

天津滨海地区 水库水质咸化机理分析 及实验研究

赵文玉 林 华 王启山 著

TIANJIN BINHAI DIQU
SHUIKU SHUIZHI XIANHUA JILI FENXI
JI SHIYAN YANJIU



天津滨海地区水库水质咸化 机理分析及实验研究

赵文玉 林 华 王启山 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

天津滨海地区水库水质咸化机理分析及实验研究/

赵文玉, 林华, 王启山著 —北京: 中国环境出版社,

2016.4

ISBN 978-7-5111-2748-8

I. ①天… II. ①赵…②林…③王… III. ①水库—
水质管理—研究—天津市 IV. ①TV697.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 061717 号

出 版 人 王新程
责任编辑 殷玉婷 袁彦婷
责任校对 尹 芳
封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016 年 4 月第 1 版
印 次 2016 年 4 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 9.25
字 数 160 千字
定 价 30.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

天津市是个水资源极度匮乏的城市,水危机已成为制约天津市社会发展的重要因素。已经实施的“引滦济津”工程和“引黄济津”工程,为解决天津市水资源危机发挥了重大的作用。天津滨海地区的北大港水库作为“引黄济津”工程的调蓄水库,一直存在水质咸化的问题,限制了其作为饮用水水源水库功能;南水北调工程是彻底解决天津市水资源危机的重要举措,拟将天津滨海地区的北塘水库设置为该工程配套的调蓄水库,经调查发现,北塘水库也存在水质咸化问题。因此,研究天津滨海地区水库水质咸化机理和水质咸化数学模型,进而研究水库水质咸化的防治措施,具有重大的理论意义和迫切的现实意义。

从传质理论出发,根据天津滨海地区的自然地理和气候气象特点,结合天津滨海地区水库水质咸化的实际情况,全面地分析了天津滨海地区水库水质咸化的影响因素有盐碱土、咸化浅层地下水、气候气象条件(包括风、蒸发、气温等)、大气沉降、海水入侵、库内底咸水的水质水量及水库水深(水位)等,其中主要的水质咸化机理是盐碱土和咸化浅层地下水的传质作用、蒸发量大于降雨量的蒸发浓缩作用、风的搅拌加快水质咸化速度的作用以及与水库水深相关的下渗压咸作用等。

进行了盐碱土、咸化浅层地下水、水深、风、温度等主要因素对水库水质咸化影响的半定量的室内试验研究,探讨了它们对水库水质咸化影响的规律,得出如下结论:①盐碱土和咸化浅层地下水的含盐量越高,上覆水体水质咸化速度越快;②水深增加,水体水质咸化速度减慢;③风的存在将加快水体水质咸化速度;④温度越高,水体水质咸化速度越快。

采用现场水质咸化模拟试验与实际数据的物料平衡相结合的方法,研究了天津滨海地区的北大港水库水质咸化机理与数学模型,并研究了北大港水库水质咸

化防治措施,得出如下结论:①由于风的扰动作用,北大港水库水质咸化模型为完全混合零维模型,即水质咸化程度只与时间有关,与空间点位无关;②北大港水库库底盐碱土的传质作用是水质咸化的最主要因素,蒸发浓缩作用是次要因素;③在研究期间,北大港水库水质咸化模型的数学表达式为零维线性模型,即水质咸化程度与时间成正比;④防治北大港水库水质咸化主要的工程措施是加高围堤(库底高程不变,加大水深)、缩小水库面积(保证调蓄库容不变),管理措施是蓄淡水前尽量排尽库内原存底咸水。

采用对比的方法研究了天津滨海地区的北塘水库与北大港水库的水质咸化特点,用简化条件的理论推导方法研究了在传质与渗漏压咸共同作用下北塘水库水质咸化的数学模型,再结合北塘水库的实际情况研究讨论了各种因素对水库水质咸化的影响规律,最后研究了北塘水库水质咸化防治措施,得出如下结论:①简化条件后推导出的在传质与渗漏压咸共同作用下的北塘水库水质咸化的数学模型,基本上符合北塘水库水质咸化的实测数据反映的趋势,即蓄水的前期水质咸化速度快,经过一段时间后,水的含盐量大体上保持不变;②在前述理论模型的基础上,讨论了调蓄水深、非稳定渗流、围堤侧渗流、传质通量、初始盐度、蓄水过程及蒸发和降雨等因素对北塘水库水质咸化影响的规律;③在上述研究和讨论的基础上,提出了北塘水库水质咸化防治的工程措施和管理措施,其中最有效的措施是采用加高围堤的方式增加北塘水库的库容,即库底高程不变,底面积不变,加大水深。

本书中的课题研究得到了天津市科学技术委员会社会发展基金、广西高等学校高水平创新团队及卓越学者计划项目的资助和广西危险废物处置产业化人才小高地、岩溶地区水污染控制与用水安全保障协同创新中心的支持;本书课题完成过程中,北大港水库管理处、天津市水利局水环境监测中心、天津市水利勘察设计院、天津市水文水资源勘测管理中心和天津市环保局环境监测中心等单位提供了大量的资料,在此一并致谢!

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究意义、研究内容和技术路线.....	8
1.3 研究的理论基础——传质理论.....	10
1.4 国内外地表水体水质咸化问题研究进展.....	12
第 2 章 天津滨海地区水库水质咸化机理定性分析.....	14
2.1 天津滨海地区自然地理和气候气象特点.....	14
2.2 天津滨海地区代表性水库概况.....	16
2.3 天津滨海地区水库水质咸化机理定性分析.....	23
2.4 天津滨海地区水库水质咸化机理综合分析.....	31
第 3 章 天津滨海地区水库水质咸化的室内试验研究.....	34
3.1 盐碱土对水库水质咸化影响的室内试验研究.....	34
3.2 咸化浅层地下水对水库水质咸化影响的室内试验研究.....	47
3.3 风对水库水质咸化影响的室内试验研究.....	57
3.4 温度对水库水质咸化影响的室内试验研究.....	62
第 4 章 天津滨海地区的北大港水库水质咸化研究.....	64
4.1 北大港水库现场水质咸化模拟试验研究.....	64
4.2 北大港水库实际水质咸化研究.....	76

4.3	北大港水库实际水质咸化与现场模拟试验研究结果对比	89
4.4	北大港水库水质咸化防治措施研究	90
第5章	天津滨海地区的北塘水库水质咸化研究	98
5.1	研究背景及研究任务	98
5.2	北塘水库与北大港水库水质咸化情况对比	99
5.3	北塘水库水质咸化问题研究方法的选定	102
5.4	传质与下渗压咸共同作用下北塘水库水质咸化数学模型	103
5.5	北塘水库水质咸化防治措施研究	126
第6章	结论与建议	130
6.1	研究结论	130
6.2	建议	132
参考文献		134
课题相关的学术论文与研究成果		141

第 1 章 导 论

1.1 研究背景

1.1.1 水资源现状及水危机

1.1.1.1 世界水资源现状及水危机

地球上储存的天然水资源是极其丰富的，总水量约为 13.7 亿 km^3 ($1.37 \times 10^{18} \text{ m}^3$)，其中绝大部分是难以被直接利用的海水，仅有 2.5% 约为 3.5 亿 km^3 ($0.35 \times 10^{18} \text{ m}^3$) 是淡水。而淡水中又有 3/4 存在于冰川和冰帽中，大多数的大冰块又集中在南北两极，目前还极少被利用^[1]。对人类生活和生产活动关系密切而又比较容易被开发利用的水储量约 400 万 km^3 ($4.00 \times 10^{15} \text{ m}^3$)，仅占地球总水量的 0.029%，而且这部分淡水在陆地上的分布也很不均匀。

近一个世纪以来，由于社会生产力的发展和全球人口的急剧增长，全球范围内水消耗量不断上升，近 20 年来，世界年用水量以 4% 的速度递增。到 2000 年世界耗水量达 600 万 km^3 ($6.00 \times 10^{15} \text{ m}^3$)，占全球淡水总储量的 16%，相当于地下水 and 地表水总资源的 68%^[2]。有资料显示，目前世界上有 80 个国家约 15 亿人口面临淡水不足，其中 29 个国家的 4.5 亿多人口生活在缺水状态中。此外，全世界每天排放的污水达 4 000 多亿 t，从而污染了另外 50 000 多亿 t 的水体，使全球每年有 700 多万人因饮用受污染的水而生病死亡。如果不能设法提供符合饮用水标准的干净水，到 2025 年，全世界饮用受污染水的人数将增至 23 亿人^[3]。早在 1998 年，因河流域水资源危机而出现的“环境难民”首次超过“战争难民”的人数。

估计到 2025 年,因水危机而形成的难民人数将达到 1 亿人。缺水问题将严重制约全球经济和社会发展,并可能导致国家间的冲突。如印度和巴基斯坦的印度河之争、美国和加拿大的哥伦比亚河争端,以及中东问题的焦点之一就是水资源的控制权和使用权等^[4]。水资源不仅仅是一个环境问题,同时也是社会和政治问题。水危机将是继石油危机后出现的新的世界不稳定因素,它严重威胁着人类社会的生存和发展。

1.1.1.2 我国水资源现状和水危机

我国的淡水资源并不丰富,年平均降水量为 6.19 万 km^3 ($6.19 \times 10^{13} \text{ m}^3$),折合降水深 648 mm,年径流量为 $2\,600 \text{ km}^3$ ($2.60 \times 10^{12} \text{ m}^3$),占全球陆地总径流量的 5.5%,居世界第五位。但人均占有 $2\,300 \text{ m}^3$,不足世界人均水平的 1/4,居世界第 110 位,被列为世界 13 个人均水资源缺乏的国家之一^[5]。在这有限的水资源中,时、空分布都极不均匀,大部分水资源集中分布在我国的南方,干旱、少雨的北方的雨量又集中在夏季的 7 月、8 月、9 月 3 个月,使有限的水资源难以得到有效的利用。

我国人口每年净增约 1 500 万,经济和消费水平几年翻一番,对水量需求越来越大;我国的水资源污染状况十分严峻,我国主要河流有机污染普遍,水源污染日益突出^[6];大多数湖泊中水质或多或少存在富营养情况;多数城市的地下水受到一定程度的点状和面状的污染;我国还存在严重的用水浪费现象,水资源的有效利用率只有 16%。综合上述情况可以看到,我国存在着严重的水危机,当前,在全国 600 多座城市中有 300 多座城市缺水,较严重的有 110 多座,不同程度地影响着城市工业和居民的生活^[7]。为了解决北方水资源(主要是京津地区)紧缺的问题,发改委和水利部先后花 50 年的时间反复调研、论证,制定了南水北调的东线、中线及西线工程规划^[8-10]。

1.1.1.3 天津市水资源现状与水危机

天津市地处九河下梢,在历史上属于不缺水的地区。但是,进入 20 世纪 70 年代以来,天津市成为严重缺水的城市。据多年来的数据统计,天津市地表水资源量多年平均值为 $10.55 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水资源量为 $1.055 \times 10^8 \text{ m}^3$,扣除重复计算量 $0.71 \times 10^8 \text{ m}^3$,水资源总量为 $18.16 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。天津市人均水资源占有量 $180 \text{ m}^3/\text{人}$,

仅为全国人均水资源占有量的 1/13,是全国人均水资源占有量最少的省市之一,属重度缺水地区^[11]。据有关专家预测,到 2010 年,天津市总需水量为 $23.14 \times 10^8 \text{ m}^3$,按供水保证率 75%和 95%计,将缺水 $9.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $12.46 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。到 2030 年,按供水保证率 75%和 95%计,将分别缺水 $15.82 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $18.37 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[12]。

由于天津市水资源量非常少,近三十多年来多次发生供水危机。尤其是 20 世纪七八十年代以来,华北平原出现了 1970—1972 年、1974—1976 年、1980—1984 年连续枯水年,使天津长期陷入缺水危机。近三十年来,北京市的密云水库、河北省的岗南水库、岳城水库都曾为天津市供水,天津市于 70 年代付出高额代价实施了三次“引黄济津”工程。1981 年为保证北京市用水,国务院决定,密云水库停止向天津市和河北省供水,天津市不得不又两次调引黄河水,以解燃眉之急。1983 年建成的“引滦入津”工程使天津市有了一个比较稳定的水源,但供水水源单一和水量有限,天津城市供水仍然存在很大风险^[13]。

1.1.1.4 水危机引发的严重问题

由于水资源短缺,供水水源单一,供水量和供水保证率不能满足城市用水要求,严重制约了社会经济的发展。天津市水利科学研究所曾对天津市工业缺水与经济损失进行了研究,根据系统分析理论建立了线性规划——投入产出模型,采用 1983—1998 年的系列资料分析了 2010 年工业缺水率与经济损失率的关系。研究成果表明,2010 年如不建设新的水源工程增加城市供水量,即使采取各种应急对策,工业平均缺水率仍将为 22%,经济损失率将达到 20%,与计划产值比较,因缺水工业产值约减少 680 亿元,由此造成国内生产总值减少 748 亿元。

由于水资源短缺,还给环境带来系列问题。在天津地区,地表水资源极度缺乏,就超量开采地下水,导致地下水位下降,引发了大面积的地下沉降和海水入侵等环境问题,现已形成了中心城区、塘沽、大港、静海、武清等几个主要下降漏斗和沉降中心,沉降区范围约 $7\,300 \text{ km}^2$,占全市总面积的 61.2%^[14]。

1.1.2 “引黄济津”工程简介

为了解决天津市水危机,国家实施了“引滦济津”工程,曾经一时缓解了天津市水资源短缺的矛盾。但是,20 世纪 70 年代以来,滦河流域多次连续遭遇枯

水年,可供天津市的水量已经不能满足需要,水资源短缺问题依然严重,不得已又多次实施了“引黄济津”应急输水工程。自70年代以来,截至目前,先后共进行了9次引黄济津应急输水。

1972年第一次引黄济津,11月20日至12月25日,入津基流 $0.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,从12月25日至1973年2月15日,从河南省人民渠引黄济津 $1.37 \times 10^8 \text{ m}^3$,净收水 $1.03 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1973年第二次引黄济津,由人民胜利渠向天津放水 $1.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,净收水 $1.08 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1975年第三次引黄济津,从12月16日至1976年1月31日,由人民胜利渠向天津放水 $1.57 \times 10^8 \text{ m}^3$,加上基流 $5.1 \times 10^8 \text{ m}^3$,天津净收水 $4.36 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1981年8月至9月16日第四次引黄济津,由卫放河放水,天津净收水 $0.263 \times 10^8 \text{ m}^3$,10月15日至11月28日再次向天津放水 $6.91 \times 10^8 \text{ m}^3$,至1982年2月20日,天津净收水 $4.47 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1982年10月1日,第五次引黄济津,从岳城水库引水,从11月1日至15日分别从山东位山和潘庄引黄河水,至1983年1月4日,天津市净收水 $6.02 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2000年8月15日实施了第六次引黄济津,由位山闸放水 $8.66 \times 10^8 \text{ m}^3$,九宣闸收水 $4.01 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[15]。

2002年实施了第七次引黄济津,由位山闸放水,2002年10月31日位山闸放水,至2003年1月23日调水结束,位山闸放水 $6.06 \times 10^8 \text{ m}^3$,天津九宣闸收水 $2.47 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2003年第八次引黄济津,9月12日,山东聊城位山闸正式开闸放水,天津市于9月22日开始接收引黄水,到2004年1月7日调水结束,共收水约为 $5.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2004年第九次引黄济津,10月9日,位山闸放水 $9.01 \times 10^8 \text{ m}^3$,至2005年1月25日结束时,天津市九宣闸接收到 $4.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1.1.3 “南水北调”工程简介

国家为了解决我国南北方水资源分布不平衡的矛盾,解决包括天津市在内的北方城市缺水的问题,决心实施“南水北调”工程。南水北调是解决海河流域缺

水问题的根本出路,是改善黄、淮、海地区生态环境,保障京、津乃至整个华北地区可持续发展的重大战略举措。南水北调工程前期工作始于20世纪50年代初,国家计委、水利部组织进行了50年的论证工作,规划建设东、中、西三条调水工程,沟通长江、淮河、黄河、海河四大水系^[8-10]。2002年9月国家计委、水利部联合编制并上报《南水北调工程总体规划》,2002年12月23日,国务院以“国函〔2002〕117号”文原则同意了总体规划报告,并批复根据前期工作的深度,先期实施东线和中线一期工程。

目前,南水北调工程东线和中线的前期工作进展顺利。东、中线一期工程项目建议书已经完成编制和评估;中线可行性研究报告已编制完成,东线可行性研究报告正在汇总;丹江口大坝加高、中线穿黄工程可研报告已经国务院批复,正在进行初步设计概算审定。按计划中线于2010年通水到天津。

到2010年,天津市缺水达 $12.46 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。根据有关规划,天津城市缺水量由南水北调中线一期工程 and 东线二期工程共同分担。中线一期工程,多年平均天津分水量为 $10.15 \times 10^8 \text{ m}^3$,沿程输水损失按15%考虑,到天津干线入市口门水量为 $8.63 \times 10^8 \text{ m}^3$;东线二期工程,天津分水量为 $5.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ (天津九宣闸),扣除蒸发渗漏损失后,净水量为 $4.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[16, 17]。

南水北调中线工程是从长江支流汉江中游的丹江口水库引水,其水质优良,可以达到地表水环境质量Ⅱ类标准。调水总干渠在郑州西穿过黄河,沿京广铁路西侧北上,全线自流到天津、北京,总长1400多km,为全立交、全衬砌的专用明渠和管道。天津干线作为总干渠的一部分,从总干渠的河北徐水引水,经容城、霸州、武清、西青到外环河六号桥附近入市,全长150多km,采用全箱涵方案输水^[18, 19]。

1.1.4 天津滨海地区水库水质咸化问题

1.1.4.1 天津市及天津滨海地区概况

天津市是中央四大直辖市之一,中国北方最大的沿海开放城市,素有“渤海明珠”之称,地处华北平原的东北部,海河流域下游,东临渤海,北依燕山,西靠北京,是海河五大支流南运河、子牙河、大清河、永河、北运河的汇合处和入海口,素有“九河下梢”、“河海要冲”之称。天津滨海地区地处华北平原东北,

海河流域下游，市中心区的东面，濒临渤海。包括天津经济技术开发区、塘沽、汉沽、大港四个区。新生代以来，在陆相与海相沉积交互作用下，历经沧桑巨变，天津滨海地区地势低洼，河网密布，洼淀众多，形成了丰富的湿地资源^[20]。北大港水库和北塘水库分别位于天津滨海地区中大港区和塘沽区，是两个平原水库，是本书研究的主要对象。

1.1.4.2 北大港水库水质咸化问题

北大港水库是位于天津市东南部滨海的大港区的一座大型平原水库，平时就作为排洪蓄水的农业用水库。多年来，在“引黄济津”工程实施期间作为调蓄水库，即在调用黄河水期间，一部分水直接向天津市供水，另一部分在北大港水库蓄存；调水结束时，改由北大港水库向天津市供水。引黄水在北大港水库调蓄期间，存在着水质咸化的问题(表 1.1)，这极大地影响了北大港水库作为饮用水源水库的功能^[21]。

表 1.1 引黄水氯离子质量浓度与在北大港水库中蓄存一段时间后的
引黄水氯离子质量浓度比较

引黄水入库前氯离子质量浓度/(mg/L)			引黄水入库后氯离子质量浓度/(mg/L)		
取样点	取样日期	氯离子浓度	取样点	取样日期	氯离子浓度
南运河九宣闸 ("引黄济津"工程天津市入口)	2003-09-22	169.0	十号口门(北大港水库向天津市供水出口)	2003-08-17	697
	2003-09-23	47.9		2003-10-01	598
	2003-10-10	97.2		2003-10-21	327
	2003-10-21	37.7		2003-10-31	184
	2003-10-31	43.2		2003-11-11	177
	2003-11-12	47.6		2003-12-01	155
	2003-11-21	57.4		2004-01-17	152
	2003-12-01	35.6		2004-02-02	155
	2003-12-18	71.8		2004-02-25	175
	2003-12-31	76.2		2004-04-09	219
	2004-01-05	78.1		2004-05-19	262.7

注：① 摘自天津市环保局监测中心提供的第八次“引黄济津”沿线水质监测成果表。
② 地面饮用水Ⅲ类水质标准中 $[Cl^-] \leq 250 \text{ mg/L}$ 。
③ 第八次“引黄济津”于 2003 年 9 月 22 日引黄水进入天津市，于 2004 年 1 月 6 日结束，在这段时间内，黄水一部分直接向天津市水厂供水，另一部分进入北大港水库蓄存。
④ 第八次“引黄济津”于 2004 年 1 月 6 日由北大港水库向天津市水厂供水，于 2004 年 5 月 21 日开始改由桥水库向天津市水厂供水。

1.1.4.3 北塘水库水质咸化问题

北塘水库是天津东部滨海塘沽区的一座中型平原水库，主要是作为排洪蓄涝、农业用水等功能的水库。由于南水北调中线工程的实施，为保证塘沽区的供水安全，拟将北塘水库作为调蓄水库，其使用功能上升到饮用水水源水库的地位。多年来，很少对北塘水库的水质进行监控，由于北塘水库作为南水北调中线工程调蓄水库的可行性问题的提出，于2004年7月24日开始在北塘水库蓄存了潮白新河上游洪水约 $3 \times 10^7 \text{ m}^3$ 进行监测，其氯离子质量浓度为 168 mg/L ，低于地表水Ⅲ类水质标准值下限值（ 250 mg/L ），在北塘水库中均匀分布5点（库1#、库2#、库3#、库4#和库5#），定期监测潮白新河洪水在北塘水库中的水质变化情况，其氯离子质量浓度均很快超过 250 mg/L ，表明水质发生了咸化现象（图1.1）。

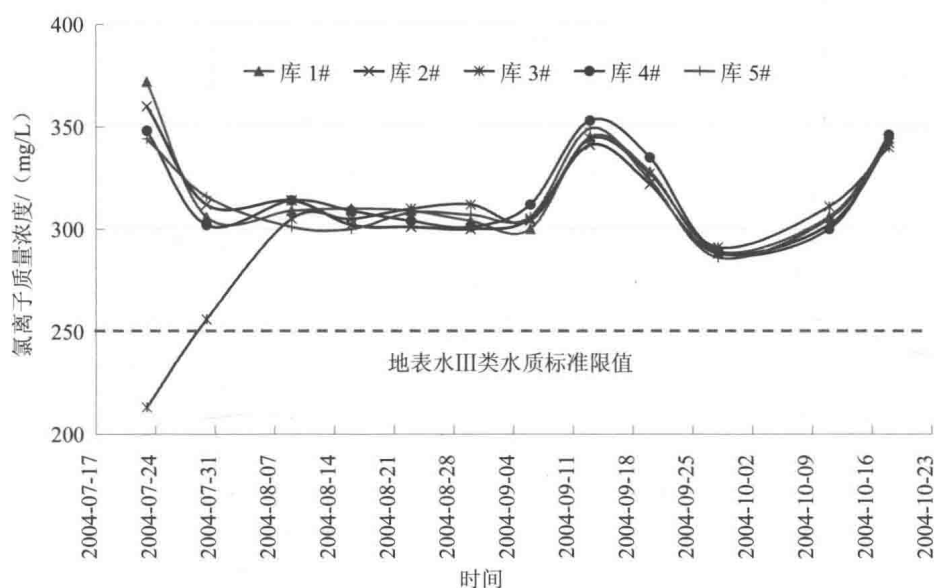


图 1.1 潮白新河洪水（淡水）进入北塘水库后水质变化趋势图

1.1.5 研究任务的来源

本书研究任务有两个来源：一是来源于天津市社会科技发展项目（项目编号：0332211）——引黄（引江）济津水质防污染控制，该项目旨在认识北大港水库水

质咸化机理、掌握其变化规律以及输水线路洪泥河水质污染问题的研究和防治措施等。该项目已于2004年6月结题,经专家委员会鉴定,取得了一定的研究成果,圆满地完成了研究任务,通过了天津市科委的验收。本书研究内容之一就是该项目中北大港水库水质咸化问题。

本书研究任务的第二个来源是南水北调工作办公室拟定的一个项目——《天津市南水北调配套工程北塘水库水质安全可行性研究》,笔者导师王启山教授代表南开大学参加了该项目的投标,在我们做标书期间,对北塘水库水质咸化问题进行了深入的分析和研究,为本书研究的确立提供了另一个依据。

1.2 研究意义、研究内容和技术路线

1.2.1 研究的意义

为解决天津市水资源极度匮乏的问题,国家先后实施了引滦入津工程、引黄济津应急调水工程、南水北调中线和东线工程等,但由于作为调蓄水库或备选调蓄水库的位于天津滨海地区的北大港水库和北塘水库存在水质咸化的问题,对工程的实施效果有一定的影响。如已实施多年的引黄济津工程每年都要废弃一部分咸化程度超过国家Ⅲ类水质标准的引黄水,造成了大量水资源的浪费。因此,本书研究天津滨海地区水库水质咸化机理、找出水质咸化的规律,并提出防治或延缓水质咸化的建议措施,减少咸化水的浪费,节约水资源,具有重大的社会效益和经济效益。另外,研究的成果对于我国其他地区和其他国家的滨海地区水库水质咸化问题具有借鉴意义,提出的防治或延缓水质咸化的措施对于其他类似地区的解决水质咸化问题具有一定的推广价值。

1.2.2 研究内容

充分收集天津滨海地区气候气象情况、滨海地区水库自然地理状况、水库水质历史资料等基础资料,深入分析研究滨海地区水库水质咸化的机理,对一些重要的影响水库水质咸化的因素(如盐碱土、地下水、风、水库水深、温度等)进行室内实验研究,在天津滨海地区的北大港水库中进行现场水质咸化模拟试验研究和水库实际水质咸化研究,以及对北塘水库水质咸化模型进行理论推导等研究,

确定影响滨海地区水库水质咸化的最主要因素及其水质咸化规律。根据研究的结果，提出防治或延缓水质咸化的工程措施和管理措施。

1.2.3 研究的技术路线

此次课题研究的技术路线如图 1.2 所示。

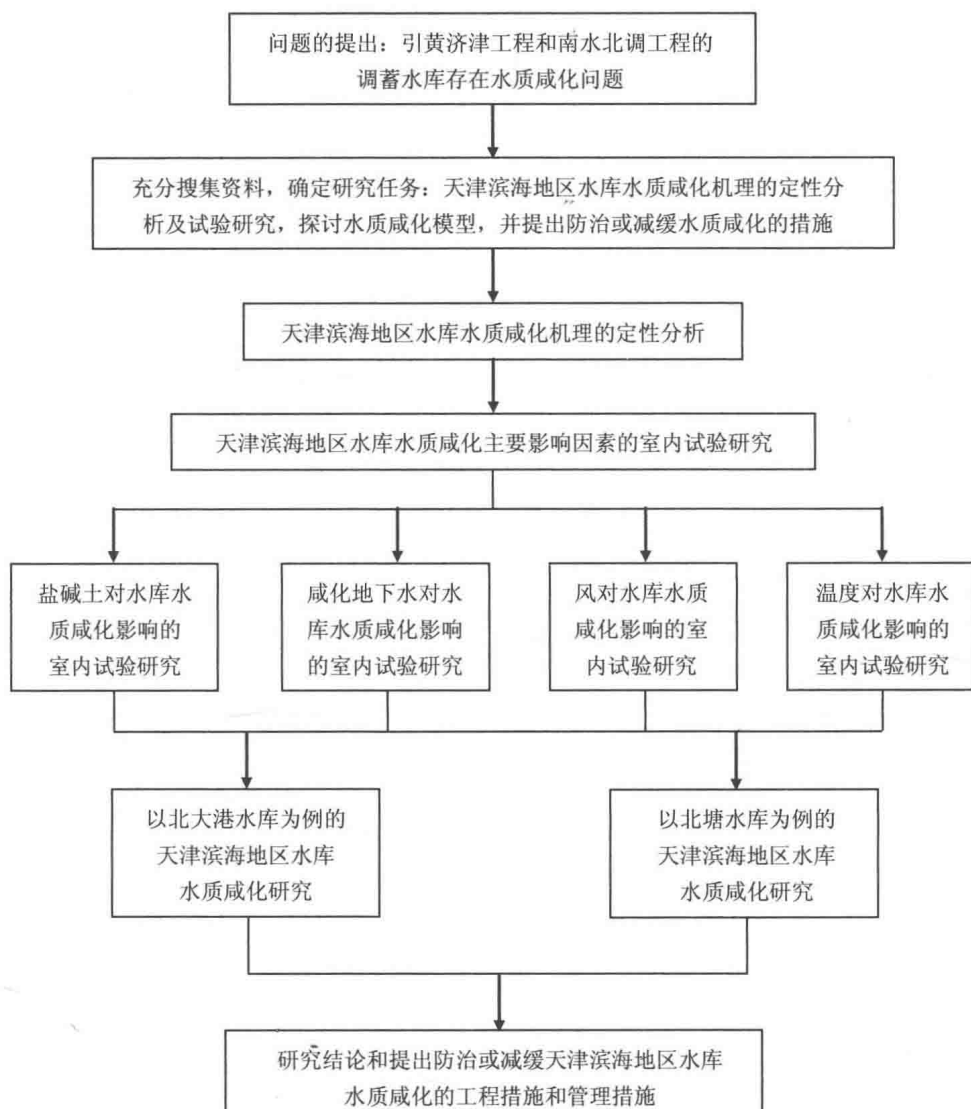


图 1.2 技术路线

1.2.4 主要测试指标和测定方法

在研究中主要的测试项目为氯离子、全盐量和电导率,氯离子的测定方法采用离子色谱法(美国戴安公司生产的 DX-300 型离子色谱仪),电导率测定采用电导仪法(上海雷磁仪器厂生产的 DDS-11A 型电导仪),全盐量采用烘干法和电导率仪法,均符合国家水质监测标准^[22]。

1.3 研究的理论基础——传质理论

1.3.1 动量传递

动量传递与质量传递都属于传递现象的范畴,传递现象是自然界和工程技术中普遍存在的现象。动量传递是实际流体流动过程中,在垂直于流动方向上动量由高速区向低速区转移,描述动量传递现象定律为牛顿黏性定律,表达式如下:

$$\tau = -\mu \frac{du_x}{dy} \quad (1.1)$$

式中: τ —— 剪应力, N/m^2 ;

μ —— 动力黏度(黏度), $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$;

du_x/dy —— 速度梯度或剪切速率, s^{-1} 。

1.3.2 质量传递

质量传递则是物系中一个或几个组分由高浓度区向低浓度区转移,描述质量传递现象定律为费克定律^[23-25],表达式如下:

$$J_A = -D_{AB} \frac{d\rho_A}{dy} \quad (1.2)$$

式中: J_A —— 质量传递通量, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;

D_{AB} —— 组分 A 在组分 B 中的传质系数, m^2/s ;

$d\rho_A/dy$ —— 组分 A 的质量密度梯度, $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$ 。