

JINAN
FANGHONG SHIJIAN YU
TANSUO

济南防洪实践与探索

孟庆斌 曹升乐 赵承忠 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

JINAN
FANGHONG SHIJIAN YU
TANSUO

济南防洪实践与探索

孟庆斌 曹升乐 赵承忠 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统总结了济南市洪涝灾害的特点,城市防洪工程与非工程体系的现状,指出了存在的问题,分析了形成洪涝灾害的成因,提出了济南市城市防洪的基础理论、思路和发展方向。从技术与管理两个方面,从防洪与抗洪两个阶段,从常规与应急两个层次,提出了系统、全面的防洪对策措施。同时,也总结了作者近年来针对济南防洪完成的洪水预报与调度、雨洪水利用等部分研究成果。

本书可供水利、市政、防灾减灾等领域的科技工作者、管理者、工程技术人员参考使用,也可作为高等学校相关专业高年级本科生和研究生的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

济南防洪实践与探索 / 孟庆斌, 曹升乐, 赵承忠编著.

北京: 中国水利水电出版社, 2008

ISBN 978 - 7 - 5084 - 6065 - 9

I. 济… II. ①孟…②曹…③赵… III. 城市—防洪工程—研究—济南市 IV. TU998.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 179286 号

书 名	济南防洪实践与探索
作 者	孟庆斌 曹升乐 赵承忠 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京中科印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 12.5 印张 296 千字
版 次	2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001—1200 册
定 价	45.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



济南是受洪涝灾害威胁严重的城市之一。早在 680 年，济南就有暴雨洪涝灾害的记载。此后元、明、清至今的 700 多年内均有记载。在 1840~1948 年的 108 年中，济南市共发生水灾 22 次，平均 4.9 年出现一次。自 1949~2007 年的 58 年中，济南发生洪涝灾害 28 次，平均两年一次。特别是 1987 年 8 月 26 日和 2007 年 7 月 18 日的两次洪涝灾害，对济南市造成巨大损失。

洪涝灾害是自然灾害，自然灾害有其随机的特点，但也遵循了一定的自然规律。千百年来，济南人民同洪涝灾害进行了不懈的斗争，但济南防洪现状与经济社会发展的要求相比，无论在工程措施方面，还是在非工程措施方面都存在很大差距。因此，认真系统地总结研究济南城市洪涝灾害的特点，分析形成洪涝灾害的原因和机理，研究符合济南实际的、系统全面的防洪对策措施非常必要。

面对日益严峻的城市防洪形势，按照科学发展观的要求，树立以人为本的思想，实现人水和谐，必须积极探索应对城市洪涝灾害的新思路、新方法。这本书对这一课题进行了深入研究和探讨，书中很多观点来自多年实践的总结。“尊重自然规律，变控制洪水为洪水管理”，“给洪水以出路，视洪水为资源”，这些新的理念在本书中都得到了体现。同时，书中也凝聚了作者近年来针对济南防洪完成的部分研究成果，包括洪水预报与调度、雨洪水利用等，对进一步做好济南防洪工作必将发挥重要的指导作用。

济南市人民政府副市长

赵文新

2008 年 9 月



随着城市化进程的加快,洪涝灾害对城市的威胁日趋严峻。国内外城市暴雨洪灾事件频繁发生,使得城市水灾成为全世界关注的焦点问题之一。

我国城市绝大部分伴江河而立,洪涝成为城市主要灾害。仅20世纪以来,就有许多城市遭受特大洪涝灾害袭击。1951年珠江西、北江洪峰相遇,珠江三角洲一片汪洋,广州被淹7天;1931年长江流域发生罕见的特大洪灾,西起沙市,东抵上海,沿江城市全遭水淹,汉口被淹达百日之久,形成数千万灾民;1954年长江再发生特大洪水,防洪中启用了荆江滞洪区,保住了武汉市,但直接经济损失仍在100亿元以上,影响京广线通车100天;1963年海河流域发生了有记录以来的最大洪水,104个县(市)受灾,人员伤亡惨重;松花江流域1932年大水,哈尔滨市被淹3个月;1991年发生在我国华东地区的大水灾,袭击了我国人口稠密、经济较发达的长江和淮河下游地区,经济损失特别严重,使1991年全国自然灾害损失突破800亿元,占国民经济总产值比例超过5%;尤其是1998年,我国长江、松花江、珠江、闽江等主要江河均发生了大洪水,洪水量大、影响范围广、持续时间长,洪涝灾害严重,农田受灾面积2229万 hm^2 (3.34亿亩),成灾面积1378万 hm^2 (2.07亿亩),死亡4150人,倒塌房屋685万间,直接经济损失2551亿元。沿江河城市受到严重威胁。

济南市也是受洪涝灾害威胁最为严重的城市之一。早在680年,济南就有暴雨洪涝灾害的记载。此后元、明、清至今的700多年内均有记载。在1840~1948年的108年中,济南市共发生水灾22次,平均4.9年出现一次。其中连续性涝灾4次;特大水灾发生8次,平均13.5年就有一次;中等水灾发生13次,平均8.3年就有一次。自1949年新中国成立至2007年的58年中,

济南发生洪涝灾害 28 次，平均两年一次。特别是 1987 年 8 月 26 日和 2007 年 7 月 18 日的两次暴雨洪涝灾害，对济南市造成巨大损失。1987 年 8 月 26 日，全市普降暴雨到大暴雨，市区平均降雨 317.5mm，暴雨中心解放桥降雨量 340mm。市区积水面积达 33km²，水深一般 1m 左右，部分地区水深达 2m 以上。此次暴雨洪涝灾害造成 642 人死伤，其中死亡 47 人，1100 多间房屋倒塌，1700 多间房屋受损。30 万灾民因房屋倒塌、损坏和被洪水围困需要安置。有 805 个工厂企业、72 座大中型商业仓库和一大批零售商店积水，其中 618 家被迫停产，直接经济损失 3.7 亿元。2007 年 7 月 18 日 17 时至 19 日凌晨，济南市发生了一次强降雨过程，多数地区普降暴雨，并伴随着七八级大风的强雷电天气。该次暴雨灾害共造成 37 人死亡，171 人受伤，5718 户住房受淹，受灾群众约 33.3 万人，市区外倒塌损坏房屋 1805 间。市区内受损车辆 802 辆，毁坏市区道路 1.4 万 m²，冲失井盖 500 多套，26 条线路停电，市区交通一度处于瘫痪状态。工商企业遭受很大损失，140 多家工商企业进水受淹。全市直接经济损失 12.3 亿元。

面对日益严峻的城市洪涝灾害，我们不能被动挨打，而应积极应对。洪涝灾害是自然灾害，自然灾害有其随机的特点，但也遵循一定的自然规律，我们应不断探索、不断研究，探求其形成机理。暴雨和洪水是自然现象，人类应与自然和平共处，在应对洪涝灾害威胁时以人水和谐的理念为指导，遵循自然规律，给洪水出路。事物都是一分为二的，洪水也不例外，对城市产生威胁的同时，也给城市提供了巨大的潜在资源，我们应研究实现洪水资源化的方法，充分发挥洪水潜在的效益，减轻洪水可能产生的危害。只有坚持不断探索，才能更好地应对洪涝灾害，进而在一定程度上控制暴雨洪涝灾害，实现人水和谐。本书是以上述理念为指导，旨在探索城市洪涝灾害的特点，寻求减轻城市洪涝灾害的对策，以保障城市的防洪安全。

本书系统总结了济南城市洪涝灾害的特点，分析了形成洪涝灾害的原因和机理；在总结国内外城市防洪理念的基础上，提出了济南市城市防洪的基本理论与思路。对济南市城市防洪的工程体系与非工程体系进行了系统的总结，指出了存在的问题和发展的方向。从技术与管理两个层次，从防洪与抗洪两个方面，从常规与应急两个角度，总结提出了系统、全面的防洪对策措施。同时，也总结了作者近年来针对济南防洪完成的部分研究成果，包括洪水预报与调度、雨洪水利用等内容。

在本书编写过程中，济南市防汛抗旱指挥部办公室、济南市小清河管理处、济南市水利勘测设计院等单位给予了大力支持，济南市水利局马宇熹、

田军、李强、杜振同志提供了部分资料，并参加了部分编写校对工作，山东大学胡岩副教授和研究生韩卫滨、郭乐、娄平平参加了部分编写工作，陈文艳、董胜男、宋苏林、孙立堂、张龙云、窦实、王佰伟参加了资料收集和文字整理工作，同时也参考引用了有关文献，在此一并表示致谢。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在错误和不当，敬请批评指正。

作者

2008年9月于泉城济南

目 录

序

前言

第一章 济南概况	1
第一节 自然地理	1
第二节 历史文化与社会经济	2
第三节 河流水系	3
第四节 水文水资源	6
第二章 济南历史上的洪涝灾害	10
第一节 新中国成立前的洪涝灾害	10
第二节 新中国成立后的洪涝灾害	12
第三节 典型暴雨洪涝灾害	14
第三章 济南暴雨洪涝灾害成因分析	19
第一节 城市化对水文要素的影响	19
第二节 济南暴雨特性	21
第三节 济南暴雨洪涝灾害成因分析	22
第四章 济南城市防洪排涝工程体系	27
第一节 引言	27
第二节 水库	31
第三节 蓄滞洪区	48
第四节 小清河	51
第五节 城市排水体系	63
第五章 济南市城市防洪非工程体系	67
第一节 防洪非工程体系概述	67
第二节 城市防汛指挥机构和责任制度	71
第三节 济南市防洪预案	78
第四节 济南市雨水情信息自动测报系统	85
第五节 济南城市洪水调度方案	90
第六节 防汛会商与指挥决策	94

第六章 防汛抢险	101
第一节 汛前准备	101
第二节 防汛抢险的主要内容	108
第三节 抢险指挥	113
第七章 应急管理程序与灾后对策	116
第一节 应急管理程序	116
第二节 灾后对策	117
第八章 济南市小清河流域产汇流计算模型研究	124
第一节 引言	124
第二节 模型的基本原理	125
第三节 模型在济南市小清河流域应用的可行性分析	130
第四节 模型的主要改进途径	131
第五节 改进模型产流参数的率定与应用	133
第六节 模型汇流参数的率定与应用	136
第九章 济南市小清河流域水库群联合调度模型研究	143
第一节 水库群联合调度模型概述	143
第二节 济南市小清河流域水库群联合调度模型	145
第十章 济南市雨洪水利用研究	159
第一节 雨洪水利用模式	159
第二节 雨洪水可利用量的分析计算	162
第三节 雨洪水利用对城区防汛的影响分析	167
第十一章 工程措施与非工程措施建设展望	168
第一节 济南市防洪排涝工程体系展望	168
第二节 济南城区防汛决策支持系统展望	174
结语	187
主要参考文献	188

第一章 济 南 概 况

济南——山东省省会，是全省政治、经济、文化、科技、教育和金融中心，是华北和华东、沿海和内地的陆路交通枢纽。济南历史文化源远流长，因地处古四渎之一的“济水”之南而得名，素以泉水众多，清冽甘美而闻名于世，有“济南泉水甲天下”的美誉和“泉城”之称，是国家级历史文化名城。

第一节 自 然 地 理

一、地理位置

济南位于山东省的中西部，南与列入“世界自然文化遗产”的泰山毗邻，北与被称为“中华民族母亲河”的黄河相依。地理位置介于东经 $116^{\circ}11'$ ~ $117^{\circ}44'$ 、北纬 $36^{\circ}02'$ ~ $37^{\circ}31'$ 之间，四周与德州、滨州、淄博、莱芜、泰安、聊城等地市相邻。全市总面积 8177km^2 ，其中市区（包括历下、市中、槐荫、天桥、历城、长清六区）面积 3257km^2 。济南城区依山傍水，风光秀丽，是一处地理条件优越、自然环境优美之地。图 1-1 为济南“一城山色半城湖”的美丽景色。

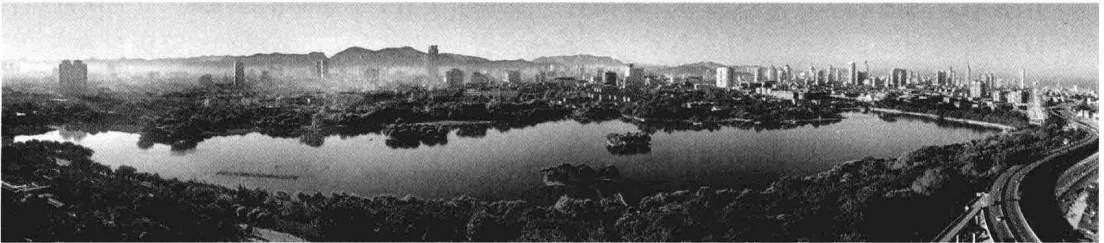


图 1-1 济南“一城山色半城湖”的美丽景色

二、地形地貌

济南市南依泰山，北跨黄河，地处鲁中南低山丘陵与鲁西北冲积平原的交接带上，地势南高北低。地形可分为三带：北部临黄带，中部山前平原带，南部丘陵山区带。济南市南靠群山，北阻黄河，从南到北由中低山过渡到低山丘陵。市区处于泰山山脉与华北交接的山前倾斜平原，形成了东西长，南北窄的狭长地带。南部山区海拔 $100\sim 975\text{m}$ ，冲沟发育，切割深 $6\sim 8\text{m}$ ，一般坡度大于 40° ，山前倾斜平原海拔 $30\sim 100\text{m}$ ，以 $23\text{‰}\sim 9\text{‰}$ 的坡度向北伸展。北部为黄河、小清河冲积平原，有数处火成岩侵入成山丘，高约 $50\sim 200\text{m}$ ，小清河以南标高一般为 $23\sim 30\text{m}$ ，向北倾斜。小清河以北由于火成岩侵入影响及黄河冲积淤高，地面微向南倾斜，因而形成北园一带的低洼沼泽地带。黄台以东又趋于平坦，一般海拔 $26\sim 29\text{m}$ ，以 3‰ 的坡度向北倾斜。

三、气候特征

济南地处中纬度，由于受太阳辐射、大气环流和地理环境的影响，属暖温带大陆性季风气候区。春季干燥多西南风，夏季炎热多雨，秋季天高气爽，冬季严寒干燥多东北风。主要气候特征如下。

1. 季风明显，四季分明

我国是世界上季风气候十分典型的国家，而济南市则是季风气候明显区域之一。冬季受西伯利亚干冷气团的侵扰，盛西北、北和东北风，天气晴冷，降水稀少；夏季因受热带和亚热带气团控制，盛西南、南和东南风，大气湿热，降水集中；春秋两季是过渡季节，风向多变，因受太行山走向和鲁中台地影响，构成西南东北狭道，春季多西南、偏南风，尤以4月为最多。一年之中，在不同季节，全市处在不同大气环流控制之下，构成了春暖、夏热、秋爽、冬寒四季变化分明的气候。济南市冬季长达136~157天，一般在11月上旬至次年3月下旬；夏季为105~120天，一般在5月下旬至9月上旬；春、秋季最短，都不足两个月。

2. 冬冷夏热，雨量集中

受蒙古冷高压控制，济南市冬季盛吹寒冷的偏北风，一般6~8天有一次冷空气侵入，使气温不断降低。冬季最冷月平均气温在0℃以下，极端最低温度平均在-20℃以下，低于-10℃的严寒日数98%集中在冬季。冬季降水量在20~25mm，仅占全年总降水量的3.0%~3.7%，整个冬季雨雪稀少，北风频吹，干燥寒冷。夏季炎热，季平均温度在26℃左右，极端最高温度超过40℃，日最高气温大于40℃的酷热日数均出现在夏季。夏季不仅炎热，且多降水，雨热同季。降雨有明显的季节性，6~9月为汛期，7~8月约占全年降雨量的50%；降雨空间分布不均，各县区有一定的差异，多年平均降雨量在580~750mm之间。日降水量大于50mm的暴雨日数集中在7~8月，占全年暴雨日数的70%。由于济南市处于华北暖温季风气候区，降水量的年际变化很大，地形、地貌复杂，又加城市人口集中，所以洪涝水旱灾害十分频繁和严重。

第二节 历史文化与社会经济

一、历史文化

济南具有2600多年建城史，市内泉水众多，有“齐多甘泉，甲于天下”、“七十二名泉”、“家家泉水，户户垂杨”的美誉。其历史文化源远流长，从明代起，一直是山东省政治、经济、文化的中心。1986年12月，国务院公布济南为第二批国家历史文化名城。

济南是中华文明的重要发祥地之一，约公元前22世纪，中国原始部落的首领——舜诞生并生活在济南一带。济南东郊的城子崖是中国新石器时代晚期以黑陶为标志的龙山文化（距今4600~4000年）的发现地，这里发现了中国最古老的城址约20万m²。

济南文物古迹众多，有舜文化遗址舜耕山（公元前22世纪），有先于秦长城的齐长城（公元前3世纪），有中国最古老的地面房屋建筑汉代孝堂山郭氏墓石祠（公元前1世纪），

有中国最古老的石塔隋代柳埠四门塔（7 世纪）和被誉为“海内第一名塑”的灵岩寺宋代彩塑罗汉（11 世纪）等。

济南诞生了许多中国历史上的著名人物，像中医科学的奠基人扁鹊，阴阳五行学派大师邹衍，唐代名相房玄龄、开国元勋秦琼，古代著名词人李清照、辛弃疾等。另外，李白、杜甫、苏轼、曾巩、刘鹗等历代文化名人都先后在济南生活游历，故有“济南名士多”的佳誉。

二、社会经济

1. 行政区划

截至 2007 年 12 月 31 日，济南市辖历下区、市中区、槐荫区、天桥区、历城区、长清区、高新区、章丘市、平阴县、济阳县、商河县，共 7 区、1 市、3 县。共设 73 个街道办事处、11 个乡、50 个镇。济南市户籍总人口（不含现役军人）604.85 万人，人口自然增长率为 3.08‰。总人口中，男性为 302.87 万人，女性为 301.98 万人，男女比例为 100.29 : 100。

2. 经济概况

新中国成立以来，济南市社会经济面貌发生了巨大变化。特别是近年来，国民经济总量快速增长，产业结构日趋合理。2007 年末，济南市实现生产总值 2562.81 亿元。其中，第一产业 150.3 亿元，第二产业 1158.04 亿元，第三产业 1254.47 亿元。人均生产总值 39261 元（按户籍人口计算）。全社会劳动生产率 70349 元/人。各项税收总额 352.0 亿元，其中服务业实现税收 172.6 亿元。全市地域财政总收入和地方财政一般预算收入分别达到 758.6 亿元和 157.0 亿元。

第三节 河 流 水 系

济南市境内水系主要由河流、湖泊、地下水等构成，其中河流主要为黄河水系、小清河水系，地下水主要为泉群，湖泊主要有大明湖。基本水系见图 1-2。简要介绍如下。

一、河流

1. 黄河水系

黄河是我国第二大河，也是一条世界闻名的万里巨川。由于受地形、地质、气候等条件的影响，其河道的特点是干流弯曲多变，支流分布不均，河床纵坡上陡下缓，水量变化大，水少沙多，水沙异源等，以致黄河以善淤、善决、善徙著称。

黄河现行河道，自平阴县东阿镇后姜沟进入济南。河道沿市境逶迤东北，流经平阴县、长清区、槐荫区、天桥区、历城区、济阳县及章丘市，于章丘市黄河镇的常家庄出境。境内总长 183.35km。其支脉河流均从右侧南岸汇入，境内入黄诸河主要有平阴的狼溪河、玉带河、锦水河、安楽河，长清的南大沙河、北大沙河以及市区的玉符河。入黄诸河总流域面积为 2778km²。根据洛口水文站资料，黄河多年平均径流量 435 亿 m³，多年平均流量 1387m³/s。黄河是济南市工农业生产和城市生活的重要客水水源，市区黄河水系主要河流基本情况见表 1-1。

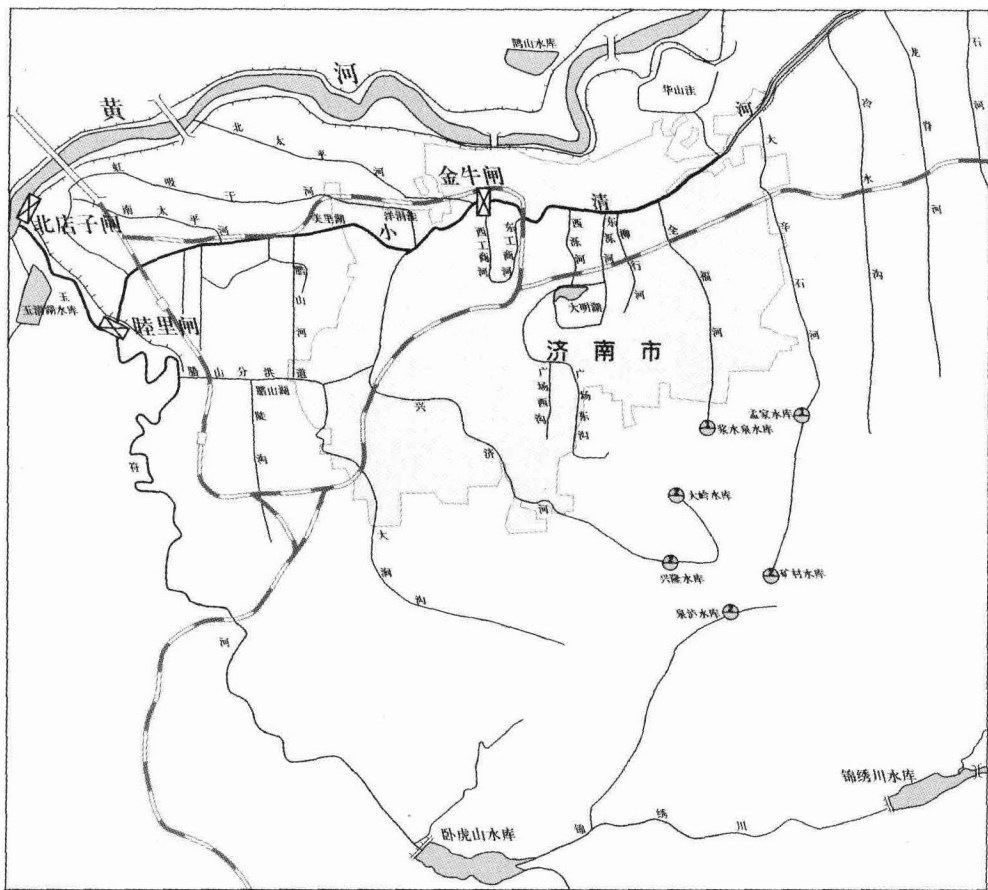


图 1-2 济南市水系图

表 1-1 济南市区段黄河水系主要河流基本情况表

河流名称	全长 (km)	流域面积 (km ²)	水资源量 (亿 m ³)	域内水文现状	排泄去处
黄河 (济南段)	183.35	2778	306.1	常年有水	渤海
锦云川	32	54.09	0.38	季节有水	玉符河
锦绣川	36	221.6	1.06	季节有水	玉符河
锦阳川	16	187.16	1.33	季节有水	玉符河
玉符河	40.8	288.6	1.58	季节有水	黄河
南大沙河	37.2	406	1.5	季节有水	黄河
北大沙河	54	591	3.31	季节有水	黄河

2. 小清河水系

小清河源于济南市区诸泉，并于清末向西延至睦里闸与玉符河相通。河道流经槐荫、天桥、历城及章丘 3 区 1 市，于章丘水寨镇小贾庄出境，进入下游的滨州市邹平县境。小清河在济南市境内河长 70.5km，汇流面积 2792km²，其中山区面积约占 54.7%。境内小清河的主要支流有：腊山河、兴济河、工商河、西泺河、东泺河、柳行河、全福河、大辛

河、张马河、韩仓河、赵王河、巨野河、虹吸干河以及南、北太平河等 28 条。济南市小清河水系主要河流基本情况见表 1-2。

表 1-2 济南市小清河水系主要河流基本情况表

河流名称	全长 (km)	发源地	域内水文现状	排泄去向
小清河干流	70.5	睦里闸	常年有水	莱州湾
兴济河	22.0	兴隆庄	季节有水	小清河
工商河	6.6	成丰桥	常年有水	小清河
东泺河	6.3	东护城河	常年有水	小清河
西泺河	5.8	北护城河	常年有水	小清河
柳行河	13.3	大佛头	常年有水	小清河
全福河	11.9	浆水泉水库	季节有水	小清河
大辛河	21.0	孟家水库	季节有水	小清河
玉绣河	12.0	八里洼	常年有水	西泺河
护城河	9.4	趵突泉、黑虎泉	常年有水	东、西泺河
巨野河	48.5	狼猫山水库	季节有水	小清河

二、湖泊

济南市地形南高北低，上陡下缓，汛期降水集中，易致山洪暴发；山溪河道，源短流急，至平原洼地，洪水宣泄不及，于是水滞为湖沼。济南市的湖泊主要为大明湖，为浅水富营养型淡水湖沼。

大明湖位于济南旧城北部，是济南三大名胜之一。现有湖面面积 0.465km^2 （698 亩），平均水深 2m，平槽蓄水量 90 余万 m^3 ，一般调蓄量为 32 万 m^3 。

大明湖主要水源来自四大泉群的泉水。湖北岸设有泄水闸两处（铁公祠东、汇波桥下），控制泄水于北护城河，以调节湖水位。湖中岛有历下亭，始建于清代，上悬乾隆皇帝所书“历下亭”匾额；大门板联书有杜甫“海右此亭古，济南名士多”的佳句。

大明湖风景秀丽，湖上有历下亭、汇泉堂、湖心岛等大小岛六处，湖畔翠柳依依，花木扶疏，“四面荷花三面柳，一城山色半城湖”是其风景的最好写照。大明湖历史悠久，纪念古人政绩、行踪的人文建筑以及自然景观十分丰富，诸如历下亭、铁公祠、南丰祠、汇波楼、遐园、北极阁等，引得历代文人前来凭吊、吟咏。2003 年大明湖公园更名为大明湖风景名胜区，成为市民休闲娱乐的好地方。

此外，由于济南市南依泰岱，北枕黄河的特殊地理环境，又因为历史上黄河下游段的多处溃决，使沿黄一带分布着众多的浅平洼地。加之黄河河床的逐年淤积抬升，抬高了原汇入黄河的支脉河流的尾闾水位。因而汛期河道下游洼地滞水，汪洋一片。历史上济南北郊有美里湖、洋涓洼、华山洼等自然洼地；在平阴、长清山前沿黄一带，也形成了许多沼泽洼地，今已为浅平洼地。

三、泉水

济南市地下水资源丰富，素以“泉城”著称。泉水是济南市自然环境的一大特色，市

区泉群分为趵突、黑虎、珍珠、五龙潭四大泉群，是大明湖的主要补充水源，泉水通过东、南、西护城河向北汇入大明湖，经东、西泺河流入小清河。众多的泉水为济南增添了无限风光。但随着地下水的过量开采和城市化进程中人类活动的影响，泉水逐步由常年喷涌渐变为季节性喷涌，喷涌时间渐短，甚至全年停止喷涌。为此济南市采取了一系列保泉措施，自2003年9月6日复涌以来，各大泉群已持续喷涌5年多。图1-3为趵突泉景色。



图1-3 趵突泉景色

第四节 水 文 水 资 源

总体来说，济南市水资源分布的特点是：南部变质岩山区及平阴山区，年降水量及地表径流均比平原区为大；从山区到平原，年降水量由710mm，递减为645mm；年径流深由197mm，递减为80mm。南部山区水土流失，成为全市的贫水区。中部山前平原地下水富集，泉水众多，未大量开采前，以泉的形式自然排泄。北部沿黄地区，有着丰富的客水资源（黄河水），浅层地下水也富集。

一、降水

大气降水是济南河川径流最主要的补给来源。济南市多年平均降水量（1952~2005年）638mm，总的分布趋势是南部多于北部，中部大于东西两端。南部中低山区年均降水为700~750mm，中部丘陵山区年降水为600~700mm，北部平原区年均降水为550~600mm，年际变化大。由于受季风影响，降水量的季节分配极不均匀。春季（3~5月）降水量一般在80mm左右，占全年降水总量的12.0%~12.8%；4月份以后，随着暖气团势力的增强，降水量有所增多。夏季汛期（6~9月）由于东南季风盛行，暖湿气团活跃，汛期降水量在480mm以上，占年降水总量的65%；秋季（10~11月）北方冷空气开始南

下,暖湿气团势力随着减弱,降水明显减少,季降水量在 50mm 左右,占年总量的 18.0%~18.7%;冬季(12~2月)受干冷空气的侵袭,西北风盛行,雨雪稀少,季降水量一般在 20~25mm 之间,仅占年降水总量的 4%以下。同时由于历年季风发生的时间、强弱不同,致使全市年际降水量很不稳定。据资料分析,1964 年市区(济南黄台水文站)降水量最大达 1063mm,1968 年降水量最小仅 336mm。由于降水量的年际变化大,丰枯悬殊,多寡不均,有时还会出现连丰连枯的情况。图 1-4 为济南市 1950~2006 年降水量统计图。

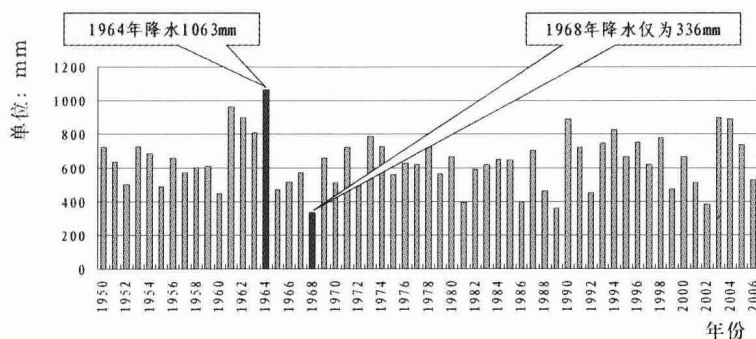


图 1-4 1950~2006 年济南市年降水量图

二、地表水资源

(一) 地表径流

济南地表径流因受地形地貌的差异和降水自南至北递减趋势的影响,导致南部成为径流的产生区,中北部为径流的散失区,且年内的地表径流多集中在 6~9 月。年内径流的特点导致洪水的暴涨暴落,不易拦蓄,易发生洪涝水患,而径流少时,则大多河道干涸,对地表水资源的开发利用带来一定难度。

1. 年径流量及其地带性与非地带性变化

年径流深的分布由于受气候、降水、地形、地质等条件的综合影响,既具有水平地带性变化和垂直变化,也有局部地区的特殊性。我国按径流深等值线划分为丰水带(>800mm)、多水带(800~200mm)、过渡带(200~50mm)、少水带(50~10mm)、干涸带(<10mm)。济南市属于径流过渡带,相当于降水的半湿润带。南部山地丘陵区年径流系数为 0.2~0.3,而北部平原区年径流系数一般在 0.1 左右。济南市年径流的非地带性变化,主要表现在下垫面的地形、地质、岩性等对径流的影响特别显著。由于济南市地处鲁中台背斜,高大的泰山山体构成水汽输送的屏障,迎风坡易凝云致雨,而济南正处于背风坡和平原地区交界,于是形成了相对低值区。在山区则具有随高程增加而增加的垂直变化规律。在岩溶发育的石灰岩区,由于大量渗漏水或从邻近流域得到大量补给,局部地区的年平均径流深往往呈现异常现象,如市区泉域排泄区较大,而在曹范、港沟、彩石等地,由于节理裂隙和岩溶发育,易于降水下渗和地下运移,则很少地表径流,形成“青石山”缺水。

2. 年径流的年际变化和年内季节变化

(1) 年际变化。济南市河川径流的年际变化主要取决于降水的年际变化。径流的年际

变化幅度，南部低山丘陵区略小于北部平原区。径流量的年际变化比降水量的变化更为剧烈。而且径流量不但年际变化幅度大，且丰枯水期交替出现，并往往发生连续丰水、枯水情况。据济南黄台水文站 90 年（1916～2005 年）资料分析，降水量大于 700mm 的丰水年 29 次；小于 580mm 的枯水年 33 次，其中 400mm 以下的特枯水年 10 次；1939～1944 年曾连续 6 年干旱；1961～1964 年曾连续 4 年丰水。

（2）年内变化。济南地区河川径流量主要受降水补给，故河川径流的季节变化亦十分明显。全年径流量有 75%～85%集中在 6～9 月的雨季汛期，其中约有 55%～65%集中在 7、8 月；最大月径流出现在 8 月；枯水期的 8 个月径流量只占全年的 15%～25%，最小月径流量一般出现在 5 月。

（二）地表水资源

河流水量以降水补给为主，主要有山区和平原区两种类型。山区型河流的河道短，坡降大，降雨强度高，洪水涨落猛，流量变化明显；平原型河道的坡降小，洪水涨落平缓，持续时间长，加上泉水、地下水补给，丰枯变化比值相对较小。济南市境内由降水及黄河侧渗产生的地表径流，多年平均水资源量为 7.88 亿 m³，多年平均径流深为 96.4mm。各种保证率下的地表水资源量、径流深如表 1-3 所示。

表 1-3 济南市地表径流量表

多年平均		平水年（P=50%）		偏枯年（P=75%）		特枯年（P=95%）	
径流量	径流深	径流量	径流深	径流量	径流深	径流量	径流深
7.88	96.4	6.48	79.2	4.9	60.0	1.73	21.1

注 径流量单位为亿 m³；径流深单位为 mm。

三、地下水资源

1. 地下水的动态变化规律

地下水动态变化取决于自然和人为因素的影响。从观测资料来看，对济南泉水动态起主导作用的因素应是大气降水和人工开采两个方面。春季雨水少，工农业用水多，地下水位急剧下降，一般 4～6 月地下水埋深最大；汛期降水多，地下水得到补给，水位开始回升，一般 10 月中旬达到年内最高水位。不同的水文地质单元，年内地下水变幅差异较大。在补给区和径流区，变幅为 30～60m；在排泄区年变幅则小得多，一般为 2～4m；沿黄平原第四系孔隙潜水，年变幅为 0.5～2m。

2. 地下水资源量

据资料分析测算（包括黄河侧渗补给），济南多年平均地下水资源量为 12.77 亿 m³。各种保证率下的地下水资源量如表 1-4 所示。

表 1-4 济南市地下水资源量表 单位：亿 m³

多年平均	保 证 率		
	平水年（P=50%）	偏枯年（P=75%）	特枯年（P=95%）
12.77	11.70	9.41	6.90