

中国北方地区城市水业关键问题研究
(供水部分)

**供水行业投资量化
分析和预测**

深圳市利源水务设计咨询有限公司

二〇〇五年三月

版权所有，未经授权请勿转载
水世界网 www.waterworld.org.cn



摘要

我国北方地区包括黄河、淮河、海河三大流域及内陆河区，面积为 420 万 km^2 ，占全国总面积的 43.9%，而水资源总量和人均水资源量却分别仅占全国的 11.8% 和 1/3。因此，北方地区水资源供需矛盾十分突出，未来需要大量的资金投入供水设施建设。本报告在分析过去 8 年(1996~2003)供水行业投资的基础上，对北方城市 2003~2010 年供水行业的投资情况进行了预测。

过去 8 年间，北方各地供水投资总额为 579 亿元，其中约有 50% 用在特大城市的供水建设上，大型、中型和小型城市各占 17% 左右。从地区分布来看，山东省的投资额最多，达到了 89.7 亿元，天津市最少，只有 17.8 亿元。通过对历年城市固定资产投资的分析发现，地方财政拨款、国内贷款和自筹资金是供水投资的主要来源，这三部分所占的比例达到总投资额的 80% 以上。但是随着中国供水行业市场化改制的进一步深入，可以预计，外资及民间投资的力度将会不断加大。报告结合供水设施建设规模与投资单价估算，对投资去向进行了分析，结果表明，水源投资占 20%，水厂占 29%，管网占 51%。通过对该结果的分析表明，各城市及分规模城市的投资估算结果与实际值符合程度较好，说明该方法可用于北方地区供水行业总投资的估算及预测。

报告在分析用水人口、城市化进程、经济发展水平、产业结构及水价调整等影响因素的基础上，采用两种方法对用水量进行了预测。方法一是在假定未来用水量的影响因素及这些因素对用水量的影响与历史情况相同的情景下，通过单纯的回归分析进行预测，回归变量为非农业人口和年份。预测结果为 2010 年用水量将达到 228 亿 m^3 ；方法二是将用水分为综合生活用水和工业用水，前者通过回归分析预测，回归变量为用水人口，后者的影响因素较复杂，用万元产值用水量和弹性系数法进行预测。在不同的情景分析下，2010 年的用水量为 212.4~234.4 亿 m^3 ，方法二与方法一的预测值相差 -6.8%~2.6%，说明两种方法的预测结果基本一致，预测结果是合理的。

新增供水能力的预测综合考虑了未来用水量变化、现有供水设施闲置、国家限采地下水政策、南水北调等影响因素。通过分析北方城市各供水企业的供需比发现，各地区闲置的供水能力在近些年不断扩大，至 2003 年公共供水企业的供

需比达到 1.95，如果未来各城市仍然继续保持或增大闲置供水能力，无疑是对资金的浪费。因此报告在假设各城市能够充分利用闲置能力的情景下对新增供水能力进行预测。另外，北方地区地下水的严重超采，已经带来了一系列问题，未来国家对地下水开采的控制力度将会加大，尤其是在对自备井的管理上。本报告根据各地地下水开采情况和国家的相关政策，对未来的地下水限采情况进行了预测。由于不确定性较大，报告设定了低中高三种情景（取中等方案为基准方案），预计至 2010 年，北方地区地下水开采量将在 2003 的基础上压缩 30.6 亿 m^3 ~44.3 亿 m^3 。在此基础上，至 2010 年，有 179~203 个城市需要新增供水能力，共计增加的供水能力为 904 万 m^3 /日~ 1321 万 m^3 /日。在基准方案下，2010 年需新增供水能力 1100.7 万 m^3 /日，其中特大城市所占比例最大，为 41%，大、中、小型城市分别各占 17%，17%和 25%。

新增供水设施和投资预测根据投资单价估算，分为水源、水厂和管网三部分，其中水厂和管网部分投资又进一步分为新建和改造投资。一般地，引水、取水和输水构成了水源投资的主要部分，由于引水和输水工程的存在的不确定性，且缺乏数据，报告只做定性分析，因此水源工程投资定量预测只包括取水投资。在基准方案下，至 2010 年供水行业总投资为 611 亿元，高方案下为 698 亿元，低方案投资为 525 亿元（均不包括引水输水工程）。其中水源、水厂、管网各占总投资的 2.5%，24.1%，73.2%。管网更新率、地下水保护是影响未来供水投资的最主要因素，如果管网更新率平均增加 1%，投资将增加约 59 个亿，如果在不控制地下水的开采，也不关闭自备井的情况下，新增供水能力将减少 88 万 m^3 /日，投资相应减少 210 个亿。

目 录

摘 要	I
目 录	III
第一章 概 述	1
1.1 研究目的及意义	1
1.2 研究内容	1
1.3 数据来源及相关说明	2
第二章 供水行业投资回顾和分析	12
2.1 供水投资历史情况介绍	12
2.2 投资来源分析	16
2.3 投资去向分析	21
2.4 小结	30
第三章 投资预测技术路线	32
第四章 供水需求预测	34
4.1 城市用水现状	34
4.2 城市用水量影响因素分析	34
4.3 预测技术路线	41
4.4 小结	48
第五章 新建供水设施预测	49
5.1 供水能力历史数据及闲置情况分析	49
5.2 地下水限采对供水设施建设的影响	51
5.3 新建水厂供水能力预测	57

5.4 小结	59
第六章 供水投资预测	60
6.1 新增供水能力对投资的影响	60
6.2 更新改造投资	64
6.3 预测结果汇总	76
6.4 敏感性分析	77
6.5 小结	79
第7章 结论和建议	80
7.1 主要结论	80
7.2 建议	81
附表	83
参考文献	85

第一章 概 述

1.1 研究目的及意义

我国北方地区包括黄河、淮河、海河三大流域及东北、西北的内陆河区，面积约为 420 万 km²，占全国总面积的 43.9%，而水资源总量和人均水资源量却分别仅占全国的 11.8% 和 1/3，特别是黄、淮、海地区的水资源供需矛盾十分突出，水资源紧缺已成为影响当地经济、社会发展的制约因素。同时，经济高速发展所伴随的环境污染使得缺水形势更为严峻，2002 年《中国水资源公报》显示，松辽河、海河、黄河、淮河片区的水质均较差，符合和优于 III 类水的河长分别仅占全长的 43.1%、40.6%、38.6% 和 30.8%，由此可见，我国北方地区的水资源紧缺不仅仅是水量性缺水，水质性缺水也十分严重。另一方面，根据《国民经济 2010 年远景规划》，2010 年我国城市化水平将达到 45%，城市供水需求必然伴随城市化进程的加速而大幅提高。随着卫生部《生活饮用水卫生规范》的实施以及《城市供水水质标准》和《城市供水行业 2010 年技术进步发展规划及 2020 年远景目标》的出台，城市供水行业更是面临着提高水质、降低漏耗等新课题。因此，水量性和水质性缺水并存、城市化进程的加速、净水水质指标的提高等问题使得北方地区供水企业在水源保护、水厂工艺改造及管网设施更新等方面承受了巨大的投资压力。

课题组以世界银行资助项目——“中国北方地区城市水业关键问题研究（供水部分）”为契机，采用理论研究和实地调研相结合的方法，对中国北方地区供水业 1996~2003 年的投资情况进行了全面的调查与分析。同时，在结合了未来 6 年（2005~2010）用水量增长、水质标准提高、水源变化以及设施更新改造建设等因素的基础上，对投资需求进行了预测。

1.2 研究内容

研究内容分为两部分。一是调查供水行业的历史投资（1996~2003 年），对

这些年的投资来源和投资去向（水源、水厂和管网）进行分析；二是对未来 6 年（2005~2010 年）各省/直辖市及四类城市的供水投资需求进行预测，并尽量将预测结果划分为水源、水厂及配水管网三部分。

课题的研究对象是中国北方地区供水行业的投资情况，为研究方便，将北方地区分别按照行政区域和城市规模进行划分，具体如下：

（1）按行政区域划分

把北方地区按照自然的行政区域划分，即分为：北京、天津、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、河南、山西、山东、陕西、安徽(长江以北地区)、湖北(长江以北地区)和江苏(长江以北地区)14 个省/直辖市。

如果不特别注明，后文提及的安徽、湖北和江苏三省只包括长江以北区域。

（2）按城市规模划分

根据表 1-1 所示标准将我国北方地区的 361 个城市按人口规模划分为特大、大、中和小型四类城市。

表 1-1 城市划分标准及城市规模分布

城市规模	城市人口区间	所属类型城市数量（个）
特大城市	≥100 万	26
大型城市	50 万~100 万	41
中型城市	20 万~50 万	80
小型城市	< 20 万	214

1.3 数据来源及相关说明

1.3.1 数据来源

1.3.1.1 国家或省市的统计年鉴

《中国城市统计年鉴》是全面反映中国城市经济和社会发展情况的资料性年刊，收录了全国各个建制城市社会经济发展和城市建设各方面的统计数据（含地级及以上城市和县级城市，其中 2002 年为 660 个城市）。该书中所涉及的资料由全国各建制城市收集，经省统计局整理汇总后上报国家统计局，并由国家统计局组织编写和审定出版，因此从该书中获取的数据及资料可信度较高。本报告从《中国城市统计年鉴》中获取的资料包括人口、人口密度、人口自然增长率、

GDP、人均 GDP、GDP 年增长率、职工平均工资、全年供水总量、人均生活用水量等参数。

《中国城市建设统计年报》是反映中国城市建设发展情况的资料性年刊，包含城市市政公用设施情况等资料，由建设部综合财务司编写。本报告从该书中获取的资料包括城市总户数、人口、人口密度、城市面积、城市供水综合生产能力、供水管道长度、各种用水性质的供水总量、用水人口、利润总额、人均日生活用水量、用水普及率等指标。另外，还包括城市建设大中型及限额以上建设项目资料，如供水项目的名称、投资、固定资产投资、建设规模和新增生产能力等。

1.3.1.2 行业统计年鉴

《城市供水统计年鉴》反映了我国城市供水的基本面貌和供水企业的主要情况，书中所涉及的资料由供水企业提供，由中国城镇供水协会负责组织编写。该书几乎涵盖了供水企业运营的全部信息，包括供水综合指标、供水与售水、供水管道、供水服务、生产经营管理、供水财务经济、供水价格等。

1.3.1.3 政府行业网站

在建设部、统计局等政府网站以及中国水星、中国水网、城市发展网等专业网站上，也含有本研究所需要的城市综合经济、供水与售水、供水投资、水质等各方面的信息，是搜集资料的一个重要渠道。其中政府网站上的资料比较具有权威性，而专业网站的数据则可以用来参考。

1.3.2 指标解释及相关说明

由于我国市镇标准变化较多，各次变动不能衔接，使得标准日趋复杂化，城乡划分同其他国家明显不同。因此，这里对城市及相关的指标只进行简单的解释。

➤ 城市/城镇：以非农产业和非农业人口聚集为主要特征的居民点。包括按国家行政建制设立的市和镇。

➤ 市：又称建制市或设市城市。指经国家批准设市建制的行政地域。按行政级别分为直辖市、地级市和县级市。

直辖市指由中央政府直接管辖，行政地位相当于省一级的市。

地级市指其行政地位相当于地区一级的市

县级市指行政地位相当于县一级的市。

➤ 镇：指经国家批准设镇建制的行政地域。包括县人民政府所在地的建制镇（即县城）和县以下的建制镇（即县辖建制镇）。

➤ 市域：城市行政管辖的全部地域，包括市辖县的全部行政管理范围。

➤ 市区：指设市城市本级行政管辖的地域（不包括市辖县和市辖市）。

➤ 建成区：城市建成区是指城市行政区内实际已成片开发建设、市政公用设施和公共设施基本具备的区域。对于核心城市，它包括集中连片的部分以及分散的若干个已经成片建设起来、市政公用设施基本具备的地区；对一城多镇来说，它由几个连片开发建设起来的、市政公用设施基本具备的地区组成。因此，建成区范围一般是指建成区外轮廓线所能包括的地区，也就是这个城市实际建设用地所达到的范围。

➤ 城市人口：城市人口指市区（不包括市辖县和市辖市）有常住户口以及未落常住户口但居住一年以上的流动人口。

➤ 非农业人口数：指城市人口中常年从事第二、三产业的人口及其所抚养的人口。应特别说明的是，本研究所指的城市供水是指市区供水，不包括市辖县和市辖市内的供水。鉴于市区内公共设施基本具备的区域是建成区，因此，实际上这里的城市供水就是在建成区的供水。

➤ 非农业用水人口：是指由城市供水设施供给生活用水的城市非农业人口（含公用水站用水人口）。

➤ 固定资产增加值：指通过固定资产投资活动所形成的新的固定资产价值，包括已经建成投入生产或交付使用的工程投资和达到固定资产标准的设备工具器具的投资及有关摊入的费用。达到固定资产标准的设备工具器具的投资及有关摊入的费用。

➤ 城市供水：指通过供水设施向单位和居民的生活生产和其它各项建设提供符合国家标准用水的活动，包括公共供水和自建设施供水。

➤ 供水设施：指用于取水、净化、送水、输配水等的设施总称。包括公共供水设施和自建供水设施。

➤ 公共供水：指公共供水企业以公共供水管道及其附属设施向单位和居民的生活、生产和其它各项建设提供用水。相应地，供水单位称为公共供水企业

➤ 自建设施供水（自备水）：指用水单位以其自行建设的供水管道及其附

属设施主要向本单位的生活、生产和其它各项建设提供用水。相应地，供水单位（亦即用水单位）称为自建设施供水单位。

➤ 设计综合生产能力：指按供水设施取水、净化、送水、出厂输水干管等环节设计能力计算的综合生产能力。包括在原设计能力的基础上，经挖掘潜力、革新、改造增加的生产能力。

➤ 管道长度：指供水设施的取水管道和供水管道长度之和。

➤ 城市用水人口：指由城市供水设施供给居民家庭用水的人口，包括农业用水人口、非农业用水人口和部队用水人口。

➤ 非农业人口：指常年从事第二、三产业的人口及其所抚养的人口。

➤ 用水普及率：指城市用水人口与城市人口的比率。

➤ 人均日生活用水量：指每一城市用水人口平均每天的生活用水量。

➤ 大中型及限额以上建设项目：指基本大中型项目与限额以上的更新改造项目。

➤ 基本大中型项目：是指新建、扩建的日供水 11 万吨以上的独立水厂，总投资在 1000 万元以上的项目。

➤ 限额以上的更新改造项目指投资额在 3000 万元以上的更新改造项目。

➤ 城市化水平：指一定区域内城市人口与总人口的比率。计算公式：城市化水平=区域内城市人口/区域内总人口*100%。

➤ 引水工程：指由管道或渠道将水从水量丰沛的地区引到水量不足地区的工程。

➤ 输水工程：指将原水从取水点输送到水厂的工程。包括提升泵站、加压泵站、输水管线。

➤ 输水管线：本报告中特指从水源取水口至水厂的管线。

➤ 取水工程：指从水源地将水输送到水处理构筑物的工程。包括取水泵站、取水口等。

➤ 配水管网：指送水泵至用户水表之间的所有供水管道。

➤ 原水工程（水源工程）：指原水的引水工程，取水工程和输水工程。

➤ 水厂规模：指水厂的设计处理能力。

➤ 自备井：属于自建供水设施，指用水单位自行建设，用以提供生活、生

产用水的水井。

➤ 投资单价：指取水或水厂单位供水能力的投资额；或者指单位管长（输水管线或配水管网）的投资额。

➤ 生活综合用水量：指居民家庭用水量 and 公共服务用水量之和。居民家庭用水指城市范围内所以居民家庭的日常生活用水；公共服务用水指为城市社会公共生活服务的用水。

➤ 生活用水价格：指居民家庭生活及公共服务用水的价格。

➤ 工业用水价格：指工业企业内部生活及生产用水的价格。

➤ 用水量增长的弹性系数：指用水总量的变化率与 GDP 变化率之比。

➤ 供需比 Supply/Demand Ratio (S/D ratio)：按设计日供水能力与实际日供水量之比。

➤ 基本建设项目：简称基建项目，指经批准在一个总体设计或初步设计范围内进行建设，经济上实行统一核算，行政上有独立组织形式，实行统一管理的基本建设单位。通常以一个企业、事业、行政单位作为一个基建项目。基建项目一般由设计文件规定的若干个有内在联系的单项工程组成。设计文件规定分期建设的单位，每一期工程作为一个基建项目。

➤ 更新改造项目：简称更改项目，指指经批准具有独立设计文件（或项目建议书）的更新改造工种，或更新改造工程，或更新改造计划方案中能独立发挥效益的工程。更新改造项目是根据独立设计文件或能独立发挥效益的工程确定，大致相当于基本建设项目中的单项工程。现行统计制度规定，更新改造统计的基层填报单位是企业、事业单位，而不是更新改造项目。

➤ 固定资产投资：固定资产投资包括固定资产更新（局部更新和全部更新）、改建、扩建、新建等活动。固定资产局部更新的大修理作为日常生产活动的一部分，发生的大修理费用直接在成本费用中列支，纳入固定资产投资统计。对现有市政工程设施的改造工程，应纳入更新改造措施统计工程；对新建工程应纳入基本建设统计。

➤ 新增生产能力：指通过固定资产投资活动而新增加的设计生产能力（或工程效益）。

1.3.3 数据质量分析

1.3.3.1 数据可信度分级

从数据的可靠性和精度两方面来评价数据的可信度，可靠性可分为 A 和 B 两类，同时根据数据的类型又分为现状和预测两种，具体情况参见表 1-2。

表 1-2 数据可靠性分类

可靠性	数据类型	描 述
A (高度可靠)	现状	数据来源于充分详实的记录、程序、调查或分析，数据有适当的备案，并且是目前公认的最好的评估手段。
	预测	基于对高质量的基础数据的推断，这些基础数据覆盖或可应用于所研究内容 100 % 的范围。预测的数据至少每 5 年更新一次，并且在评估期间经重新核查。
B (可靠)	现状	大体上同 A，但是有一些小的缺陷。例如，一些文档丢失，一些评估较陈旧，有的数据来自于未经证实的报告，或数据中有推断的成分。
	预测	基于对基础数据的推断，这些基础数据覆盖或可应用于所研究内容 50 % 的范围。预测的数据至少每 5 年更新一次，并且要在评估前的两年之内重新核查。

按照获得的数据与实际数据间的误差，数据精度按表 1-3 分级。

表 1-3 数据精度分级

级 别	1	2	3	4	5	6	X
误 差	±1 %	±5 %	±10%	±25%	±50%	±100%	>100 %

根据所获得数据的可靠性和精度，将数据进行综合可信度分类，参见表 1-4。

表 1-4 数据的综合可信度分类

精 度 (%)	可 靠 性	
	A	B
[0:1]	A1	++
[1:5]	A2	B2
[5:10]	A3	B3
[10:25]	A4	B4
[25:50]	++	++
[50:100]	++	++

注：++表示可信度与数据精度不兼容

1.3.3.2 数据可信度分析

《中国城市建设统计年报》（后简称《年报》）和《城市供水统计年鉴》（后简称《年鉴》）是本报告的主要数据来源之一。下面将对《年报》和《年鉴》的数据质量进行分析。

（1）数据的完整性

从本报告中需要用来分析的指标看，《年报》数据较《年鉴》完备，如图 1-1 所示。例如，选取 1997~2003 年北方地区城市供水企业综合供水能力数据作为分析对象，对《年鉴》与《年报》中提供的数据进行比较，《年鉴》中统计数据的城市约为城市总数的 80%，《年报》中统计数据的城市约为城市总数的 90%，可见在《年报》和《年鉴》中均存在一些城市数据统计不全的现象，但《年报》数据相对全面一些。

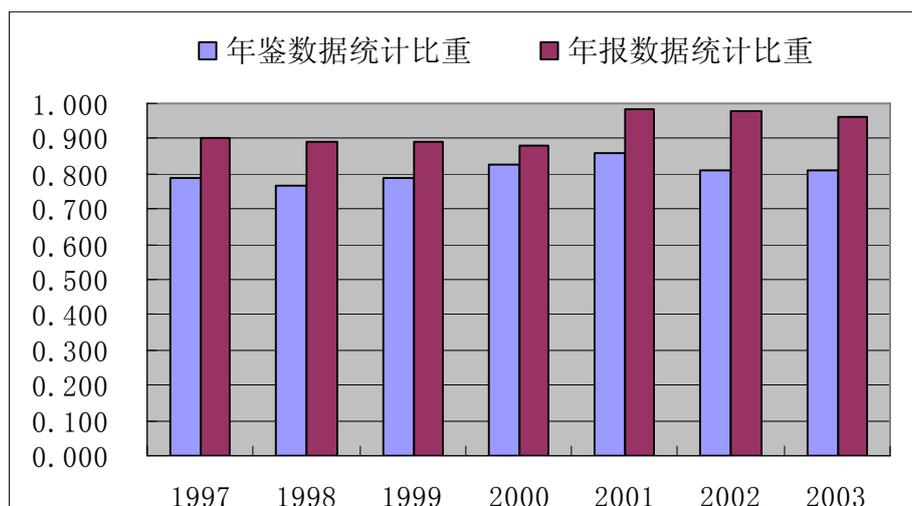


图 1-1 《年鉴》及《年报》中供水企业综合供水能力统计数据的城市比重

《年报》对城市供水系统内、供水系统外和自备水均有统计。但《年鉴》仅对公共供水企业进行统计，而且有些城市统计的仅是其中一个主要供水企业，有些城市统计的又包括所有公共供水企业（据城市实地调研和采访《年鉴》主编获知）。因而《年报》的数据完整性较《年鉴》高。

（2）数据统计口径一致性

由于我们投资报告研究的对象为城市市区，因而我们需要获取的是针对于城市市区的数据。为了明确《年鉴》与《年报》数据的统计口径，我们针对《年鉴》

与《年报》中的数据进行比较。

选取北京天津河北山西以及内蒙古中 78 个城市和地区为研究对象，分别对 1997~2002 年的城市综合供水能力数据进行分析比较，如图 1-2。

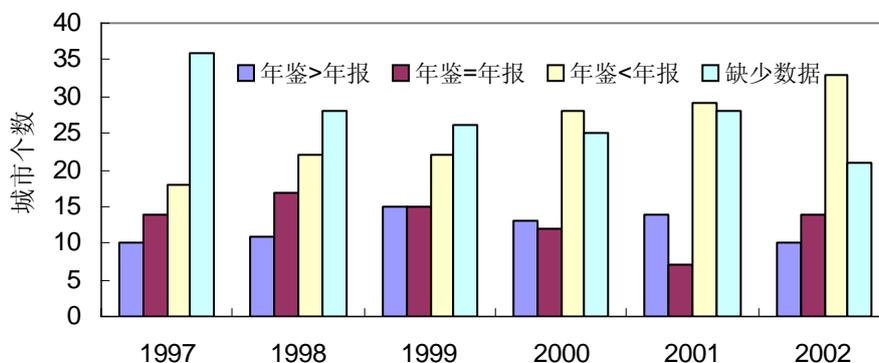


图 1-2 《年鉴》与《年报》中城市综合供水能力数据比较

由上图可以看出：存在约有 30%的城市缺少数据，且主要是由于《年鉴》中缺城市统计数据，这与《年鉴》前言中提到的“由于个别省（自治区）提供的调查资料不够完整，编入本期的年鉴的城市共有 593 个，因此，综合指标的数据仅供参考”是吻合的。

《年鉴》中城市综合供水能力数据大于《年报》的城市较少，约为 15%左右，但是我们很容易发现《年鉴》中这些城市的统计数据存在明显问题。以涿州、藁城、沧州三个城市为例，《年鉴》中涿州、藁城 1999 年城市综合供水能力分别为 876、30 万 $\text{m}^3/\text{日}$ ，《年报》中分别为 2.4、3.0 万 $\text{m}^3/\text{日}$ ，根据城市规模和查找相关资料，显然《年鉴》中的数据是错误的，《年报》数据是准确的；《年鉴》中沧州的综合供水能力每年波动较大，1997、1999、2001、2002 年分别为 39.5、46、18.1、26 万 $\text{m}^3/\text{日}$ ，显然是不合理的。

也存在一些《年鉴》与《年报》城市综合供水能力数据相同的城市，可见此类城市《年鉴》数据统计为供水企业系统内综合生产能力，与《年报》一致。

《年鉴》中城市综合供水能力数据小于《年报》的城市，占统计城市的 30%以上。在这些城市中我们也不同程度发现《年鉴》数据存在错误，如阳泉、运城等。

我们针对我们实地调研的数据与《年报》及《年鉴》中数据进行对比，发现《年报》包含了整个城市市区的数据，而《年鉴》则仅仅是一个或多个供水企业

的数据且数据准确度非常低。以天津为例，2002 年《年鉴》中天津市的数据仅仅统计了天津市自来水公司的数据，没有考虑到其他水厂及供水公司的供水能力，而《年报》中天津市的数据则是统计了天津市所有供水公司的供水能力，与调研报告中提到的供水能力相差不大。在其他城市北京唐山等地区也是存在同样的问题。此外参考 2003 年《年鉴》中天津的供水能力数据则包含了几个供水公司的供水能力。

可见《年鉴》中的数据每年统计口径不一致，不能够应用于趋势分析过程中。而《年报》中数据每年统计口径一致，适合用于本报告的分析。

（3） 统计数据的准确性

在上一部分中，我们可以看出在《年鉴》数据中明显存在一些数据错误。如：涿州与藁城以及阳泉的数据，出现了明显的错误。在 2001 年《年鉴》数据中，兴城服务人口数据为 65 万人口，参照其他年份数据，可以明显看出，此处为错误数据，应为 6.5 万人口。从《年鉴》的主编处我们获知，《年鉴》数据是没有经过专业人士复核的，准确性较差。因此，《年鉴》数据的使用需要特别慎重。而《年报》中数据是经过专业人士层层复核的，准确性较高，因此引用《年报》数据要比年鉴数据更有可信性。

年报中也存在数据异常情况，例如赤壁的系统外供水能力在 2000 年高于平常的 10 倍，经网上资料检索分析证实是数据有误。总体来说，年报中的这种情况极少出现，但是在数据复核过程中，我们也尽可能地分析，以便发现和改正。

基于以上分析，《年报》在数据统计的完整性、口径一致性以及数据的准确性方面都较高，适用于选取相关指标用于本报告的数据分析，而对于《年鉴》我们则可以慎重选取准确程度相对高的少量指标用于本报告的数据分析。

由于本报告涉及的基础数据达万个，无法做到逐个定义数据精度，但是根据我们检查、复核、分析数据过程所积累的经验定义每类指标的数据精度是可行的。表 1-5 是所有用于本报告的指标数据的精度分析。

表 1-5 指标数据的精度分析

指 标	指标来源	可信度分析
系统内、系统外、公共供水企业供水量	《年报》	A2
自建供水设施供水量	《年报》	A3
系统内总供水能力和地下水供水能力	《年报》	A2

指 标	指标来源	可信度分析
系统外总供水能力和地下水供水能力	《年报》	A2
公共企业总供水能力和地下水供水能力	《年报》	A2
系统内、系统外、公共供水企业供水范围内用水人口	《年报》	A2
自备水用水人口	《年报》	A3
系统内、系统外、公共供水企业生产运营供水量	《年报》	A2
系统内、系统外、公共供水企业居民生活供水量	《年报》	A2
系统内供水管网长度	《年报》	A2
公共供水企业供水管网长度	《年报》	A2
自建供水设施供水管网长度	《年报》	A2
非农业人口	《年报》	A2
建城区面积	《年报》	A2
供水行业基建投资	《年报》	A2
供水行业改造投资	《年报》	A2
供水企业供水量, 供水能力, 水厂数 ^{*1}	《年鉴》	B2
不同管材的管长 ²	《年鉴》	B3
国内生产总值	《中国城市统计年鉴》	A2

1 数据不全或统计口径不一致, 本报告中用了供水企业平均供水能力, 即供水能力除以水厂数;

2 数据不全或口径不一致, 本报告中主要获得管材的平均比例, 《年鉴》中的数据仅作为一种统计平均结果被应用于管网投资单价的计算过程中。

第二章 供水行业投资回顾和分析

2.1 供水投资历史情况介绍

2.1.1 供水量、供水能力和管网长度

1996~2003年北方地区供水总量变化表现为先增加后降低,1998年达到最大值233.1亿 m^3 ,之后逐渐降低,至2003年略有回升,总体来看,过去8年供水量变化幅度范围在6%以内,2003年与1996年相比,供水总量下降了4.8%,其中公共企业供水量下降了7%。从这些数据可以看出,北方地区的用水量达到了一个稳定阶段。从企业性质来看,公共供水企业供水量占2/3,亦即自备水供水量占到1/3,而且2000年之后,自备水的供水比例呈现增长趋势。

虽然供水量变化不大甚至在一段时间内呈现下降趋势,供水能力却呈现快速增长。2003年与1993年相比,总供水能力增长了19%,公共供水企业供水能力增长了22.9%。

管网长度的增长率比较稳定,2003年管网长度达到16.4万公里,比1996年增加近49%,年均增长6.9%。2003年公共供水企业管网长度13万公里,比1996年增长45%,详见表2-1。

表 2-1 供水量、供水能力和管网长度的年际变化

年份	供水能力 (万 m^3 /日)		管网长度 (km)		供水量 (亿 m^3)	
	合计	公共供水企业	合计	公共供水企业	合计	公共供水企业
1996	9851.67	5936.00	110376	89631	229.41	146.58
1997	10011.68	6203.89	116368	95068	232.19	148.79
1998	10172.65	6459.52	121301	100124	233.11	149.00
1999	10471.08	6775.14	127243	105681	228.36	149.43
2000	10543.95	6880.80	131161	109715	222.79	147.74
2001	11175.89	6854.59	143226	114337	219.85	138.64
2002	11544.16	7043.71	152342	122517	216.20	133.40
2003	11730.66	7295.49	164233	130120	218.79	136.32

从地区分布来看(表 2- 2)，供水量、供水能力和供水管长排在前三位的是辽宁、江苏和山东，最少的是内蒙古。从企业性质来看，天津、湖北自备水所占比例最少，公共供水企业供水能力、管网长度及供水量占总量的比例均达到 80% 以上，内蒙古和吉林自备水所占比例最大，分别占 58%和 56%。

表 2- 2 2003 年各省/直辖市的供水量、供水能力和管网长度

省份	供水能力 (万 m ³ /日)		管网长度 (km)		供水量 (亿 m ³)	
	合计	公共供水企业	合计	公共供水企业	合计	公共供水企业
辽宁	1367.46	933.71	20497	17404	30.25	20.44
江苏	1228.03	733.12	14541	13673	25.87	15.55
山东	1184.43	833.16	19221	15417	23.83	16.12
湖北	1148.88	970.62	11943	11265	24.79	20.96
河南	940.31	556.93	9382	7423	19.68	11.51
河北	927.51	469.99	9443	6788	18.70	9.42
北京	778.58	326.34	10318	6875	11.82	7.50
吉林	674.29	272.29	5598	4902	15.02	6.68
黑龙江	659.73	452.67	8326	6573	15.48	11.92
安徽	522.06	290.19	4859	3152	11.28	6.14
山西	347.35	203.04	5205	3680	8.32	4.48
陕西	340.74	216.07	4534	2617	7.67	4.79
天津	323.13	260.71	5337	5194	6.77	5.58
内蒙古	270.29	122.30	4550	3436	6.34	2.65

从城市类型来分 (表 2- 3)，特大城市的供水量、管网长度和年均供水量最大。

表 2- 3 2003 年四类城市的供水量、供水能力和管网长度

城市规模	供水能力 (万 m ³ /日)		管网长度 (km)		供水量 (亿 m ³)	
	合计	公共供水企业	合计	公共供水企业	合计	公共供水企业
特大城市	4911.62	3066.51	54285	45728	109.27	71.40
大型城市	2428.63	1580.47	26825	20833	50.55	33.59
中型城市	1715.85	1003.46	25177	19124	35.31	20.08
小型城市	1654.74	1029.47	27426	22694	30.42	18.49

2.1.2 北方地区供水总投资

近 8 年来北方地区供水投资总额约为 579 亿元，历年投资情况见图 2-1。可以看出：在过去 8 年间，供水投资额有两次比较大的飞跃，一次是在 1998 年，投资额从 1997 年的 464 330 万元增至 744 197 万元，增幅 62 %；另一次是从 2000 年的 720 891 万元增加至 927 549 万元，增幅 29 %，总的看来供水投资呈现了折线上升的趋势。1998 年投资额的增加主要体现在对河北、内蒙古、江苏、山东、陕西及河南 6 省投资项目数及单项项目投资额的增加上，例如：江苏省 1997 年只兴建和扩建了 2 座给水厂，投资额 6 375 万元，1998 年则新建了 5 座给水厂，投资额达到了 30 765 万元，仅江苏一个省的投资额就增加了 2.4 亿元。

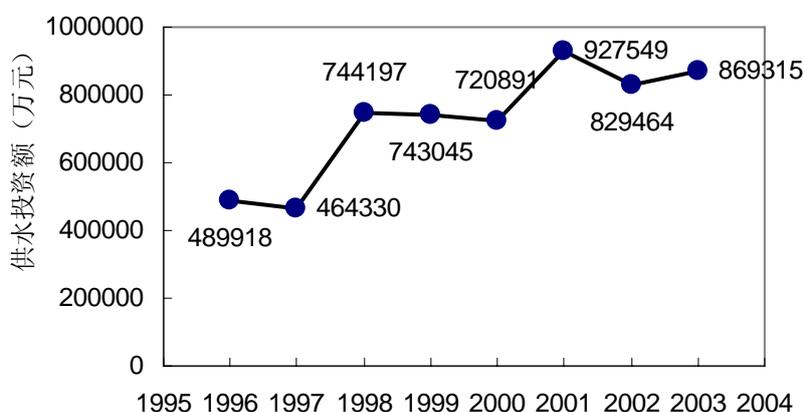


图 2-1 1996~2003 年北方地区供水总投资变化趋势

2.1.3 各省/直辖市的供水投资

过去 8 年各省/直辖市年均供水投资比较情况见图 2-2，山东省的年均供水投资额最高，达到了 89.7 亿元人民币，主要是因为山东省的水资源紧缺和保泉运动，开始大规模的上马引黄工程。在 1996 年~2003 年间，有淄博、济南、菏泽、青岛等市引黄河水，如此大大规模的远距离取水工程所涉及的投资金额就达到 4.6 亿元，这其中还未考虑其他配套设施的投资。

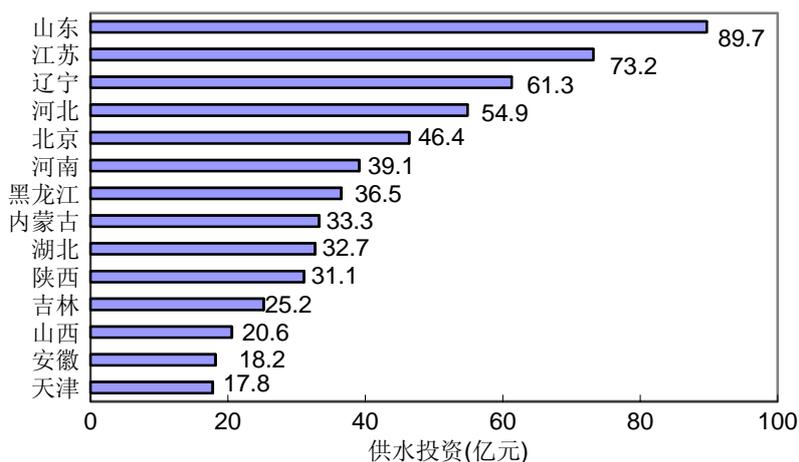


图 2- 2 1996~2003 各省/直辖市年均供水总投资比较

2.1.4 四类城市的供水投资

四类城市年均供水投资额的情况见图 2- 3，可以看出过去 8 年中，供水投资主要集中在特大城市，在特大城市的投资额是其他三类城市的 3 倍左右，大、中、小型城市的供水投资则相差不多，从图 2- 4 中可以看出，在过去 8 年里各类城市投资额的变化情况比较复杂，但总的看来是呈现为曲折上升的趋势。

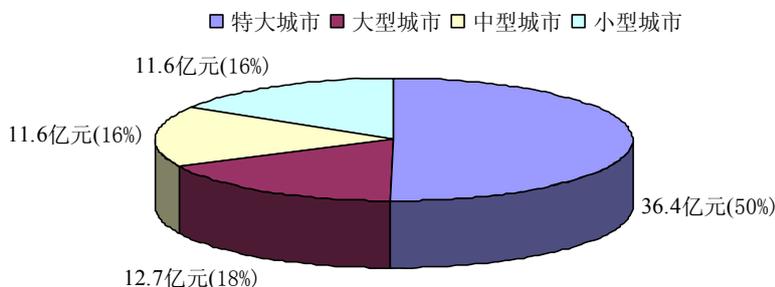


图 2- 3 1996~2003 年四类城市年均供水投资比较

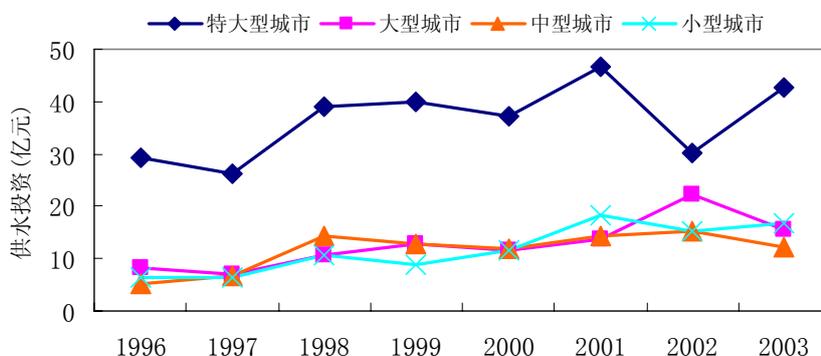


图 2- 4 1996-2003 年四类城市供水投资随年份变化趋势

2.2 投资来源分析

经过改革开放 20 多年的发展，中国水务市场已经出现了中央及地方财政拨款、国内银行贷款、自筹资金、利用外资及其它投资来源等多种融资方式，投资主体也由原来的政府、国营企业向政府、国有企业、民间资本和外资企业等多元主体转变。

2.2.1 供水投资来源类型

(1) 财政拨款

财政拨款包括：中央财政专项拨款和地方财政拨款两部分。是目前供水企业融资最常用、最主要的方法之一。

(2) 国内银行贷款

银行贷款这一模式是目前供水企业最常用的方法之一。国内银行一直以来是银行贷款的主要组成部分，国内银行中使用国家开发银行、国家建设银行的贷款居多。

(3) 自筹资金

近年来，自筹资金一直是供水企业资金来源中重要组成部分之一。附表 1 中列举了部分调研城市中以自筹资金为主的供水工程。

(4) 利用外资

引入外资、转让水务基础设施，实质上即可称之为“二元化产权结构”。国内自来水厂中，外资参与建设或经营的有 100 多家，其中直接参与经营的超过 50 家，如表 2- 4 所示。随着中国水务市场的逐步开放，政府越来越鼓励外资投资于供水建设，并引进国际先进的水厂管理经验和机制。近年来使用国外银行如世界银行、亚洲开发银行、日本协力银行等的贷款总额提升较快。

表 2- 4 利用外资的供水项目列表

公司名称	投资企业名称	投资内容	投资量
苏伊士里昂水务集团	保定中法供水有限公司	参与经营	在华投资总额 达 33 亿美元
	北京第十水厂	参与经营	
威立雅	卢沟桥污水处理厂	建造运营	在华投资总额

(法国通用水务集团)	天津：凌庄水厂	设计建造	超过 10 亿美元
	洛阳：24 万 m ³ /日水厂	设计建造	
	齐齐哈尔：10 万 m ³ /日水厂	设计建造	
	深圳水务集团	参与经营	
英国安格利 水务集团	河北 邯郸 给水	建设施工设计	—
	江苏张家港、锡山给水	建设施工设计	

(5) 债券

债券融资包括发行专项国债及发行企业债券融资。1998 年至 2001 年，共安排国债资金 162 亿元，支持了 310 个城市供水工程的建设，新增供水能力 2 366 万吨。

(6) 其它资金

除了上面列举的财政拨款、国内银行贷款、自筹资金、利用外资四类来源以外，随着供水行业对民间资本及外资的开放，出现了各种各样的投资来源，为了讨论的方便，统一划分在其它资金来源中，这些资金来源包括民营控股融资、职工参股债券融资等。

2.2.2 投资来源分析

如果能得到供水投资各类来源的数据，就能计算出各类来源投资额，但现有的省及国家的统计资料中没有关于供水投资来源的统计数据，即使是我们调研的城市也很难提供相关的数据，因此，不能直接得到供水行业投资来源分布。在这种条件下，我们只能是通过间接方法获得供水投资来源：参照城市建设固定资产投资中各类投资来源占的比例及供水投资相关的官方数据，确定供水投资来源的主要组成部分。

2.2.2.1 北方地区城市建设固定资产投资来源分析

(1) 财政拨款

从图 2- 5 可以看出国家预算内资金呈稳步增长的趋势，1996 年预算内资金 20 亿元，到 2003 年增加至 350.58 亿元，增长了 17.51 倍，预算内资金占当年城市建设固定资产投资的比例从 5.27 % 增加至 26.46 %，过去 8 年比值的平均值为 14.44 %。

(2) 国内银行贷款

国内银行贷款也以较快速度增长，2003 年用于城市建设的国内银行贷款是 1996 年的 11.2 倍，国内银行贷款占城市建设总投资的比例从 1996 年的 15.36 增加至 34.06%，增长了 1.22 倍，过去 8 年中国内银行贷款所占比例的平均值为 22.81%。

(3) 利用外资

目前包括世界著名的水务公司威立雅、法国苏伊士里昂水务集团、英国泰晤士水务公司和德国柏林水务公司在内的共有 16 家外资水务公司进入中国水务市场。可以看出：利用外资经历 1996~1999 年的波动后，从 2000 年开始趋于平稳，过去 8 年利用外资投资占城市建设固定资产投资平均比值为 2.80%。

(4) 自筹资金

如前所述，自筹资金是城市建设固定资产投资中所占比例较大的组成部分之一，在城市建设固定资产投资中所占比例范围是 36.0%~55.1%，虽然该比值随年份有下降趋势，但是自筹资金是随年份不断增加的，1996 年自筹资金为 193.64 亿元，2003 年增加至 608.25 亿元，1996~2003 年自筹资金占城市建设固定资产投资比例的平均值为 42.97%。

(5) 其它资金

其它资金来源也是城市建设固定资产投资中所占比例较大的组成部分之一，过去 8 年所占比例的平均值为 12.57%。

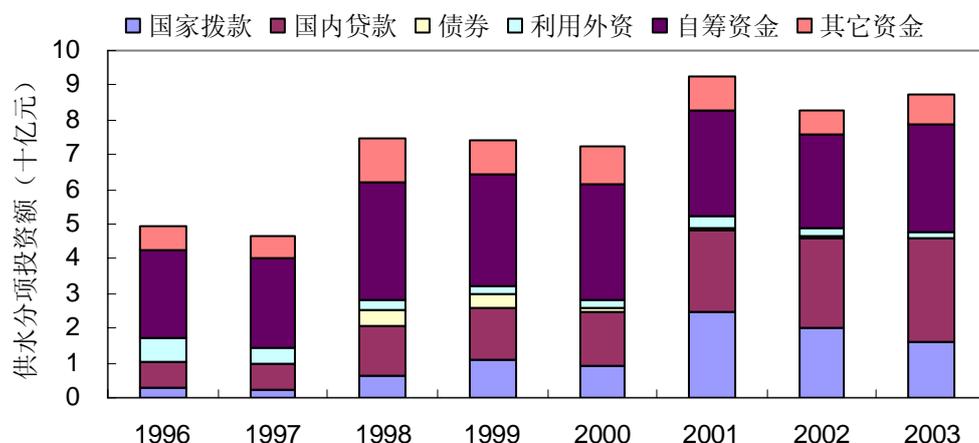


图 2-5 固定资产投资来源比例各年变化趋势

2.2.2.2 各省/直辖市城市建设固定资产投资来源分析

从图 2-6 中可以看出,1996~2003 年 14 省/直辖市城市建设固定资产投资中,其中中央及地方财政拨款、国内贷款和自筹资金占城市建设固定资产投资的比例的波动范围分别为 11.29%~33.28%、17.26%~37.31%和 23.52%~47.96%,这三类是投资来源的主要组成部分。

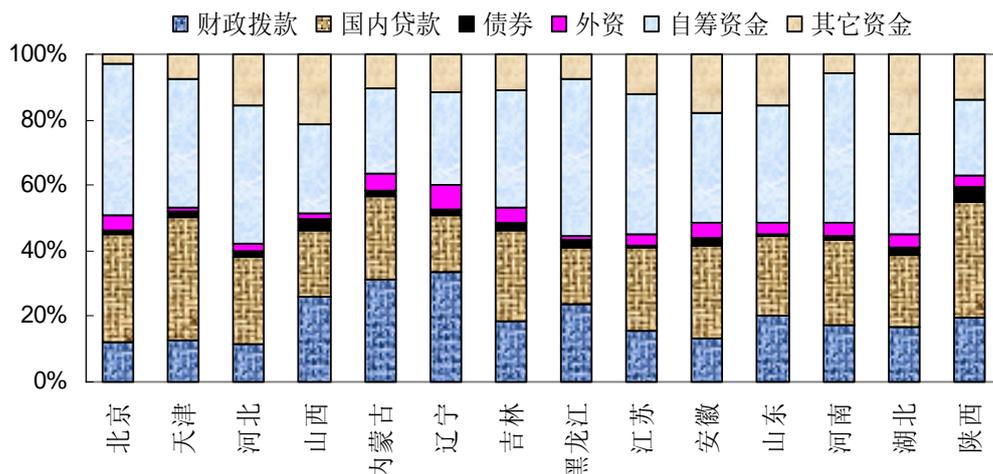


图 2-6 各省/直辖市投资来源比例分配

综合以上分析,固定资产投资中预算内资金、国内贷款财政融资和自筹资金是各类投资来源中主要组成部分,并初步得到城市建设固定资产投资的比例如表 2-5 所示。

表 2-5 城市建设固定资产投资所占比例

资金来源	所占比例	资金来源	所占比例
财政拨款	14.44 %	利用外资	2.80 %
国内银行贷款	22.81 %	自筹资金	42.97 %
债券	1.90 %	其它来源	12.57 %

2.2.2.3 城市建设固定资产投资与供水行业固定资产投资关系分析

从图 2-7 可以看出,供水投资占城市建设固定资产投资的比例基本呈下降趋势,2000 年以前比例都在 10%以上,这段时间国家投入了较大资金兴建供水基础设施。2000 年以后下降比较快。但是从投入资金的绝对值来说,基本上还是呈上升的趋势,可以参见图 2-1。

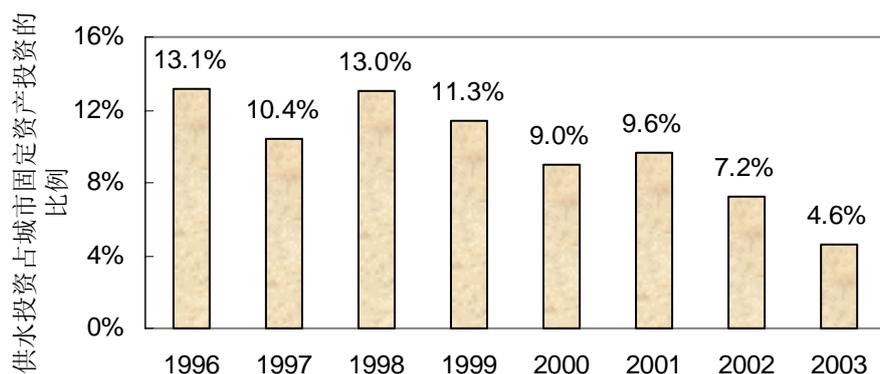


图 2-7 供水行业固定资产投资占城市建设固定资产投资比例

2.2.3 国家宏观调控对投资来源的影响

近年来，国家加大对固定资产投资的宏观调控力度，这对固定资产投资来源造成的影响如下：

- (1) 国家对固定资产投资项目的全面清理及整顿，致使国债项目进度放缓；
- (2) 国家紧缩银行贷款；
- (3) 国家为抑制固定资产投资的过快增长，适当控制货币信贷规模，优化信贷结构，坚决抵制低水平重复建设。

供水虽然是关系到国计民生的事业，其中也不乏国债重点扶持的项目，但是也有众多重复建设的项目致使国家资金浪费。因此，国家宏观调控力度的增加会对未来供水投资的来源造成一定影响，国家投资与国内银行贷款的资金可能会降低。同时一些地区，在供水投资中逐渐创建建设机制，吸引民资办水利，努力形成投资主题多元化，投资来源广泛化的新型建设机制，加大了自筹资金在供水企业固定资产来源比例。2004年12月工业企业主要经济指标中，资产合计，中国有及国有控股企业为比去年同期增长10.17%集体企业为12.31%，外商和港澳台企业为19.23%。可见近期外资投资增长幅度较大。同样在我国供水投资中也存在相似的变化趋势，即国家财政拨款银行贷款幅度逐渐减小，而同时自筹资金与国外投资呈上升趋势。

2.2.4 供水行业固定资产投资来源估算

参照以上结论，并参考官方数据，得出如下结论：1990~1998年供水投资中

中央政府的财政债券占总投资的 15%~20%；地方政府的财政投入一般占总投资 20%~30%；国际和国内银行的贷款一般占总投资的 30%；自筹资金一般占 20%~35%，确定供水投资中国债及地方财政拨款、国内贷款和自筹资金是投资来源中主要组成部分，三者在水投资中占的比例将达到 80%以上。但是随着近年来中国供水行业市场化改制的进一步深入，外资及民间资本的投资力度将不断加大，供水投资来源结构在未来将会有较大的变化。

2.3 投资去向分析

理论上，如果能够获得北方地区过去 8 年所有工程项目统计资料，就可以将供水行业投资去向划分为水源、水厂和管网三部分。但是目前国内一些较为权威的统计资料（例如《中国城市建设统计年报》）只是对新建、扩建的日供水 11 万 m^3 以上的独立水厂进行了统计。若希望通过调查来获取小型项目的相关数据，则必须是针对各个城市的，这样的调研工作难度很大，原因之一是供水工程建设包含在不同的城市基础建设项目中（例如管网很多情况下是含在道路建设中），并没有按供水投资去向归类，而且城市基础建设可能隶属于不同的部门，这使数据更加难以统计；原因之二是城市数量众多，数据的调研难度太大。

报告也曾尝试对供水投资（ V ）与水厂规模（用供水能力表示， C ）和管网长度（ L ）进行多元线性回归，如果三者存在较好的相关关系，并且 C 与 L 线性无关，那么就可以根据回归方程（ $V = a \cdot C + b \cdot L + c$ ）估算出水厂和管网部分的投资。回归分析结果显示，不仅投资与供水管网长度、供水能力之间均有较高的相关性，而且供水能力与供水管网长度之间也具有较高的相关度，因此该方法也不可采用。

鉴于投资去向数据较难获得，本报告只能利用供水投资综合指标，对投资去向进行粗略的估算。估算过程有两点需要说明：

（1）因建立的数据库时间跨度为 1996~2003 年，在计算每年的增加的供水能力、管网时，无 1996 年数据（1996 年的增长值需用 1996 年数据减 1995 年数据），故下面计算的是 1997~2003 年的投资，最后再对数据进行必要的处理；

（2）下面计算如果没有特别说明，均指公共供水企业的投资，自备水供水设施投资会在报告最后做简单的估算。

投资去向划分情况见图 2-8。下面按原水、水厂、管网三个方面进行投资估算。

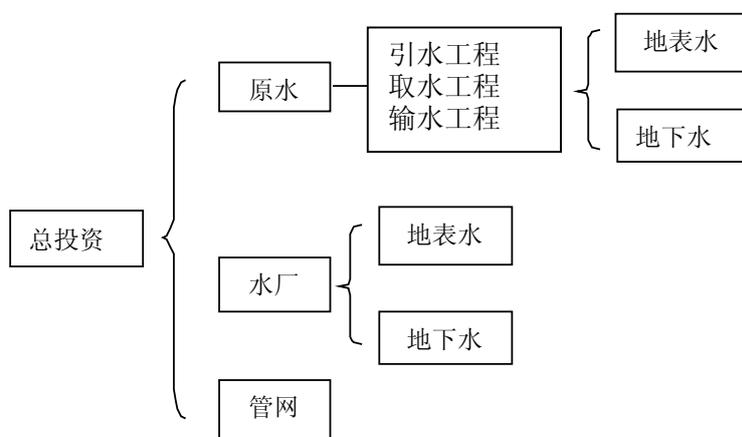


图 2-8 1996~2003 年供水投资去向划分

2.3.1 水源工程投资估算

《年报》的投资数据中，与供水水源相关的投资包括三个方面，一是引水工程投资，二是取水工程投资，三是输水工程投资。

引水工程指一些城市为解决水资源缺乏而兴建的水利工程，例如引黄工程，这些工程的投资较大，因而在大中型项目中得到体现。对历史数据的分析表明，1997~2003 年，大中型引水工程投资额达到 46.8 亿元（1996 年为 2 亿）。

取水工程包括地表水取水口、取水泵房和地下水的取水井，输水工程指从取水口或取水井到水厂的管线。

2.3.1.1 取水工程

取水工程部分投资按如下思路进行计算：

- 统计不同类型城市的水厂平均规模；
- 计算各类城市取水的单位造价；
- 计算各城市历年新增取水能力；
- 根据取水能力和投资单价计算投资。

计算过程和结果如下：

(1) 水厂平均规模

报告对 2002 年北方城市的水厂数进行了统计，数据来源于《年鉴》，结果见

表 2-6。

表 2-6 四类城市水厂平均规模统计

城市分类	水厂数 (个)			生产能力 (万 m ³ /日)			平均水厂规模 (万 m ³ /日)		
	合计	地表水	地下水	合计	地表水	地下水	平均	地表水	地下水
特大	183	91	92	2823	2077	745.8	15.4	22.8	8.1
大型	164	79	85	1254	842.9	411.4	7.6	10.7	4.8
中型	170	85	85	851.3	627.8	223.5	5.0	7.4	2.6
小型	331	152	179	817.8	514.9	303.0	2.5	3.4	1.7
合计	848	407	441	5746	4062	1684	—	—	—

(2) 取水工程的单位造价

不同规模水厂的投资估算指标见附表 2, 用插值方法即可求得平均供水规模下的单位造价, 计算结果见表 2-7。

表 2-7 取水工程单位造价

城市类别	特大	大型	中型	小型
地表水取水 [元/(m ³ /日)]	92.1	117.2	129.5	155.4
地下水取水 [元/(m ³ /日)]	249.7	275.34	305.38	326.2

(3) 新增取水能力

新增取水能力等同于新增供水能力, 根据《年报》中的数据统计得到, 见表 2-8。

表 2-8 1997~2003 年新建取水工程估算

城市类别	特大	大型	中型	小型	合计
新建地表水取水工程 (万 m ³ /日)	777.95	431.24	392.54	425.47	2027.2
新建地下水取水工程 (万 m ³ /日)	253.35	155.64	229.68	236.29	874.96

(4) 取水工程投资

根据水源工程单位造价和新增取水能力, 计算得到投资如表 2-9 所示:

表 2-9 1997~2003 年取水工程投资估算

城市类别	特大	大型	中型	小型	合计
地表水投资 (亿元)	7.2	5.1	5.1	6.6	23.9

城市类别	特大	大型	中型	小型	合计
地下水投资 (亿元)	6.3	4.3	7.0	7.7	25.3

2.3.1.2 输水工程投资

地表水厂输水管线的长度因城市而异，取决于当地的水源和水厂的地理位置，并且一些地区在扩建或新建水厂时，输水管并不按比例增长，而是仍然使用原来的输水管线。地下水厂的输水管较短，通常从管井取水后，通过输水管汇集到水厂进行消毒处理，也有部分水厂在取水后直接消毒进入配水管网（相应的输水管长为零）。由于缺乏数据，因此，本报告取输水工程投资为取水工程投资的50%。按这一比例，计算地表水厂输水管线投资 12 亿，地表水水源工程合计 36 亿，约占地表水水厂总投资的 20%，这一比例可以认为是在合理的范围内。

2.3.1.3 水源工程投资合计

综上所述，水源工程投资见表 2-10 所示。

表 2-10 1997~2003 年取水及输水工程投资估算

城市类别	特大	大型	中型	小型	合计
地表水	10.8	7.7	7.7	9.9	35.9
地下水	9.5	6.5	10.5	11.6	38.0
合计	20.3	14.1	18.2	21.5	73.8

2.3.2 水厂投资估算

地表水和地下水处理工艺不同，因此地下水水厂和地表水水厂应分开计算。

由于城市规模不同，水厂供水能力也不同，其投资单价也不同，因此本报告中将按四类城市分别计算水厂投资。

水厂投资估算过程分为以下四个步骤：

— 统计不同类型城市地表水厂平均规模；

— 根据平均规模，计算四类城市地表水厂投资单价，即 $1\text{m}^3/\text{d}$ 的供水能力的投资额；

— 统计 1996~2003 年各城市新增地表水厂供水能力；

— 根据新增供水能力和水厂投资单价得到水厂历史投资。

计算过程如下所述：

(1) 水厂平均规模

水厂平均规模计算结果见表 2-6。

(2) 水厂平均投资单价

地表水水厂的工艺通常采用的是混凝沉淀及过滤工艺。地下水水厂的原水水质好，通常只需要进行消毒处理即可，在铁锰超标的水厂，有除铁除锰净化工程，还有部分水厂设有沉砂池，沉砂池的成本较低，因此本报告中仅考虑除铁除锰工程投资。

水厂的投资单价见附表 3，数据来源于给水排水手册（第二版）第 10 册技术经济，表中指标以 1993 年北京物价水平为基准，对投资单价的修正见 2.3.4。用插值法即可求得平均供水规模下的投资单价，计算公式见图 2-9 和图 2-10，结果见表 2-11。

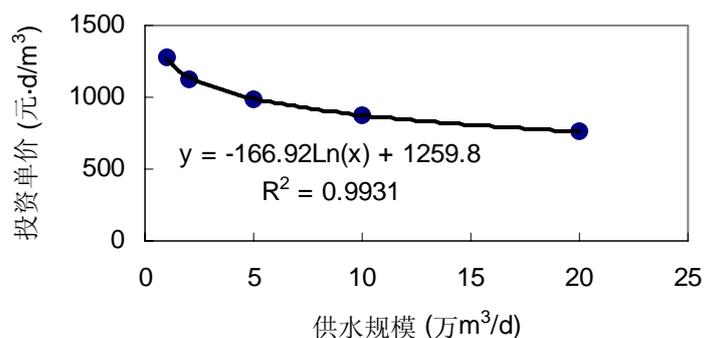


图 2-9 地表水供水规模与投资单价的关系

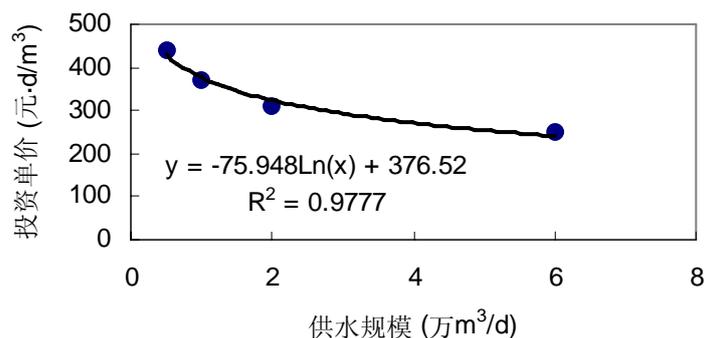


图 2-10 地下水供水规模与投资单价的关系

(3) 四类城市供水能力增加值

供水能力数据来源于《年报》。四类城市的供水能力的增长由各城市供水能力增加值相加得到。计算公式如下：

$$\Delta X = \sum_{i=1}^n \Delta x_i \quad (2-1)$$

式中： ΔX 为供水能力增加值， n 为城市数， Δx_i 为第 i 个城市的供水能力增加值。需要说明的是，由于存在一些城市存在供水能力下降的情况，如果按照 2003 年和 1996 年供水能力差值来计算，就会低估实际资金投入，因此，我们在计算中采用了以下的计算公式：

$$\Delta x_i = \max \left\{ x_i^j \right\}_{j=1996 \sim 2003} - x_i^{1996} \quad (2-2)$$

式中： j 为年份， x_i^j 为 i 城市第 j 年的供水能力

对于地下水，按 50% 的新建水厂有除铁除锰工艺来估算，从计算结果可以看出，这一比例对总的投资影响不大。

(4) 水厂投资

计算结果见表 2-11，由表可见，1996~2003 年水厂的总投资为 188.1 亿。

表 2-11 四类城市水厂投资估算

城市规模		特大	大型	中型	小型	合计
地表 水厂	投资单价 (元 · d/m ³)	737.88	864.16	925.71	1055.53	—
	新建供水能力 (万 m ³ /日)	777.95	431.24	392.54	425.47	2027.2
	投资合计 (亿元)	57.4	37.3	36.3	44.9	175.9
地下 水厂	投资单价 (元 · d/m ³)	108.8	128.6	151.9	168.1	—
	新建供水能力 (万 m ³ /日)	253.4	155.6	229.7	236.3	875
	投资合计 (亿元)	2.8	2.0	3.5	4.0	12.3
总投资额 (亿元)		60.2	39.3	39.8	48.9	188.1

2.3.3 管网投资估算

管网投资估算考虑每年新增和每年更新，估算的基本思路是：

- 计算各城市的平均管径；
- 计算该管径下城市单位管道长度的造价；
- 统计各城市新建管道长度；
- 根据公式 (2-3) 计算各城市的管网投资，将结果加和得到最终的管网总投资。

$$\text{管网投资} = \text{管网长度} \times \text{投资单价} \quad (2-3)$$

计算过程如下所述：

(1) 平均管径

报告先通过对典型城市调研数据分析，建立了城市管网平均管径的计算公式。初步选择城市平均管径的影响因素为下述几个指标：非农业人口、建城区面积、人口密度（非农业人口除以建城区面积）和设计日供水能力、平均日供水量、最大日供水量。将平均管径分别与这些指标做一元和多元回归分析，方程采用线性、双对数、线性-对数、指数等形式，分析结果表明，平均管径与建城区人口相关性最高（ $R^2 = 0.90$ ），其次为与设计日供水能力的相关性（ $R^2=0.76$ ），与非农业人口和建城区面积也有一定的相关性，但 R^2 均略小于 0.7。

以人口密度作为参数，计算结果与实际情况相差较大。对一些人口密度高的城市，计算得到平均管径过高，管网造价远远超过其全部供水投资，例如北京管网投资结果是 81.3 亿，但 1996 年至 2003 年全部供水投资只有 46.9 亿，其它一些人口密度大的小城市计算结果与实际情况相差更大，说明用人口密度作为参数不合理。

报告最终选择设计日处理能力来计算城市平均管径。回归分析结果见图 2-11，根据每个城市的日处理能力就可以计算各城市配水管网的平均管径。

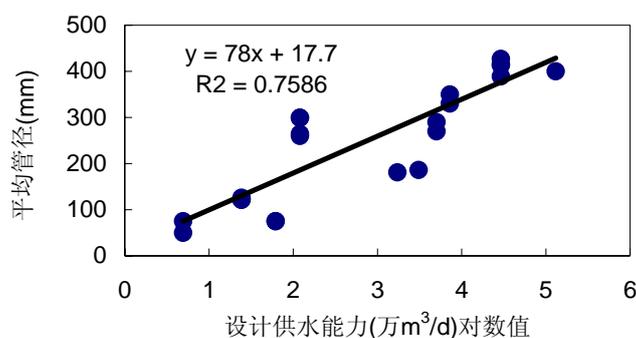


图 2-11 平均管径与设计日处理能力的关系

(2) 管网投资单价

由于管道价格也受管材的影响，而各城市管道材质不同，就是相同城市管材也是各异，因此需要计算一个综合管价作为管网的单价。城市供水管网有铸铁、钢板卷、球墨、钢混、塑料、石棉等材料，不同管材建安工程的造价不同（各类管材和管径的工程造价见附表 4），因此，综合管价考虑用管道造价的加权平均

值，权重采用管材的长度，就可以得到各城市单位长度综合管材的单价。不同管材的管长数据来源于《年鉴 2003》，对于没有数据的城市，则采用其它城市的平均值。

(3) 各城市每年新增管网长度

新增管网长度包括更新和新建两部分。

1997~2003 年新建管网总长度的计算方法与新建供水能力的计算相同，采用这 7 年期间的管长最大值减去 1996 年的管长。

由于没有每年管网更新的数据，因此，管网更新长度根据更新率来估算。管网更新需要综合考虑经济因素，更换率过高造成资源的浪费，但是如果过低，爆管率高，降低水费收入，甚至可能引起水质的二次污染。在 2002 年建设部发布的《城市供水管网漏损控制及评定标准》^[1]中规定，供水企业应按计划作好管网改造工作。对 $DN \geq 75$ 的管道，每年应安排不小于管道总长的 1% 进行改造；对 $DN \leq 50$ 的支管，每年应安排不小于管道总长的 2% 进行改造。因此，本报告取 1997~2003 年的管网更新率为 1.5%。

(4) 计算城市管网投资

根据前三步的计算结果，即可计算各城市的新建管网投资情况，见表 2-12。计算得到 1997~2003 年管网总投资为 333.5 亿元。

表 2-12 管网投资预测结果

城市分类	新增管网投资 (亿元)	更新管网投资 (亿元)
特大城市	152.0	40.6
大型城市	46.3	12.7
中型城市	35.5	7.7
小型城市	32.9	5.9
小计	266.6	66.9
合计	333.5	

2.3.4 投资估算结果分析及修正

为了评估投资估算结果的准确性，从以下几个方面进行分析，并进行修正：

(1) 如果不考虑更新改造，水源^[1]、水厂和管网投资的比例为 0.14：0.36：

¹ 这里未考虑引水工程

0.50, 水厂投资是管网投资的 72%, 如果将管网投资按地表水和地下水供水能力“划分”为地下水水厂的管网和地表水水厂的管网, 则得到地表水水厂与“地表水管网”的投资比例为: 175 亿元: 199 亿元=0.87:1。通常情况下, 地表水供水投资, 水厂投资是管网的 80%左右, 因此, 总的来说, 估算结果是比较合理的。

(2) 通过对各城市的投资进行比较可以看出, 估算值和实际值有较好的相关性。(如图 2-12 所示), 说明估算结果是可行的。从四类城市的投资来看, 估算值与计算值基本相等, 但是对于四类城市, 估算值均高于实际值, 说明存在系统偏差, 需要做修正, 如图 2-13 所示。

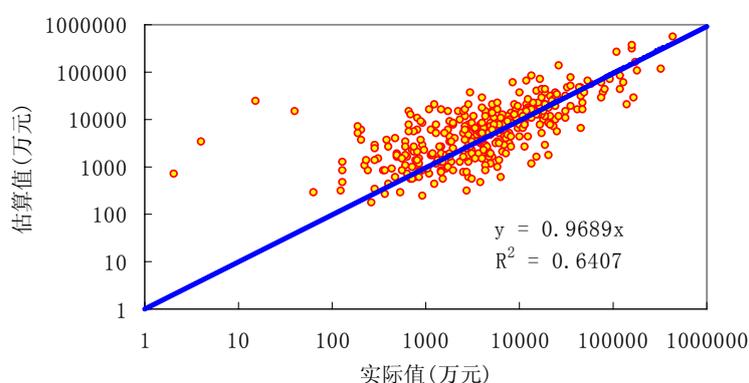


图 2-12 历史投资估算值与真实值相关程度

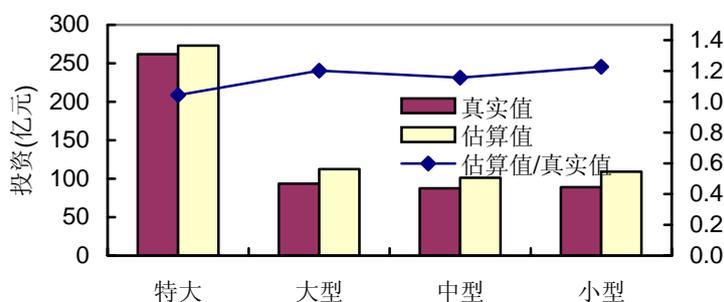


图 2-13 四类城市历史投资真实值与估算值比较

(3) 统计的 1997~2003 年的供水投资为 531 亿, 而估算值为 642.6 亿 (均不含引水工程), 估算值偏高 20%。其原因是多方面的, 例如设施的建设情况估计得偏高, 投资单价取值过高。由于投资是设施增量与投资单价的乘积, 仅从计算结果来看, 对其中的一个进行修正即可。前面已经提及, 投资单价需要进行修正, 故本报告对投资单价进行了修正, 修正系数为 0.83。

(4) 1996 年投资去向按照 1997~2003 的投资去向计算。

基于上述分析, 得到最终的投资去向如图 2-14 所示:

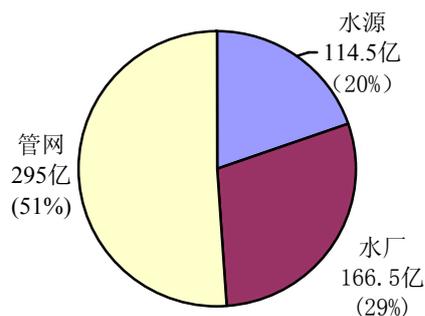


图 2-14 1996-2003 供水行业投资去向估算结果

(5) 关于自备水设施对投资的影响

1996~2003 年自备水供水能力增加 280 万 $\text{m}^3/\text{日}$ ，供水投资应包含上述自备水供水设施的投资，但由于自备井的数量众多、地点分散，自建供水设施企业归属不同行业和管理部分，因此统计不完全。另一方面，随着城市化进程的进展，建设区面积不断扩大，1996 年建城区面积 1.26 万 km^2 ，至 2003 年达到 1.56 万 km^2 ，新统计的自备水供水能力可能是原来已有的建城区外的供水设施。由于前述公共供水企业的投资计算过程中，由于投资总额没有扣除统计了的自备水设施投资，所以投资单价可能会被高估，由投资单价而预测的供水行业未来投资，也可能被高估。但总体来说，自备水设施规模小（以邯郸市为例，城市公共管网覆盖范围内总的自备井应在 500 眼以上，户数 350 户以上，实际取水量分别在 4000~3000 万 $\text{m}^3/\text{年}$ 左右，那么平均每口井的供水量约 $200\text{m}^3/\text{d}$ ，每户 $300\text{m}^3/\text{d}$ ），建设较简单，投资较低，因此，对公共企业投资估算和预测结果的影响不大。

2.4 小结

本章主要对历史投资的来源及去向做了分析，得到如下结论：

(1) 1996~2003 年供水投资总额为 579 亿元，其中山东省投资最多，达到了 89.7 亿元，最少的是天津市。从城市规模角度来看，总投资的 50%用于特大型城市的供水建设，大型、中型及小型城市则各占 17%左右。

(2) 国债及地方财政拨款、国内贷款和自筹资金是投资来源中主要组成部分，三者所占比例达到 80%以上。但是随着中国供水行业市场化改制的进一步深入，外资及民间自备的投资力度将不断加大。

(3) 报告通过投资单价与供水设施建设规模来估算投资，对四类城市的估

算结果与实际值基本一致，各城市的投资估算值与实际值符合较好（样本数为 349， $R^2=0.64$ ），说明估算方法是可行的。

（4）估算得出 1996~2003 年供水总投资为 576 亿元，其中水源占总投资的 20%，水厂占 29%，管网占 51%。

第三章 投资预测技术路线

报告需要预测未来北方地区城市供水需求、新增供水能力、新增供水设施及由此而带来的供水投资。

报告主要针对北方地区、各省及各类城市进行预测。预测的现状年为 2003 年，预测年限为 2005-2010 年。

数据主要来源于《城市建设统计年报》，《年报》中没有的数据参考《城市供水统计年鉴》和期刊杂志、行业网站资料等，这部分数据来源会在参考文献中给予注明。

报告的整体思路如下：

- 预测从现状年至 2010 年北方地区的用水量（第四章）；
- 根据新增供水需求预测新增供水能力（第五章）；
- 根据新增供水能力预测新增供水设施及投资（第六章）；
- 供水设施更新改造投资预测（第六章）；
- 投资汇总和敏感性分析（第六章）。

下面简要介绍各部分的预测方法：

（1）预测 2010 年北方地区用水量

报告采用两种方法对未来用水量进行预测，并将两个结果进行对比。方法一是通过纯粹的回归分析进行预测，回归变量为人口和年份，先预测出总用水量，进而再计算出各省及四类城市的用水量。方法二是将用水量分为综合生活用水和工业用水，在分析影响因素的基础上进行用水量预测。

（2）根据新增用水量及其它影响因素计算新增供水能力

用水量增长是影响新增供水能力的重要因素。除用水量外，还有两个因素在计算新增供水能力时必须考虑：一是供水能力现状，尤其是供水能力的闲置；二是由于国家对北方地区地下水超采的限制，需要新建地表水水厂。

（3）根据新增供水能力预测新增供水设施

新增设施投资分为水源、水厂及输水管网，水源设施投资主要计算了取水投资，引水工程和输水工程由于缺乏数据，未进行详细计算，只按照经验值粗略估

计算出投资额；新增水厂按各类规模水厂建设的投资单价进行计算；新增输水管网按四类城市不同的平均管径和单位公里投资定额进行测算。

(4) 供水设施更新改造投资预测

水厂更新投资主要考虑水质标准提高和深度处理对投资的影响两部分。管网更新改造费用则通过更新率来预测。

(5) 投资敏感性分析

供水投资预测中的变量非常多，由于缺乏必要的数据库，且政策变量存在不确定性，因此，需要针对计算过程中的一些假设可能引起的投资额计算结果的变化进行敏感性分析。

投资预测的技术路线参见图 3-1。

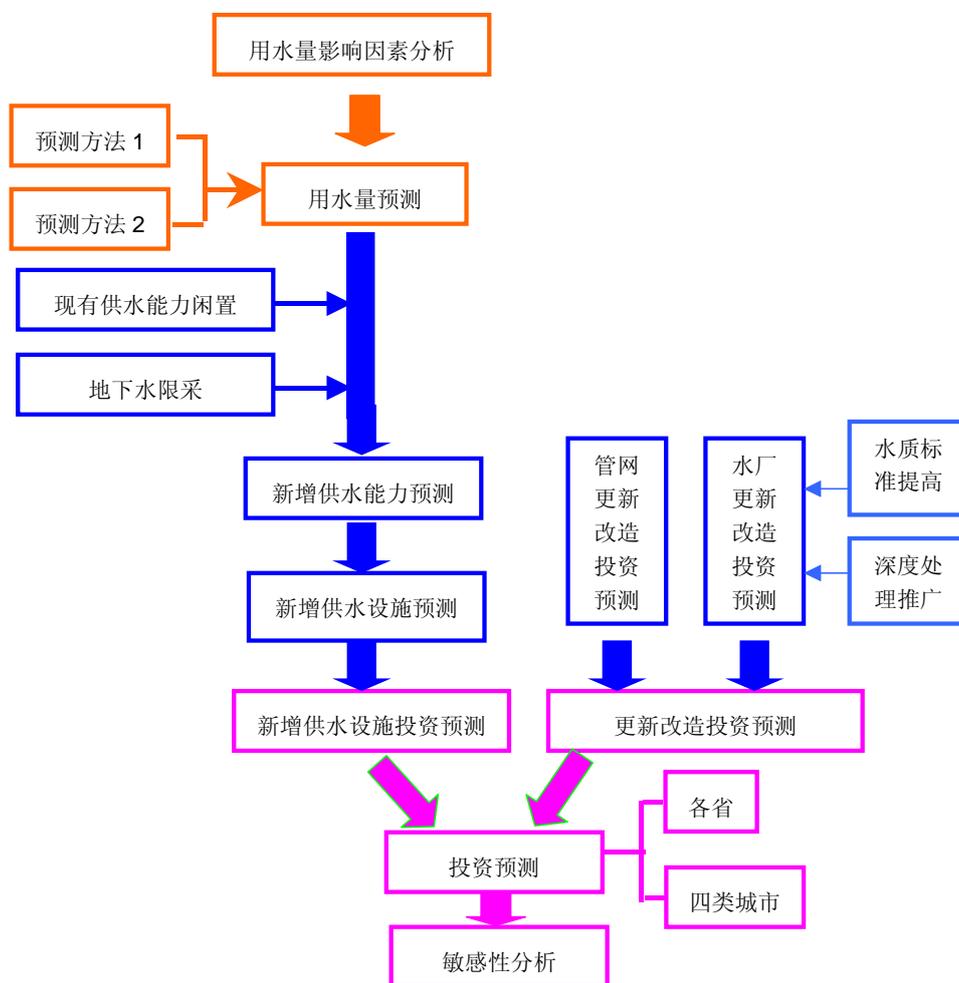


图 3-1 投资预测技术路线及执行方法

第四章 供水需求预测

4.1 城市用水现状

随着城市化进程的加速，城市基础设施条件日益改善，我国城市供水普及率不断提高，用水人口也相应地呈现了快速增长的态势。1996年，北方地区城市用水人口约为12 215.8万人，2003年已达到15 784.5万人，8年间增长了29.5%。

2003年，中国北方地区城市综合生产能力合计11 730.66万 $\text{m}^3/\text{日}$ ，地下水生产能力占43.13%；供水总量218.79亿 m^3 ，其中生产用水量占45.5%，生活用水量占54.5%。在生活用水中，城市居民家庭用水量69.84亿 m^3 ，占59%，市政公共用水量30.32亿 m^3 ，占25%，消防及其它用水量为19.06亿 m^3 ，占16%。按统计范围内1.58亿用水人口计算，北方地区人均综合用水量为206.77升/日，人均家庭生活用水量121.10升/日。

自1996年以来，北方地区城市用水量呈现如下的变化特征：

(1) 总供水量在1998年达到一个峰值后开始下降，在8年中，1998年用水量最高，为2 327 949万 m^3 ，2002年用水量最低，为2 161 985万 m^3 ；

(2) 工业用水量呈逐年下降的趋势，并且它占总用水量的比例也从1996年的57.05%下降至2003年的45.51%；

(3) 综合生活用水平稳地逐年上升；

(4) 2000年以来公共供水企业的供水量出现了明显的下降，根据典型城市调研所获得的信息，大部分城市的水司把供水量下降的现象归结为两种原因，其一是因为工业用水量的大幅降低，其二是近年来自备井供水量的增加。

4.2 城市用水量影响因素分析

4.2.1 城市化进程及用水人口

用水人口是影响城市用水量尤其是城市综合生活用水量的主要因素，1996~2003年北方地区综合生活用水量与用水人口的相关性分析表明，用水量与

用水人口呈很好的线性关系， $R^2=0.902$ 。

城市化进程的加速可以引起用水人口的增加以及城市人民生活水平的提高，因此引起用水量的增加。1979~2000年我国城市化率情况见图 4-1^[2,3]，可以看出，城市化率与时间的相关度很高。所以，城市化进程这一影响因素可以通过时间来反映。

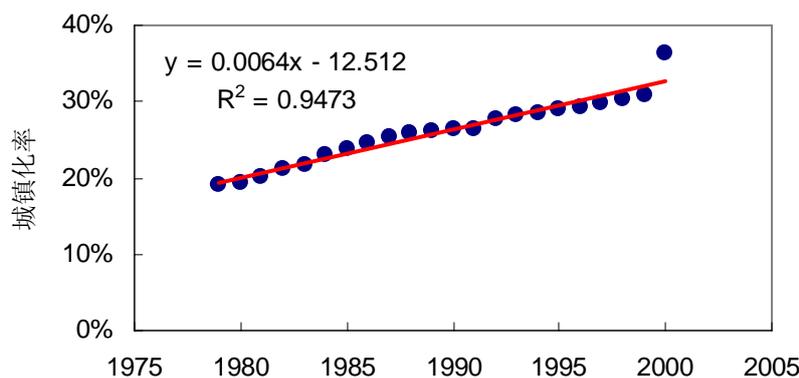


图 4-1 1979~2000 年我国城镇化率变化情况

注：2000年城镇人口数量统计口径发生了变化，是按照国家统计局1999年发布的《关于统计上划分城乡的规定（试行）》计算，因此城镇人口增加很多。

4.2.2 经济发展水平

在我国经济发展的初期阶段，用水量是随着国内生产总值（GDP）的增加而增加的，但随着工业技术的进步及产业结构升级，近年来北方很多地区的用水量已经开始出现零增长甚至负增长的情况，其中最具代表性的是北京、天津2个直辖市以及山东、山西、辽宁、吉林、陕西等省。因此，虽然经济发展水平的高低会对用水量造成一定程度的影响，但在预测用水量时应该要结合其它因素综合考虑，否则将会影响结果的准确性。

4.2.3 工业节水和技术进步

工业用水包括冷却用水、工艺用水、锅炉用水、洗涤用水、空调用水等方面，其中冷却用水占2/3左右^[4]。近年来，由于工业用水重复利用率的增高和用水工艺的改革，工业节水量不断增加。目前我国城市工业用水重复利用率比80年代

初增加了 1 倍多，节水量达到了 100 亿 m^3 。

4.2.4 工业结构升级

一般来讲，工业结构在工业化过程中的变化很大，它对工业用水变化的长期趋势具有明显的作用。根据工业化过程中产业结构演变的规律，重化工业在工业化后期一般不再扩张，甚至会开始萎缩。这正是发达国家近 20 多年来工业用水量（特别是制造业用水量）几乎为零增长的原因。因此，对工业用水量增长长期预测趋势的分析不仅要依赖于对工业增长速度的正确判断，还要重视工业化过程中工业结构的演变规律对用水量带来的影响^[4]。

4.2.5 用水价格

水资源也是商品，具有商品的属性，即在市场总需求一定的条件下，水的需求量一般会随着水价的上升而下降。根据用水性质的不同，水价格对用水量的影响程度也不同，对于生活用水，据不完全统计，当水费支出占居民家庭收入的 2.5% 时，人们会考虑节水问题；达到 5% 时，对人们的生活会产生较大影响；达到 10% 时，人们才会考虑水的重复利用^[5]。就目前来讲，我国大多数城市水价占人均可支配收入的比例仅为 1% 左右，因此生活用水量对水价变化的敏感度也较低。工业用水则不然，工业用水价格一般高于城市生活用水价格，并且每次水价调整，工业用水价格的上升幅度也大于后者，所以企业在一定条件下有节水的经济动力，通过价格杠杆调控工业用水量能取得比较好的效果。

4.2.5.1. 生活水价对水量的影响

对 5 个典型城市的案例分析（图 4-2）可以看出：除天津外，其它 4 个城市的居民生活用水价格与人均日用水量没有相关关系。近年来宿迁的生活用水价从 0.5 元涨至 1.5 元，潍坊和安康则从 1.0 元涨至 1.5 元，但水价的上涨并未引起人均日用水量的降低，相反这三个城市的人均日用水量分别上涨了 17%、18% 和 29%。哈尔滨市的情况与上述三个城市类似，水价从 1.0 元涨至 1.8 元，而用水量仍然保持上升趋势。以上 4 个城市的案例分析说明：目前的水价的涨幅还不能造成生活用水量的降低，小幅度的提高水价达不到控制生活用水的目的。

天津的情况与其他 4 个城市不同，天津是一座极度缺水的城市，同时也是近

些年节水力度较大并且取得了很好效果的城市,其节水的一项主要措施就是通过价格杠杆来调控用水量。通过图中所示数据可以看出,8年来天津市的生活用水价格从0.65元涨至2.6元,与之相应地,人均日用水量也基本是呈逐年下降的趋势,最低人均日用水量仅为最高时的50%。天津的特殊情况可解释为:天津市水价涨幅较大,对于普通居民来说,水费所占的比例如果占其可支配收入2.5%~5%的后,人民开始注意节水,从而达到了降低用水量的目的。另外,值得注意的是:天津市生活水价与人均用水量的相关度较高,但是随着水价的不断上涨,人均日用水量对水价的敏感程度越来越低,这表明人们日常用水更趋于合理化,对浪费水量的节省潜力已经不大,水价调节用水量的作用越来越不显著。

其它研究结果表明^[6],水价对生活用水量的弹性系数在我国南方达到-0.44,而在北方地区仅为-0.13,说明水价对用水量的作用在南方地区显著,但在北方地区作用有限。如果水价提高到1.5倍,总的来说北方地区用水量仅降低约5.1%左右。

通过5个典型城市的案例分析,对于水价对生活用水量的影响,给出如下结论:

(1) 价格杠杆对调节人们用水量的作用是有限的,与居民生活用水量相关性更高的因素可能是居民收入水平。居民收入增加对生活用水需求量的拉动作用比提高水价的抑制作用要大,只有水价的涨幅显著高于人均收入的增幅,才能有效控制居民生活用水的增长速度。

(2) 提高水价对抑制居民用水量的作用是有限的,有关部门在制定自来水价格时,不要过分夸大价格杠杆对调节人们用水量的作用,自来水的价格本身应该符合市场经济的价值规律。

(3) 如果需要进一步的降低用水量,还应采取措施研究自来水的二次利用或综合利用,如中度水的开发和利用。

4.2.5.2 工业水价对用水量的影响

从发达国家工业用水的经验来看,水价对工业用水量的调控作用要明显大于对生活用水量的。报告选择哈尔滨、天津、宿迁、潍坊、安康5个典型城市来分析工业水价的杠杆作用对工业用水量带来的影响。数据见图4-3。

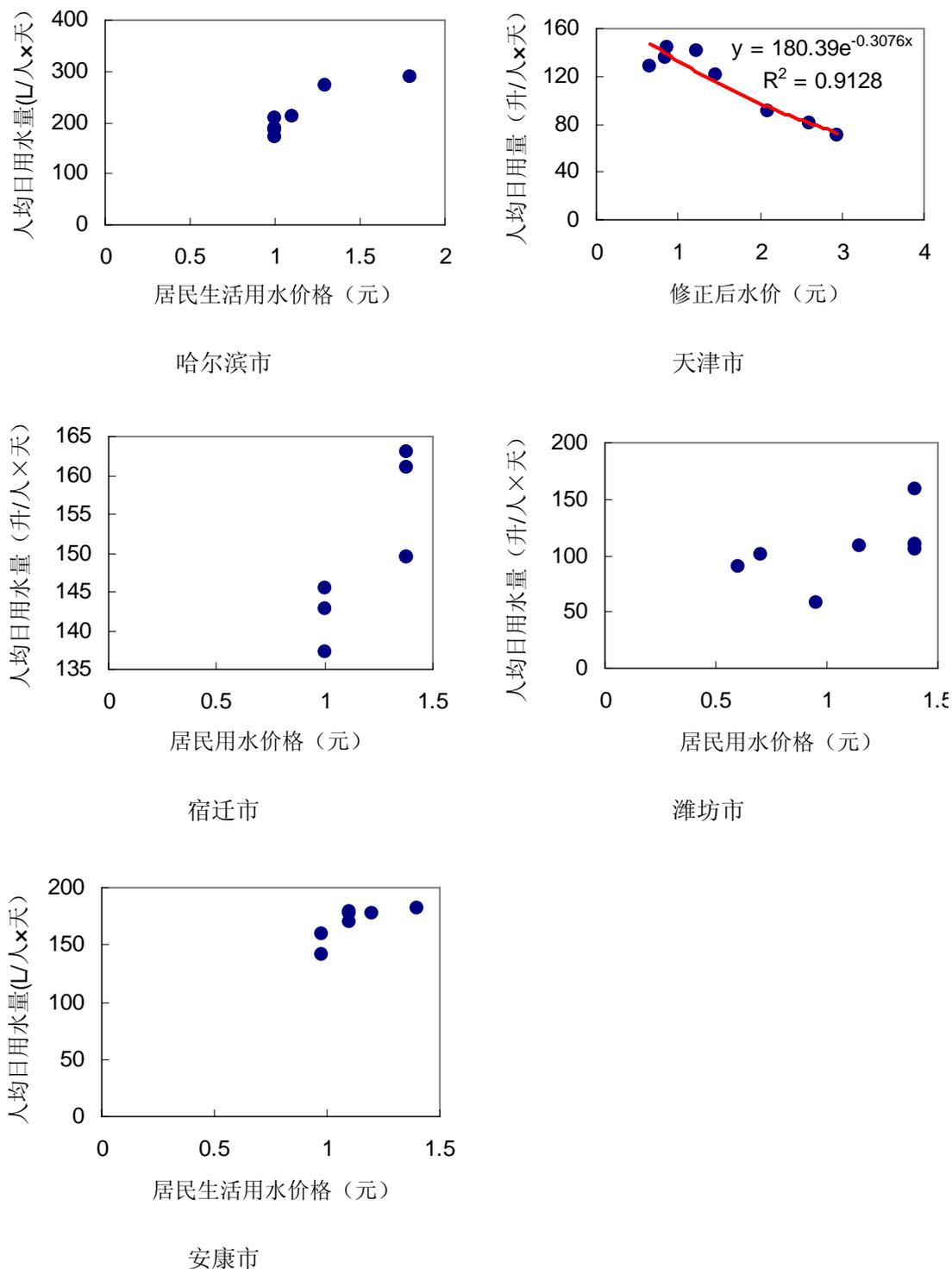


图 4-2 几个典型城市的生活水价分析

总的来说,近8年来5座城市的工业水价均有不同程度的增长,其中以天津、北京两市涨幅最高,同时5座城市的万元产值耗水量也都相应地降低。但是万元产值耗水量降低不仅是提高水价作用的结果,高新技术产业的发展、产业结构调整等因素对工业用水量的影响同样不可忽视。尤其是在哈尔滨、潍坊及安康

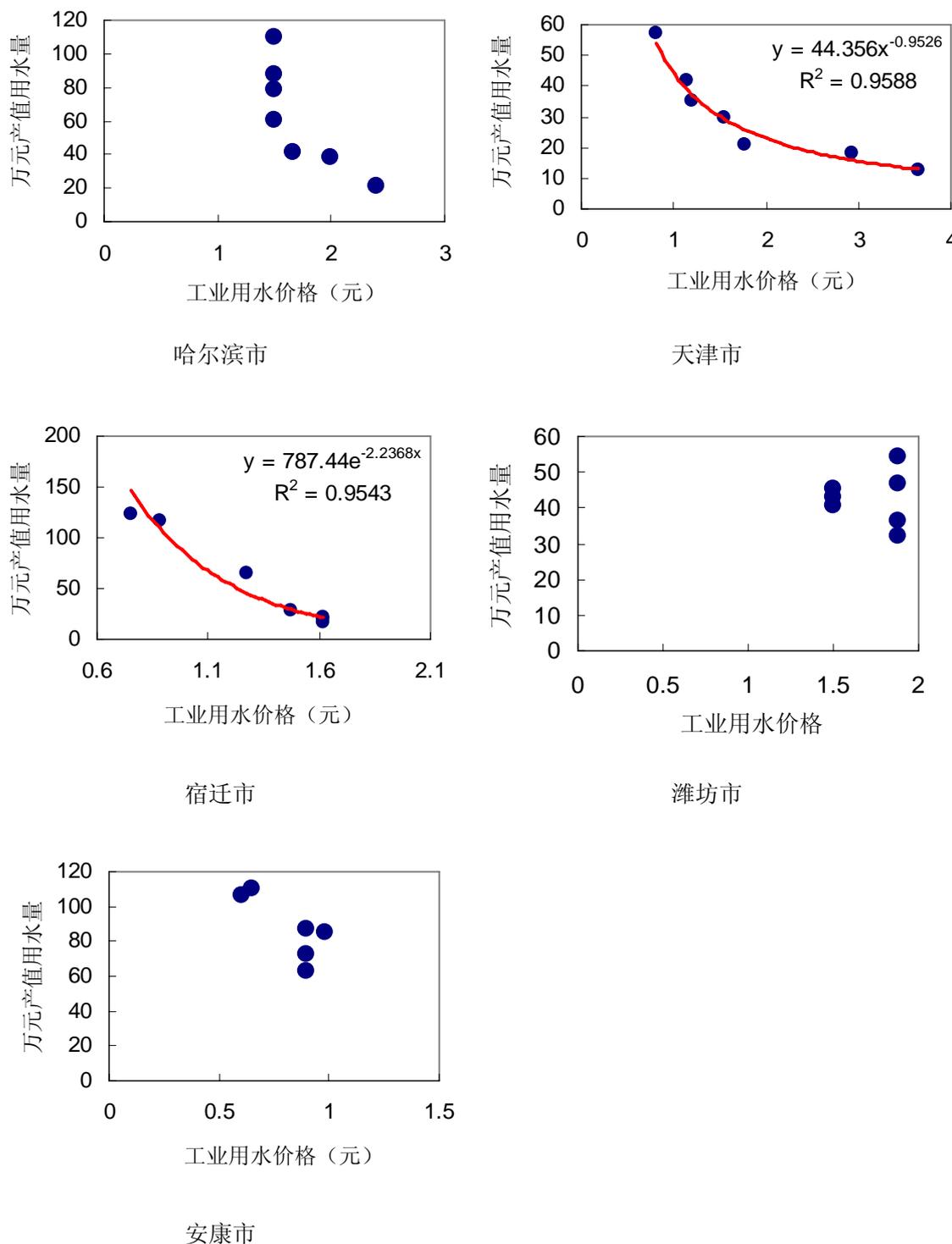


图 4-3 几个典型城市的工业用水价格分析

这三个城市，以哈尔滨市为例，该市 1996~1999 年工业水价一直维持在 1.5 元/吨，而这 4 年的万元产值耗水量却从 110 m³/万元 GDP 下降至 60 m³/万元 GDP。

对于天津、宿迁这 2 个城市来说，工业用水价格与万元产值耗水量的相关关系较好，万元产值用水量的快速下降应该是产业结构调整和水价上涨等因素共同

作用的结果。

根据以上6个城市的个案分析，得到如下的结论：

(1) 工业用水量对水价的敏感程度要比生活用水量的高。

(2) 从理论上说，只有水费占企业的生产成本的明显比重时，水价的提高才会对厂家的用水行为发生作用。所以在水价很低时，水价提高对万元产值用水量下降的作用不明现，而当工业水费占工业产值的比重达到一定程度时，厂家对水价的上涨反映就很敏感了。

(3) 与产业结构调整这一因素相比，水价对工业用水量的影响是次要的；但是对于一些高耗水的行业，由于水费成本在企业的生产总成本中占有很大的比重，水价对这些行业的用水量的影响是很显著的。

(4) 万元产值用水量的下降在近年也出现了放缓的趋势。这说明工业用水量的压缩空间也在逐年减少，并将在数年后达到一个比较稳定的数值。

综上所述，水价对用水量影响比较复杂，根据典型城市调研数据的显示，水价上涨并不一定会带来用水量的下降。因此，将水量与水价建立模型的思路并不可行。报告对各调研城市的水价进行了分析，并将平均水价与时间做回归分析(平均水价为调研城市的水价的数学平均值)，结果见图 4- 4。可以看出，工业平均水价、居民平均水价与时间的相关度均很高。这个结果说明，在分析北方地区(城市多，样本数量大)水价对用水量的影响时，考虑时间因素，即可把水价因素包含进去。

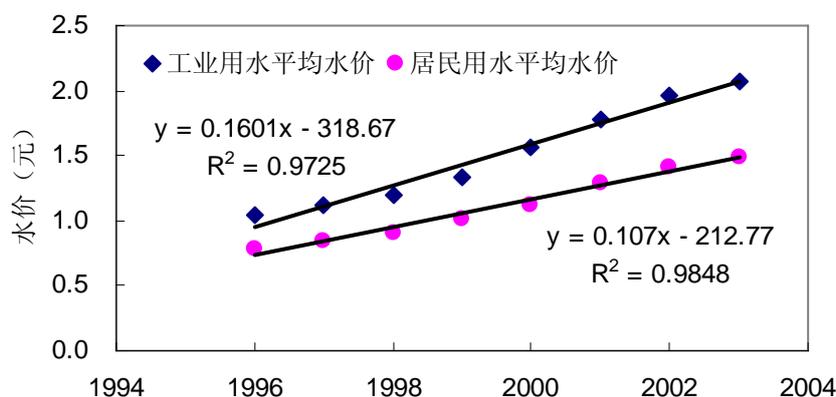


图 4- 4 调研城市平均水价与时间的关系

4.2.7 中水回用

中水为经过适当处理之后的能在一定范围进行重复利用的城市污水或生活污水，其水质介于洁净水与污水之间，并配有专门的管道运输。中水来替代一部分给水，有利于缓解我国特别是北方地区水资源的紧张形势，同时中水也是提高水资源可持续发展的有效途径之一。天津、北京等一些极度缺水的城市为了保证当地水资源的可持续发展，已经陆续兴建了一些再生水项目，例如北京高碑店污水处理厂和天津经济技术开发区的回用水项目等。但是就中国北方地区的整体而言，中水回用技术能否得到大规模的应用，还是一个未知数。原因如下：其一，如果不考虑原水费用，仅从处理成本角度来说，中水处理成本还是要高出自来水成本很多，一般来讲自来水的常规处理成本仅为 0.2 元/m³ 左右，而中水则需要 0.7~1.0 元/m³ 不等。因此，中水回用还是比较适合在极度缺水、水资源费高的城市应用，在原水费较低地区的前景并不看好。其二，污水处理厂出水是中水的主要水源，然而目前我国城市污水处理率还很低，平均才不到 20%，因此中水水源难以得到保障，中水技术也就难以得到广泛应用。其三，中水回用的投资不仅包括新建中水处理厂的费用还包括管道改造等费用，如果中水技术大规模应用，一次性投资额十分巨大，这也是影响中水技术应用的一个原因。

综上所述，中水在一定程度上能够缓解城市缺水的形势，但是由于处理成本高、水源不能得到保障以及一次性投资额过大等因素，在短时期内还不能得到广泛应用。本报告从这一角度分析，预计中水对投资不会造成太大的影响。当然，如果国家给出政策性引导，那么也有可能对投资产生较大影响。

4.3 预测技术路线

供水需求预测采用两种方法方法一是通过纯粹的回归分析进行预测，建立总供水量与回归参数的方程，先预测出总用水量，进而再计算出各省及四类城市的用水量；方法二是将用水量分为综合生活用水和工业用水，在分析其各自影响因素的基础上进行预测。参见图 4-5。

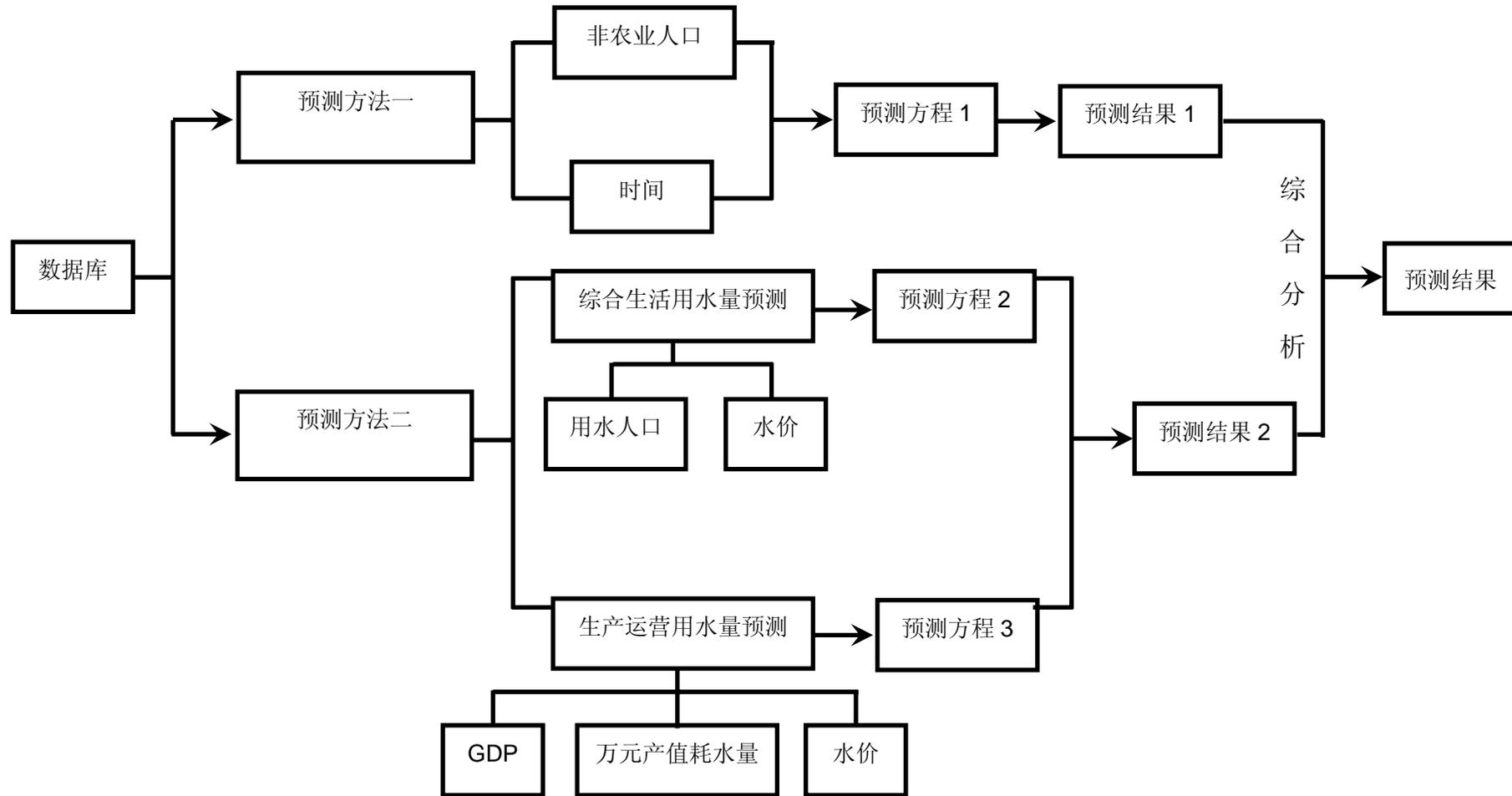


图 4-5 用水量预测技术路线

4.3.1 用水量预测方法一

(1) 预测思路

① 从数据库中筛选出可能对供水量产生影响的行业指标，经过相关性分析后从中确定一个或几个参数作为供水量的预测参数，建立预测北方地区供水总量的方程。

② 结合时间因素对步骤 1 中得到的预测方程进行修正，得到北方地区供水总量。

③ 将供水总量划分至各省/直辖市及四类城市。

(2) 预测基础数据及其来源：

1996~2003 年非农业人口数 (NAP)、供水量 (Q)、供水能力 (C)、管网长度 (L) 及建成区面积 (A) 等，数据来源于《年报》。

(3) 计算过程及结果

① 将 1996~2003 年北方地区总供水量与非农业人口数、供水能力、管网长度及建成区面积等行业因素做相关性分析。结果显示， Q 与 P 、 C 、 L 的相关度较高，但是由于 C 及 L 也是需要预测的目标量，且这两项指标均与 P 相关度较高，因此最终选择非农业人口作为预测供水量的参数。 Q 与 P 的相关度为 0.810，回归方程为：

$$Q = 0.2P - 0.126 \quad (4-1)$$

② 对非农业人口进行预测，预测结果如表 4-1 所示：

表 4-1 非农业人口预测结果

年份	非农业人口数 (万人)	年份	非农业人口数 (万人)
2004	14523.64	2008	15989.68
2005	14659.65	2009	16333.69
2006	15301.66	2010	16677.70
2007	15645.67		

③ 根据步骤 1 和 2 中的结果，得到 2004~2010 年供水量的预测值，由于该预测值只考虑到人口因素，没有考虑到时间因素，但根据 4.2 中的分析，时间可能包含了技术进步、产业结构调整、水价调整、城镇化进程等若干隐性因素的作用。

用，因此需要引入时间因子对预测结果给予修正。修正过程在附录中给出，预测公式及结果如下（表 4-2）：

$$Q = 1.2P - 0.9371(YR-1995) + 0.2588 \quad (4-2)$$

式中：YR 为年份

表 4-2 方法一用水量预测结果

年份	用水量 (亿 m ³)	年份	用水量 (亿 m ³)
2004	219.71	2008	223.20
2005	219.92	2009	225.30
2006	220.54	2010	227.96
2007	221.62		

4.3.2 用水量预测方法二

把用水量分为综合生活用水和工业用水两部分，分别采用不同的参数进行预测。

4.3.2.1 综合生活用水量预测

(1) 预测思路

建立综合生活用水量 (Q_l) 与用水人口 (U) 的模型，因为用水人口具有较强的可预测型，可以通过对用水人口的预测实现对综合生活用水量的预测。

(2) 数据及来源

1996~2003 年综合生活用水量和用水人口数，数据来源于《年报》

(3) 计算过程及结果

① 将 1996~2003 年北方地区综合生活用水量 (Q) 与总用水人口 (U) 进行相关性分析，二者 $R^2=0.9638$ ，得到模型如下。

$$Q (\text{亿 m}^3) = 51.315U (\text{亿人口}) + 39.713 \quad (4-3)$$

② 对总用水人口数进行预测，得到结果见表 4-3。

表 4-3 用水人口预测结果

年份	用水人口数 (万人)	年份	用水人口数 (万人)
2004	15980.67	2008	18007.19
2005	16487.30	2009	18513.82
2006	16993.93	2010	19020.45

年份	用水人口数 (万人)	年份	用水人口数 (万人)
2007	17500.56		

③ 根据步骤 1 和 2 中得到的结果, 预测出 2004~2010 年北方地区综合生活用水量, 参见表 4-4。

表 4-4 综合生活用水量预测结果

年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
综合生活用水量 (亿 m ³)	121.33	123.88	126.43	128.98	131.53	134.09	136.64

4.3.2.2 工业用水需求预测

● 万元产值耗水量预测法

(1) 预测思路

根据公式万元产值耗水量=工业用水量/第二产业 GDP, 如果万元产值耗水量和第二产业 GDP 随年份的变化有规律可循, 那么就可以预测出 2010 年的万元产值耗水量及第二产业 GDP。

(2) 数据及来源

1996~2003 年第二产业 GDP、工业用水量, 数据来源于《年报》。

(3) 计算过程及结果

① 计算出 1996~2003 年万元产值耗水量, 并对其进行预测, 预测采用万元产值耗水量与年份进行回归分析的方法, 分析结果见图 4-6。结果显示二者相关度达到 $R^2=0.9821$ 。

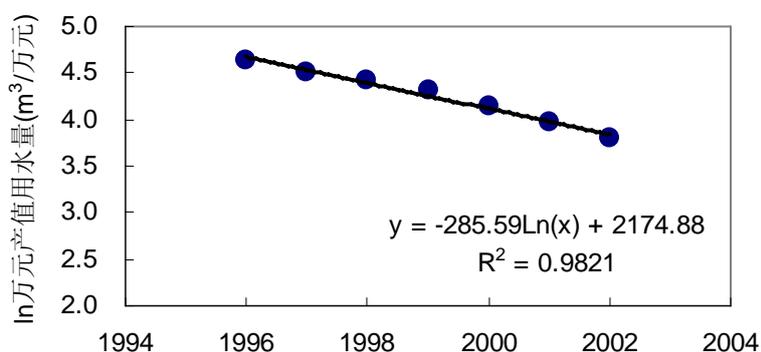


图 4-6 万元产值耗水量 (取对数) 与年份的回归分析结果

根据图中所示公式对万元产值耗水量进行预测, 预测值见表 4-5。

表 4-5 万元产值耗水量预测结果 (单位: m³/万元)

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
万元产值耗水量	39.55	34.29	29.74	25.79	22.37	19.40	16.83	14.60

② 预测根据第二产业 GDP 过去 7 年的平均增长率预测未来的 GDP 值, 过去 7 年 GDP 以平均每年 10.3% 的速度增长, 假设未来 6 年 GDP 增长速度保持不变, 那么 2004~2010 年第二产业 GDP 的预测结果见表 4-6。

表 4-6 第二产业 GDP 值预测结果

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
GDP(亿元)	24977	27725	30775	34160	37917	42088	467187	51857

③ 根据步骤 1 和 2 中所得的结果, 预测未来 6 年的工业用水量见表 4-7:

表 4-7 工业用水量预测结果 (万元产值耗水量法)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
工业用水量(亿 m ³)	98.78	95.08	91.52	88.10	84.82	81.67	78.63	75.72

● 弹性系数预测法

(1) 预测思路

根据 1996~2003 年的工业用水量弹性系数(工业用水增长率与工业产值增长率的比值), 预测未来 6 年的弹性系数, 从而得到工业用水增长率和工业用水量。

(2) 预测基础数据

1996~2003 年第二产业 GDP 及工业用水量, 数据来源于《年报》和《中国城市统计年鉴》。

(3) 计算过程及结果

1997~2003 年的工业用水量弹性系数变化如图 4-7 所示, 可见, 所有年份的弹性系数均小于 0, 而且除 1999 年外, 其它年份的弹性系数范围在 0~-0.5 之间, 2003 年, 弹性系数最小, 为-0.025。

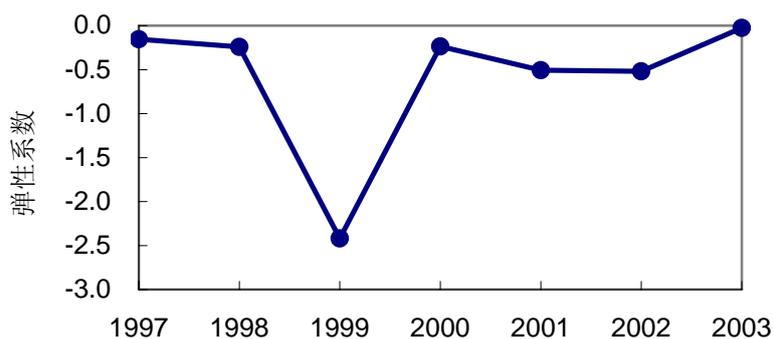


图 4-7 1997-2003 年工业用水弹性系数

本报告中，考虑采用两种弹性系数的预测方案，一是沿用 2003 年的弹性系数-0.025，二是取历年的综合弹性系数，计算公式为 1996 年至 2003 年的用水增长率平均值除以 1996 年至 2003 年的工业产值增长率平均值，计算结果为-0.24。

预期未来城市的工业增长仍维持在过去的较高水平（取 11%），则工业用水增长率=弹性系数×第二产业 GDP 增长率，进而工业用水量可知。预测结果参见表 4-8。

表 4-8 工业用水量弹性系数法预测结果（亿 m³）

弹性系数	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
-0.025 时	99.31	99.04	98.77	98.51	98.24	97.98	97.71
-0.240 时	96.94	94.37	91.88	89.44	87.08	84.77	82.53

4.3.2.3 预测结果小结

汇总上面的分析，按预测用水量的高低，得到以下三种预测结果。这三个预测结果中，生活综合用水量预测相同，但工业用水量预测不同，方案 1 为采用万元产值用水量方法预测结果，方案 2 为弹性系数取-0.24 预测结果，方案为 3 弹性系数取-0.025 时的预测结果。见表 4-9 所示。

表 4-9 方法二用水量预测结果

方案	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	用水量年均增长率
1	216.4	215.4	214.5	213.8	213.2	212.7	212.4	-0.31%
2	218.3	218.3	218.3	218.4	218.6	218.9	219.2	0.07%
3	220.6	222.9	225.2	227.5	229.8	232.1	234.4	1.02%

表 4-9 中三种方案相差不大,与方法一的预测结果也很接近。考虑到工业用水的万元产值耗水量在未来下降的幅度会逐渐降低,故用弹性系数法相对更合理。本报告以下的分析中,用水量将采用表 4-9 中方案 2 和 3 的平均值,即 2010 年用水量 226 亿 m^3 ,与 2003 年相比,增长 3.5%,年增长率约 0.6%。

4.4 小结

本章通过分析用水量的影响因素,采用两种方法对用水量进行了预测:

(1) 用水量预测方法一是通过纯粹的回归分析进行预测,回归变量为人口和年份。这一方法是基于以下的假设:未来用水量的影响因素及这些因素对用水量的影响与历史情况相同。预测结果为 2010 年用水量将达到 228 亿 m^3 。

(2) 用水量预测方法二是将用水分为综合生活用水和工业用水,前者的影响因素为用水人口,通过回归分析进行预测,后者的影响因素较复杂,通过万元产值用水量法和弹性系数法进行预测。总用水量预测结果分为三种高、中、低三种情景,至 2010 年分别为 234.4 亿 m^3 、219.2 亿 m^3 和 212.4 亿 m^3 。

(3) 两种预测方法的计算结果相近,可以认为预测结果是比较可靠的。预测结果表明,生活综合用水量将持续继续,但工业用水量表现为下降,总用水量将维持在 220 亿吨/年左右,与 2003 年相比,2010 年用水增长率在 -3%~7% 范围内,年增长率在 -0.3%~1% 之间。

第五章 新建供水设施预测

本章计算了北方地区未来的新增供水能力。这里新增供水能力分为两部分：一是供水量增长导致的新增供水能力，二是因为限制开采地下水而新增地表水厂的供水能力。第4章已经预测了北方地区未来的供水需求，本章首先将对现有供水能力情况进行分析，包括供水能力闲置、地下水过量开采问题的分析，在此基础上预测新增供水能力。

5.1 供水能力历史数据及闲置情况分析

1996~2003年间，北方地区供水能力以平均每年2.73%的速度增长，平均日供水能力为10 687万 m^3 。四类城市的供水能力均有不同程度提高，其中特大及小型城市以平均每年3.5%和3.6%的速度增长，中型及大型城市的生长稍慢，年均增长率分别为2.2%和2.4%。从供水能力大小来看，中小型城市的供水能力相差不多，都远远低于大型和特大型城市的供水能力。

供水设施建设适当超前是非常必要的，但闲置能力过大会造成资源浪费。北方地区在过去的8年间闲置供水能力和供需比一直以较快速度逐年递增，闲置能力从3 568万 $\text{m}^3/\text{日}$ 增至5 736万 $\text{m}^3/\text{日}$ ，供需比亦从1.57增至1.96，公共供水企业的闲置能力略低一些（表5-1）。这种增长趋势直至2002年起才趋于平缓，表明了公共供水能力与实际供水量之间的差距在持续拉大。从各地区的情况来看，各省的供需比都在1.5以上，其中供需比最高的是北京，竟达到了2.4，这说明各地区供水能力已经远远超出实际供水量，江苏、辽宁和山东三省的供水闲置能力都在500万 $\text{m}^3/\text{天}$ 以上（见图5-1）。从城市规模角度来看，闲置供水能力按照特大、大、小、中型城市的顺序递减。特大城市的闲置供水能力最大，尤其是在1999~2002年闲置供水能力增长速度最快。其它规模城市的闲置供水能力均有增长，但速度较为缓慢（图5-2）。

由以上分析可以看出，北方地区供水能力及资源的闲置情况比较严重，并且有继续发展的趋势。供水能力闲置造成了大量资产的闲置和浪费，给供水企业造成很大负担，分析其原因如下：

(1) 上世纪 80 年代, 因供水能力不足而导致的供需矛盾是城市公共供水业的主要矛盾。但从 90 年代起, 国家投入大量资金兴建基础设施, 新的供水项目不断建成投产, 供需矛盾得到了有效缓解。但供水能力却依然保持较快增长的势头并延续至今, 遂造成了目前一些地区供水能力远超过需求量的情况。

(2) 目前我国城市和工业供水中, 自备井供水仍占据很大的比例, 尤其是在自来水可供范围内依然存在各种自备水源。由于自备井供水通常水价很低, 这使公共供水企业在竞争处于劣势, 必然对供水量造成了一定的削减。

表 5-1 北方地区供水能力闲置情况

年 份	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
公共供水企业供需比	1.48	1.52	1.59	1.66	1.70	1.80	1.93	1.95
公共供水企业闲置能力 (万 m ³ /日)	1921.87	2128.35	2386.00	2681.55	2841.45	3056.17	3388.95	3558.93
总供需比	1.57	1.57	1.59	1.67	1.73	1.86	1.95	1.96
总闲置能力 (万 m ³ /日)	3568.23	3674.96	3794.63	4217.37	4448.44	5152.59	5620.91	5736.40

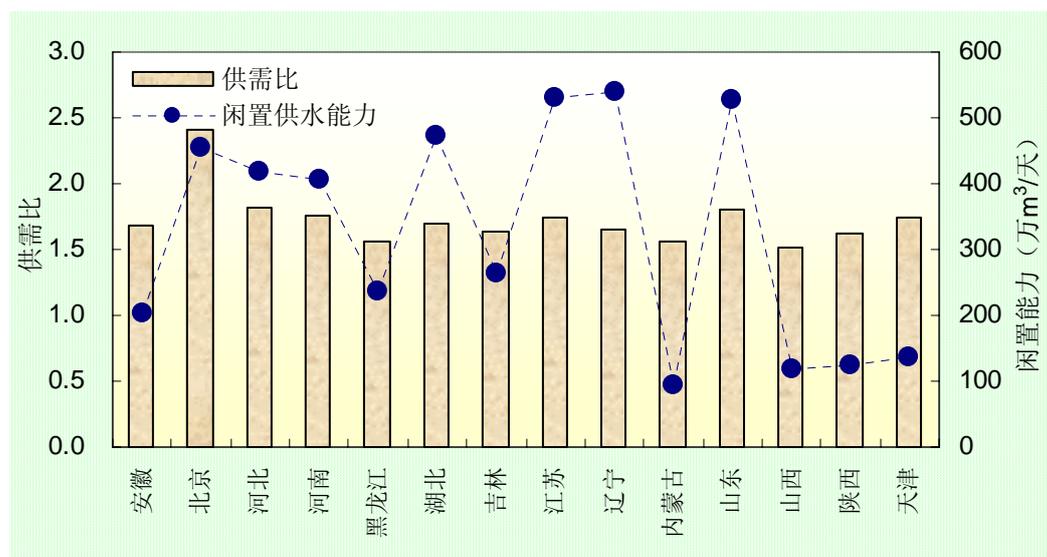


图 5-1 各省/直辖市总供水能力闲置情况

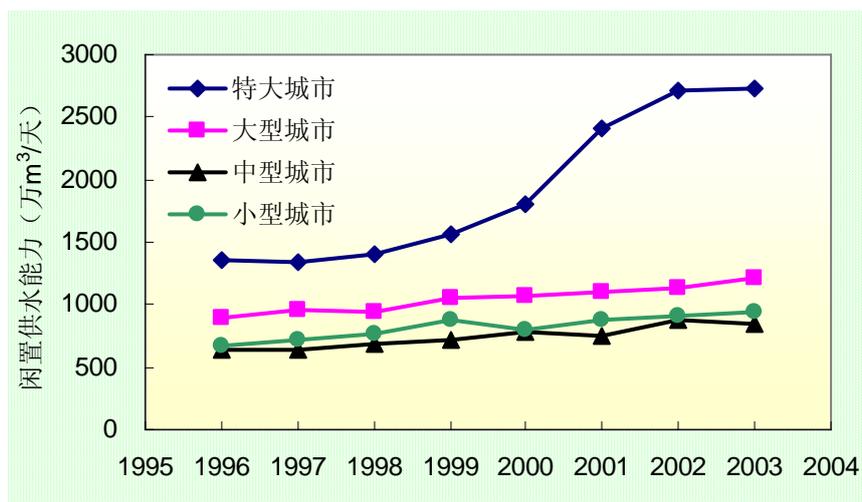


图 5-2 四类城市总供水能力闲置情况

5.2 地下水限采对供水设施建设的影响

5.2.1 地下水开采现状及存在问题

北方地区水源紧缺，近年来迫于供水需求的压力，不断加大对地下水的开采量。2003 年，北方地区城市总供水能力为 1.17 亿 m³，其中地下水供水能力占 43.4%。其中，北京达到 80%，河北和山西也都超过 70%，大大高于全国平均值 26.7%。各地区地下水及地表水的供水能力情况见图 5-3。

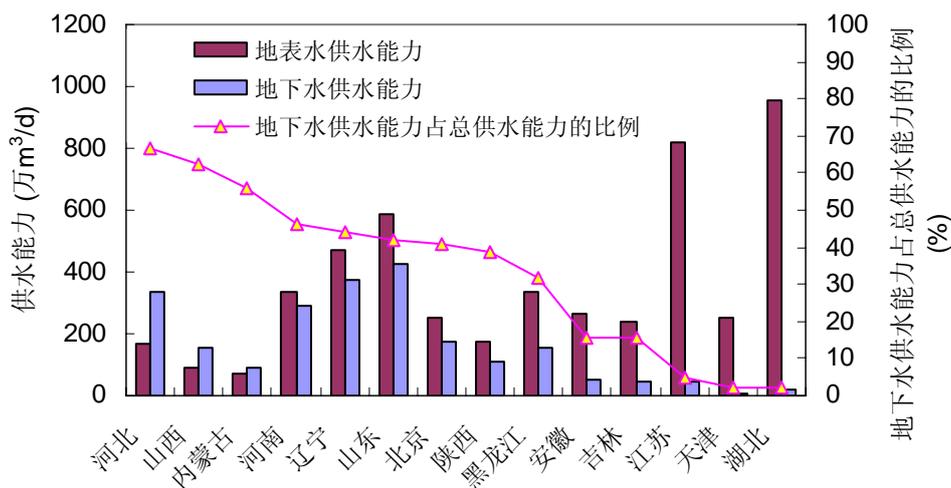


图 5-3 各省地下水及地表水供水能力

据统计，我国北方地区年均超采地下水达 80 亿 m³[7]（图 5-4 是我国水源地开采潜力示意图）。如此年复一年超采为北方地区带来了一系列的生态、环境问

题，如出现大面积地下水位降落漏斗、地面下沉、海水入侵、污水下渗污染地下水等。据初步统计，我国华北平原地下水水位以平均每年 1.5~5.0 m 的速度下降，山东全省地下水降落漏斗面积每年扩大 1000km²。因此控制地下水超采，是维护生态、环境急待解决的问题。

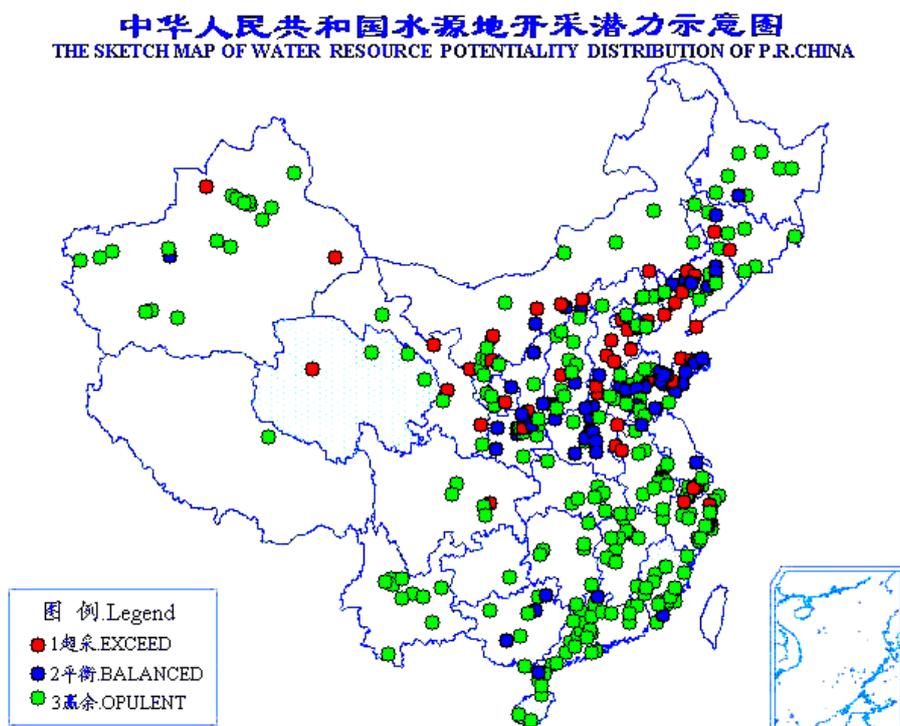


图 5-4 水源地开采潜力示意图²

造成地下水超采的原因有很多，最根本是由于水资源短缺，由此造成的自备井泛滥也是一个重要原因。长期以来，我国的城市基础设施建设相对滞后，造成自来水供应能力和供水管网不足，使我国绝大多数地区供水形成了公共供水企业与城市自建供水设施（自备水）共存的局面。2003 年自备水供应能力占总供水能力的 37.8%，而这部分供水能力中绝大部分为地下水（自备井），达到 63.6%（表 5-2），说明目前城市自备水占据供水总量的分量很高。在过去公共供水设施不能满足需要的情况下，自备井对满足城市居民的用水需求做出了很大贡献，曾经是公共供水的有益补充。但是，随着我国城市公共供水业的不断发展，对大多数城市来说，公共供水企业在一定程度上已经能够满足城市居民的用水需求，那么在自来水管网能够覆盖到的区域内，就不应该再发展自备井供水，而应当把地下水作为战略储备或备用水源。

² <http://www.cigem.gov.cn/dxs/ww2.htm>

表 5-2 公共供水企业与自建设施供水情况

分类	公共供水企业		自建设施		合计	
	地表水	地下水	地表水	地下水	地表水	地下水
供水能力 (亿 m ³)	5 023.64	2 271.85	1 611.78	2 823.39	6 635.42	5 095.24

除过量开采地下水导致环境地质问题以外，自备井供水存在其他的问题。

(1) 难以管理：由于种种原因，部分城市存在城市节水办和水行政管理部门各自审批、发放地下水《取水许可证》的现象，这种多头管理为地下水无序开采提供了有利条件，影响了城市供水规划的统一实施。另外，在管理部门统计之外，还存在很多私打的自备井，这更为管理增加了难度，漏征水资源费也造成国家资金的流失。

(2) 资源浪费：自备井供水影响了公共供水企业的正常生产与销售，对城市供水产生冲击，造成售水量下降和供水设施闲置。在课题涉及到的调研城市中，大多数城市的供水企业都将供水量逐年下降的主要原因归结为自备井的泛滥，致使供水企业面临着供水服务面积萎缩，售水量下降，投入大量资金建设的供水工程难以满负荷生产等问题。例如：由于自备井的增多，山东菏泽市自来水公司售水量已由原来 100 多万 m³/月下降到如今 60 多万 m³/月，而水司的供水能力则将近 140 万 m³/月。

(3) 水质不安全：相对公共供水企业来说，许多自备水厂未能严格执行国家的水质标准，缺乏必需的技术人员及水质检测手段。而私自建设的自备井更是大多数为自行设计、施工，卫生条件差，井水未经净化消毒就直接饮用，水质安全难以得到保障。因此，在目前水源污染日益严重的情况下，自备水无法保证供给用户的生活用水能够满足国家饮用水卫生标准的要求，其安全隐患不可忽视^[8]。

(4) 水价不合理：长期以来，由于自备井供水只需缴纳水资源费，所以自备井水价要远低于公共供水企业所提供的自来水的价格，很多企业为了节约生产成本，选择自备井作为生产用水。以菏泽市为例，水司对工业用水的收费标准为 1 元/m³，而打自备井则只需 0.04 元/m³。那么一个生产需水 50 万 m³ 企业仅供水一项就可节省成本资金 25 万元。所以 10 年前菏泽市自来水公司每月用水在 5 万 m³ 以上的大用户有 80 多家，而如今这些单位全都打了自备井。由此可见，自备水和自来水价格的比例失调是造成自备井泛滥的一个主要原因，应该适当调整

自备水水价，使其能从价格方面对地下水的开采形成约束。

综上所述，地下水超采会导致众多环境、生态、地质问题，自备井滥采是导致地下水超采的一个主要原因。在城市供水基础设施已经相对完备的今天，不应该再把地下水作为城市供水的主要水源，而是战略储备或备用水源。保护地下水，控制自备井数量、在地下水严重超采地区关闭自备井是目前城市供水行业需要面临的一个重大任务。

5.2.2 地下水开采压缩量情景分析

面对目前地下水严重超采的情况，国家出台了一系列保护地下水资源、限制地下水开采的措施。2003年，水利部向各省下发了《关于加强地下水超采区水资源管理工作的意见》与《关于做好地下水超采区划定工作的通知》，对合理我国利用地下水资源以及关闭自备井做出了说明。

由于各地地下水资源可开采量和已开采程度不同，因此，本报告根据国家针对地下水的限制措施以及各地的地下水限采规划，计算了不同情景下，地下水限采对供水设施需求的影响。

在地下水削减预测过程中，本报告的分析将基于以下几个假设：

— 由于自备井的问题多，所以通常情况下限制地下水开采应先优先关闭自备井；

— 对于南水北调工程的受水区，应实施更严格的地下水限采政策。

下面先做对地下水限采作一个基本的情景分析。

(1) 自备井关闭情况分析

《关于加强地下水超采区水资源管理工作的意见》中提及了控制和治理地下水资源的目标：至2005年，以地下水严重超采区为控制和治理重点，在2000年全国实际超采量的基础上，压缩30%以上的超采量，使部分地下水超采区的地下水水位持续下降速率和超采区面积扩大趋势得到有效控制，不再出现新的超采区，初步建立起超采区地下水动态监测体系和管理监督体系；至2010年，在2000年全国实际超采量的基础上，压缩80%以上的超采量，全面遏制地下水超采的趋势，地下水资源得到有效保护，并使因超采地下水引发的生态与环境灾害得到有效控制，形成较完善的地下水超采区水资源管理体制和地下水动态监测体系；至

2020年,全面实现采补平衡,消除地下水超采现象,进一步采取强化管理和涵养水源等调控措施,使地下水水位逐渐回升,因长期不合理开发利用地下水产生的地下水水位漏斗面积逐步缩小,地下水资源得到合理开发、高效利用和有效保护,并使因超采地下水引发的生态与环境灾害得到有效治理,生态环境明显改善。

在国家政策的引导下,各地政府的大力倡导和组织下,各地区相应管理部门均制定了地下水限采规划,压缩超采量、加强地下水资源管理、大范围的关闭自备井、外调地表水置换地下水等一系列保护地下水资源的措施相继出台,相信在各方的努力下,我国地下水资源能得到更好的保护和利用。这些地区自备井关闭情况的预测将以《关于加强地下水超采区水资源管理工作的意见》中提及的“2010年压缩80%以上目前地下水超采量”作为主要依据。

根据资料显示,我国北方地区年平均地下水超采量为80亿 m^3 ,其中有61.6%用于农业灌溉^[7],那么目前我国北方地区每年超采的地下水量约有 $80 \times (1-61.6\%) = 30.72$ 亿 m^3 。这一超采量相当于自备井供水的65%,也就是说,按自备井关闭65%来计算,可以达到压缩80%地下水超采量的目标。

(2) 南水北调工程对地下水限采的作用^[9]

南水北调受水区主要为海河平原和淮河平原的部分地区。在海河东部平原约有50%的面积存在上覆浅层咸水,由于在这种地区不能接受降雨入渗补给的淡水,所开采的越层补给的水量动用的仍然是地下水的储存量,这种水量是不可持续的,因此不能作为可持续开采资源。北方平原地区地下水的补给主要来自大气降水和地表水灌溉入渗,而城市地区地表多为不透水的道路房屋所覆盖,少量绿地降雨入渗和输水管道渗漏补给的水量很少,除靠近山前的城市有一定的侧向补给可以利用外,城市本身地下水可采资源非常有限。

目前在一些水资源规划中,将由于地表水灌溉和降水补给的地下水量的大部分分配给城市工业和生活用水,实际上是挤占农业用水。含水层中的地下水与地表水不同,是不能任意从一个地区向另外一个地区转移的,分散补给的地下水集中用于城市开采,势必造成超采,形成地下水位下降漏斗。降水和地表水对地下水的补给强度一般充其量不超过200 mm/a,但集中开采的城市水源地开采强度常在4000 mm/a以上,不仅远超过城市本身的补给量,而且也动用了农业地区的补给量和储存量。过去30年来城市地下水位在持续下降的事实,已经表明地下

水严重超采，在南水北调地下水开采规划中，应采取坚决的措施减少和控制地下水的开采量。在水资源短缺的情况下短期超采是可以允许的，但在今后 30 年内仍然把目前的开采量作为可供水量，后果将不堪设想。在地区水资源规划中应吸取过去 30 年的教训，城镇工业生活用水应主要改用地表水供水。

山前平原的北京、保定、石家庄、邢台、邯郸、安阳、新乡、焦作、鹤壁、濮阳等城市，目前以浅层地下水为主要水源。这些城市开采的地下水，除少部分来自山前的侧向补给外，大部分是超采农业区补给的地下水或动用地下水的储存量。南水北调工程的近期供水目标，主要是城市的生活和工业用水，同时兼顾农业和生态用水。所以南水北调工程通水以后，这些城市必须封闭大部分水井，严格控制地下水超采。以深层地下水为主要水源的城市如沧州、衡水和廊坊等，更是超采地下水，已造成一系列生态环境问题，应全面采取禁止开采措施，对所有机井进行封闭，但应封而不废，以备出现南水北调供水不足或其它特殊情况时应急之用。

目前，许多城市因应南水北调工程已经开始制定相应规划。以调研城市焦作为例，目前已经开始规划新建两座以南水北调工程为水源的 12 万吨地表水厂，以替代现有地下水厂和自备井。北京市为满足南水北调供水的需要，提出方案限采地下 2 亿吨，可能市第一、二、四、五、七水厂和丰台、房山良乡、大兴第一、大兴第二、杨庄、周石等水厂将全部关停，市第三水厂将在 2000 年基础上停采 50%^[10]，并规划在管道沿线建设房山、良乡等 14 座水厂，预计到 2010 年新增自来水厂日供水能力达到 140 万立方米^[11]。

从上面的分析可以看出，南水北调受水区城市的地下水限采将更加严格，本报告中将基本情形设定为减少城市地下水（包括自备井和公共企业地下水厂）开采量 70%（北京按规划中的 2 亿 m³ 计算），计算得到受水区城市总计压缩地表水开采 17.3 亿 m³。

综合上述的分析得到，在基本情景下，扣除重复计算部分，北方地区地下水开采量将减少 37.4 亿 m³。

在上述情景分析基础上，再分别设定一个高方案和低方案，如表 5-3 所示：

表 5-3 地下水限采预测方案

方案	自备井关闭比	南水北调受水区城市地	压缩的地下水开采量
----	--------	------------	-----------

	例	下水压缩比例	合计(亿 m ³)
高	80%	80%	44.3
中 (基准方案)	65%	70%	37.4
低	50%	60%	30.6

5.3 新建水厂供水能力预测

结合第 4 章中得到的 2010 年需水量结果，在综合考虑部分城市供水能力闲置、自备井关闭等因素的基础上，本小节对 2010 年新建水厂供水能力进行预测。

5.3.1 思路及预测过程

(1) 由第 4 章得到的结果可知未来 6 年北方地区需水量的变化情况。假设各城市需水量变化与北方地区需水量的变化规律一致，那么可以预测 2010 年北方各城市的需水量。

(2) 将各城市 2010 年的需水量乘以适当的空闲比，同时考虑自备井关闭所引起的供水能力不足因素，得到 2010 年该城市的供水能力。

(3) 将上一步骤中得到的结果与现状年城市供水能力进行比较，如果预测供水能力小于现有供水能力，那么未来几年内不需要新增供水能力，反之，那么二者的差值即为需要新增的供水能力。

(4) 将各城市预测结果累加即得到各省及北方地区新增供水能力。

5.3.2 数据及其来源

(1) 2003 年所有统计内城市的总供水能力 (C_{i-2003})、总供水量 (Q_{i-2003}) 及自备井供水量 (Q'_{i-2003})，数据来源于《城市建设统计年鉴》。

(2) 2004~2010 年各城市需水量，数据来源于第 4 章预测结果。

(3) 供需比 (预测中设定为 $1.56 = 1.3 \times 1.2$)，1.2 为供水日变化系数，1.2 为考虑供水设施建设超前而设定的系数。

(4) 北方地区自备水关闭比例和南水北调区受水区城市地下水关闭比例，数据来源于 5.2 中预测结果。

5.3.3 计算过程及结果

2003年北方地区供水总量为218.79亿 m^3 ，根据第4章预测结果得知北方地区2010年需水量为226亿 m^3 ，那么2010年需水量为2003年的1.03倍。那么各城市2010年需水量(Q_{i-2010})=2003年需水量 \times 1.03。

综合考虑需水量增长、北方地区自备水关闭、南水北调区受水区城市地下水关闭、保证一定的供需比，供需比，分别计算各个城市至2010年需要达到的供水能力，然后将这一计算结果与 C_{i-2003} 进行比较。

将各城市投资按城市规模和省份累加，得到预测结果见表5-4和表5-5

表5-4 四类城市新增供水能力预测结果

规模	需新增供水能力城市数			新增供水能力(万 m^3 /日)		
	高	中	低	高	中	低
特大城市	16	15	14	507	447	395.4
大型城市	25	23	17	238.5	189.4	148.8
中型城市	44	41	38	238.8	188.7	142.6
小型城市	118	113	110	337.0	275.6	217.0
合计	203	192	179	1321.3	1100.7	903.8

表5-5 各省/直辖市新增供水能力预测结果

省份	需新增供水能力城市数			新增供水能力(万 m^3 /日)		
	高	中	低	高	中	低
安徽	10	10	9	61.9	50.1	38.4
北京	1	1	1	140.0	140.0	140.0
河北	25	24	22	118.3	91.8	67.5
河南	26	26	22	112.7	79.5	53.5
黑龙江	19	18	18	154.8	140.6	126.4
湖北	10	10	10	39.1	35.5	31.9
吉林	18	17	16	97.8	90.2	82.8
江苏	11	10	10	61.2	56.8	52.7
辽宁	21	21	21	246.9	203.9	161.0
内蒙古	11	8	8	49.5	37.9	29.1
山东	28	25	21	131.9	97.9	67.5
山西	15	14	13	59.3	39.7	27.2

陕西	8	8	8	47.9	36.8	25.7
天津	0	0	0	0	0	0

5.4 小结

本章在考虑了供水能力闲置及地下水限采等因素的基础上，分析了 2010 年新增供水能力，分析结果表明：

(1) 我国北方地区闲置的供水能力不断扩大，2003 年公共供水企业供需比达到 1.95，在未来几年内应合理调配投资方向及比例，避免造成资金浪费。

(2) 北方地下水超采严重，带来了一系列问题，国家对地下水的开采将会更加严格，尤其是对大量自备井的限采。本报告根据地下水开采情况和国家的相关政策，对未来的地下水限采情况进行了预测。由于不确定性较大，本报告设定了低中高三种情景，在三种情景下，预计至 2010 年，北方地区地下水开采将在 2003 的基础上压缩 30.6~44.3 亿 m^3 。

(3) 在低中高三种方案下，至 2010 年，有 179~203 个城市需要新增供水能力，共计增加的供水能力为 904~1321 万 m^3 /日。

(4) 在基准方案下，2010 年新增供水能力为 1100 万 m^3 /日，特大城市占的比例最大，达到 40%，中型和小型城市分别占 17%，17%和 25%。新增供水能力最大的是辽宁省，达到 56.8 万 m^3 /d。

第六章 供水投资预测

本章在前述供水设施需求预测的基础上，对北方地区城市 2005 年~2010 年供水投资进行预测。本章内容分为三个部分：

- 新增供水能力对投资的影响。基于供水设施投资单价的估算和第五章对新增供水设施预测，计算新增供水能力导致的投资增加；
- 由于水厂、管网等设施老化而导致的更新改造对投资带来的影响；
- 敏感性分析。

6.1 新增供水能力对投资的影响

关于未来新增供水设施，本报告假设，由于北方地区地下水超采情况较严重，因此，未来供水投资将优先建设地表水厂。下面的计算将按新增供水能力均为地表水厂计算。

在第二章中根据对历史投资单价的计算和修正（修正系数 0.83），考虑时间因素，以 1993 年价格指数为 1，则 2003 年达到 1.4，外推至 1995 年，取 1.48，综合考虑两个因素，对价格的修正系数取 $0.83 \times 1.48 = 1.23$ 。

新增供水设施投资预测方法与第二章投资去向估算方法相同，因此本章不再细述。下面分别计算水源、水厂和管网的投资。

6.1.1 水源

取水工程的投资按第二章的方法计算，投资单价的修正值为 1.23，取水工程规模按第二章供水能力确定。计算结果如表 6-1、表 6-2 所示：

表 6-1 各类城市取水投资预测结果（亿元）

规模	特大城市	大型城市	中型城市	小型城市	合计
高方案	4.5	2.1	2.3	4.1	13.0
中方案	5.1	2.7	3.0	5.3	16.1
低方案	5.7	3.4	3.8	6.4	19.4

表 6-2 四类城市水源投资预测结果（亿元）

省份	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林
高方案	1.6	0.0	1.0	0.5	0.5	2.2	1.1
中方案	1.6	0.0	1.4	0.7	0.6	2.8	1.2
低方案	1.6	0.0	1.7	1.0	0.8	3.3	1.3
省份	黑龙江	江苏	安徽	山东	河南	湖北	陕西
高方案	1.7	0.8	0.6	1.1	0.9	0.5	0.4
中方案	1.9	0.9	0.8	1.6	1.4	0.6	0.6
低方案	2.1	1.0	1.0	2.2	1.9	0.7	0.8

引水和输水工程是与水源工程的重要组成。影响引水和输水投资的最主要的是对地下水的限采。前面已经提到，南水北调受水区可能对地下水实行严格的限采措施。南水北调工程的近期供水目标，主要是城市的生活和工业用水。受水区城市与南水北调工程的距离有远有近，对近距离城市，水源工程的投资相对较低，例如焦作规划中的地表水厂将座落于南水北调工程附近，只需要建取水工程及输水管线，但是对于距离远的城市，需要建设长距离的输水管线或者建设引水工程。南水北调工程的开通将促使沿途受水区城市加快地表水供水设施的建设，包括大规模的水源工程。南水北调工程受水区外，一些地下水超采城市为解决水源问题，也必须投入大量的资金。以亳州为例，由于地下水超采严重，导致了地面下沉问题越来越严重，唯一的地表水源涡河水质是劣五类，而且即使治理好也不能够满足亳州的供水量要求。但远距离管道输水引水工程耗资巨大，一些地区经济上难以承受。同时，长距离输水往往要跨行政区域，往往会带来协调和管理上的困难。因此单个城市或企业很难实行水源切换的方式来改善水质。调研城市亳州虽然目前水源是个大问题，但尚无可行的方案。

由此可见，引水工程投资额的大小不确定性大，难以估算。1996~2003年间引水工程投资为48.8亿元，预计未来投资将会大大高于这一数目。

6.1.2 水厂

新增水厂的投资预测方法与第二章投资去向估算中用到的方法相同，即根据新增供水能力和水厂投资单价来计算。计算过程和结果如下：

(1) 水厂的投资单价

计算方法及结果见第二章。考虑到价格上涨因素，需要用2003和1995年的物价水平比值对投资单价进行修正，修正系数仍取 $0.83 \times 1.48 = 1.23$ 。

(2) 新增供水能力（见第五章）。

(3) 水厂投资估算（表 6-3、表 6-4）：

表 6-3 四类城市水厂投资预测结果（亿元）

城市规模	特大城市	大型城市	中型城市	小型城市	合计
高方案	46.0	25.3	27.2	43.8	142.3
中方案	40.6	20.1	21.5	35.8	118.0
低方案	35.9	15.8	16.2	28.2	96.1

表 6-4 各省/直辖市水厂投资预测结果（亿元）

省份	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林
高方案	12.7	0.0	12.8	6.8	5.8	25.1	10.1
中方案	12.7	0.0	9.9	4.7	4.5	20.7	9.2
低方案	12.7	0.0	7.4	3.3	3.5	16.3	8.3
省份	黑龙江	江苏	安徽	山东	河南	湖北	陕西
高方案	16.0	6.9	6.9	15.5	13.4	4.7	5.7
中方案	14.5	6.3	5.6	11.5	9.5	4.3	4.4
低方案	13.0	5.8	4.3	8.0	6.5	3.8	3.1

6.1.3 管网

新增管网投资通过新增管网长度与管网投资单价相乘求得。预测方法与第二章类似，计算过程如下：

(1) 管网投资单价

管网投资单价取决于管径和管材，管径和管材的计算参见第二章。修正系数同前所述，取 1.23。

(2) 管网长度

管网长度增加有以下两个方面的因素：随着城市化程度的增高，城市人口持续增长，管网长度将增加；自备井关闭需要新建管网。

人口增长导致管网逐年增长，对每个城市的非农业人口和管网长度（数据均来源于《年报》）分别进行回归分析发现，二者的相关性较高，相关系数达到 0.9 以上的城市占约 1/3，达到 0.7 以上的城市占近 50%。因此，本报告中通过人口增长来预测每个城市的管网长度增加值。见表 6-5 和表 6-6。

表 6-5 四类城市新增管网长度（km）预测结果

城市规模	特大城市	大型城市	中型城市	小型城市	合计
新增管网长度	10126.57	4695.68	5657.24	6261.13	26740.62

表 6-6 各省新增管网 (km) 预测结果

省份	北京	天津	内蒙古	黑龙江	吉林	辽宁	河北
新增管网长度	340.38	1941.22	978.05	919.99	560.52	2241.95	1221.51
省份	河南	山东	山西	陕西	江苏	湖北	安徽
新增管网长度	2241.55	4957.54	594.31	831.80	7055.24	2264.85	856.79

自备井关闭后,相应的管网通常需要全部更新。当然,如果自备井的管网能被利用,则可以降低一部分管网投资。表 6-7 比较了 2003 年公共企业和自备井的管网长度与供水能力之比,亦即单位供水能力的管网长度。

表 6-7 单位供水能力的管网长度 (km)

城市规模	特大城市	大型城市	中型城市	小型城市	平均
公共供水企业	16.8	14	20.7	24.1	17.8
自备水	5.7	9.1	11.5	8.9	7.7

通过比较可以看出,在同样的供水能力下,自备井的管网长度小于公共供水企业。其原因是通常自备井供水范围小,所以管网长度较短。由于自备井的管网没有纳入到市政管网规划,难以利用,而且通常建造标准低,存在水质易受污染等问题,因此,本报告计算中不考虑自备井管网的利用。自备井关闭后,新建管网长度计算公式为:公共供水企业单位供水能力的管网长度乘以用来替代自备水的公共企业供水能力。需要说明的是,地下水厂关闭后,原来市政管网仍然可以被利用,本报告中未考虑新建管网。

自备井关闭后需要增加的管网长度计算结果见表 6-8 和表 6-9。

表 6-8 各规模城市需增管网长度 (km) 预测结果

城市规模	特大城市	大型城市	中型城市	小型城市
高方案	5772.7	3454.0	3102.6	2411.4
中方案	7504.6	4490.2	4033.3	3134.8
低方案	9236.4	5526.4	4964.1	3858.3

表 6-9 各省需增管网(km)预测结果

省份	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林
----	----	----	----	----	-----	----	----

高方案	1303.3	290.1	2112.5	1298.5	500.3	1752.3	329.7
中方案	1694.3	377.2	2746.3	1688.0	650.4	2278.0	428.7
低方案	2085.3	464.2	3380.0	2077.5	800.5	2803.7	527.6
省份	黑龙江	江苏	安徽	山东	河南	湖北	陕西
高方案	658.0	162.9	907.9	1717.8	2361.9	290.4	1055.1
中方案	855.4	211.7	1180.3	2233.1	3070.5	377.6	1371.6
低方案	1052.8	260.6	1452.7	2748.4	3779.0	464.7	1688.1

(3) 管网投资 (表 6-10、表 6-11)

表 6-10 各规模城市管网投资(亿元)预测结果

城市规模	特大城市	大型城市	中型城市	小型城市	合计
高方案	162.1	55.7	47.0	33.3	298.0
中方案	178.8	62.2	52.0	35.6	328.6
低方案	195.5	68.6	57.1	37.9	359.1

表 6-11 各省管网投资(亿元)预测结果

省份	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林
高方案	23.1	26.2	20.1	12.0	7.1	28.6	4.8
中方案	28.6	27.2	24.0	14.7	7.9	32.4	5.3
低方案	34.1	28.3	28.0	17.4	8.7	36.2	5.8
省份	黑龙江	江苏	安徽	山东	河南	湖北	陕西
高方案	9.3	51.2	9.8	40.7	27.4	24.1	13.5
中方案	10.6	51.5	11.2	43.7	31.5	24.5	15.5
低方案	11.8	51.8	12.7	46.6	35.5	24.9	17.4

6.2 更新改造投资

水源工程的建设主要是近年来完成,目前尚无需大量更新改造(本报告中更换水源的投资按新建供水设施计算),因此更新改造主要是投资水厂和管网。

6.2.1 水厂

水厂更新改造主要考虑 2 方面因素,一是水质标准提高对部分水厂的影响,二是随着经济水平的提高,部分城市将上马深度处理工艺。本章主要从这两个方面来对水厂的更新投资做预测。

6.2.1.1. 标准的提高

2005 年，建设部《供水行业水质标准》将颁布实施，该标准对供水水质的要求有所提高，主要表现在两个方面：一是水质检测项目数量增加，二是一些指标的限值要求更加严格。水质标准提高以后，将促使一些供水企业投入资金对供水设施进行升级改造，推动供水企业的技术进步，以确保供水水质满足新水质标准的要求。

(1) 我国水质标准现状

我国现行的水质标准为 1985 年制定的《生活饮用水卫生标准》，其中指令性指标只有 35 项，一直沿用至今。由于该标准制定较早，经过近 20 年的发展，已经落后于当今国际水质标准的发展潮流，也不适应我国现在的水源环境变化和供水技术的进步。

1993 年，国家建设部根据中国城镇供水协会对全国 100 多个城市调查研究的情况，制定了《城市供水行业 2000 年技术进步发展规划》，提出了 88 项水质指标，并将供水企业按照规模不同分为四类，分别提出了不同的水质目标。虽然《城市供水行业 2000 年技术进步发展规划》不具有水质标准的地位和效力，但对于推动我国饮用水质的提高起到了非常积极的作用。

2001 年，卫生部颁布了《生活饮用水卫生规范》，该规范不属于国家标准或行业标准，只是以卫生部文件的形式存在，在供水行业内并没有得到广泛的执行和认同。

相比国际先进水平，我国水质标准的编制和修订工作是比较落后的。与经济发达国家相比，我国制订的饮用水水质标准存在着项目少、标准低的差距，尤其对水中溶解性有机物的检测项目更少。一些单项指标的限值偏低，例如浊度，我国是 3~5 NTU，发达国家是 1 NTU。另外，从饮水标准制订颁布的周期上看，我国是 10 年左右修订颁布一次，而发达国家是 3~5 年就要修订一次。

(2) 即将颁布的新水质标准

为了适应我国城镇供水事业的发展，不断改善和提高饮用水质，2001 年，中国城镇供水协会受国家建设部的委托，开始编制《供水行业水质标准》，该标准属于行业标准，其指标的数量和限值都高于国标，预计将于 2005 年颁布实施。在这部标准中，列入水质检验项目及其限值共 101 项，其中常规检验项目增加到 43 项，非常规检验项目增加到 58 余项，同时对一些原有项目调高了标准。

同时，在总结《城市供水行业 2000 技术进步发展规划》的基础上，中国城镇供水协会正在编制《城市供水行业 2010 年技术进步发展规划及 2020 年远景目标》，目的是以提高水质、保证供水、优质服务和控制成本为中心，实现供水企业技术进步。

(3) 水质标准提高对水厂投资的影响分析

新的水质标准颁布实施后，将会有一些供水企业当前的供水水质不能满足新标准的要求。为此，这些供水企业必须采取一定的措施来提高供水水质，其中包括：

一是增加预处理，目前，中国现有水厂的处理工艺绝大多数为混凝、沉淀、过滤、消毒的常规处理工艺。近些年来，一些预处理技术的研究日益成熟，取得了许多针对污染水源的实用处理技术，例如二氧化氯、氯、高锰酸钾、臭氧等预氧化技术，90 年代后期就已经在很多地区已得到应用。这些工艺通常只需要简单的投加装置或设备，不需要新建构筑物，对投资的影响较少，主要体现在增加运行费用。

二是对常规水处理工艺的加强与改进，根据我国水厂的运营管理状况，对水厂实行技术改造，充分发挥常规处理每一工艺构筑物的作用，加强科学管理，是提高水质的有效手段，具有很大的发展潜力。其中包括：处理药剂（混凝剂、消毒剂）的改进、现有净水设备的更新改造、构筑物的技术改造与升级、加强水厂的科学管理等。

三是深度处理工艺，随着新标准的颁布，饮用水深度处理今后将会在一些经济条件好、原水水质差的城市出现。其中臭氧活性炭深度处理技术已相当成熟，在国内外有广泛运用，对去除水中有机污染物，提高供水水质，具有较强的针对性。目前，国内的水处理行业普遍认为，臭氧活性炭深度处理工艺是我国水处理技术的主要发展方向。这部分内容将在下一小节中给出详细的分析与阐述。

四是水质检测工作，新的水质标准的实施，要求各供水企业加强水质检测，同时新增的很多检测项目，也要求新的仪器设备和人员配备，使化验设备和力量能满足新水质标准的要求。按照我国目前的发展水平，大部分供水企业不可能也没有必要都在短时期内建立完善的水质分析体系，而且新标准中只要求对常规指标进行经常性的检测，一些中小水司充分利用附近大城市完备的水质分析化

验能力。因此，这部分的对投资总额的影响较小，可以忽略。

根据以上分析，研究水质标准提高对供水投资的影响，我们只考虑常规水处理工艺的加强与改进。

(4) 投资计算研究方法

如图 6-1 所示，在水质标准提高以后，可以将供水企业根据供水水质分为以下 4 个类别：

① 在目前的情况下，供水水质已经能够满足新水质标准的要求，这部分水厂的总供水能力设为 Q_1 ，投资设为 I_1 。

② 供水水质虽然不能满足新水质标准的要求，但水质状况相对较好，水厂经过工艺优化、或加强管理，可以提高水质，从而满足新水质标准的要求。这类供水企业可以采取的措施有：通过增加预处理、改进处理药剂等方式，以及提高水厂的运行管理水平。这些措施主要表现为水厂运行成本的增加，投资可以忽略，这部分水厂的总供水能力设为 Q_2 ，投资设为 I_2 。

③ 供水企业必须采取净水设备的更新改造、构筑物的技术改造与升级等措施，也就是水厂必须进行固定资产的投资，才能够满足水质标准的要求，这部分水厂的总供水能力设为 Q_3 ，投资设为 I_3 。

④ 在现有水源条件下，供水企业即使进行水厂构筑物的改造，也不能够满足水质标准的要求，这种情况下必须考虑更换水源，这部分水厂的总供水能力设为 Q_4 ，投资设为 I_4 。

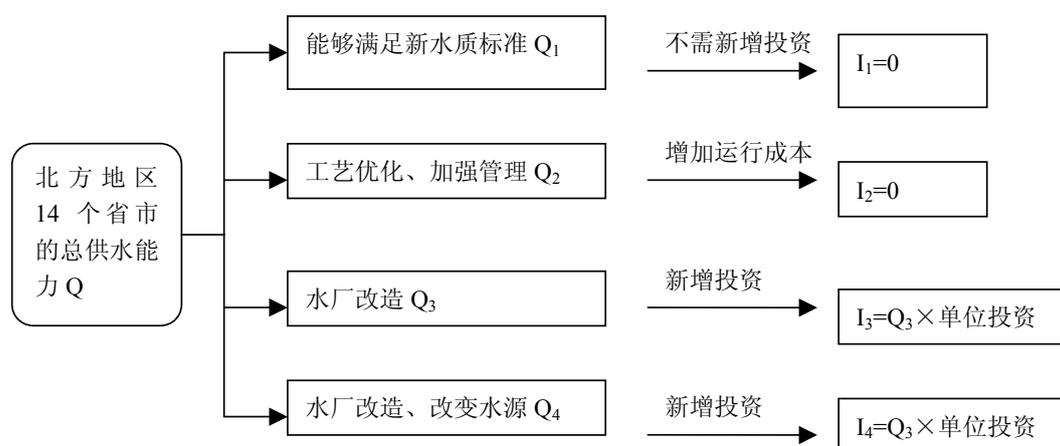


图 6-1 水厂常规工艺改造投资预测方法

根据以上分析，水质标准提高对投资的影响 $I_n = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$ ，显然 $I_1 = I_2$

≈ 0 ，根据我国供水行业的水质现状以及前面的分析，由于供水企业已经满足现有的水质标准，可以令 $I_4 \approx 0$ 。最终得到： $I_n = I_3$ 。因此，要求出 I_n ，首先要求出 Q_3 ，然后根据单位供水能力的投资额计算出 I_n 。

(5) 供水企业分类依据

根据我国水质标准，我们选择浊度这个指标对供水企业进行分类，主要原因是：

① 浊度是一个复合型指标，降低浊度的同时也降低了水中的细菌、大肠菌、病毒、贾第氏虫、隐孢子虫、三价铁、四价锰等。天津市自来水公司与天津市医科大学合作的试验表明，滦河的水经处理后把浊度降到 1NTU 以下，水中挥发性有机物降低 50%，半挥发性有机物降低 30%~70%，Ames 试验致突变活性下降 42.9%~47.8%，致温血动物细胞染色体畸变活性下降 27%~40%，对降低致癌和可致癌物质也有相当效果。

② 浊度是一个重要的运行性指标，也是水厂和管网的常规监测指标，各供水企业都有大量的浊度数据。

③ 浊度检测较为方便快捷。

水质标准中对浊度的规定如下：

我国现行的国标 GB5749-85 《生活饮用水卫生标准》，浊度 ≤ 3 NTU，特殊情况不超过 5NTU。根据《城市供水行业 2000 技术进步发展规划》将北方地区各市水司划分为 4 类，具体划分方法见表 6-12。

表 6-12 不同类型水司浊度标准

浊度 (NTU)	第一类水司		第二类水司		第三类水司		第四类水司	
	指标值	最大允许值	指标值	最大允许值	指标值	最大允许值	指标值	最大允许值
	1	2	2	3	3	5	3	5

其中一类水司(最高日供水量超过 $100\text{m}^3/\text{日}$ 的直辖市或重点开放城市)在国标 35 项指标基础上，再增加 54 个目标性指标。以当时欧共体水质标准是为基础。对二类水司(最高日供水量超过 $50\text{m}^3/\text{日}$ 或省会城市)在原国标基础上再增加 16 项目标性指标。这些目标性指标是参考九十年代初世界卫生组织的《饮用水水质准则》结合我国污染物情况确定的。三类水司(最高日供水量大于 10 万 $\text{m}^3/\text{日}$)

日)要求执行国标 35 项全部指标。四类水司最高日(供水量小于 10 万 $\text{m}^3/\text{日}$)允许暂不执行其中试行标准。据了解,即将颁布的《供水行业水质标准》中规定的浊度为 1NTU。

(6) 按照浊度对水司进行分类

表 6- 13 北方地区部分水司的出水浊度和供水情况

序号	城市	出厂水 浊度 (NTU)	管网水 浊度 (NTU)	供水能力 (万 $\text{m}^3/\text{日}$)	地下水 (万 $\text{m}^3/\text{日}$)	平均日供 水量 (万 m^3)
1	南京	0.2	0.4	178.00	0	118.57
2	宿迁	0.20	0.60	8.00	0	2.28
3	济南	0.3	1.2	150	60	51
4	呼和浩特	0.31	0.28	24.3	24.3	22.00
5	石家庄	0.34	0.36	78	38	53.13
6	邯郸	0.35-0.43	0.4	47.5	31.5	20.4
7	汉沽	0.41	0.57	5.00	0	1.40
8	合肥	0.44	0.56	85.00	0	56.05
9	天津	0.56	0.94	201.5	1.50	90.29
10	哈尔滨	0.78	1.02	87	7	76.90
11	大连	0.63-0.80	0.60-1.20	101.50	2.50	82.90
12	齐齐哈尔	0.86	—	30.90	25.90	15.20
13	安康	1	—	6.00	0	
14	亳州	1	<3	3.00	3.00	2.00
15	太原	1.03	1.01	46.3	46.3	38.84
16	郑州	1.09	1.28	97.00	24.00	55.82
17	潍坊	0.67-1.2	1.78	17.00	7.00	11.80
18	焦作	0.80-1.19	1.02	25.50	21.50	14.99
19	青岛	<1.0	1.0	65.31	0	46.48
20	长春	1.14	1.43	103.00	1.00	70.90
21	武汉	1.05-1.35	—	291.00	0	202.10
22	运城	1.0-1.6	1.0	3.00	0.13	1.80
23	沈阳	<3	<3	155.60	155.60	121.50
24	北京	<3	0.28	312.30	108.65	200.60

分析表 6- 13 数据可以发现,管网水的平均浊度比出厂水升高了 0.2NTU 左右。根据以前对 36 个城市自来水公司的水质调查结果,出厂水平均浊度为 1.3

度，而管网水增加到 1.6 度，升高了 0.3NTU 左右；由于自来水浊度在管网中会不断升高（0.2~0.3NTU），而新的水质标准明确提出水质的要求是用户龙头水，因此将各水司按照出厂水浊度按照表 6-14 进行划分。

表 6-14 出厂水浊度等级划分标准

标准	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
浊度 (NTU)	≤0.8	0.8-1.0	≥1.0	—

① 水司出厂水平均浊度 ≤0.8，将其归类为 Q₁，即认为不需要投资进行水厂改造。

② 水司出厂水平均浊度在 0.8-1.0 之间，将其归类为 Q₂，即认为需要增加水厂的运行成本来改善水质。

③ 水司出厂水平均浊度在 ≥1.0 之间，将其归类为 Q₃，即认为需要投资进行水厂改造，以满足新的水质标准。

由于我国现行的水质标准为 3NTU，根据中国城镇供水协会的统计，目前几乎所有的水司都能够满足 3NTU 的浊度要求。因此，可以认为 Q₄=0。

(7) 投资的计算

在《城市供水行业 2000 技术进步发展规划》中，一、二类水司的浊度目标为 NTU，而且经过二十多年来的发展，供水行业的供水水质有了很大提高，可认为一、二类水司都能够满足 1NTU 的浊度要求。因此可以认为 Q₃ 中只有三、四类水司。同时，我国地下水的污染状况还不是很严重，而且北方地区正采取措施限制地下水的开采，尤其是南水北调工程经过的城市，都要逐步关闭地下水水源的水厂，因此只考虑地表水源水厂的改造费用。

按照表 6-13 的数据，三、四类水司中出厂水浊度在 1.0NTU 以上的城市占 50%。根据中国城镇供水协会 2003 年的统计，三、四类水司地表水水源的水厂总供水能力为 2854 万 m³/日，因此需要进行改造的供水能力为 2854 万 m³/日 × 50% = 1427 万 m³/日。按照增加单位生产能力投资 22 元计算，则 I_n = 3.14 亿元。

6.2.1.2. 深度处理工艺的供水投资影响分析

(1) 我国深度处理工艺应用现状

归纳起来我国采用深度处理工艺的城市有以下几种情况：

一是水源污染严重，常规处理工艺不能满足要求。昆明市第六水厂，取用污染较严重的滇池为水源，为有效地处理水体中的有机物质和藻类，在全国首家采用臭氧—活性炭深度处理工艺，自九七年 10 月运行至今，不仅各项供水水质都达标，而且口感、感观指标优异， $UV_{254} < 1/m$ ，Ames 试验呈阴性。上海自来水管网的周家渡水厂，针对黄浦江中游原水的水质状况，采用 BAC 法运行。和常规工艺相比，TOC 降低 20%~30%，氨氮降低 48%，COD 降低 20%~30%，可使 Ames 试验呈阴性，对色度、酚、铁、锰去除效果明显。2000 年，在嘉兴市第三水厂的可行性研究报告中，针对意向中的取水水源苏州塘的微污染状况，提出了应用臭氧生物活性炭深度处理工艺。2002 年 7 月，桐乡供水深度处理工程在果园桥水厂开工，该工程占地 2.333 公顷，投入资金约 4 500 万元，工程采用了臭氧活性炭深度处理工艺。目前，全市已有近 20 万的用户喝上了优质的清洁自来水。果园桥水厂的出厂水质达到了国家现行饮用水卫生标准，甚至达到直饮水水平。

二是城市发展和人民生活水平的提高。在深圳，为适应深圳市建设现代化国际性城市的需要，深圳水务（集团）有限公司提出了 2010 年自来水直饮的目标，深度处理工艺正在各水厂有步骤的实施之中，梅林水厂的深度处理工艺有望在年内通水。在上海申博成功后，2003 年上海水司全面启动了以黄浦江为原水水源的自来水水厂深度处理工程，将建设闵行水厂日均 40 万 m^3 的深度处理工程、杨树浦水厂日均 36 万 m^3 ，南市水厂日均 50 万 m^3 、临江水厂日均 20 万 m^3 深度处理工程，上海世博会举行前完成全市所有以黄浦江为原水的水厂深度处理工程。2004 年，广州市南洲水厂竣工，它是国内首家一次性完成的日产百万 m^3 的大型水厂，投资达 26 亿元，采用“预臭氧-常规处理-再臭氧-活性炭滤池过滤”的工艺流程。深度净化工艺在北京市的应用始于 1985 年，已建成的田村山水厂、长辛店水厂采用了常规处理+臭氧活性炭吸附工艺，第九水厂一期、二期、三期及城子水厂采用常规处理+活性炭吸附工艺。为了适应“新北京、新奥运”和北京率先基本实现现代化的战略要求，北京市提出了 2008 年自来水直饮的目标。

（2）投资分析

水源污染严重的城市：

根据我国水环境污染状况，一般地表水源水中有机物 COD_{Mn} 小于 4 mg/L 的

甚少（一般在大江、大河上游的干流），大都已受生活污染或工业污染， COD_{Mn} 在 6 mg/L 左右，有的甚至达到了 10 mg/L。一般常规工只能去除 30%左右，如需要使管网水 $\text{COD}_{\text{Mn}} \leq 3 \text{ mg/L}$ ，则必须进行深度处理，当单加活性炭还不能满足时，就要用臭氧-活性炭技术，甚至是生物预处理-常规处理-臭氧活性炭工艺才行。因此臭氧技术在我国自来水厂将越来越多地得到应用。

有专家认为：在经过优化常规水处理工艺后，发生下列情况时，应视不同情况考虑采用不同的深度处理工艺：① 建设部“水质目标”较国标 53 项指标合格率 $\leq 80\%$ ；② 感官性状和一般化学指标超标，水有异味，色度 > 15 度，氨氮(NH_3) $> 1.5 \text{ mg/L}$ ，耗氧量 (COD_{Mn}) $> 3 \text{ mg/L}$ ，苯类、酚类及其衍生物超标，总溶固体高等；③ 接种水样体积为 1 L 时，Ames 致突变率 $\text{MR} \geq 2$ ；④ 虽未发生以上情况，但水质指标接近限值，有经济条件采用深度处理工艺的城市。

根据行业内对各地水司出厂水水质的统计结果，各水司的常规四项水质指标合格率均在 98%以上，而 TON、氨氮、耗氧量等数据缺乏，Ames 试验仅有少量城市进行过检测。因此，由于水源污染严重而上深度处理工艺的城市难以根据水质数据统计。

近年来，由于对水污染危机的重视，一些大城市的水源地基本上得到了有效的保护，水源污染得到了有效的治理或控制。因此，水源污染严重的主要是一些中小城市，由于这些中小城市的经济相对不发达，在应对水源污染上，首要的选择还是采取强化常规工艺或预处理工艺。

2000~2003 年，中小城市建设深度处理工艺的每年少于一个，总处理能力约为 40 万吨/日，而且都集中在南方地区。按照这个趋势预测：至 2005 年~2010 年，由于水源污染问题而采用深度处理工艺的总处理能力不会超过 100 万吨/日，而北方 14 个省市约占 30%，生产能力约为 30 万吨/日。

根据行业内的经验，深度处理按投资大约为 300 元/ m^3 计算，该部分的总投资额 0.9 亿元。

城市发展和人民生活水平的提高：

随着社会经济的发展和人民生活水平的提高，人们对水质的要求也越来越高。运行实践表明，臭氧活性炭深度处理工艺的投资为 300 元/ m^3 左右，运行成本约为 0.2 元/ m^3 ，在一些经济较发达的地区，深度处理工艺有望得到逐步应用。

从中国已经实施深度处理的城市来看，2002 年的人均 GDP 都超过了 20 000 元。见表 6-15。

表 6-15 部分城市实施深度处理的时间和 2002 年人均 GDP (万元)

城市名称	实施深度处理年份	2002 年人均 GDP	城市名称	实施深度处理年份	2002 年人均 GDP
深圳	2002	46388	广州	2003	47053
上海	2003	42089	嘉兴	2001	20978
北京	—	28449	桐乡	2002	22313
昆明	1997	26653	平湖	—	21434

目前，一些经济较发达的城市市辖区均保持 10%~15% 的 GDP 增长率，市辖区人口自然增长率大部分在 2%~8% 之间，根据以上数据，做出如下推测：

① 对于 GDP>40 000 元的城市，在未来 5 年内将全部对地表水源水厂采用深度处理工艺；

② 城市的深度处理工艺按照 5 年来实施，即每年完成 20%；

③ 深度处理工艺仅应用于对地表水源水厂。

报告预计，目前人均 GDP 达到 20000 元以上的城市，在未来五年内其人均 GDP 才有可能增长至 40000 元，报告对这些城市进行了统计（见表 6-16），并预测 2010 年城市的人均 GDP，在此基础上预测更新投资。

表 6-16 市辖区人均 GDP20000 元以上的城市

省份	城市	人均 GDP (万元)	省份	城市	人均 GDP (万元)
内蒙古	呼和浩特	21054	河北	石家庄	25508
江苏	徐州	21707	江苏	南通	25863
安徽	合肥	21962	湖北	十堰	27459
—	天津	22380	吉林	长春	28154
湖北	荆门	22836	—	北京	28449
黑龙江	哈尔滨	22963	山东	青岛	28577
江苏	泰州市	23170	辽宁	鞍山	28592
山东	烟台	23228	山东	济南	28958
江苏	扬州	23293	河北	秦皇岛	29861
河南	濮阳	23374	山东	威海	35031
山东	淄博	23988	辽宁	大连	39328

省份	城市	人均 GDP (万元)	省份	城市	人均 GDP (万元)
辽宁	沈阳	24545	辽宁	盘锦	53193
黑龙江	大庆	85578	山东	东营	55280

(3) 投资计算:

2005 年开始建设:

$$3\,330\,000 \text{ 吨/日} \times 300 \text{ 元/(吨/日)} = 9.99 \text{ (亿元)}$$

2006 年开始建设:

$$3\,400\,000 \text{ 吨/日} \times 300 \text{ 元/(吨/日)} \times 0.8 = 8.16 \text{ (亿元)}$$

2007 年开始建设:

$$1\,660\,000 \text{ 吨/日} \times 300 \text{ 元/(吨/日)} \times 0.6 = 2.99 \text{ (亿元)}$$

2008 年开始建设:

$$2\,830\,000 \text{ 吨/日} \times 300 \text{ 元/(吨/日)} \times 0.4 = 3.40 \text{ (亿元)}$$

2009 年年年开始建设:

$$2\,090\,000 \text{ 吨/日} \times 300 \text{ 元/(吨/日)} \times 0.2 = 1.25 \text{ (亿元)}$$

总计:

$$\text{总投资} = 9.99 + 8.16 + 2.99 + 3.40 + 1.25 = 25.79 \text{ (亿元)}$$

6.2.1.3 更新改造合计

综上所述, 水厂常规工艺改造和深度处理工艺建设投资预测分别为 3.14 亿和 25.79 亿, 合计 28.93 亿。将常规工艺改造投资按三类和四类水司的地表水水厂供水能力分配到各城市, 深度处理工艺建设投资放到相应城市, 然后将二者按省和城市规模划分, 得到水厂更新改造投资如表 6-17 和表 6-18:

表 6-17 四类城市水厂更新改造投资 (亿元)

城市类别	特大	大型	中型	小型	合计
更新长度	18.01	8.06	2.04	0.81	28.93

表 6-18 各省水厂更新改造投资 (亿元)

省份	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林
更新长度	3.64	3.61	1.15	0.11	0.38	3.22	1.68
省份	黑龙江	江苏	安徽	山东	河南	湖北	陕西
更新长度	3.34	2.81	1.46	5.93	0.43	1.12	0.06

6.2.2 管网

我国不同城市管网的历史情况不同，更换率也不同。管网的更新率与管材、管网建设年限有关，对调研城市的管网更新率进行了统计，参见表 6- 19。可见大部分城市的管网更新率在 10%以下。但是运城管网更新率较高，这主要与城市自己的特点决定的，该市绝大部分管网兴建于抗战时期，跑冒滴漏现象十分严重，运城水司自 1999 年组建以来，逐年加大管网建设和改造工作力度。2000 年以来，运城水司配水管网长度大幅增加。故其更新率较高不符合一般城市的规律。

本研究中，管网的更新改造投资根据管网更新率来计算。如果管网更换率过高，在经济上不划算，造成资源的浪费；但是如果更换率低，爆管概率高，降低水费收入，甚至可能引起水质的二次污染。我国不同城市管网的历史情况不同，更换率也不同。表 6- 19 对调研城市的管网更新率进行了统计分析，可以看出，运城管网更新率较高，这主要与城市自己的特点决定的。该市绝大部分管网兴建于抗战时期，跑冒滴漏现象十分严重，运城水司自 1999 年组建以来，逐年加大管网建设和改造工作力度。2000 年以来，运城水司配水管网长度大幅增加。故其更新率较高不符合一般城市的规律。则其他城市管网更新率均在 10%以下。

表 6- 19 调研城市管网更新率情况

城市	管网更新率 (%)	城市	管网更新率 (%)
安康	0	宿迁	8.8
潍坊	0.5	哈尔滨	6.8
亳州	0	邯郸	6.0
焦作	1.2	运城	23.3
汉沽	0.3	天津	0

在 2002 年建设部发布的《城市供水管网漏损控制及评定标准》中规定，供水企业应按计划作好管网改造工作。对 $DN \geq 75$ 的管道，每年应安排不小于管道总长的 1%进行改造；对 $DN \leq 50$ 的支管，每年应安排不小于管道总长的 2%进行改造。

在新的水质标准中，明确规定了要求的水质是“龙头水”。根据对 36 个城市自来水公司的水质调查结果，出厂水平均浊度为 1.3 度而管网水增加到 1.6 度，色度由 5.2 度增到 6.7 度，细菌由 6.6 个/L 增到 29.2 个/L。因此，要满足新的水

质标准，必须加强管网的改造和管理，才能实现自来水龙头的水质达标。

而我国大部分城市中供水管道，管径、材质不一且有些已经老损。因此，未来几年我国城市应该加大供水管网的改造，报告中管网更新率按 1.5%-2.5% 计算，高中低三种情景对应于 2.5%，2% 和 1.5%。见表 6- 20 和表 6- 21 所示。管网更新投资预测见表 6- 22 和表 6- 23。

表 6- 20 1%更新率时各类城市的管网更新长度（km）

城市规模	特大城市	大型城市	中型城市	小型城市
更新长度	3308.4	1498.3	1379.5	1621.1

表 6- 21 1%更新率时各省的管网更新长度（km）

省份	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林
更新长度	556.7	372.5	470.9	236.3	239.3	1097.8	309.8
省份	黑龙江	江苏	安徽	山东	河南	湖北	陕西
更新长度	432.9	1150.3	228.9	1210.4	546.7	777.9	176.8

表 6- 22 各类城市管网更新改造投资预测（亿元）

城市规模	特大城市	大型城市	中型城市	小型城市	合计
高方案	88.3	27.5	18.2	14.5	148.5
中方案	70.6	22.0	14.6	11.6	118.8
低方案	53.0	16.5	10.9	8.7	89.1

表 6- 23 各省管网更新改造投资预测（亿元）

省份	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林
高方案	19.5	10.9	6.6	3.0	2.8	21.1	4.3
中方案	15.6	8.8	5.3	2.4	2.2	16.9	3.4
低方案	11.7	6.6	4.0	1.8	1.7	12.7	2.6
省份	黑龙江	江苏	安徽	山东	河南	湖北	陕西
高方案	6.5	21.2	3.4	20.3	8.2	17.2	3.3
中方案	5.2	17.0	2.7	16.2	6.6	13.8	2.6
低方案	3.9	12.7	2.0	12.2	4.9	10.3	2.0

6.3 预测结果汇总

综合上述计算，得到投资预测结果如下：

(1) 在基准方案下, 投资预测结果见表 6-24, 预测结果见表 6-25 和表 6-26:

表 6-24 基准方案下投资预测结果 (亿元)

项 目		基准方案	高方案	低方案	备注
水 源	新建取水工程	16.1	19.4	13.0	——
	新建引水工程	不确定	不确定	不确定	1996-2003 年引水工程 为 48.8 亿, 未来的引 水和输水工程投资额 应当会比较 大
	新建输水工程	不确定	不确定	不确定	
水 厂	新建	118	142.3	96	——
	改造	28.9	28.9	28.9	
管 网	新建	328.6	359	298	
	更新改造	118.8	148.5	89.1	
合计 (亿元)		610.8	698	525	不含引水和输水工程

表 6-25 各类城市投资预测结果汇总* (单位:亿元)

城市规模	特大城市	大型城市	中型城市	小型城市	合计
高方案	353.5	132.9	108.4	103.4	698.1
中方案	313.1	115.1	93.1	89.1	610.4
低方案	273.5	98.2	78.5	75.1	525.2

* 不含引水/输水工程

表 6-26 各省/直辖市投资预测结果汇总* (单位:亿元)

省份	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林
高方案	71.5	42.8	50.2	28.3	18.5	88.9	23.2
中方案	62.1	39.6	41.7	22.6	15.6	76.0	20.8
低方案	52.7	36.4	33.6	17.7	13.2	63.0	18.5
省份	黑龙江	江苏	安徽	山东	河南	湖北	陕西
高方案	39.7	83.7	25.5	90.5	59.4	48.6	27.3
中方案	35.5	78.5	21.8	78.9	49.4	44.3	23.2
低方案	31.2	73.3	18.2	67.9	40.1	39.8	19.1

* 不含引水/输水工程

6.4 敏感性分析

在预测过程中, 管网更新率、自备井关闭率等参数对投资预测结果有重要的

影响，为了减少这些重要参数取值不当对预测结果带来的影响，报告分别从管网更新率、水量增长率和自备井关闭率三个方面对预测结果做了敏感性分析，结果如下：

(1) 管网更新率

管在低中高三种预测方案下，当管网更新平均增加一个百分点，管网更新新改造投资增加约 60 个亿，其余投资不变。

(2) 用水量增长率

第四章对 2010 年用水量预测结果是 212 亿 m^3 ~234 亿 m^3 ，在 2003 基础上增长-3%~7%。用水量的不同对投资的影响主要体现在水源及水厂投资方面，表 6-27 比较了不同用水量预测下取水和水厂的投资情况。从表中可以看出，几种不同的用水量预测结果下供水能力增长有较大差异，但投资差异（最大值与最小值之差为 59.6 亿元）于整个供水行业的投资，占的比例的并不大，约有 10%。

从以上分析也可以看出，2010 年水量在 2003 基准上每增长 1%(约 22 亿 m^3 /年)，供水能力增长 50 万 m^3 /d，投资增长 5.96 亿。

表 6-27 不同用水量预测下的投资预测

2010 年用水量 (亿 m^3)	212	226	234
供水能力 (万 m^3 /d)	796	1100	1298
取水投资 (亿元)	11.74	16.1	18.82
水厂投资 (亿元)	114.95	147	167.47

(3) 地下水限采程度

低中高三种方案的地下水的限采程度不同，投资也存在较大的差别。假设不限制地下水开采（2010 年的地下水开采维持在 2003 年水平），供水能力只需增加 493.1 万 m^3 /d，比基准方案低 1/3，合 210 亿元。需要新增供水能力的城市数目为 112 个，投资情况见表 6-28。由表可见，限制地下水与否对于投资有着重要的影响，也是未来供水投资的最大变数。

表 6-28 不限制地下水时投资预测（亿元）

项 目	投资预测
取水投资	6.59
水厂投资	78.8

项 目	投资预测
管网新建	196.28
管网更新	118.77
上述项目合计	400.4

(4) 地下水厂的建设

在本章投资预测的主要假设之一是今后的水厂以地表水厂为主,实际计算中按地表水厂占 100%计算。实际上,由于一些地方并未完全达到超采,或者在 2010 年前仍然无法获得地表水源,则上述假设并不成立。在这种情况下,新建的是地下水水厂而非地表水水厂,由于前者的投资低于后者,所以相应的投资额也会降低。由于整个供水投资中新建水厂投资占的比例相对较小,所以即使有一部分水厂是地下水厂,对整个投资额的影响也不会很大。

6.5 小结

(1) 至 2010 年,如果不计引水和输水工程,基准方案下,供水行业投资为 611 亿元,在高方案投资约为 698 亿元,低方案投资 525 亿元。

(2) 输水工程是水源工程的重要组成,其投资应该在投资预测中占据一定的比例。但是由于数据的不够全面和目前我国众多远距离调水工程的实施,致使这部分预测只能做定性分析。

(3) 投资去向主要为取水(不包括引水/输水工程)、水厂及管网 3 部分,按中等投资方案计算,它们分别各占总投资的 2.6%, 19.3%, 73.2%。

(4) 管网更新率、水量增长率及自备井关闭率是影响未来供水投资的最主要因素,如管网更新率平均增加 1%,管网投资将增加 59 亿元;如用水量在 2003 年基础上增加 1%,投资增加约 6 亿元;如果在不控制地下水的开采,也不关闭自备井的情况下,新增供水能力将减少 88 万 $\text{m}^3/\text{日}$,投资相应减少 210 个亿。

第 7 章 结论和建议

7.1 主要结论

本报告分析了 1996~2003 年北方地区供水行业投资,包括投资来源和投资去向,并对 2005-2010 年供水行业投资进行了预测,得到了

(1) 过去 8 年间,北方各地供水投资总额为 579 亿元。特大城市的投资最大,占了有 50%,大型、中型和小型城市各占 17%左右。从地区分布来看,山东,江苏,辽宁省的投资额最大,分别达到了 89.7、73.2 和 61.3 亿元,天津最少,只有 17.8 亿元。

(2) 地方财政拨款、国内贷款和自筹资金是供水投资的主要来源,这三部分所占的比例达到总投资额的 80%以上。随着中国供水行业市场化改制的进一步深入,可以预计,外资及民间投资的力度将会不断加大。

(3) 投资去向只能通过投资单价估算得到。分析结果表明,水源、水厂和管网的投资分别占 20%、29%和 51%。对该结果的校合分析表明,地表水水厂和相应的管网投资比例为 0.87:1,各类城市及各地区的投资估算结果与实际值的符合比较好,说明投资去向计算结果是合理的。

(4) 报告在分析了用水人口、城市化进程、经济发展水平、产业结构及水价调整等因素基础上,采用两种方法预测用水量,方法一通过单纯的回归分析进行预测,回归变量为用水人口和年份,2010 年用水量预测值为 228 亿 m^3 ;方法二是将用水分为综合生活用水和工业用水,前者用用水人口进行预测,后者用万元产值用水量方法和弹性系数法预测,在不同的情景分析下,2010 年的用水量为 212.4~234.4 亿 m^3 ,方法二与方法一的预测值相差-6.8%~2.6%,说明两种方法的预测结果基本一致,预测结果是可用的。

(5) 综合考虑未来用水量变化、现有供水设施闲置、国家限采地下水政策、南水北调影响,对未来供水能力变化进行了预测。报告中设定了低中高三种情景(方案),基准方案(即中方案)下,预期 2010 年北方地区地下水开采将在 2003 的基础上压缩 37.4 亿 m^3 ,相应地有超过 50%的城市(192 个)需要新增供水能

力共计 1100 万 $\text{m}^3/\text{日}$ ，其中特大城市所占比例最大，为 40%，大、中、小型城市分别各占 17%，17%和 25%。

(6) 投资计算结果表明，如果不考虑水源工程中的引水和输水工程部分，在基准方案下，至 2010 年供水行业总投资为 610 亿元，高方案和低方案分别为 698 亿元和 525 亿元。

(7) 未来的投资主要集中在管网方面，基准方案下，管网投资最大，达到 447.4 亿，其中新增管网 328.6 亿，更新改造 118.8 亿（每年更新率按 2003 年管长的 2.0%计算），高于历史(指 1996-2003，下同)投资。水厂投资为 147 亿，低于历史投资。

(8) 报告中水源工程投资仅计算了取水工程，基准方案下为 16 亿，但实际上，水源工程投资可能大大高于这一数值。随着南水北调工程的开通，以及国家对地下水保护，北方地区为获得新水源必然加大力度建设引水工程和输水工程，1996-2003 年仅大中型引水工程投资即达到 48.8 亿，未来引水工程和输水工程的投资将是这一数值的一倍到数倍。

7.2 建议

(1) 北方地区的用水量达到了一个稳定期，未来几年内用水量将略有增长或有可能出现负增长。因此，各城市在进行供水设施规划时，应对用水量进行科学的预测，避免资源浪费。本项目对典型城市的调研表明，部分城的供需比已超过 2，规划中仍然将新建水厂，管理部门应加以引导，首先充分挖掘现有供水潜力。

(2) 北方地区闲置的供水能力过去不断扩大，至 2003 年公共供水企业的平均供需将近 2，已经造成了大量的资源浪费。其原因是多方面的，除规划不合理外，大量存在的自备水也是造成公共供水企业供水量不足、供水设施闲置的原因，未来应加强自备水的管理，尤其是自备井供水管理。自备井对地下水的开采带来了一系统的生态环境、供水水质、管理等方面的问题，对于有条件的地方，应逐步封闭，对水源紧张的地区可以封而不废，以备应急之用。

(3) 从经济可行性角度考虑，关闭自备井和南水北调地区受水区城市地下水水厂是可行的，与不控制地下水的开采、不关闭自备井（即 2010 年地水水开采维持在 2003 年水平）相比较，如果压缩 37.4 亿 m^3 的地下水，新增供水能力将

增加 88 万 m³/日，投资相应增加 210 个亿。

(4) 投资预测表明，水厂常规工艺改造仅 3 个亿，平均到一个城市不足 100 万。北方地区地下水厂较多，工艺简单，改造费用低，但这一估算结果仍可能偏低。偏低的原因是，即使以新水质标准衡量，目前各城市水厂呈报的出水合格率也很高，而实际情况可能会并非如此。建议今后对城市的水质情况作更准确的调研。

(5) 管网投资今后的投资主要方向。计算结果表明，北方地区管网更新率平均增加 1%，管网投资将增加约 60 亿元，今后应加大管网更新改造力度，改善用户端的出水水质。

附表

附表 1 部分调研城市自筹资金的供水项目列表

城市名称	项目名称	项目规划时间	项目起止年份	项目资金总额(万元)	项目资金来源	项目资金去向
天津	四千北段	—	2001~2003	3 100	自筹	新建输水管网
	东丽供水工程	—	2001~2003	10 100	自筹	新建输水管网
	杨柳青供水	—	2002~2003	3 600	自筹	新建输水管网
	东丽湖供水	—	2002~2003	6 700	自筹	新建输水管网
	市区旧管网改造	—	2001~2005	50 000	自筹	输配水管网更新改造
	抄表到户	—	2002~2005	47 200	自筹	—
	水源复线	—	2003~2005	26 600	自筹	新建输水管网
	静海供水	—	2003~2003	6 800	自筹	新建输水管网
焦作	收购群英水厂	2003	2003	612	自筹	收购水厂
	新区管网建设	2001	2001~2004	1 520	自筹	新建管网
	新建管网	2004.7	2004.9~2004.11	550	250 万自筹	新建输配水管网
宿迁	老城区管网改造	2004.1	2004.12~2005.10	550	250 万自筹	输配水管网更新改造
潍坊	白浪河水厂工程	2000	2005	11 000	自筹	新建取水管网、水厂、配水管网
	高新区配水厂工程	2004	2005~2006	1 300	自筹	新建水厂、配水管网
	经济开发区配水厂工程	2004	2006~2007	1 500	自筹	新建水厂、配水管网
	气浮池工程	2001	2002~2003	600	自筹	基础建设、配套设施、管网
	峡山二期工程	1998	1998~1999	3 600	自筹	扩建配水管网

附表 2 水源工程造价综合指标*

地下水取水投资 (单位: 元·d/m³)

水厂规模	平均投资
≥100 000 m ³ /d	200~245
100 000~20 000 m ³ /d	245~300
10 000~20 000 m ³ /d	300~365

地表水取水工程: (单位: 元·d/m³)

水厂规模	投资单价
≥200 000 m ³ /d	85~100
100 000~200 000 m ³ /d	100~117.5
50 000~100 000 m ³ /d	117.5~140
20 000~50 000 m ³ /d	140~170
10 000~20 000 m ³ /d	170~200

附表 3 地表水给水工程投资估算综合指标*

规模 (万 m ³ /d)	地表水沉淀净化工程投资 (元·d/m ³)		地表水过滤净化工程投资 (元·d/m ³)		合计投资 (元·d/m ³)	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限
≥20	240	280	430	490	670	770
10~20	280	320	490	550	770	870
5~10	320	370	550	620	870	990
2~5	370	420	620	700	990	1120
1~2	420	480	700	800	1120	1280

附表 4 不同管材和管径的建安工程综合造价* (元/100m)

管径 管材	100 (mm)	150 (mm)	200 (mm)	300 (mm)	400 (mm)	500 (mm)
承插铸铁管	21707	28480	34994	55843	88664	121755
承插球墨管	—	—	—	64401	94073	133430
钢板卷管	—	—	37335	56022	76698	116519
预应力混凝土管	—	—	—	42371	68689	94959
塑料管	21707	28480	34994	55843	88664	121755
石棉水泥管	21707	28480	34994	55843	88664	121755
其它管材	21707	28480	34994	55843	88664	121755

*数据来源: 给水排水设计手册(第二版)第10册 技术经济, 中国建筑工业出版社, 2000年9月

参 考 文 献

- ¹ 城市供水管网漏损控制及评定标准(CJJ92-2002), 中华人民共和国建设部公告第 59 号 (2002 年 9 月 16 日)
- ² 武力,《中华人民共和国经济史》, 中国经济出版社, 1999
- ³ 国家统计局,《2001 中国发展报告—中国的“九五”》, 中国统计出版社, 2001
- ⁴ 刘昌明, 何希吾, 中国 21 世纪水问题方略, 科学出版社, 1998
- ⁵ 韩香云, 北京市水价改革原因及其效应分析, 中国水利, 2004, 20
- ⁶ 城市用水定额修订及用水量预测研究报告,中国城市规划设计研究院, 2004
- ⁷ 张忠法, 李屹, 我国综合治理水利的现状与战略思考, 国务院发展研究中心
- ⁸ 城市供水价格全国统一审价工作报告汇编, 2003 年 6 月
- ⁹ 张蔚榛, 地下水的合理开发利用在南水北调中的作用, 南水北调与水利科技, 2003 年 04 期
- ¹⁰ 《南水北调(北京段)环境地质问题调查评价报告》转载自:
http://news3.xinhuanet.com/house/2004-05/24/content_1486271.htm
- ¹¹ 中国地质环境信息网 <http://www.cws.net.cn/nsbd/newsbd/newsview.asp?s=666>