

国家自然科学基金 (40572142) 和青岛市专项基金 (2001-04) 资助

滨海地下水库

*bínhai dìxià shuǐkù
lìyòng yǔ bǎohù*

利用与保护

郑西来 程善福 林国庆 程桂福 编著

地质出版社

内 容 提 要

本书在广泛吸收国内外最新研究成果的基础上,系统收集了大沽河流域气象、水文、地质和水文地质资料,进行了室内外的渗水、弥散、吸附、降解、硝化等系列试验,实测了数千组数据,分别确定了不同含水介质的孔隙度、给水度、渗透系数、导水率、水动力弥散系数、硝化系数、阻滞系数和地表水体的耗氧系数、复氧系数等水盐参数。在上述工作基础上,采用数值模拟和水均衡方法,对不同水文年大沽河地下水库的地下水补给量和储存量进行了评价,确定了允许开采量和地面拦蓄工程对地下水的激发补给量;在 Mapinfo 地理信息系统平台上,应用 DRASTIC 方法对该区地下水脆弱性进行了定量评价,圈定了大沽河地下水的脆弱性范围,实现了区域地下水脆弱性评价成果的集成和可视化;考虑到大沽河水流具有河流和河道型水库的双重性质和水体中污染物所发生的自然净化作用,采用河流和水库水环境容量的计算方法,分别确定了大沽河丰水期、平水期和枯水期的水环境容量;定量研究了不同土壤剖面、不同肥料种类和不同灌溉条件下水分和氮素在双层土壤剖面上的迁移-转化规律和对地下水的补给通量,提出污染地下水的调控方案;根据大沽河下游咸水体分布、成因和动态变化的规律,采用地下水对流-弥散数值模型,系统分析了抽水、抽-注过程中漏斗大小、咸水体范围和下游回流量的动态变化。另外,通过室内柱状试验和批量试验,研究不同的水动力(渗透流速)和水化学(盐度、pH 值和 Ca^{2+}) 条件对颗粒释放的影响和释放出来的颗粒在含水介质中迁移、沉积对渗透性的影响。该研究成果对于地下水库的利用和保护具有重要科学意义和应用价值。

本书适用于从事地下水科学与技术、水文与水资源、环境科学与工程、地质工程、土壤科学的科研人员、教师 and 在校本科生、研究生使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

滨海地下水库利用与保护/郑西来等编著. —北京:
地质出版社, 2007. 1

ISBN 978-7-116-05138-6

I. 滨... II. 郑... III. ①地下水库-水资源-资源利用-山东省②地下水库-水资源-资源保护-山东省 IV. TV62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 164021 号

责任编辑:蔡卫东

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324571 (编辑部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本: 787mm × 1092mm^{1/16}

印 张: 15.25

字 数: 350 千字

印 数: 1—800 册

版 次: 2007 年 1 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-05138-6

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

第一作者简介

郑西来,男,1959年8月生,河南洛阳人。1982年在中国地质大学获学士学位,1988年在长安大学获硕士学位,1997年在长安大学获博士学位。1982~1997年在长安大学任助教、讲师和副教授;1997~1999年在沈阳农业大学和德国 Tuebingen 大学做博士后研究;1999~2004年在中国海洋大学任教授、博士生导师。现任环境科学与工程学院副院长、青岛市政协委员、青岛市水利学会副理事长、高等学校环境工程专业教学指导委员会委员、水资源与水环境(高职)教学指导委员会委员、中国海洋大学海洋学科专家组成员、《中国海洋大学学报》(自然、英文版)和《工程勘察》编委会委员。2002年被评为教育部优秀骨干教师。

近年来,先后在国内外发表学术论文100余篇,其中被SCI、EI、ISTP三大检索系统收录40余篇(次)。出版专著3部(第一作者),主编国际会议论文集1部。主要研究方向为地下水污染过程与修复技术、水资源利用与保护、海-陆界面水盐循环。



第二作者简介

程善福,男,汉族,山东胶南人。1957年12月生,大学文化程度,高级工程师。先后担任胶州市水利局副局长、青岛市水资源办公室主任、青岛市防汛抗旱中心主任。全国水资源工作先进个人。主持完成水利工程和科研项目30余项,其中“青岛市水资源可持续利用课题研究”荣获山东省水利科技成果一等奖。另外,“水资源与青岛市的可持续发展”等20余篇论文在国内外学术刊物上发表。



前 言

大沽河水源是青岛市最大、最稳定的本土水源，与各类客水资源相比，它有着最低的时空风险和环境风险。另一方面，作为青岛市最大的流域，大沽河又是维持本地区生态良性发展的重要因素。因此，保护和利用好大沽河水资源具有极为重要的资源和环境意义。

自 2001 年底以来，在青岛市水利局的正确领导和青岛市水文局、大沽河管理处、胶州市水利局、莱西市水利局等部门的大力支持下，中国海洋大学和青岛市水资源办公室共同合作，在广泛吸收国内外最新研究成果的基础上，系统收集大沽河流域气象、水文、地质和水文地质资料，进行了室内外的渗水、弥散、吸附、降解、硝化等上百个系列试验，实测了数千组数据，分别确定了不同含水介质（环境）的孔隙度、给水度、渗透系数、导水率、水动力弥散系数、硝化系数、阻滞系数和地表水体的耗氧系数、复氧系数等，对大沽河地下水库的水资源和环境问题进行了探索性地研究工作。具体包括：人工拦蓄条件下的水资源重新计算、Mapinfo 地理信息系统平台上的地下水脆弱性评价、大沽河干流和河道型水库的环境容量计算、莱西地区地下水系统硝酸盐污染研究、大沽河下游咸水体恢复方案的优化研究。

1) 将国际最先进的 Visual Modflow Pro 3.1 软件用于非均质含水层水流 - 水质的数值模拟，为大沽河流域水污染控制的管理和决策提供科学依据，首次在原有软件的基础上对 Visual Fortran 和 Excell 软件进行联合开发，实现了大批量数据的快捷输入。

2) 非均质地下水水流 - 水质模型、多层非饱和和反应性污染物运移模型的开发和应用，分别确定各层的水文地质参数和反应动力学参数，从而把水动力学过程和污染物的地球化学作用有机地结合起来，能够更加客观、准确地描述非均质地下水系统水流运动和水质运移规律。

3) 根据人工拦蓄条件下大沽河的水环境条件，采用河流 - 湖泊双重水流环境容量模拟技术计算大沽河的环境容量，克服了季节性河流和人工拦截条件下河流环境容量计算的技术难题。

4) Mapinfo 地理信息系统与 DRASTIC 耦合模型的开发和应用，实现了区域地下水脆弱性评价成果的合理集成和可视化。

5) 通过试验研究了咸淡水界面含水介质的水敏感性，掌握了胶体颗粒在含水介质中的迁移、释放和沉积的机制。

在本课题的研究过程中，先后得到长安大学李佩成院士、建设部勘察设计院王秉忱勘察大师、中国地质大学沈照理教授、Tuebingen 大学 K. - D. Balke 教授的指导和帮助。

同时，青岛市水利局滕胜叶局长、刘高锡副局长、吕志仁教授级高工、贺如泓总工程师和中国海洋大学邱汉学教授、刘贯群教授、贾永刚教授和陈友媛副教授等也从不同方面为本课题的顺利完成提供了有益的指导和帮助。除此之外，中国海洋大学环境科学与工程学院博士研究生韩志勇和硕士研究生王铁军、李 涛、崔俊芳、张 俊、张晓辉等参加了该项目的室内外研究工作。本书第1章由程善福和程桂福撰写，第2章由林国庆、程善福、程桂福撰写，第3章由郑西来、李涛和程善福撰写，第4章由张俊、郑西来、程桂福撰写，第5章由郑西来、程善福和王铁军撰写，第6章由郑西来、韩志勇和林国庆撰写，第7章由林国庆、郑西来、张晓辉撰写，第8章由程桂福、郑西来撰写。最后，全书由郑西来、程桂福、林国庆负责统一整理和编撰。此外，孙娟、杨同锁、高增文、李梅、田守波等研究生制作了部分图件，并协助排版和校正了书稿。

在此，作者谨向给予本课题和本书关心、支持和帮助的各位领导、专家学者和亲友们致以诚挚的谢意！

由于时间仓促，加之作者水平所限，书中难免有不少缺点和错误，敬请各位同行和专家批评指正。

作 者

2006年10月于青岛

目 次

前 言

1 大沽河流域的环境背景	(1)
1.1 区域自然地理	(1)
1.1.1 地理位置	(1)
1.1.2 气 候	(1)
1.1.3 水 文	(4)
1.2 研究区地质条件	(7)
1.2.1 地形与地貌	(7)
1.2.2 地 层	(7)
1.2.3 构 造	(8)
1.3 地下水库库区的水文地质条件	(9)
1.3.1 地下水的贮存	(9)
1.3.2 地下水的补给、径流和排泄	(12)
1.3.3 地下水的动态特征	(15)
2 大沽河地下水库水资源评价	(20)
2.1 研究意义、现状、内容与方法	(20)
2.1.1 研究意义	(20)
2.1.2 国内外研究现状	(21)
2.2 水文地质模型的建立与检验	(24)
2.2.1 水文地质概念模型	(24)
2.2.2 地下水运动的数学模型	(28)
2.2.3 模型求解	(29)
2.2.4 模型的识别与验证	(32)
2.3 地下水均衡要素的影响分析	(40)
2.3.1 大气降雨入渗补给的影响分析	(40)
2.3.2 橡胶坝蓄水对地下水动态的影响分析	(42)
2.4 地下水资源评价	(43)
2.4.1 地下水的补给量	(44)
2.4.2 地下水库的贮存量	(46)
2.4.3 地下水库的激增量	(47)
2.4.4 地下水库的可开采量	(48)
2.5 小 结	(49)

参考文献	(50)
3 大沽河地下水脆弱性研究	(51)
3.1 绪 论	(51)
3.1.1 研究意义	(51)
3.1.2 国内外研究进展	(51)
3.1.3 研究内容和方法	(54)
3.2 地下水脆弱性评价的原理	(54)
3.2.1 评价指标体系	(54)
3.2.2 评价方法	(55)
3.2.3 地下水脆弱性评价模型的选择	(56)
3.3 地下水脆弱性评价指标的分析	(57)
3.3.1 地下水埋深 (D)	(57)
3.3.2 净补给量 (R)	(58)
3.3.3 含水层介质 (A)	(59)
3.3.4 土壤介质类型 (S)	(62)
3.3.5 地形 (T)	(62)
3.3.6 非饱和带的岩性 (I)	(64)
3.3.7 含水层的渗透系数 (C)	(65)
3.4 地下水脆弱性评价结果分析	(66)
参考文献	(68)
4 大沽河干流青岛段环境容量研究	(81)
4.1 研究意义、现状、内容和方法	(81)
4.1.1 研究意义	(81)
4.1.2 国内外水环境容量的研究现状	(81)
4.1.3 研究内容	(85)
4.1.4 研究方法	(86)
4.2 丰水期和平水期大沽河干流水质模型的建立	(87)
4.2.1 评价指标的确定	(87)
4.2.2 水质模型的选择	(87)
4.2.3 模型简介	(88)
4.2.4 大沽河体系的概念化	(90)
4.2.5 模型参数和定解条件的确定	(92)
4.2.6 模型的验证和灵敏度分析	(103)
4.3 丰水期和平水期水环境容量的计算	(105)
4.3.1 水质模拟	(105)
4.3.2 水质标准的确定	(107)
4.3.3 水环境容量的计算	(107)
4.4 枯水期水环境容量的计算	(108)
4.4.1 计算方法	(108)

4.4.2	参数确定	(109)
4.4.3	水环境容量计算	(110)
4.5	水环境容量的综合计算	(111)
4.6	小 结	(113)
	参考文献	(113)
5	莱西地区地下水硝酸盐污染过程研究	(121)
5.1	研究意义和现状	(121)
5.1.1	研究目的和意义	(121)
5.1.2	国内外研究现状	(121)
5.1.3	研究内容与方法	(123)
5.2	莱西地区地下水硝酸盐污染现状与评价	(124)
5.2.1	污染物的来源	(124)
5.2.2	地下水硝酸盐的污染现状	(125)
5.2.3	地下水硝酸盐污染的评价	(127)
5.3	非饱和带水分和氮素迁移-转化的试验研究	(128)
5.3.1	渗水试验	(128)
5.3.2	铵氮的吸附试验	(129)
5.3.3	硝化试验	(130)
5.3.4	土壤水分特征曲线的测定	(133)
5.3.5	水动力弥散试验	(134)
5.3.6	非饱和土壤中水-盐动力学参数确定	(141)
5.3.7	阻滞系数的测定	(145)
5.4	非饱和带溶质运移模型的建立和离散化	(147)
5.4.1	VS2D/T 模型简介	(147)
5.4.2	模型的边界条件	(148)
5.4.3	数学模型的计算方法	(150)
5.5	农业活动对地下水硝酸盐污染的数值分析与调控	(154)
5.5.1	现有灌溉施肥条件下水分-污染物的分布规律	(154)
5.5.2	不同因素对地下水硝酸盐补给量的影响分析	(159)
5.5.3	莱西地区地下水硝酸盐污染的调控措施	(162)
5.6	小 结	(163)
	参考文献	(164)
6	大沽河下游咸水恢复方案的定量研究	(166)
6.1	研究意义、现状、内容与方法	(166)
6.1.1	研究意义	(166)
6.1.2	国内外研究现状	(166)
6.2	大沽河下游的自然地理与水文地质概况	(167)
6.2.1	自然地理概况	(167)
6.2.2	地貌与地质特征	(168)

6.2.3	水文地质条件	(169)
6.3	模拟条件的概化	(172)
6.3.1	水文地质条件的概化	(172)
6.3.2	水文地质参数的确定	(173)
6.4	大沽河下游微咸水修复的模型研究	(175)
6.4.1	基本数学模型	(175)
6.4.2	模型求解	(176)
6.4.3	模型计算	(176)
6.5	大沽河下游地下咸水体恢复过程的数值分析	(177)
6.5.1	抽水恢复方案	(177)
6.5.2	抽-注结合的恢复方案	(181)
6.5.3	咸水体治理方案的优化	(186)
6.5.4	抽水漏斗区恢复过程研究	(189)
6.6	小 结	(190)
	参考文献	(191)
7	咸淡水界面水敏感性的初步研究	(192)
7.1	绪 论	(192)
7.1.1	问题的提出	(192)
7.1.2	研究目的和意义	(193)
7.1.3	国内外研究现状	(193)
7.1.4	研究内容	(199)
7.1.5	研究方法	(200)
7.2	试验材料与测试方法	(201)
7.2.1	砂样采区概况	(201)
7.2.2	试验砂样	(202)
7.2.3	试验水样	(205)
7.3	咸淡水界面上含水介质颗粒释放试验的研究	(206)
7.3.1	批量试验	(206)
7.3.2	土柱试验	(211)
7.3.3	小 结	(219)
7.4	咸淡水驱替试验	(219)
7.4.1	水流冲击试验	(220)
7.4.2	盐度渐变试验	(222)
7.4.3	小 结	(224)
7.5	结论与展望	(225)
8	结论与建议	(227)
8.1	结 论	(227)
8.2	建 议	(228)
	参考文献	(230)

1 大沽河流域的环境背景

1.1 区域自然地理

1.1.1 地理位置

大沽河水源地是青岛市重要水源地之一，位于青岛市西北部，大沽河流域的中下游（图 1.1），地理坐标为东经 $120^{\circ}04'48'' \sim 120^{\circ}21'00''$ 、北纬 $36^{\circ}18'00'' \sim 36^{\circ}45'45''$ ，面积 460 km^2 。在行政区划上分属平度、莱西、即墨、胶南等四县级市管辖，海拔高程 $0 \sim 40 \text{ m}$ 。北起平度古岬以北龙虎山和莱西的江家庄闸，南至青（岛）—胶（州）公路，东、西到大沽河古河谷的边缘。

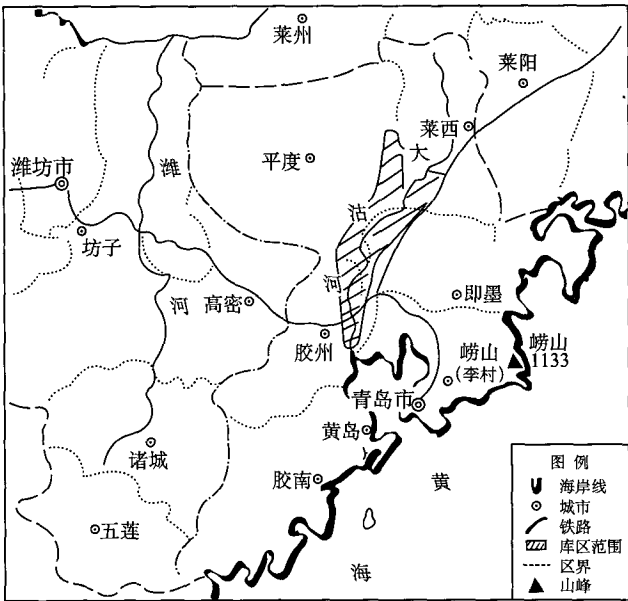


图 1.1 大沽河流域地理位置图

1.1.2 气候

大沽河流域属北暖温带季风气候区，夏季炎热多雨，冬季寒冷干燥，春季干旱少雨，秋季冷暖适中。

1.1.2.1 气温

据南村站 1951 ~ 2001 年 51 年观测资料，年平均气温 12.5°C ，8 月份气温最高，1 月

份气温最低，最高气温 37.4℃，最低气温 -20℃。

1.1.2.2 降 水

(1) 降雨的空间变化

大沽河流域降水量在空间分布上极不均匀。就所在青岛地区而言，其趋势是自东南沿海向西北内陆递减，其中在大沽河流域其分布趋势是由南向北递减（图 1.2）。

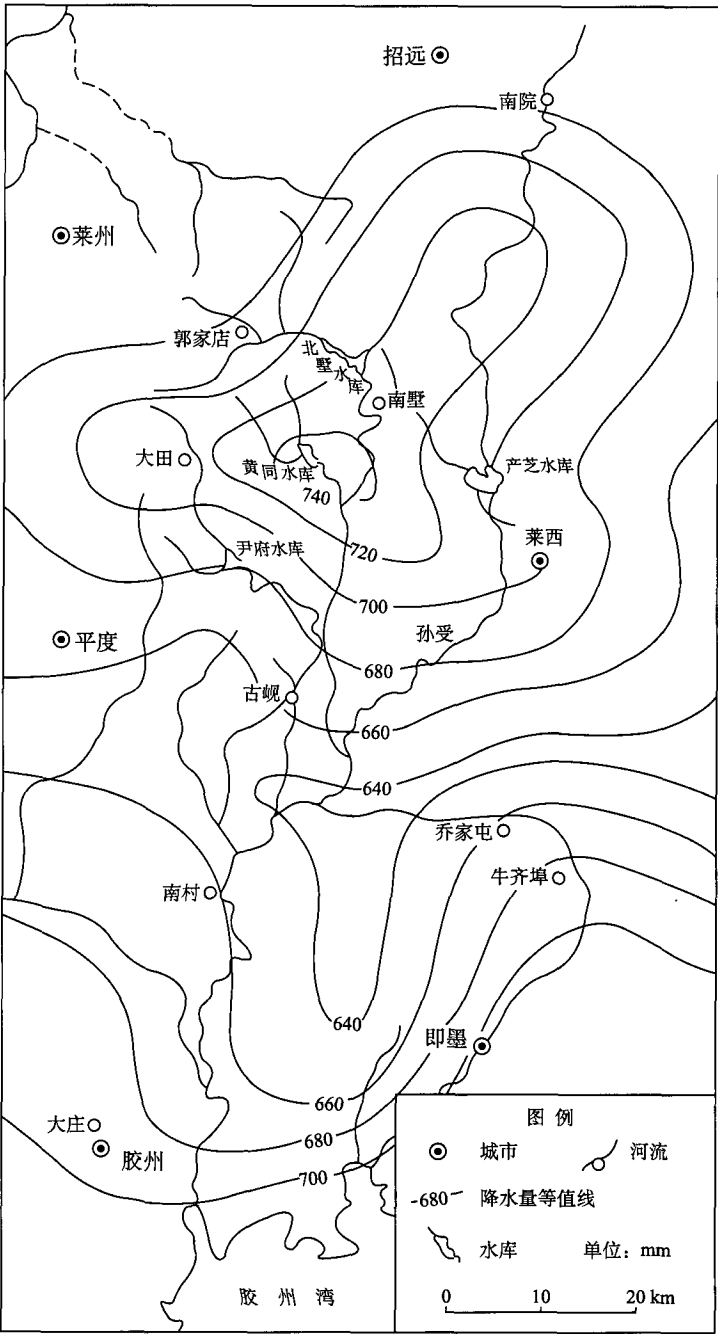


图 1.2 大沽河流域降水量等值线图

(2) 降雨的时间变化

大沽河流域降水量在时间分布上也极不均匀。对南村站 1976 ~ 2001 年平均月降水量的统计分析 (图 1.3) 显示: 春季 (3 ~ 5 月)、夏季 (6 ~ 8 月)、秋季 (9 ~ 11 月) 和冬季 (12 ~ 2 月) 的降水量分别占全年降水量的 13.5%、66.2%、16.5% 和 3.8%。汛期 (6 ~ 9 月) 的降水量占全年降水量的 71.45%, 其中 7 ~ 8 月的降水量占汛期降水量的 69%, 应该说, 大沽河流域降水量主要集中在汛期, 特别是 7、8 月份, 由此可见, 年内分配不均, 经常出现的季节性干旱是本区气象的一个主要特点。

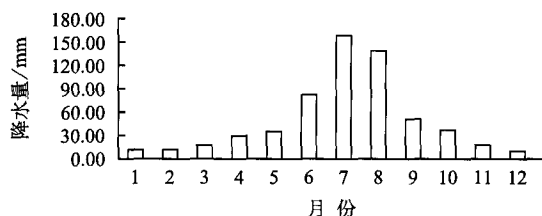


图 1.3 1976 ~ 2001 年平均月降水量分布图

降水量年际变化大和枯水持续时间长是本区气象方面的另一个显著特点。据南村站的观测资料 (图 1.4), 1965 ~ 2001 年大沽河流域的降水量系列资料统计显示, 该区多年平均降水量为 625.3 mm, 其中最大年降水量为 953.1 mm (1975), 为多年平均降水量的 1.53 倍; 最小年降水量仅为 317.2 mm (1997), 为多年平均降水量的 50.7%, 最大年降水量为最小年降水量的 3 倍。由于降水量年际、年分配不均, 经常出现的季节性干旱, 春季降水稀少, 又时常伴随着干热风, 故春旱比较严重, 也时常发生, 自 1981 年至今, 连枯 4 年的现象已经出现两次; 由于降水量过于集中, 也容易产生洪涝灾害。

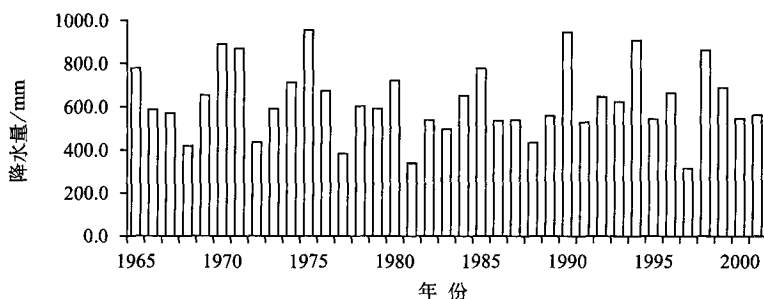


图 1.4 1965 ~ 2001 年大沽河流域降水量分布柱状图

降水量的年际变化具有一定的周期性, 一般为 62 年左右。

1.1.2.3 蒸发

该区多年平均蒸发量为 983.86 mm, 是平均降水量的 1.57 倍。最小年蒸发量为 787 mm (1990), 最大年蒸发量为 1238.7 mm (1978), 各年蒸发量见南村站历年蒸发量分布图 (图 1.5)。

蒸发量年内分布不均, 11 月至次年 2 月蒸发量较小, 在 60 mm 以下, 蒸发主要集中在

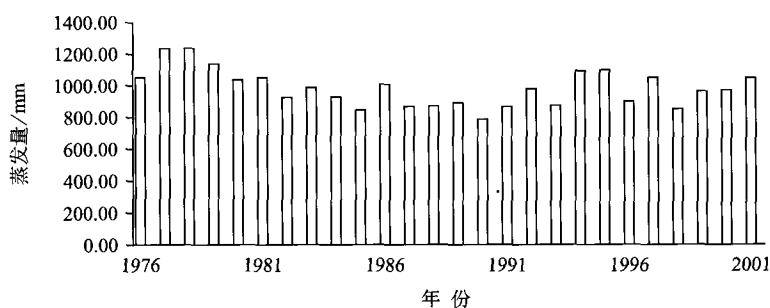


图 1.5 南村站历年蒸发量分布图

于 4~9 月, 尤其是 5~9 月蒸发量最大, 占总蒸发量的 48%, 多年平均月蒸发量分布见图 1.6。

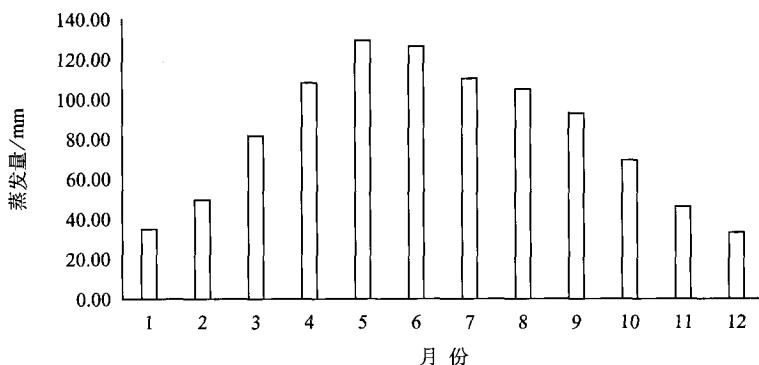


图 1.6 南村站多年平均月蒸发量统计图

1.1.3 水 文

大沽河是胶东半岛主要河流之一, 发源于烟台市招远市阜山, 流经招远、莱州、莱西、平度、即墨和胶州等县级市, 于胶州市河西屯以南码头村入胶州湾, 全长 179 km, 流域面积 4631.3 km²。该河自北向南纵贯整个水源地, 区内主要支流有小沽河、洙河、五沽河、猪洞河、落药河、流浩河和南胶莱河 (见表 1.1 和图 1.7)。大小沽河在石家曲堤村汇合, 两者难分大小和主次, 其他支流分别在袁家庄、崖头、岔河和店口汇入大沽河, 这些支流均为间歇性河流, 每年断流时间长, 仅在雨季有水流。

南村水文站位于水源地的中部, 控制流域面积 3724 km², 占总流域面积的 89.5%。据南村站 1951~1989 年资料, 多年平均断面径流量为 5.257×10^8 m³, 83% 的径流量集中在 6~9 月份。1981 年以前, 基本常年有水, 断流时间很短, 最大断面年径流量为 28.31×10^8 m³ (1964), 最小断面年径流量为 0.31×10^8 m³ (1968)。1981~1989 年 (除 1985 年外), 大部分时间断流, 其中 1981 年、1983 年、1984 年和 1989 年 4 年全年断流。

在河流的中上游建有大型水库 2 座, 中型水库 6 座, 小型水库 5 座以及棒子头、江家庄、袁家庄、崖头等引河灌区, 拦蓄能力 3.7×10^8 m³ (表 1.2)。水库和人工拦蓄工程建

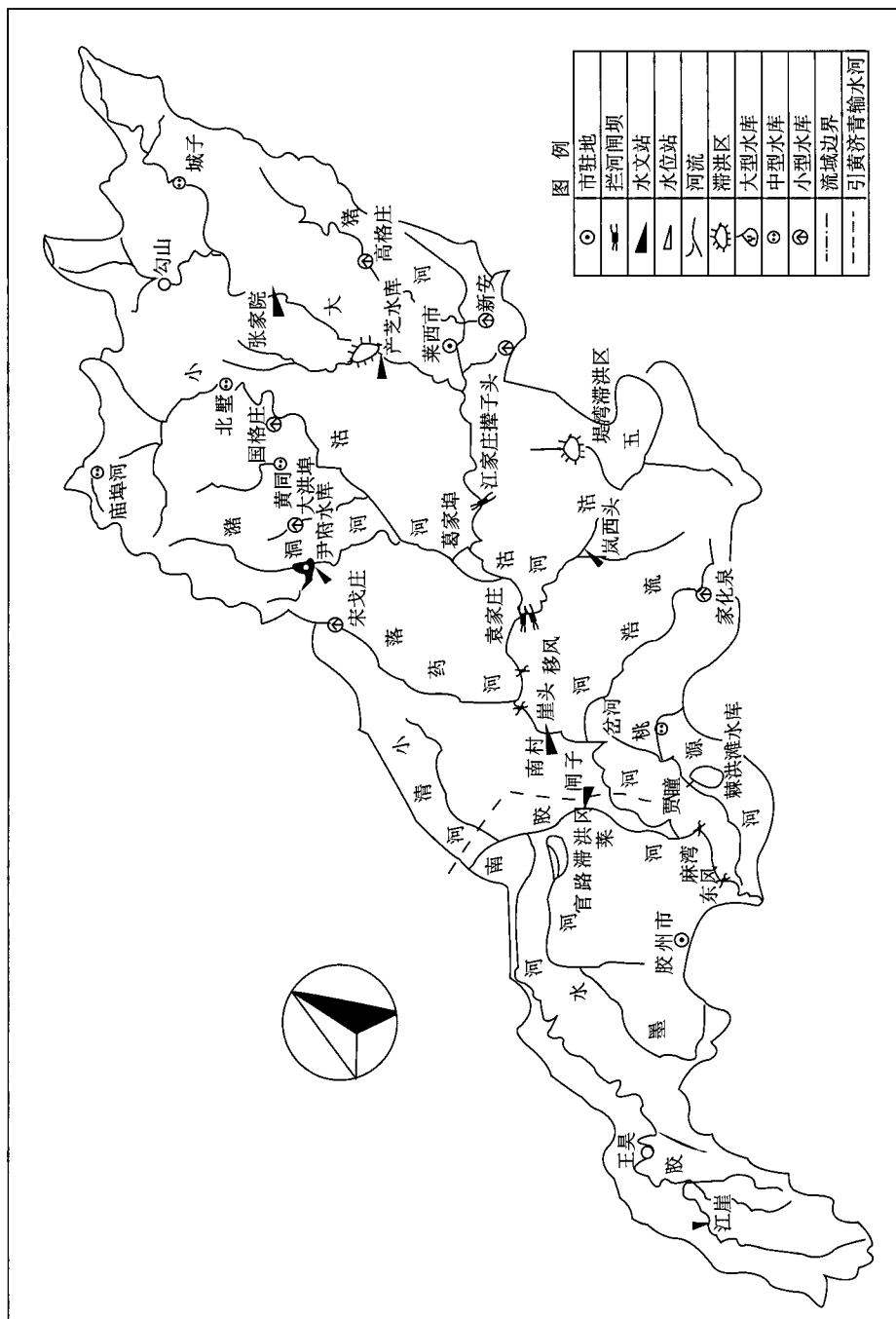


图 1.7 大沽河流域水系与水利工程分布图

成后, 对大沽河地表径流状态产生了比较明显的影响。建库后, 平均年断面径流量比平均年径流量小 $2.338 \times 10^8 \text{ m}^3$, 减少 34.1%。

地下水库库区内, 1997 年以前, 大沽河支、干流河道上建有江家庄、崖头、袁家庄、岔河、贾疃和麻湾 6 座拦河闸, 其各项指标见表 1.3。1997 年以后, 青岛市水利部门对大沽河进行了综合治理改造, 修建和改建了袁家庄、移风店、崖头、贾疃等 4 条橡胶坝, 总拦水能力为 $1230 \times 10^4 \text{ m}^3$, 对大沽河的人工拦蓄能力进一步得到加强 (表 1.4)。

表 1.1 大沽河干支流河流特征值一览表

河流名称	发源地	流入地	全长/ km	流域面积/ km^2
大沽河	烟台市招远阜山大宫里	胶州市码头村入胶州湾	179.9	4631.3
洙 河	莱阳市谭格庄	莱西市撵子头村入大沽河	50.7	420.5
小沽河	莱州市马鞍山	平度市营村入大沽河	84.0	1028.2
黄同河	平度市陈家上乔	平度市小沽河入小沽河	17.5	128.9
猪洞河	平度市大泽山	平度市云山入小沽河	37.5	299.3
五沽河	莱西市众水村东	即墨市袁家庄入大沽河	44.0	648.0
落药河	平度市崔召镇野猪庄铁岭庄	平度市崖头村入大沽河	35.0	285.7
流浩河	即墨市灵山东南金家湾	即墨市北岔河南入大沽河	36.0	400.8
南胶莱河	平度市姚家	胶州市沽河入大沽河	30.0	1500.0
桃源河	即墨市普东桃行村	城阳山下疃村入大沽河	34.7	308.0
胶 河	胶州市六旺乡鲁山	平度、高密、胶州交界入南胶莱河	100.0	608.0
墨水河	胶州市齐集乡南杜村	胶州市官路滞洪区北入南胶莱河	50.0	339.9
云溪河	胶州市城西	胶州市河西屯入大沽河	19.0	100.2

表 1.2 大沽河水源地大、中水库一览表

水库名称	产 芝	尹 府	黄 同	北 墅	高格庄	堤 湾	勾 山	城 子
总库容/ 10^4 km^3	3.72	1.36	0.603	0.501	0.127	0.28	0.431	0.386
兴利库容/ 10^4 km^3	1.76	0.6	0.245	0.224	0.078	0.04	0.168	0.192
流域面积/ km^2	879.0	178.0	126.0	301.0	125.0	73.5	-	-

表 1.3 主要拦河闸基本情况一览表

闸 名	所在河流	过闸流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$		设计蓄水量/ 10^4 m^3	主要用途
		设计	校核		
崖头闸	大沽河			60	灌溉
江家庄闸	大沽河			22.6	灌溉
袁家庄闸	五沽河	500	804	105	灌溉
岔河闸	大沽河	427.7	427.7	50	灌溉
贾疃闸	大沽河	519	519	150	灌溉
麻湾闸	大沽河	376	376	218	灌溉

表 1.4 大沽河流域水源拦河闸坝及灌区工程一览表

拦河闸坝及灌区名称	河 名	位 置	总蓄水量/ 10^4 m^3	灌区情况		设计最大引水量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	多年平均引水量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	建成年月
				设计灌溉面积/ 万亩	有效灌溉面积/ 万亩			
江家庄	大沽河	莱西市孙受镇江家庄	22.6	6	2	14.5	52	1965 年
崖 头	大沽河	平度市南村镇崖头村	450	8	0.5	8.0	258	1977 年 (1999 年改建)
岔 河	大沽河	即墨市七级镇岔河村	270	5			220	1964 年 (1998 年改建)
移风店	大沽河	即墨市移风店镇	180					1996 年 8 月
袁家庄(坝)	大沽河	即墨市刘家庄镇袁家庄	267					2001 年
袁家庄(闸)	五沽河	即墨市刘家庄镇袁家庄	105	9.3	8	10.2	520	1966 年
撵子头	淄 河	莱西市望城镇撵子头村	45	12	4	15.5	99	1966 年

1.2 研究区地质条件

1.2.1 地形与地貌

大沽河流域在大的地貌单元中属鲁东低山丘陵区的一部分。地形变化的总趋势是北高南低。古岬以北为构造剥蚀低山丘陵地形,主要由花岗岩和变质岩组成,地形标高一般 50~200 m,大泽山主峰高 736.7 m,是区内最高点。古岬以南为构造剥蚀平原,主要由碎屑岩和火山岩组成,是胶莱盆地的组成部分,地形起伏平缓,标高一般 20~50 m,沿大沽河中下游河床两侧为河谷冲积平原,由北向南呈不规则的带状分布。古岬—店埠以南河谷开阔,地形平坦,地形标高 4~40 m,微向南倾斜,坡降 2‰~0.7‰。流域下游河谷宽度一般 6 km,最宽处在 10 km 以上。古河谷被掩埋于地下,现代河床上叠在古河谷堆积物之上,河床深度一般 2 m 左右,两岸筑有人工堤坝,高度 3~5 m。河谷两侧为剥蚀-堆积准平原,基底岩石为白垩系王氏组砂页岩(局部为青山组中基性火山岩),上覆较薄的残坡积层,有的基岩直接出露地表。从地表看,地形也很平坦,与古河谷地形之间无明显界线。

1.2.2 地 层

大沽河流域位于中朝准地台鲁东叠台隆中部,跨胶北台拱和胶莱中台陷两个三级构造单元,北部胶北台拱出露地层为太古宇—元古宇胶东群及元古宇粉子山群。前者以黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩等为主,后者主要岩性是黑云片岩、麻片岩、黑云变粒岩石、不纯大理岩及长石石英岩等。经多期构造变动,古老变质岩系褶皱强烈。燕山运动在本区表现

出强烈的活动性，其特点是：断裂构造极为发育，并伴有强烈的火山喷溢和酸性岩浆岩侵入。胶莱拗陷即是燕山运动的产物。在拗陷带内沉积了巨厚的白垩系青山组 (K_1q) 和王氏组 (K_2w)。前者主要岩性为凝灰质砂、砾砂、长石砂岩夹粉砂质页岩、安山岩、玄武岩及火山碎屑岩等，分布不广，一般多靠近粉子山群；后者以砂岩、粉砂岩、粉砂质粘土岩为主，局部夹安山岩或玄武岩，出露广泛，占据大沽河流域中下游的大部分地区。由于褶皱构造不强烈，青山组和王氏组呈现平缓开阔的褶曲，走向北西，倾角 $10^\circ \sim 25^\circ$ 。

燕山期花岗岩侵入体 (γ_5) 分布在流域的西北部即河流上源的大泽山至道头一带，岩性为花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩等。

燕山运动不仅产生许多新断裂，而且使老断裂恢复活动。一般认为北东向断裂多属继承性活动断裂，为压扭性，规模较大但导水性差，如招 - 平断裂；北西向断裂形成较晚，属张性或张扭性，为导水构造。

进入新生代以后，本区地壳活动的特点是在总体上升的同时，局部地区相对拗陷，在山前及河谷平原沉积了第四系松散堆积物。由于拗陷幅度不大，第四系松散堆积物的厚度较薄。

第四系沉积物的成因类型比较齐全，但主要的、最有意义的是冲积 (Q^{al}) 和冲洪积层 (Q^{al+pl})。冲积和冲洪积层主要发育地段在大、小沽河的中下游，其分布受古河谷形态的严格控制，一般宽度 $5 \sim 7$ km，最宽处在 10 km 以上。厚度一般在 $10 \sim 20$ m，多为双层结构，上部为粘质砂土或砂质粘土，下部为砂及砂砾石层，河谷边缘常有坡积物楔入，土层增多变厚，结构趋于复杂。

残坡积层 (Q^{el+dl}) 主要分布在坡麓地带，厚度变化较大，但多数较薄。岩性以黏性土夹碎石为主，常含铁锰结核。

海积层 (Q^m) 分布在大沽河入海口附近，岩性为淤泥或淤泥质砂，覆盖在冲积砂层之上，或夹在冲积层之中。

1.2.3 构造

本区位于中朝准地台、鲁东叠台隆的中南部，跨胶莱中台隆和胶南、胶北台拱 3 个三级构造单元。基底胶南群和五莲群经多次地壳运动褶皱强烈。燕山运动以断裂构造极为发育并伴有强烈的火山喷溢酸性岩和浆岩侵入为特征。褶皱构造不发育，中生代地层只形成平缓开阔的褶曲，走向北西，如马山 - 湍湾背斜。较大规模的断裂，走向多为北东向和近东西向。北西向的断裂规模一般较小。主要断裂有：

- 1) 尺河 - 二十五里大断裂：走向北东 78° ，倾向南南东，倾角 $72^\circ \sim 74^\circ$ 。
- 2) 百郝官庄大断裂：走向近东西，倾向北，倾角 $45^\circ \sim 60^\circ$ 。
- 3) 郭城 - 即墨大断裂：走向北东 $40^\circ \sim 45^\circ$ ，倾向南东，倾角 $72^\circ \sim 82^\circ$ 。
- 4) 胶县大断裂：走向近东西，倾向南，倾角 75° 左右。
- 5) 朱吴 - 店集大断裂 (沧口断裂)：走向北东 $40^\circ \sim 45^\circ$ ，倾向南东，局部倾向北西，倾角 $70^\circ \sim 85^\circ$ 。

主要节理方向为北东及北西两组，直角或斜交。节理的发育与岩性有关，并受断裂构造的影响。在脆性岩石中节理裂隙发育在断裂带附近，常见于节理裂隙密集带。新构造运动在本区主要表现为不均衡的缓慢上升。