充分利用北勘 50 多年以来积累的大量地质资料及地下水长期动态资料及其研究成果的基础上，根据地下水动力学基本原理，建立了北京市中心城区域（范围 1040km<sup>2</sup>）地下水三维瞬态流分析模型和方法。该方法经过了大量实测数据（包括地下水水位动态监测和水文气象数据）的识别和验证。方法的重要特点是能根据不断更新和完善的输入条件，如最新的地下水监测数据或水位观测结果，计算预测模型范围内任意位置各层地下水的远期最高水位及其变化过程，并结合场地的水文地质条件和拟建建筑基底位置综合确定抗浮水位设计参数。

本书主要介绍建筑地下水抗浮的区域三维瞬态流模型分析法（区域法）。全书共分为 8 章，分别介绍北京市地质及水文地质条件、北京市水资源现状及未来发展趋势、北京市区

域地下水三维瞬态流模型及其应用、北京市地下水位预测管理信息系统、地下水位回升对地下结构影响研究、结构抗浮设计技术、国内外城市地下水位回升典型案例。

在本书成稿之际，我们深切怀念在最近一期课题研究尚未完成时不幸辞世的中国工程院院士、中国工程勘察设计大师张在明院士。张院士长期领导开展北京地下水及结构抗浮问题的系列性研究，在国内外业界产生了广泛的影响，本书介绍的研究成果凝聚了张院士的大量心血。

借此机会，我们特别感谢对本书的研究给予大力支持的北京市规划委员会和北京市勘察设计与测绘管理办公室。同时，要特别感谢在研究过程中给予过悉心指导的各位专家：顾宝和大师、袁炳麟大师、董德茂教授级高工、张钦喜教授、王建厅高工、叶超教授级高工和宋二祥教授。感谢中国工程院院士龚晓南教授、中国工程勘察设计大师顾宝和先生在百忙中审阅书稿，并撰写序言。

除了项目组成员的付出外，相关研究顺利推进和完成离不开北勘的有关领导和专家的大力支持，包括徐宏声总经理、郝春英副总经理、唐建华副总工程师、方继红高工、王峰副总工程师、王慧玲高工、田建宇高工、姚旭初高工、信息技术中心张志尧主任等，在此一并致谢。

本书由沈小克、周宏磊、王军辉、韩焯等人著，其他参加撰写和相关研究工作的还有罗文林、刘赫炜、王法、刘静、尹宏磊、张芳、张鹏、侯伟、王鑫、汪小丽等。

《地下水与结构抗浮》编写组

2013年8月

# 目 录

第 1 章 概述 .....	1
1.1 问题的提出 .....	1
1.2 国内外城市地下水位区域性回升的典型案例 .....	3
1.3 地下水位预测分析方法 .....	5
1.3.1 基于水资源平衡关系的宏观预测的方法 .....	5
1.3.2 利用供水模拟模型方法的研究 .....	6
1.3.3 数值模拟方法 .....	7
1.3.4 基于宏观数据反分析与数值分析相结合的工程分析方法 .....	8
1.3.5 已有方法中存在的问题 .....	12
1.4 本书的工作基础 .....	13
第 2 章 北京市地质及水文地质条件 .....	15
2.1 自然地理条件 .....	15
2.1.1 气候条件 .....	16
2.1.2 水文条件 .....	16
2.1.3 地形地貌条件 .....	18
2.2 地层条件 .....	20
2.2.1 第四纪地质条件概述 .....	20
2.2.2 北京市中心城地层条件研究 .....	22
2.3 浅层地下水分布及补排条件 .....	24
2.3.1 北京市平原区地下水条件概述 .....	24
2.3.2 各类型地下水分布和补排关系 .....	25
2.4 地下水位动态规律研究 .....	29
2.4.1 台地潜水、阶地潜水和上层滞水 .....	29
2.4.2 潜水-承压水 .....	30
2.4.3 层间水 .....	32
2.4.4 地下水开采量对地下水位动态统计规律研究 .....	32
2.4.5 1959 年最高水位若干问题研究 .....	34
2.5 本章小结 .....	36
第 3 章 北京市水资源现状及未来发展趋势 .....	38
3.1 北京市水资源现状 .....	38

3.1.1	概述	38
3.1.2	大气降水及地表水资源现状分析	39
3.1.3	地下水资源及其开采现状分析	43
3.1.4	水资源供需情况	46
3.2	北京市水资源政策及发展趋势	48
3.2.1	水资源政策	49
3.2.2	节流政策	50
3.2.3	开源政策	52
3.3	未来水资源趋势下地下水涵养方案调研	55
3.3.1	城区地下水开采调整方案	56
3.3.2	北京地区联合调蓄研究成果	60
3.3.3	关于区域地下水水位上升的控高策略	64
3.4	本章小结	65
<b>第4章</b>	<b>北京市区域地下水三维瞬态流模型及其应用</b>	<b>67</b>
4.1	北京市区域性地下水三维瞬态流模型	67
4.1.1	概念模型	67
4.1.2	数学物理模型	74
4.1.3	数值模型	75
4.2	模型及参数的识别和校正	76
4.2.1	模型参数初步取值的原则和方法	76
4.2.2	利用观测数据对模型参数的校正	80
4.2.3	模型识别过程中的若干问题讨论	92
4.3	模型的进一步检验——以官厅水库放水为例	97
4.3.1	官厅水库放水概况	97
4.3.2	数值模拟情况	98
4.4	地下水位远期变化趋势预测	102
4.4.1	预测条件的设定	102
4.4.2	区域地下水水位变化预测分析	103
4.4.3	关于未来水位控高措施影响下的水位预测	106
4.5	三维瞬态流模型预测成果的应用探讨	108
4.5.1	关于三维瞬态流模型在建筑场地各层地下水预测中适应性	108
4.5.2	利用一维渗流模型对三维渗流模型预测成果的修正	110
4.5.3	一维渗流模型计算过程误差量级探讨	110
4.5.4	一维、三维渗流模型在层间水含水层较厚的地区计算结果对比	111
4.5.5	关于抗浮水位概念及其取值方法探讨	114
4.6	本章小结	115
<b>第5章</b>	<b>北京市地下水位预测管理信息系统</b>	<b>117</b>
5.1	系统概述	117

5.1.1	系统建设目标	117
5.1.2	系统设计原则	117
5.1.3	系统结构	117
5.1.4	系统开发	117
5.1.5	系统组成	120
5.1.6	系统实现的关键技术	121
5.2	系统功能	123
5.2.1	功能设计概要	123
5.2.2	功能详细设计	124
5.3	本章小结	135
<b>第 6 章</b>	<b>地下水位回升对地下结构影响</b>	<b>136</b>
6.1	地下水位上升引起隧道结构的相关灾害分析	136
6.1.1	结构整体上浮	136
6.1.2	应力状态的变化	137
6.1.3	结构变形与位移	137
6.2	水位上升对隧道结构影响的数值模拟与分析	137
6.2.1	数值模拟	137
6.2.2	模拟结果的分析	138
6.3	本章小结	141
<b>第 7 章</b>	<b>结构抗浮设计技术</b>	<b>143</b>
7.1	结构抗浮稳定性验算	143
7.1.1	结构浮力的计算	143
7.1.2	抗浮稳定性评价	145
7.2	抗浮措施	145
7.2.1	被动抗浮措施	145
7.2.2	主动抗浮措施	148
7.2.3	两类抗浮措施特点对比分析	151
7.3	本章小结	152
<b>第 8 章</b>	<b>国内外城市地下水位回升典型案例</b>	<b>153</b>
8.1	国外地下水回升案例	154
8.1.1	欧洲地区	154
8.1.2	美洲地区	165
8.1.3	亚洲地区	167
8.1.4	非洲地区	171
8.2	国内地下水回升案例	172
8.2.1	甘肃	172

8.2.2	苏南地区 .....	175
8.2.3	河南郑州 .....	175
8.2.4	陕西宝鸡 .....	175
8.2.5	青海柴达木盆地 .....	176
8.2.6	山东 .....	176
8.2.7	河北 .....	176
8.2.8	山西太原 .....	177
8.2.9	天津 .....	177
8.2.10	内蒙古扎兰屯 .....	178
8.2.11	辽宁沈阳 .....	178
8.2.12	黑龙江哈尔滨 .....	178
8.2.13	北京市历史上区域性水位上升情况 .....	179
8.3	水位回升引起结构上浮典型案例 .....	180
8.3.1	安徽合肥某地下车库 .....	181
8.3.2	安徽合肥盛世名城住宅小区单层地下车库 .....	181
8.3.3	安徽合肥某小区地下车库 .....	182
8.3.4	福建厦门某广场地下室 .....	184
8.3.5	福建厦门世贸中心一期工程 .....	185
8.3.6	广东深圳宝安中旅大酒店地下室 .....	186
8.3.7	广东深圳市阳光花园地下室 .....	186
8.3.8	湖北武昌某花园小区 .....	188
8.3.9	山东巨野县清源污水处理工程综合生物处理池 .....	189
8.3.10	山东青岛某地下车库 .....	190
8.3.11	天津市某工程地下室 .....	191
8.3.12	海南海口市某小区商场地下室 .....	192
8.3.13	浙江湖州市某住宅小区 .....	194
8.3.14	某污水处理厂二沉池 .....	195
8.3.15	某沿海城市地下商场 .....	196
8.3.16	某地下二层停车场 .....	197
8.3.17	某地下一层车库 B .....	198
8.3.18	某地下车库 .....	200
8.3.19	某公司地下 300t 消防水池 .....	203
8.4	本章小结 .....	204
附录 北京地区建筑结构抗浮技术导则 .....		206
参考文献 .....		211

# 第 1 章 概 述

## 1.1 问题的提出

50 多年来,在首都大规模的建设和发展中,造成了地下水资源的严重超采,地下水位普遍下降(图 1.1)。最近 10 多年来,由于中心区大规模的工程建设,特别是高层建筑、超高层建筑的地下部分和地铁等项目的施工降水,又造成了建筑集中地段地下水区域性的进一步下降。

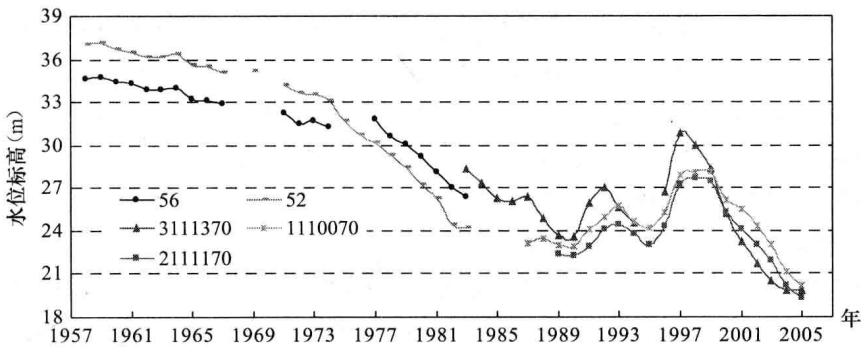


图 1.1 北京市区域性地下水水位多年动态曲线(图中数字为地下水长期观测孔编号)

但是,近年来在科学发展观的指引下,国家与地方采取了一系列针对水资源的开源与节流的措施,这些措施必然会改变北京地下水的环境状态,概况来说包括:

(1) 节流:在过去的“十五”和“十一五”期间,在北京市市委和市政府的领导下,加快建设节水型社会,贯彻了《北京市节约用水办法》、《21 世纪初期首都水资源可持续利用规划》、《北京市“十一五”时期水资源保护及利用规划》等政策措施。特别是加大污水处理力度,扩大再生水利用;加快水系治理,建设生态水环境;建设了一批重点水务工程;改革水务管理体制。到“十一五”结束时,全市总用水量已经下降到 35.2 亿  $m^3$ 。节流措施取得明显成效。

(2) 开源:南水北调工程的实现将对北京市的水环境将造成重大影响。南水北调中线工程规划分两期建设。第一期工程 2014 年建成,进入海河流域的水量预计约为 60 亿  $m^3$ ,向北京市供水的总干渠设计流量  $60m^3/s$ ,年供水 12 亿  $m^3$ ,净供水为 10 亿  $m^3$ ;第二期工程 2030 年建成,进入海河流域的水量预计约为 90 亿  $m^3$ ,届时对北京的供水将进一步加大。除此以外,北京市也加大了对中水利用的措施。上述开源政策也会对北京市水资源的格局形成明显影响。

从上面的初步分析可以看出,在开源与节流措施涉及的水量占据了当前北京城市用水



量相当大的比例，因此北京水资源的供求平衡关系和水环境将产生重大影响。

从研究的必要性来看，地下水回升造成的城市水环境的变化，及其对规划建设的影响，在日本和欧洲都进行过一些研究，但在我国系统的研究和论证还很不够。为满足首都建设，特别是奥运及配套工程的要求，北京市勘察设计研究院有限公司曾经对有关方面进行过专门的研究，研究成果不仅在理论和评价方法上有若干创新，而且在奥运会国家体育场、国家大剧院、四环路中关村路堑等重大工程中得到运用。但遗留的问题是：第一，限于当时的条件，研究成果的应用只能为单体工程分析提供支持，甚至可以成为单位的独有技术，但没有提出针对整个城市建设的解决方案。在2005年开始的《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》（已于2009年颁布实施）修订工作中，北京市广大的勘察、设计单位对此提出了强烈的要求。但限于已有的资料和研究深度，在规范修订中未能解决这个问题。第二，当时，对北京地下水环境有重大影响的南水北调方案尚不具体，没有条件进行针对这个层面上问题的研究。

从研究需求的角度来看，首都正在进行世界上空前的、大规模的地铁建设。按北京市区轨道交通规划线网，规划线路22条，总长度为701.4km，其中在四环路之内规划线路长度为338.6km，二环路之内规划线路长度为101.5km。市郊铁路网络由5条干线和1条市郊铁路主支线组成，总长度为400km。至2015年轨道交通线网全长将达到600km以上。地下铁路设计问题中，抗浮稳定性和土水压力取值显然是一个重大问题。

同时，由于建筑功能和结构稳定性的需要，高层建筑和大型公用建筑的基础埋深越来越大。粗略统计，北京市基础埋深超过20m的建筑至少已经有数百栋，且在不断增加。表1.1列举了位于北京CBD区的一些高层建筑和大型公建的基础尺度，这些建筑一般在主体高层周边都附有较低矮的裙楼、甚至纯地下结构（多为地下车库）。在地下水位较高的条件下，如果不能满足抗浮要求，一般就要采取结构措施，如设置抗浮桩或抗浮锚杆。

CBD区高层建筑和大型公建深基坑举例

表 1.1

工程名称	基础总面积 (m <sup>2</sup> )	基坑埋深 (m)
国贸三期	295×139	19.0~25.0
中央电视台新址	210×275	10.0~23.0
北京银泰中心	254×129	22.0
中环世贸中心	133×131	24.47
北京电视台新址	171×226	18.2
北京财富中心	244×119	15.80
光华世贸中心	143×191	25.26
京澳中心	210×106	10.5
万达广场	290×188	11.7
怡禾国际中心	165×133	15.50
世纪财富中心	约 100×100	约 23.0
建外 SOHO	约 200×114	12.5~16.1
Z15 地块 (中国尊)	约 136×84	约 38m

另外，市政工程中的地下管线和下穿式路堑同样会遇到上述问题，其中，下穿式路堑的例子有四环路中关村路堑、莲花东路、宛平城等数十处。