

滨海地区

COASTAL AREAS

PROCEEDINGS OF COST-EFFECTIVE MEASURES FOR
FLOOD CONTROL AND GROUNDWATER RECHARGE

防洪与地下水回灌的有效措施

张保祥 [德] W. F. 盖格 刘青勇/主编



NLIC2970804086

滨海地区

COASTAL AREAS

PROCEEDINGS OF COST-EFFECTIVE MEASURES FOR
FLOOD CONTROL AND GROUNDWATER RECHARGE

防洪与地下水回灌的有效措施

张保祥 [德] W. F. 盖格 刘青勇 / 主编



中国环境科学出版社 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

滨海地区防洪与地下水回灌的有效措施/张保祥,
(德) 盖格 (Geiger, W), 刘青勇主编. —北京: 中国
环境科学出版社, 2012.5

ISBN 978-7-5111-0779-4

I. ①滨… II. ①张… ②盖… ③刘… III. ①滨
海—防洪—研究 ②滨海—地下水—水循环—研究
IV. ①TV877 ②P641.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 242042 号

责任编辑 周艳萍
责任校对 唐丽虹
封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
010-67112738 (图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2012 年 5 月第 1 版
印 次 2012 年 5 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 15.25
字 数 350 千字
定 价 40.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

滨海地区防洪与地下水回灌的有效措施

编 委 会

主 编 张保祥 [德] W. F. 盖格 刘青勇

编 委 (以姓氏笔画为序)

万 力 王好芳 王明森 王维平 王增亮 刘建强

负汝安 何茂强 余 成 吴泉源 张 欣 李传奇

李新军 李福林 陈学群 孟凡海 林洪孝 范明元

赵亭月 赵然杭 赵德三 曹 彬 黄继文 谭海鸥

G. 乌兹伯格 P. 梅耶 S. O. 卡登

前 言

水资源短缺和水污染问题在中国北方地区十分突出,严重影响着社会经济的发展以及人民生活水平提高和环境质量改善。特别是山东省深受缺水问题的困扰。在山东沿海地区由于海水入侵,降低了水资源的可利用性,使得缺水现象更加突出。严峻的水问题形势及所引起的社会经济危害迫使山东沿海地区采取多种措施方法,以缓解水资源短缺、减轻海水入侵危害。然而,事实证明,只有对这些措施进行有效地调控才能实现上述目标。在这种情况下,需要进行有效的水资源管理即综合可持续的水资源管理。

德国联邦教育与研究部(BMBF)和中国科学技术部(MOST)共同资助开展了题为“滨海地区防洪与地下水回灌的有效措施”的预研究项目,以评估该地区的水资源状况。该项目由德国杜伊斯堡—埃森大学城市水管理学院、德国水资源规划与系统研究所(WASY)、施莱格工程咨询有限公司联合山东省水利科学研究院、龙口市水务局、山东大学、山东农业大学及山东师范大学共同合作开展。他们曾为研讨会的召开及后续项目“山东滨海地区水资源综合管理技术”的申报作出贡献,该项目将于2011年12月结题。本书是预研究项目历次研讨会内容及部分合作研究成果的总结。

感谢张保祥研究员基于中德双方成员的研究成果对“滨海地区防洪与地下水回灌的有效措施”项目论文集的整理与汇编。

联合国教科文组织(UNESCO)可持续水管理委员会主席

W. F. 盖格

慕尼黑/济南

2010年12月

Preface

Water scarcity and water pollution are severe problems in the Northern part of China, seriously affecting socio-economic development and standards of living and environment. Especially Shandong province is plagued by water shortage. In the coastal catchments of the Shandong province water scarceness increased due to salt water intrusion, reducing the usability of available water resources. The pressing water problems in the coastal catchments in the Shandong province and resulting socio-economic dilemmas forced to implement a variety of measures to relieve water shortage and abate salt water intrusion. However, it proved, that little can be achieved, unless the measures are coordinated effectively. Such a situation calls for good water management, namely integrated and sustainable water resources management.

On the topic “Cost-Effective Measures for Flood Control and Groundwater Recharge in Coastal Areas” a study for the assessment of the situation was granted by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and the Chinese Ministry of Science and Technology (MOST). This project has been carried out by the Institute of Urban Water Management at the University of Duisburg-Essen, WASY GmbH and Schlegel GmbH & Co. KG together with Water Resources Research Institute of Shandong Province, Longkou Water Authority Bureau, Shandong University, Shandong Agricultural University and Shandong Normal University. They all contributed to workshops and formulated follow-up proposal on “Overall-effective measures for sustainable water resources management in the coastal area of Shandong Province, PR China”, which again was granted by BMBF and MOST. This project will be completed by December 2011. This report summarizes the contributions to several workshops and findings of the

fruitful cooperation.

These Proceedings on “Cost-Effective Measures for Flood Control and Groundwater Recharge in Coastal Areas” gratefully were compiled by Professor Zhang Baoxiang based on the contributions of German and Chinese partners.

UNESCO chair in Sustainable Water Management

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. F. Geiger', is positioned above the printed name.

W. F. Geiger

Munich/Jinan, December 2010

目 录

龙口市的水供求问题	孟凡海	1
水污染防治在行动	王增亮	6
龙口市的水资源问题和利用	李传奇	12
基于 Virtual GIS 技术的龙口市流域综合治理研究	吴泉源	17
基于熵权与 GIS 耦合的 DRASTIC 地下水脆弱性模糊 优选评价	张保祥 万 力 余 成 等	22
沿海地区水资源的合理配置与社会经济协调发展研究 ——以山东省龙口市为例	王好芳	31
山东半岛地下水库建设与研究进展	刘青勇 张保祥 张 欣 等	35
海水入侵防治研究与实践进展	李福林 赵德三 陈学群	42
莱州湾海(咸)水入侵区宏观经济水资源多目标决策 分析模型	何茂强 王维平 黄继文 等	49
流域生态需水——洪水的重要性	负汝安	57
山东省污水处理现状概述	赵亭月	62
山东省农业用水价格改革方案及供水协会建设规划研究	刘建强	68
水管理的社会经济作用分析	谭海鸥 林洪孝	79
水资源陆海空协同系统研究	赵然杭	90
莱州湾滨海流域农业灌溉用水对社会经济的影响及 对策	曹 彬 王维平 范明元 等	99
山东省滨海地区缺水造成的社会经济问题	林洪孝	103
王屋水库饮用水水源污染风险性评价	李新军 张保祥 孟凡海	107
城市水资源管理——全球性挑战	W. F. 盖格	113
可持续水管理——从目标到行动	W. F. 盖格	119
防洪与地下水回灌——中德合作北京示范项目	W. F. 盖格	132
从工程角度看成本效益	W. F. 盖格 P. 梅耶	143
环境保护措施的融资方式探讨	G. 乌兹伯格	152
WBalMo——水资源规划模型简介与应用实例	S. O. 卡登	157
Urban Water Management – A Global Challenge	W. F. Geiger	166

Sustainable Water Management – From objective to implementation	W. F. Geiger	174
Flood Control and Groundwater Recharge – Joint Chinese-German Demonstration Project for Beijing	W. F. Geiger	192
Engineering View of Cost Efficiency	W. F. Geiger P. Meyer	205
Financing Possibilities for Environmental Protection Measures	G. Würzberg	217
WBalMo: Water Resources Planning Model – Introduction and Practical Experience	S. O. Kaden	225

龙口市的水供求问题

孟凡海

山东龙口市水务局，龙口

1 水资源状况

龙口市位于山东半岛北部，滨临渤海，陆地面积 893.32 km^2 ，基本以山的分水岭为界，南部为低山丘陵，北部为平原，山丘区与平原区面积约各占一半。龙口市属暖温带半湿润季风型大陆性气候，四季分明，春季干燥多南风，夏季湿热多阴雨，秋季凉爽雨水少，冬季寒冷北风多。年平均气温 11.8°C ，年平均蒸发量 $1238.2\sim 1350.2\text{ mm}$ ，相对湿度 69%。

现状总人口 62.6 万人，城区人口 18 万人，为小城市。耕地面积 3 万 hm^2 ，灌溉面积 2.7 万 hm^2 ，粮食产量 3.2 亿 kg，果品产量 2.8 亿 kg，水产品产量 1.9 亿 kg，国内生产总值 123.8 亿元，人均 GDP 19900 元。

龙口市多年平均降水量 586.3 mm ，降水总量 5.24 亿 m^3 ，从招远、栖霞、蓬莱入境水量 0.76 亿 m^3 ，扣除地面蒸发、水体蒸发、植物蒸腾、排泄入海量外形成的水资源只有 2.3 亿 m^3 ，人均占有水资源量 368 m^3 ，为全国人均占有量的 16.7%。按联合国统计划分，人均水资源量小于 1000 m^3 为缺水区，人均水资源量小于 500 m^3 为水危机区，龙口为水危机区，属资源型缺水。由于人口密度大，水资源量少，经济社会的发展对水的需求量与水资源的供给量之间的矛盾日益突出，建设节水型的社会是本地区发展的必然趋势。

本地区降水年际间变化大，20%频率年降水量 6.37 亿 m^3 ，75%频率年降水量 4.28 亿 m^3 ；枯水年连续时间长，20 世纪 80 年代后期连续 4 年干旱，90 年代后期连续 3 年干旱；年内分布不均，72.9%降水集中在 6—9 月份，用水量较大的 3—5 月份降水量占全年的 12.6%，常常是春旱、夏涝、晚秋又旱。

境内水系多发源于南部山区，向西北流入渤海，共有大小 23 条河流，主要河流有黄水河、泳汶河、曲栾河、龙口河、北马河、八里沙河，均为季节性河流。

龙口行政区域为近乎独立的水文地质单元。水资源量中可利用量为 1.63 亿 m^3 ，其中地表水可利用量 0.80 亿 m^3 ，地下水可利用量 0.83 亿 m^3 。按典型年计算水资源量，50%频率年水资源可利用量 1.61 亿 m^3 ，75%频率年水资源可利用量 1.37 亿 m^3 ，95%频率年水资源可利用量 0.90 亿 m^3 。地表水主要分布在南部山区，有大中型水库、小（一）型水库及小（二）型水库、塘坝，占地表水总量的 57%，地下水主要分布在北部平原区，仅黄水河流域下游和北马、中村一带的地下水量就占据了地下水总量的 51%。

2 水的供给

由于水源分布的差异,决定了采取的供水形式主要有两种:一种是集中供水形式,另一种是分散供水形式。城区和乡镇驻地多数采用集中供水形式,农村主要采用分散供水形式。

1958年以来,进行了大量的水资源开发利用工程建设,针对本地区地表水建有大中型水库3座,小型水库、塘坝354座,大型自控翻板拦河闸7座,水库干、支渠总长411km,固定机电排灌站86处,总库容2.23亿 m^3 ,兴利库容1.23亿 m^3 ;针对地下水建有地下水库2座,大口井573眼,各类机电井7548眼。水资源的开发利用程度比较高,已达到38%。

龙口市现状供水主干网络为“两纵三横”,两纵为王屋水库向北海经济园供水管线,长30km;北邢家水库(含迟家沟水库)向南山集团供水管线,长9km。三横为联合灌区供水明渠,干渠长80.2km;自来水供水管线,主管线长40km;百年电力供水管线,主管长25km。城区自来水供水能力达到14.5万 m^3 。

按水源划分,地表水供水量5000万 m^3 ,地下水供水量12000万 m^3/a ,图1是1991—2003年实际供水量统计。

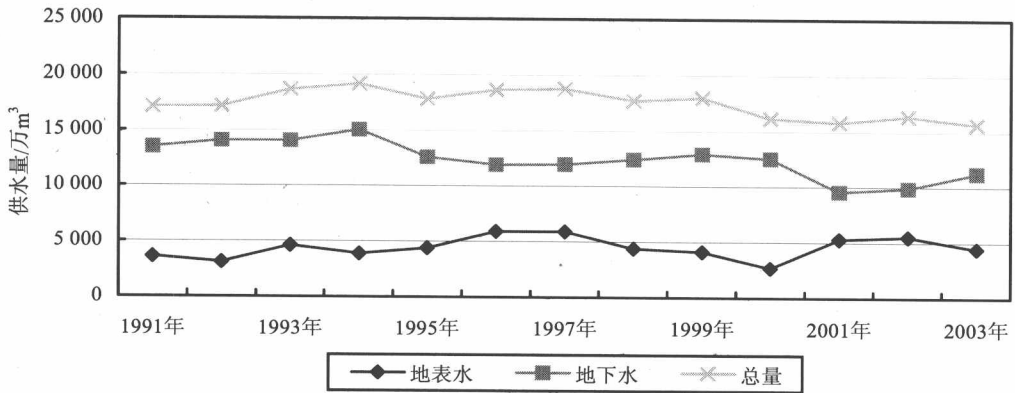


图1 龙口市的供水量统计

主要供水水源地有5处:王屋水库水源地、北邢家水库水源地、迟家沟水库水源地、莫家水源地、大堡水源地,其中生活供水水源地三处。王屋水库水源地为地表水源,建有两条供水管线,供水能力为4万 m^3/d ;北邢家水库水源地和迟家沟水库水源地为地表水源,各建一条供水管线,供水能力为1万 m^3/d ;莫家水源地在黄水河流域中游,为地下水水源,供水能力为2万 m^3/d ;大堡水源地在黄水河流域下游地下水库范围内,供水能力为3.5万 m^3/d 。

按供水规模分,供水规模超过1万 m^3/d 的供水有五处,分别是向城区供水、向南山集团供水、向北海经济园区供水、向龙口市玉龙纸业有限公司供水、向山东百年电力发展股份有限公司供水。供水规模小于1万 m^3/d 的供水包括农村供水有500多个。

按供水目标分,城区生活供水530万 m^3/a ,占3%;农村生活供水1070万 m^3/a ,占

7%; 工业供水 3700 万 m^3/a , 占 23%; 农业供水 10900 万 m^3/a , 占 66%; 环境供水 200 万 m^3/a , 占 1%。

现状大多数供水采用自来水供水形式, 供水人口 57.24 万人, 还有 5.36 万人采用自行取水形式, 占总人口的 8.6%, 主要分布在石良、黄山馆、北马、东江、芦头、七甲、下丁家、兰高、诸由观共 9 个镇。

现状集中供水的价格, 地表水源供水原水价格: 农业 0.09 元/ m^3 , 工业和城区 0.27 元/ m^3 。城区公共供水价格分 4 种: 居民生活 1.40 元/ m^3 , 公用事业 1.60 元/ m^3 , 工业 2.36 元/ m^3 , 饮食业 3.36 元/ m^3 。

3 水的需求

按照现有人口和工业产业结构、规模, 城区生活、工业、农业的需水情况为, 现状城区生活需水量 530 万 m^3/a ; 城区环境需水 50%保证率 80 万 m^3/a 、75%保证率 95 万 m^3/a 、95%保证率 95 万 m^3/a ; 工业用水量 3700 万 m^3/a ; 农村人畜需水量 1224 万 m^3/a ; 粮田 50%保证率需水量 2400 万 m^3/a 、75%保证率需水量 2800 万 m^3/a 、95%保证率需水量 2800 万 m^3/a ; 商品菜田 50%保证率需水量 2600 万 m^3/a 、75%保证率需水量 2880 万 m^3/a 、95%保证率需水量 2880 万 m^3/a ; 林果 50%保证率需水量 5600 万 m^3/a 、75%保证率需水量 6720 万 m^3/a 、95%保证率需水量 6720 万 m^3/a 。合计 50%保证率需水量 16134 万 m^3/a , 75%保证率需水量 17950 万 m^3/a , 95%保证率需水量 17950 万 m^3/a 。

随着经济的快速发展, 各行业对水的需求大量增加, 到 2010 年, 城区生活需水量为 1259 万 m^3/a ; 城区环境需水量 50%保证率 189 万 m^3/a 、75%保证率 227 万 m^3/a 、95%保证率 227 万 m^3/a ; 工业需水量 5400 万 m^3/a ; 农村人畜需水量 994 万 m^3/a ; 粮田 50%保证率需水量 2070 万 m^3/a 、75%保证率需水量 2430 万 m^3/a 、95%保证率需水量 2430 万 m^3/a ; 商品菜田 50%保证率需水量 2560 万 m^3/a 、75%保证率需水量 2880 万 m^3/a 、95%保证率需水量 2880 万 m^3/a ; 林果 50%保证率需水量 5100 万 m^3/a 、75%保证率需水量 6900 万 m^3/a 、95%保证率需水量 6900 万 m^3/a 。合计 50%保证率需水量 17572 万 m^3/a , 75%保证率需水量 20090 万 m^3/a , 95%保证率需水量 20090 万 m^3/a 。

4 供求存在的问题

4.1 资源短缺, 浪费严重

龙口市人均水资源量 368 m^3 , 为全国人均占有量的 16.7%, 属资源型缺水地区, 在这样一个缺水地区, 人们珍惜水的意识还比较淡薄, 浪费水的现象仍比较普遍, 居民生活、公共设施、工业、农业不同程度上都存在着浪费水的情况。农业生产灌溉用水利用率 45%, 比发达国家的 70%~80%低很多, 工业用水的重复利用率不到 52%, 与发达国家的 75%~85%有很大差距。不合理的用水结构浪费了大量水资源, 生活、工业、农业、生态用水比例现状为 9.2 : 16.1 : 73.6 : 1.1, 农业用水仍占有很大的比重, 农业节水仍将是今后的工作重点, 工业的产业结构需要调整, 减少耗水量大的企业。

4.2 供需矛盾突出

龙口水资源的开发程度较高,总体供水能力不会再有较大的增加,而经济发展的结果是需水量不断增加,这种情况会导致需水增加与供水不足之间的矛盾更加突出,预计2010年缺水将达到3700万 m^3 。

4.3 水资源过度开发已经导致水生态环境恶化

龙口市水资源过度开发利用已经引发了一系列的生态问题,最为突出的包括两方面:一是地下水超采引发的海水入侵,造成地下淡水咸化面积103 km^2 ,向内陆纵向入侵最长达4km,3000万 m^3 淡水失去利用价值,引发了许多生态、环境和工程问题;二是工业企业排放的大量污废水,污染了地下水源,造成水质性缺水。

4.4 水的宏观价格调控体系尚未建立

由于现状供水价格不高,不足以引起人们对节水的重视。现状水的价格体系需要政府重新核定,通过经济杠杆来减少对水的需求量。

5 解决的途径

5.1 调整产业结构,降低取水总量

农业是用水大户,应重点进行种植结构调整。深入实施农业种植业内部结构调整,减少高耗水作物的种植面积,增加经济作物的种植比例,发展高效节水农业。

工业积极发展高科技产业,根据龙口市国民经济和社会发展的实际情况,以新材料、生物技术和机电一体化三大领域为重点创新领域,带动电子信息技术、节能与环保技术和农业高新技术产业的开发和拓展,使新型建材、食品、电子电器、汽车关键零部件等四大支柱产业加速膨胀,快速发展,促进经济结构优化升级。高耗水、高污染、效益差的工业企业将被淘汰,新上的工业项目会受到严格的用水审批,要采用最先进的节水工艺。通过这些措施来降低取水总量。

5.2 提高供水价格,减少用水需求

新的水资源费标准已经实施,要切实落到实处,按照国务院和省政府的要求,尽快提高水利工程供水价格和城市用水价格,适度调整农业水价。实行用水定额管理、超定额累进加价制度。居民生活用水实行阶梯式计量水价,工农业生产用水根据用水定额和用水计划,实行定额用水平价、超定额超计划用水累进加价,农业用水实行库水预分、按亩配水、按方计费、预售水票、凭票供水、节约归己、超用累进加价的办法,促进节约用水。这些措施得到落实后,经测算,用水需求会下降10%。

5.3 推行节水措施,增加重复利用

工业企业与发达国家同行业相比,用水效益还不够高,应实施节水措施,提高工业用

水重复利用率,最终达到全部企业都有节水设备,水的重复利用率达到发达国家水平。目前,工业用水量占总用水量的 12%,重复利用率为 52%,低于国外先进水平 75%,通过对现有工业冷却水和锅炉用水进行技术改造,增加生产工艺中的循环利用,工业取水可节水 25%。

5.4 处理排放污水,搞好中水回用

对于城区排放的污水,采取集中处理的方式,在东城区,经过两期施工,已建成日处理能力 2.5 万 t 的污水处理厂一座,处理后污水达到国家一级排放标准;在西城区,规划了龙港和龙口经济开发区两座污水处理厂,已经立项,即将实施。同时研究制定处理后的中水的回收利用的政策和措施。

对于工业企业,依法通过行政手段,促进工业企业建设和完善污水处理设施。目前,比较大的企业如南山集团、龙口电厂等均已建成了污水处理厂,日处理能力达到 3.5 万 t,处理后的中水大部分在企业内部得到了利用,大大减少了污水的排放量。

对于农业,大力发展生态农业,推广节水灌溉和生物防治技术,使用高效、无污染的绿色肥料,推广生物农药,控制农药、化肥、地膜等污染,逐步削减化肥施用量,减少农业面源污染。

5.5 加强深度开发,提高雨洪利用

龙口水资源的开发程度虽然较高,但对于汛期过于集中的洪水无法得到有效利用,大部分洪水都排入渤海。对多余洪水的开发利用,应进行深入研究,加大开发力度,使洪水变成有效的资源。

5.6 增加海水利用,获取淡化水源

龙口是一个沿海小城市,有着丰富的海水资源,应充分加以利用。龙口电厂循环冷却水已使用海水,年用量约 20000 万 m^3 ,还要扩大海水使用量,对能够直接利用海水的相关行业要进行技术改造,使之全部使用海水,这是一个不小的使用量,能够替代很多淡水资源。沿海地区,尤其是城区和海水入侵区,海水淡化将成为供水的一个重要水源,目前海水淡化成本还比较高,每立方米水 5 元多,推广有一定的难度,随着科技的不断进步,社会经济的发展,在不久的将来,海水淡化将在本地区得以实施。

水污染防治在行动

王增亮

山东省龙口市水务局，龙口

1 龙口概况

1.1 自然地理

龙口市地处山东半岛西北部，东经 $120^{\circ}13'14''\sim 120^{\circ}44'46''$ ，北纬 $37^{\circ}27'30''\sim 37^{\circ}47'24''$ ，陆地总面积 893 km^2 ，呈枫叶状，西部、北部濒临渤海，海岸线总长 68.38 km 。

龙口市总的地形是东南高、西北低，南部为低山丘陵，北部为平原，山区丘陵与平原面积约各占一半。龙口市属暖温带半湿润季风型大陆性气候，四季分明，季风进退明显。年平均气温 11.8°C ，多年平均降水量 586.3 mm 。

1.2 资源、能源

龙口自然资源丰富，境内建有全国唯一的低海拔大型海滨煤炭基地，褐煤总储量 29 亿 t ，年开采量 500 多万 t ；南部山区盛产黄金、花岗岩、石灰石等矿产资源；沿海大陆架石油及天然气储藏丰富。

龙口的城市功能日臻完善，交通便利，公路密度为每百平方公里为 67.8 km ；境内的龙口港为全国最大的地方港口，拥有万吨级以上泊位 8 个 ，年吞吐量超过 1000 万 t 。拥有全国第一座由中央和地方集资兴建的坑口电厂，全市目前各类电厂的总装机容量为 160 万 kW 。基础设施较为完备，城市化水平达到 48% 。

1.3 社会经济

龙口市辖 14 个镇（区、街） ， 634 个村（居） ，人口 62 万 。近年来，龙口经济发展迅速， 2003 年 完成国内生产总值 192.9 亿元 ，人均 3.1 万元 。在全国经济竞争实力百强县中排名第 25 位 ，在山东省排名第三。

2 水资源与水工程

2.1 水资源特点

龙口市的水资源分布和特点主要是：总量少，多年平均降水量 5.24 亿 m^3 ，入境客水 0.76 亿 m^3 ，扣除地面蒸发、水体蒸发、植物蒸腾、排泄入海量，形成的水资源只有 2.3 亿 m^3 ，人均占有水资源量 368 m^3 ，为全国人均占有量的 16.7%。亩均水资源量 503 m^3 ；区域分布不均，57%的地表水主要集中在南部山区，71%的地下水主要分布在北部平原区；年际间变化大，丰枯具有连续性。龙口市多年水资源总量如表 1 所示。

表 1 龙口市水资源总量

典型年	地表水资源量/万 m^3	地下水资源量/万 m^3	重复计算量/万 m^3	水资源总量/万 m^3
多年平均	12 660	9 280	4 380	17 560
50%	12 009	9 280	4 250	17 039
75%	5 991	9 280	1 600	13 671
95%	3 398	9 280	1 200	11 478

2.2 水资源开发利用情况

地表水源工程。新中国成立后经过几十年的努力，到目前，龙口市已建有大型水库 1 座，中型水库 2 座，小（一）型水库 6 座，小（二）型水库 59 座，谷坊 600 座。在主河流——黄水河上建有大型钢筋混凝土翻板拦河闸 7 座。全市地表总蓄水能力达到 2.23 亿 m^3 ，总兴利库容 1.23 亿 m^3 。

地下水源工程。全市目前有机电井 7548 眼，大口井 573 眼。在黄水河下游建有亚洲最大的地下水库，总库容 5359 万 m^3 ，最大调节库容 3929 万 m^3 ；在八里沙河中游建有小型地下水库一座，兴利库容 35.5 万 m^3 。

2.3 水利工程在调配水资源方面的作用

通过修建水利工程，使水资源的使用和调配得到了有效的控制，地表拦水工程在汛期可以起到削减洪峰、减少洪涝灾害的作用，在汛末尽可能多地蓄水，为旱季浇灌及补充下游地下水储备充足水量；地下水利工程则在汛期内尽可能多地蓄水、回灌补源补充地下水，为旱季储备水量。各类拦蓄和调水、补源工程的建设，使水资源在时间和空间上得到了合理的调配。

2.4 良性循环的成功模式

黄水河流域总流域面积为 1034 km^2 ，在龙口境内的面积为 453 km^2 ，是龙口市工农业生产的主要水源地。按照“上游建地表水库，中游层层拦蓄、回灌，下游建地下水库，实行地表水、地下水联合调度；通过沿河修建污水处理厂和集中排放管道来保护水质”的建设思路，对黄水河主河道进行治理，使流域内水资源的“资源水、环境水、生态水及

灾害水”的功能得到合理的转化和应用。目前，龙口市在黄水河主河道上游建成总库容为 1.21 亿 m³ 的大型地表水库 1 座，大型拦河闸 7 座，开挖各类补源渗井 2 500 眼，年可复蓄水量 1 942 万 m³；下游建成了地下水库，库区最大回水面积 51.8 km²，总库容 5 359 万 m³，最大调节库容 3 929 万 m³；在右岸堤外建设集中排污管道 9.01 km，建成日处理能力 4 万 t 污水处理厂 1 处；并对河道的河床、河堤等进行了治理。现在的黄水河河内碧波荡漾、两岸绿树成荫、鸟语花香，正在逐步变成一条真正的资源河、景观河和生态河，真正地成为龙口市人民的母亲河。

3 日新月异的经济发展与日渐凸显的水环境污染

3.1 产业比重的变化和工业结构变化

龙口市国民经济经过“八五”期间的快速发展和“九五”期间向市场经济的过渡发展，综合实力明显增强。国内生产总值及三次产业结构见表 2。

表 2 龙口市分期国内生产总值及三次产业结构比例

年份 \ 项目	国内生产总值/亿元	三次产业结构比例
1980	2.6	48.9：30.2：20.9
1990	14.4	19.1：60.8：20.1
1995	65.9	17.9：52.3：29.8
2000	123.8	12.9：56.1：31
2003	192.9	8.4：54.1：37.5

随着经济的发展，国民经济各行业中耗能大、耗水多的企业比重也在逐步加大。2003 年，作为龙口支柱产业的能源、铝业、机械、纺织、食品、建材及化工等行业的销售收入、利润分别占到了全市工业经济总量的 65%和 68.5%。而这些行业大多是能耗大、耗水多、污染也较为严重。

3.2 用水量增加和用水比重变化

随着工农业的迅猛发展，各行业、各部门总的用水量逐步增加，而伴随着一些节水措施的实施，各行业的用水比重也随之变化。龙口市历年各部门用水量如表 3 所示。

表 3 龙口市历年各部门用水量统计

年份	农业用水/ 万 m ³	占总用水量 的比例/%	工业用水/ 万 m ³	占总用水量 的比例/%	生活用水/ 万 m ³	占总用水量 的比例/%	总用水量/ 万 m ³
1991	14 966	85	1 555	9	1 116	6	17 637
1995	14 603	80	2 094	12	1 470	8	18 167
1999	14 003	77	2 664	15	1 528	8	18 195
2003	11 890	76	2 150	14	1 630	10	15 670