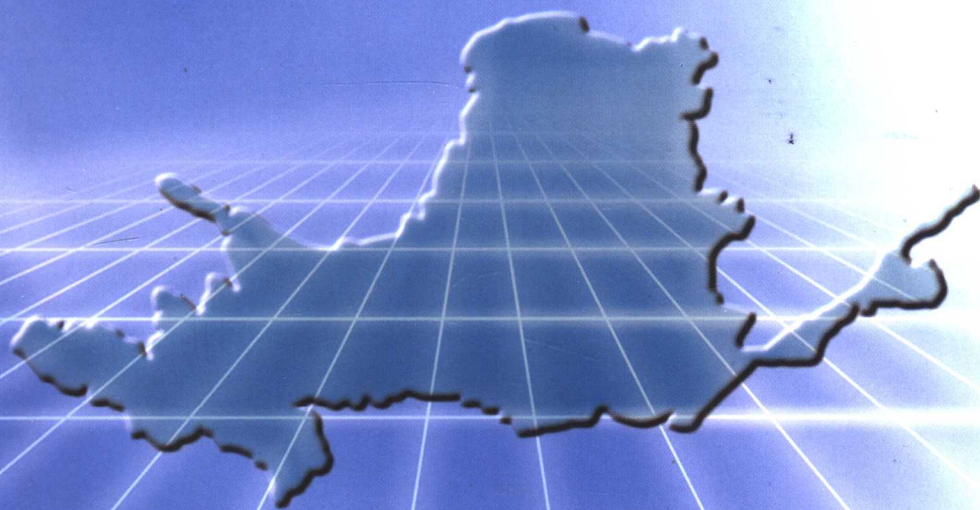


HUANGHE LIUYU SHUIZIYUAN DIAOCHAPINGJIA

黄河流域 水资源调查评价

张学成 潘启民 等著



黄河水利出版社

黄河水利委员会科技出版基金资助项目

黄河流域 水资源调查评价

王浩 主编 王浩 副主编



黄河水利出版社

黄河流域水资源调查评价

张学成 潘启民 等著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书依据 1956~2000 年系列水文气象基本资料,以水文水资源调查评价有关理论为基础,系统地分析评价了 1956 年以来黄河流域水资源变化特性。主要内容包括降水、蒸发、干旱指数、河川径流、地下水、水资源总量及其可利用量、地表水水质和地下水水质、河流泥沙、水资源情势分析等。本书内容翔实,资料系列长且来源可靠,可供从事水利、农业、林业、牧业、渔业、地质等方面的工作人员、科研人员及大中专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河流域水资源调查评价/张学成,潘启民等著.
郑州:黄河水利出版社,2006.11
ISBN 7-80734-054-1

I. 黄… II. ①张…②潘… III. ①黄河流域-水资源-水利调查②黄河流域-水资源-综合评价 IV. TV21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 015026 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:wlp@yrcp.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940 传真:0371-66022620

E-mail:hslcbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:22.5

字数:520 千字

印数:1—2 600

版次:2006 年 11 月第 1 版

印次:2006 年 11 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80734-054-1/TV·453

定价:60.00 元

序

黄河是中华民族的母亲河。历史上,黄河流域同幼发拉底河和底格里斯河流域、尼罗河流域、恒河流域齐名,是世界上著名的四大文明古国的发祥地之一。远古时期,这里气候湿润,水源丰富,土地肥沃,是我国经济文化发展最早的一个地区。早在远古时代,轩辕黄帝和他的沿黄部落就开始在这里创造中华文明。

黄河流域的水资源利用在历史上主要是兴办灌溉事业和漕运,且起源很早。相传在刀耕火种的原始社会,人们就经常“负水浇稼”以保证农作物生长;大禹治水时期,就曾“尽力乎沟恤”,发展水利;战国初期,黄河流域开始出现大型水利工程;秦以后,黄河流域的水利事业有了进一步发展。在漫长的封建社会里,随着各朝代的更替和重视程度不同,水利事业时有兴废,但总的形势是向前发展的。到1949年,黄河流域利用河川径流实灌面积为977万亩($1\text{亩}=0.0667\text{hm}^2$),年耗水74亿 m^3 ,另有纯井灌面积223万亩。

1949年以后特别是20世纪70年代以来,沿黄地区对黄河水资源进行了大规模的开发利用。截至2000年,全流域已建成大、中、小型水库及塘堰坝等蓄水工程近20000座,总库容近720亿 m^3 ,其中大型水库22座,总库容617亿 m^3 ;引水工程约9860处,提水工程约23600处,机电井工程约38万眼;在黄河下游,还兴建了向两岸海河、淮河流域平原地区供水的引黄涵闸90座,提水站31座,为开发利用水资源提供了重要的基础设施。黄河流域及下游引黄地区灌溉面积由1950年的1200万亩发展到目前的1.1亿亩(其中流域外引水灌溉面积0.37亿亩)。流域内引黄灌区主要分布在上游的宁蒙平原、中游的汾渭盆地和下游,其灌溉面积约占总灌溉面积的64%。其余灌溉面积较为集中的地区还有青海湟水地区、甘肃沿黄台地和河南伊洛河、沁河地区。在约占耕地面积36%的灌溉面积上生产了70%的粮食和大部分经济作物。黄河还为两岸50多座大中城市、420个县(旗)城镇、晋陕宁蒙地区能源基地、中原和胜利油田提供了水源保障,“引黄济青”为青岛市的经济发展创造了条件,“引黄济津”缓解了天津市缺水的燃眉之急。黄河水资源的综合开发利用,改善了部分地区的生态环境,解决了农村近3000万人的饮水困难。黄河干流已建、在建的15座水利枢纽和水电站,发电总装机容量1113万kW,年平均发电量401亿kWh。黄河水资源的开发利用有力地推动了黄河流域及相关地区的经济发展,取得了显著的效益。

水资源调查评价是流域综合治理规划、水资源开发利用保护等专业规划工作的重要基础依据。作为黄河流域第二次水资源调查评价成果的集成,《黄河流域水资源调查评价》一书,立足于水文气象基本资料,通过列举大量的事实,对黄河流域降水、河川径流、地

下水、泥沙和水资源情势等变化特点进行了深入、细致的分析,得出了一些重要结论。

应该说,本书是一本难得的全面分析黄河水资源变化的文献。相信它对于深入了解黄河水资源及其变化特点、合理开发利用黄河水资源等方面具有重要的参考价值。

中国科学院院士

刘昌明

2005年12月20日

前 言

水、土地、能源是人类社会生存和发展的三大战略性资源,而我国水资源问题则更加突出。据预测,到 21 世纪中叶,我国将进入缺水国家行列,洪涝灾害、干旱缺水、水污染和生态环境恶化已成为我国经济社会可持续发展的重要制约因素。为此,党中央、国务院确立了新时期“全面规划、统筹兼顾、标本兼治、综合治理,实行除害兴利结合,开源节流并重,防洪抗旱并举,在加强防洪减灾的同时,把解决水资源不足和水污染问题放在更突出的位置”的水利工作总方针。根据这一方针,水利部党组提出了“从传统水利向现代水利、可持续发展水利转变,以水资源的可持续利用支持经济社会的可持续发展”的治水新思路,并明确了“坚持科学发展观,全面推进可持续发展水利”的指导思想。

为认真贯彻中央关于新时期治水的方针政策,全面落实国家实施可持续发展战略的要求,适应经济社会发展和水资源形势的变化,着力缓解水资源短缺、生态环境恶化等重大水问题,水利部和国家发展计划委员会部署开展全国水资源综合规划编制工作,并以水规计[2002]83 号文批复了《全国水资源综合规划任务书》。相应地,黄河流域要编制黄河流域水资源综合规划。

开展黄河流域水资源综合规划的目的就是要全面贯彻落实国家新时期的治水方针,积极适应黄河流域经济社会发展的需要,促进黄河流域水资源的科学管理和水资源的可持续利用,为实现以水资源的可持续利用支持经济社会可持续发展的战略目标提供坚实的基础和有力保障。同时,近 20 年来,由于人类活动和气候变化的双重影响,黄河流域水资源特性发生了一定的变化。例如,黄河干流大洪水出现几率不断减小、下游断流现象经常发生、部分干支流河道出现萎缩、平原区地下水漏斗不断扩大、河流水质污染日益严重等。针对黄河流域水资源方面出现的新情况、新问题,进行黄河流域水资源综合规划势在必行。

流域水资源调查评价是流域水资源综合规划的基础和依据之一,是水资源综合规划的重要组成部分。

黄河流域水资源调查评价编制工作是黄河流域水资源综合规划的重要基础和重要组成部分。项目于 2003 年 1 月正式启动,经过近两年半的时间,完成了“黄河流域水资源调查评价”研究成果。本书是这些成果的集成和总结。

黄河流域水资源调查评价编制工作的依据主要有:①《全国水资源综合规划工作大纲和技术细则》;②《黄河流域(片)水资源综合规划工作大纲和技术细则》;③《全国水资源调查评价技术细则》;④《全国地表水水质调查评价细则》;⑤《全国地下水调查评价补充细则》;⑥《全国地下水水质调查评价补充细则》等。

黄河流域水资源调查评价的水文气象资料系列时段是 1956~2000 年。主要内容包括降水、蒸发、地表水资源量、地下水资源量、水资源总量及可利用量、地表水水质、地下水水质、水资源情势分析等。

黄河流域水资源调查评价编制工作过程中,分析应用了 1 204 个雨量站、337 个蒸发站、266 个水文站,共近 20 万站年资料和大量地下水动态观测资料,调查收集了大量工农业生产和生活用水、水文地质、均衡试验、排灌试验、地表水和地下水污染源调查等大量基础资料。在充分利用黄河流域第一次水资源调查评价、国家“九五”科技攻关项目、黄河水中长期供求计划、黄河历年水文基本资料审查评价及天然径流量计算等成果的同时,针对工作需要还进行了补充性的普查勘测和专门观测试验研究,如重点地区工农业用水调查、冰期及非冰期水面蒸发折换系数的对比观测、渠系渗漏及回归水系数等试验研究。对大量数据和计算过程都进行了多种方法分析计算和审核。如面平均降水量计算、地下水计算参数、河川基流的切割方法等,采用了多种方法分析计算,互相对比验证,综合取值。

参加本书编写的有张学成、潘启民、李明、王丽伟、杨向辉、乔永杰、李东、张石娃、张春岚、陈涛等 10 人。全书由张学成博士统稿,并负责校阅全稿。

在本书写作过程中,王玲教授级高级工程师、吕光圻教授级高级工程师、吴燮中高级工程师、邱宝冲教授级高级工程师、丁晶教授、张新海教授级高级工程师等经验丰富的专家,自始至终给予了热忱的指导。黄河水利委员会水文局董雪娜、李雪梅、林银平、李红良、李跃奇、柴成果、杨汉颖、钱云平、金双彦、高亚军、王志勇、蒋秀华,黄河勘测规划设计有限公司杨立斌,四川大学张少文博士等提供了大量的素材并参与了部分分析计算、绘图等工作。流域内各省(区)水文(水资源)(勘测)局(总局)、陕西省水工程勘测设计院、内蒙古水事研究中心等,对本书的编写给予了积极的支持。在此,一并表示衷心的感谢!

黄河水资源问题十分复杂,随着新情况、新问题的不断出现和提出,许多问题尚需进一步深入研究,加之作者的业务水平和阅历有限,文中难免出现一些疏谬之处,敬请读者批评指正。

作 者

2005 年 10 月

目 录

序

刘昌明

前 言

第一章 概 述	(1)
第一节 自然地理概况	(1)
第二节 经济社会现状	(9)
第三节 水资源分区	(12)
第四节 调查评价主要内容及成果	(19)
第二章 降水、蒸发、干旱指数	(23)
第一节 降 水	(23)
第二节 水面蒸发	(42)
第三节 干旱指数	(48)
第三章 地表水资源量	(50)
第一节 地表水还原计算	(50)
第二节 河川天然径流量	(58)
第三节 系列一致性处理	(66)
第四节 分区地表水资源量	(74)
第五节 出入省境水量与入海水量	(86)
第六节 水量平衡分析	(89)
第七节 人类活动对地表水资源影响	(90)
第四章 地下水资源量及其可开采量	(95)
第一节 基本要求	(95)
第二节 评价类型区和矿化度分区	(95)
第三节 主要水文地质参数	(97)
第四节 平原区地下水资源量	(103)
第五节 山丘区地下水资源量	(122)
第六节 分区地下水资源量	(126)
第七节 地下水资源量分布	(132)
第八节 不同系列地下水资源量对比	(134)
第九节 地下水可开采量	(138)
第五章 水资源总量	(148)
第一节 计算方法	(148)
第二节 分区水资源总量	(149)
第三节 黄河现状下垫面条件下水资源总量	(163)

第六章 水资源可利用量	(168)
第一节 地表水可利用量.....	(168)
第二节 水资源可利用总量.....	(176)
第三节 黄河水资源开发利用现状.....	(177)
第七章 地表水水质	(181)
第一节 水化学类型.....	(181)
第二节 河流现状水质评价.....	(189)
第三节 河流水质变化趋势.....	(199)
第四节 水功能区水质分析.....	(203)
第五节 地表水供水水源地水质评价.....	(212)
第八章 地下水水质	(219)
第一节 评价方法.....	(219)
第二节 地下水水化学特征.....	(224)
第三节 地下水现状水质评价.....	(230)
第四节 地下水水质变化趋势及污染分析.....	(237)
第五节 地下水源地水质及供水水质评价.....	(242)
第六节 地下水水质保护对策.....	(246)
第九章 河流泥沙	(250)
第一节 输沙模数分布特征.....	(250)
第二节 主要河流实测输沙量变化特点.....	(252)
第三节 三门峡水库库区和下游河道冲淤变化特点.....	(259)
第四节 水利水保工程减沙效益分析.....	(262)
第十章 水资源情势	(265)
第一节 长历时变化特点.....	(265)
第二节 黄河水资源变化趋势.....	(280)
第十一章 黄河流域水资源评价	(284)
第一节 黄河流域水资源特点.....	(284)
第二节 几点认识.....	(286)
附表 1 黄河干流主要控制站实测年径流量与天然年径流量对比 (系列一致性处理后).....	(288)
附表 2 黄河主要支流控制站实测年径流量与天然年径流量对比 (系列一致性处理后).....	(290)
附表 3 黄河流域二级水资源分区逐月降雨量	(292)
附表 4 黄河流域二级水资源分区逐月地表产水量	(310)
附表 5 黄河流域二级水资源分区总量逐年对比	(328)
附图 1 黄河流域地理位置图	(330)
附图 2 黄河流域水系分布图	(331)

附图 3	黄河流域平原区 2000 年年均浅层地下水埋深分布图	(332)
附图 4	黄河流域浅层地下水资源评价类型区分布图	(333)
附图 5	黄河流域各平原区浅层地下水总补给量($M \leq 2 \text{ g/L}$)模数分布图	(334)
附图 6	黄河流域各平原区浅层地下水资源量($M \leq 2 \text{ g/L}$)模数分布图	(335)
附图 7	黄河流域降水入渗补给量($M \leq 2 \text{ g/L}$)模数分布图	(336)
附图 8	黄河流域平原区浅层地下水可开采量($M \leq 2 \text{ g/L}$)模数分布图	(337)
附图 9	黄河流域地表水矿化度分布特征	(338)
附图 10	黄河流域地表水总硬度分布特征	(339)
附图 11	黄河流域地表水水化学类型分布特征	(340)
附图 12	黄河流域主要河流水质现状评价结果	(341)
附图 13	黄河流域地下水水化学类型分布图	(342)
附图 14	黄河流域地下水矿化度分布图(2000 年)	(343)
附图 15	黄河流域地下水总硬度分布图	(344)
附图 16	黄河流域地下水 pH 值分布图	(345)
附图 17	黄河流域地下水各类别水质分布图	(346)
附图 18	黄河流域 1980~2000 年平均输沙模数分布图	(347)
参考文献		(348)

第一章 概 述

黄河是中华民族的发祥地,流域内经济开发历史悠久,文化繁衍源远流长,曾经长期是我国政治、经济、文化的中心地区。黄河流域水资源可持续利用事关该区域社会、经济、环境生态的协调发展和人民生活水平的提高,并对全国水资源的可持续利用具有深远的影响。

第一节 自然地理概况

一、地理位置

黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地,自西向东,流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东等 9 省(区),在山东省垦利县注入渤海。全流域位于 $96^{\circ}\text{E}\sim 119^{\circ}\text{E}$ 、 $32^{\circ}\text{N}\sim 42^{\circ}\text{N}$ 之间,东西长 1 900 km,南北宽约 1 100 km。黄河的河长和流域面积,因泥沙淤积、河口延伸而处于不断变化之中。据 1973 年量算,黄河河长 5 464 km,流域面积 $752\,443\text{ km}^2$,包括鄂尔多斯高原区面积则为 $794\,712\text{ km}^2$ 。黄河流域地理位置情况见附图 1。

黄河河源—内蒙古托克托(河口镇)河段称为上游(河段长 3 472 km,集水面积 38.6 万 km^2),托克托—河南省桃花峪河段称为中游(河段长 1 206 km,集水面积 34.4 万 km^2),桃花峪以下河段称为下游(河段长 786 km,集水面积 2.2 万 km^2)。

二、地形地貌

黄河流域西部高,东部低,地势由西向东逐级下降,可分为 3 个巨大的地形阶梯。

(一)第一大阶梯

黄河流域的第一大阶梯,即最高一级是西部的青海高原,海拔在 4 000 m 以上,其南部的巴颜喀拉山脉构成与长江流域的分水岭。祁连山横亘北缘,形成青海高原与内蒙古高原的分界。阶梯的东部边缘北起祁连山东端,向南经临夏、临潭沿洮河,经岷县直达岷山。主峰高达 6 282 m 的阿尼玛卿山,耸立中部,是黄河流域最高点,山顶终年积雪。呈西北—东南方向分布的积石山与岷山相抵,使黄河绕流而行,形成 S 形大弯道,是九曲黄河的第一曲。

(二)第二大阶梯

黄河流域的第二大阶梯,大致以太行山为东界,地面平均海拔一般为 1 000~2 000 m,包含河套平原、鄂尔多斯高原、黄土高原和渭汾盆地等较大的地貌单元。这一带历来是我国各民族繁衍生息所在地。许多复杂的气象、水文、泥沙现象多出现在这一地带,该地带也是黄河流域水旱灾害的主要发生地。

宁夏、陕西、内蒙古交界处的白于山以北,是内蒙古高原,包括河套平原和鄂尔多斯高原。河套平原西起宁夏中卫、中宁,东至内蒙古托克托,长 750 km,宽 50 km;西部的贺兰山、狼山和北部的阴山,是黄河流域和西北内陆河的分界,对阻止腾格里沙漠、乌兰布和沙漠与巴丹吉林沙漠向黄河腹地入侵,起到一定的作用。鄂尔多斯高原,是一个近似方形台状的干燥剥蚀高原,地理学界又称为“鄂尔多斯地台”,风沙地貌发育活跃。北部的库布齐沙漠、西部的卓资山、东部及南部的长城,把高原中心围成一块凹地,降雨径流大都汇入盐湖,形成黄河流域界内面积 4.23 万 km² 的内流区。

黄土高原北起长城,南界秦岭,西抵青海高原,东至太行山脉,海拔 1 000~2 000 m,深厚黄土、疏松土质、裸露地表、强烈侵蚀,形成了千沟万壑、支离破碎的地形地貌,是黄河流域泥沙的主要来源地。著名的渭汾盆地,包括陕西关中盆地、山西太原盆地和晋南盆地,海拔 500~1 000 m,素以膏壤沃野、农产丰饶著称。东部太行山,是黄河与海河的分水岭,横亘南部的秦岭及其向东延伸的伏牛山、嵩山,是我国亚热带与暖温带、干旱区与湿润区的南北分界,也是黄河与长江、淮河的分界。

(三) 第三大阶梯

黄河流域的第三大阶梯,从太行山、邙山的东麓直达海滨,构成黄河冲积大平原。包括豫、鲁等省的部分地区,面积约 25 万 km²。地面海拔一般在 100 m 以下,并微微向海洋倾斜。平原的地势,大体以黄河大堤为不稳定的分水岭,南北分别为黄淮大平原和黄海大平原。

黄河流域自西向东、由高到低的三大地形阶梯,对形成本流域的气候、自然景观以及河流顺势东下的总形势,有决定性的作用。据地质学家研究,青藏高原系因地球自转离心力的作用,使欧亚板块总体南移,印度板块向北和向北东方向移动,太平洋板块向西北和向西移动,三大板块相互挤压,在我国西部发生右旋扭曲,到上新世末,印度板块急剧向北俯冲,同时欧亚板块也向南加剧移动,在这种巨大的南北挤压应力作用下,发生强烈的新构造运动,使我国西部地区迅速隆起,形成了有“世界屋脊”之称的青藏高原和黄河流域的一、二级阶梯,也使溯源侵蚀更加活跃。强大的西风环流,年复一年地挟带着印度洋上空的暖湿气流,爬越青藏高原,顺势东下,逐步下沉、增温,云团蒸发,造成黄河上、中游大部分地区干旱、半干旱的气候条件,古代许多巨大的内陆湖泊,随之萎缩干涸,演化为沙漠。这个过程,至今仍在继续之中。

三、土壤植被

(一) 土壤

黄河流域土壤由东南向西北依次分布有棕壤土、褐色土、灰褐土、灰钙土、栗钙土、棕钙土、漠钙土等。

棕壤土分布在泰山、秦岭、六盘山、吕梁山等山地。属温带森林条件下发育的山地棕壤土和山地褐色土,一般土层较薄,常成粗骨土,土质呈中性或微酸性反应。

褐色土分布在东南部的森林草原地带,包括陕西中部、甘肃南部和山西的大部分。土壤剖面上部呈褐色,腐殖质含量较高,呈中性至微碱性反应,中部和下部黏化现象显著。

灰褐土分布于陕西北部 and 甘肃中部的草原地带,土壤剖面具有较厚的腐殖质层,浅褐

色,碳酸盐含量高,为碱性。表层为细粒状结构,中下部呈核状至团块状结构,剖面中部有明显的黏化现象。

灰钙土分布于固原、兰州的干草原地带,质地较粗,腐殖质含量低,呈碱性反应。

栗钙土和棕钙土分布于鄂尔多斯高原边缘的干草原地区,腐殖质含量低,土层较薄且多沙。

漠钙土分布于鄂尔多斯高原中部,属荒漠草原地带,有机质多分解为矿物质,含盐量大。

黄河上游青海高原上有明显的山地垂直谱。黄河源及积石山一带为地表状似毛毡的高山草毡土;较湿润处有机质分解略为充分,为高山黑毡土;黄河沿以南草原上为高山落嘎土;高山雪线以下有高山寒漠土。

黄河流域土壤除上述地带性分布规律外,还有由各种原因造成的多种隐域性土壤分布。

(二)植被

黄河流域自然植被的地区分布受海洋季风影响,自东南向西北顺序出现了森林草原、干草原和荒漠草原 3 种植被类型地带。

1. 森林草原地带

大致包括青海高原地区以及凉城、兴县、离石、延长、志丹、庆阳、平凉、通渭一线以南和以东地区。青海高原除湟水各地分布有温带草原外,绝大部分为高寒草甸丛和高寒草原。黄土高原原始植被已破坏殆尽。梁峁谷坡皆为次生的白羊草、芨芨、长芒草草原和铁秆蒿等组成的杂类草草原。黄土高原的石质山地(海拔 2 500 m 以上),如六盘山、吕梁山、西秦岭等高山上,森林较茂密,主要为落叶、阔叶及少量针叶混交林;山顶一般为针叶林。黄土高原中的低山(相对高差 200~400 m),如黄龙山、崂山、子午岭等保存着一些次生的落叶阔叶林及少量针叶混交林。

2. 干草原地带

包括阴山山脉河曲、靖边、同心、景泰一线以南,森林草原地带以北地区。除大青山植被略好,分布有长芒草、冷蒿草原外,其余多为抗旱耐寒和生殖力强的草木,散布于沟壑两侧和荒芜崖坡间。

3. 荒漠草原地带

位于干草原地带西北,即鄂尔多斯高原及河套地区。由于风沙影响,气候干燥,植被稀少,只有少数耐寒、抗旱、耐盐碱的植物。

四、水库、湖泊、冰川

(一)水库

根据 2000 年资料统计,黄河流域现有小(I)型以上水库 492 座,总库容 797 亿 m^3 ,其中死库容 176 亿 m^3 ,供水库容 517 亿 m^3 。表 1-1 给出了黄河流域小(I)型以上水库的统计结果。

黄河流域现有大型水库 23 座,总库容 740.5 亿 m^3 。主要位于黄河干流和支流伊洛河。其中大(I)型水库共 8 座,总库容 696 亿 m^3 ,死库容 161 亿 m^3 ,供水库容 466 亿 m^3 ;大(II)型水库共 15 座,总库容 44.5 亿 m^3 ,死库容 7.2 亿 m^3 ,供水库容 22.9 亿 m^3 。

表 1-1 黄河流域小(Ⅰ)型以上水库的统计结果

水库类型	座数	总库容(亿 m ³)	死库容(亿 m ³)	供水库容(亿 m ³)
大(Ⅰ)型	8	696	161	466
大(Ⅱ)型	15	44.5	7.2	22.9
中型	141	43.2	6.2	20.6
小(Ⅰ)型	328	13.3	1.6	7.5
合计	492	797	176	517

注:大(Ⅰ)型水库指总库容 10 亿 m³ 以上的水库,大(Ⅱ)型水库指总库容 1 亿~10 亿 m³ 的水库,中型水库指总库容 0.1 亿~1 亿 m³ 的水库,小(Ⅰ)型水库指总库容 0.01 亿~0.1 亿 m³ 的水库。

黄河流域现有中型水库 141 座,总库容 43.2 亿 m³,其中死库容 6.2 亿 m³,供水库容 20.6 亿 m³。有小(Ⅰ)型水库 328 座,总库容 13.3 亿 m³,其中死库容 1.6 亿 m³,供水库容 7.5 亿 m³。

(二)湖泊

根据不完全统计,黄河流域现有各类湖泊 68 个,水面总面积 2 111 km²,总库容近 170 亿 m³,多年平均蓄水量 163.3 亿 m³。其中淡水湖泊 65 个,咸水湖泊 3 个。

65 个淡水湖泊,水面总面积 2 082 km²,总库容约 169.8 亿 m³,多年平均蓄水量 163.2 亿 m³,主要分布于黄河河源区的玛曲以上(43 个)及黄河中游的青铜峡—河口镇区间(22 个)。

3 个咸水湖泊,水面总面积 29km²,其中黄河河源区的玛曲以上 2 个,黄河中游的青铜峡—石嘴山区间 1 个。

(三)冰川

冰川是寒冷地区多年积雪经过变质成冰,在重力作用下能自行流动,并具有一定形态的冰体。它是水资源的重要组成部分。

我国西部山区冰川水资源相当丰富。冰川融水径流总量为 564 亿 m³(杨针娘,1991),主要分布于西部甘肃、青海、新疆、西藏 4 省(区)。黄河流域冰川数量很少,主要分布于青海省境内的唐乃亥水文站以上的阿尼玛卿山,属于大陆型冰川。黄河流域的冰川总面积约 192 km²,冰川融雪径流总量 2.03 亿 m³,约占唐乃亥以上天然来水量 205.2 亿 m³(1956~2000 年系列)的 1%。

五、水文地质条件

(一)区域地质概况

黄河流域位于我国北中部,在燕山—天山、秦岭—昆仑山两大巨型纬向构造体系之间,上、中游大部分地区受祁(祁连山)—吕(吕梁山)—贺(贺兰山)山字形构造的控制,东部受北北东向新华夏系制约,西部受北西向西域系、河西系、反 S 形旋卷构造等制约,形成流域内特定的山川走向。

流域内的地质构造格架主要是燕山运动奠定的,经喜马拉雅运动的垂直升降影响,使地势高差逐渐拉大。喜马拉雅山和青藏高原大幅度抬升,部分地段沉降,从而形成山地、高原、平原等西高东低的地貌景观。黄河流域内的地层自太古代的变质岩系到新生代的

松散地层都有出露。广阔的冲积平原和盆地松散岩层及基岩裂隙、碳酸盐岩类溶洞,都为地下水的赋存创造了有利条件。

(二)区域水文地质条件

黄河上游西部地区干支流强烈排泄地下水,银川—内蒙古河套及汾渭盆地区,干、支流对地下水补、排兼有;下游由于黄河河床高出两岸地面 3~5 m,最大达 10 m,形成“悬河”,成为两岸地下水的重要补给来源。

水文地质条件即地下水补给、径流和排泄条件,它决定地下水形成、赋存、运动方式和地区分布规律。黄河流域水文地质条件主要受地质构造、岩性、水文气象、地形地貌和古地理环境的控制和影响,人类活动也不同程度地改变水文地质条件。

1. 松散岩类含水层(组)

松散岩类含水层(组)主要分布于黄河下游,黄河干支流河谷及宁蒙河套平原、黄土高原、汾渭河盆地、大青山、太行山、泰山等山前冲积、洪积平原等地。地下水主要赋存于第四系以及第三系的松散岩层中,一般浅部多为孔隙潜水,深部有承压水和自流水分布。

1) 冲积平原地区

冲积平原地区的含水层主要由砂、卵石、中粗砂、粉细砂组成,局部有黏土类干缩裂隙孔隙含水层。地下水埋深较浅,水量丰富,为中—强富水程度。单井涌水量 $5\sim 10\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$,黄河冲积扇地区为 $10\sim 25\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$ 。主要由大气降水和地表水体补给。由于平原地形平坦,地下水运动缓慢,排泄主要靠垂向潜水蒸发。水质一般较好,为重碳酸钙型水,局部低洼地及滨海地区水质较差,有氯化物型咸水分布。

2) 山前冲、洪积倾斜平原地区

山前冲、洪积倾斜平原地区的含水层由砂砾石、中粗砂组成,结构均一,厚度大,地下水以潜水为主,部分为承压水。主要由降水和山前侧向渗透补给。除开采外,主要由侧向径流排泄,由于地形坡降大,含水层透水性强,径流条件好。矿化度小于 2 g/L ,主要为重碳酸钙镁型水。单井涌水量为 $5\sim 30\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$ 。

3) 山间河谷平原

山间河谷平原主要包括关中盆地,太原、临汾、运城盆地。其特点是,从盆地边缘向中心岩性由粗变细,地下水埋深由大变小,矿化度由小变大,大部分为潜水,局部地区如临汾盆地有承压水。含水层厚度大,水量丰富,水质较好。局部地区有矿化度大于 2 g/L 的微咸水和咸水。主要由降水和地表水体补给。径流条件较差,排泄主要为潜水蒸发和地下水开采,现状开采条件下水平排泄较少。

4) 黄土高原地区

黄土高原地区的含水层主要为黄土孔隙裂隙水。黄土具有结构疏松、多孔隙、透水性好、垂直节理发育等特殊的结构和水理性质,决定了该地区地下水的形成和赋存条件,主要靠降水补给。由于黄土厚度由数十米到几百米,补给量小,蒸发强烈,地下水贫乏,只有在台塬、河谷等补给条件相对较好地区,地下水相对较丰富。水质多为矿化度小于 2 g/L 的淡水,属重碳酸型水,局部地区矿化度为 $2\sim 5\text{ g/L}$,为重碳酸、硫酸、氯化物型水。

5) 沙漠地区

主要是毛乌素沙地和库布齐沙漠地区,地下水赋存于风积沙丘底部细沙的孔隙中。

主要由降水补给,靠垂向蒸发和开采排泄。含水层与下伏冲积、湖积层水力联系密切。富水程度一般,单井涌水量一般小于 $10 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$,水质良好,为重碳酸型水。

2. 基岩孔隙裂隙水

基岩孔隙裂隙水主要由大气降水补给,大部分以地下径流形式排入河道,成为河川径流的组成部分,小部分流入山前倾斜平原,或消耗于蒸发,水质一般良好。

1) 碎屑岩类孔隙裂隙水

碎屑岩类孔隙裂隙水主要分布于黄河流域上中游地区广泛出露的二叠纪、三叠纪以及白垩纪的砂岩、砾岩中,含水层较厚且较完整。富水程度由微弱到中等,水质良好,矿化度一般小于 2 g/L ,为重碳酸型水。有的地区受地质构造和地形地貌控制,往往形成承压水和自流水,如陇东分布有白垩纪、侏罗纪的自流水盆地。

2) 碎屑岩夹碳酸盐岩类孔隙岩溶水

其主要分布于青海、山西等地出露的石炭纪、二叠纪、三叠纪的砂岩夹灰岩层中,中等富水程度。山西晋城、阳城等地出露的石炭纪砂岩灰岩互层中的地下水多形成泉群,从灰岩裂隙或裂隙岩溶中排出,水量大而稳定,水质良好,为重碳酸钙型水。

3. 碳酸盐岩类裂隙岩溶水

1) 碳酸盐岩类裂隙岩溶水

其主要分布在山西、甘肃、宁夏、陕西、山东等地的奥陶纪灰岩区。灰岩中裂隙岩溶发育,为中等富水至强富水,水量丰富,多从断裂中呈泉群涌出,大型泉群以山西省分布最多,水质良好,一般为重碳酸型水。

2) 碳酸盐岩类碎屑岩类裂隙岩溶水

其含水层分布区基本与碳酸盐岩类裂隙岩溶水含水岩组相同,地下水主要赋存于寒武纪灰岩夹页岩中,富水程度由西北向东南由弱到强。如素有“泉城”之称的山东济南市就是这种泉水的集中出露区,有名泉 72 处,分属四大泉群,其中以趵突泉为最著名,总流量 $1.2 \text{ 万 m}^3/\text{h}$,水质良好,多属重碳酸钙型水。

4. 岩浆岩类裂隙含水岩组

其分布于秦岭北坡、吕梁山、大青山、祁连山和拉脊山等地。地下水主要赋存于岩浆岩的成岩、风化裂隙中,由降水补给,以泉水和地下径流形式排泄,富水程度由中等到弱,水质良好,为矿化度小于 1 g/L 的重碳酸型水。

5. 变质岩类裂隙含水岩组

其分布于秦岭北坡、吕梁山、大青山、祁连山、大坂山等地变质岩类的构造和风化裂隙中,裂隙不甚发育,富水程度微弱,水量不大,水质良好。

6. 多年冻结层水含水岩组

其主要分布于黄河上游青藏高原的达日、玛沁、兴海一线以西的黄河源区,以及巴颜喀拉山、积石山及祁连山的部分地区。大体上为多年平均气温 $0 \sim 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 等值线经过的地区,呈岛状或片状分布的多年冻土区。地下水埋藏在砂砾石、基岩风化带的碎屑岩类冻土层中。地下水的补给、径流、排泄条件受多年冻土层的制约,水质良好。

1) 冻结层上水

其主要分布在河谷盆地及山前冲、洪积扇上部季节性融化层内。主要由冰雪融化水