

国家重点基础研究发展规划(973)项目

黄河流域地下水可再生能力变化规律(G1999043606)课题

黄河流域地下水资源 及其可更新能力研究

林学钰 王金生 等著



黄河水利出版社

国家重点基础研究发展规划(973)项目

黄河流域地下水可再生能力变化规律(G1999043606)课题

黄河流域地下水资源及其 可更新能力研究

林学钰 王金生 等著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书论述了地下水资源及其可更新能力的理论与方法。在建立黄河流域地下水系统的基础上,系统论述了流域内地下水资源形成机理和演化规律;应用水文地质理论和同位素方法研究了黄河基流和地下水可再生资源量的内在联系及地下水可再生能力变化规律;探讨了在变异条件下,黄河流域地下水可再生性维持途径与措施。同时编制了与内容相配套的地下水图集。

本书可供水文学、水文地质学、环境地质学等科研、教学和生产部门的有关人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河流域地下水资源及其可更新能力研究/林学钰等著. —郑州:黄河水利出版社, 2006. 5

ISBN 7-80621-978-1

I. 黄… II. 林… III. 黄河流域—地下水资源—研究 IV. P641.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 009103 号

策划组稿编辑:岳德军 0371-66022217 dejunyue@163.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:yrp@public.zz.ha.cn

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:19.25

字数:442 千字

印数:1—1 000

版次:2006 年 5 月第 1 版

印次:2006 年 5 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-978-1 / P·57

定价:66.00 元

前言

黄河是我国第二大河,黄河流域是中华民族的发祥地。流域内自然资源十分丰富,是我国重要的能源、化工基地,银川平原,内蒙河套平原,山西、陕西的汾河、渭河平原以及下游的黄淮海平原是我国重要的粮棉产地,流域的经济发展前景十分广阔。但是黄河流域地处干旱、半干旱地区,水资源匮乏,生态环境脆弱,这些都严重地制约了该地区社会、经济的可持续发展。

和中国北方许多河流一样,黄河流域水资源开发利用中存在的问题也较多。黄河下游河道自 20 世纪 70 年代以来几乎年年出现断流,不少支流的流量也在逐年衰减,以至断流,流域内大部分城市和平原地区的地下水都严重超采,造成了大面积地下水位持续下降、水井水量衰减、水质恶化,环境地质问题频繁发生。

由于地下水资源埋藏分布不均、运动条件复杂,资源量难以准确查清,加上水资源与环境的密切联系和地下水开发条件的极大差异,给流域水资源的进一步开发利用造成困难。虽然前人在黄河流域已做过大量的有关地下水资源勘探、调查和研究工作,但随着自然环境的变化,社会、经济的发展,人为作用的增强,地下水资源的水量、水质以及循环条件等都在不断发生变化,地下水资源开发导致的地质环境问题也越来越多。另外,社会经济发展对水的需求越来越高,流域的信息资料在不断更新,科学技术在不断进步。显然,在前人工作的基础上,进一步认识和研究黄河流域地下水资源及其相关的环境问题十分必要,并且具有重要的意义。

据此,科技部于 1999 年设立了国家重点基础研究发展规划项目“黄河流域水资源演化规律与可再生性维持机理”,下设 8 个课题,其中,第 6 课题“黄河流域地下水可再生能力变化规律”研究,即为本专著的研究内容。

该课题的科学问题是:研究黄河流域地下水资源形成机理和演化规律,探索黄河基流与地下水可再生能力间的相互关系,建立黄河流域在天然、人为和变异条件下的地下水演化的仿真模式,进行地下水资源的可再生性维持变化和恢复的调蓄控制。要求在以下几方面有所创新:应用水文地质理论和同位素方法研究黄河基流和地下水可再生资源量的内在联系及其可再生与恢复能力的变化;应用数值模拟技术实现地下水动态变化的仿真;探讨在变异条件下,黄河流域地下水可再生性维持与恢复的模式。

该课题的预期目标是:揭示不断演变的环境条件下黄河流域地下水埋藏、分布和形成条件的变化规律;确定地下水和地表水的循环转化关系;计算研究区地下水资源总量及开采潜力;揭示变异条件对流域地下水资源的影响。最终达到:评价研究区地下水对黄河径流量的贡献;提出研究区地下水可持续利用的允许开采量和变异条件下黄河流域地下水可再生性维持途径与措施。

为实现上述要求,本研究在 5 年间(2000~2004 年)所完成的各种实物工作量如下:
①在全长 5 464km 的黄河干流有代表性的河段上,开展了水循环重点研究并布置了同位

素和水化学取样剖面 18 个。共采集地下水全分析和简分析样品 625 件,其中河水分析样品 31 件;另有地下水硝态氮分析样品 284 件;2000 年丰水期~2001 年枯水期,共采集与分析、测试大气降水、河水及地下水 ^3H 、 ^{18}O 、 ^2H 的同位素分析样品 309 件, ^{13}C 、 ^{14}C 样品 46 件。②在黄河干流(取 13 个水文控制站)及其 20 条支流上进行了多年和逐年长系列(大多数河流水文观测资料系列为 1950~2000 年)的河川基流分割。③野外水文地质现场试验研究点 5 个(分布在关中、运城和三角洲);室内渗透、淋滤实验 50 个;水分特征曲线 14 组,53 件;土壤颗粒分析 65 件;土壤矿物相鉴定(扫描电镜)31 组。④建立了“黄河流域地下水资源及其可更新能力”信息数据库。⑤应用遥感技术估算潜水蒸发量研究试验区 1 个。⑥水文地球化学重点研究区 2 个(天桥泉域和运城盆地)。⑦应用数值模拟技术实现地下水动态变化的仿真共 6 个地区。⑧计算了黄河流域 8 个省(自治区)的地下水补给资源量、可采资源量和剩余资源量,并进行了需水量预测和供需平衡分析。⑨编制 1:250 万图件 6 幅,1:600 万图件 2 幅。⑩完成“黄河流域地下水可再生能力变化规律”研究总报告 1 份(附:“黄河流域地下水资源概况鸟瞰三维浏览”软件);专题报告 5 份。

本书即是在上述研究成果的基础上编著而成的,各章节的主要执笔人如下:

前言:林学钰

第一章:林学钰、廖资生

第二章:邵景力

第三章:钱云平

第四章:孙才志。其中,王文科负责青海、甘肃、四川、陕西省,王金生、陈家军、孙才志负责宁夏、山西省,曹剑峰、赵林负责河南、山东省,邵景力负责内蒙古自治区和部分河南省的工作

第五章:邵景力、崔亚莉

第六章:苏小四

第七章:王文科。其中,王文科负责青海、甘肃、陕西省,王金生、陈家军负责宁夏、山西省,曹剑峰负责河南、山东省,邵景力、崔亚莉负责内蒙古自治区的工作

结语:林学钰

主要图件绘制:宫辉力、赵文吉

全书文、图由林学钰、廖资生、王金生修改审定。

本书在编写过程中得到了黄河水利委员会,黄河流域九省(区)的地质工程勘察院,水利、环保等单位,以及北京师范大学环境学院、长安大学环境科学与工程学院、中国地质大学(北京)水资源与环境学院、吉林大学环境与资源学院和首都师范大学三维信息获取与应用教育部重点实验室等院、校研究生的大力协助和支持,作者对上述单位和人员致以衷心的感谢!由于作者水平所限,书中错误和缺点在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2005 年 11 月

目 录

前 言

第一章 地下水形成的自然条件	(1)
第一节 流域地理位置及地貌.....	(1)
第二节 气候与水文.....	(4)
第三节 流域地质概况.....	(5)
一、华北地台	(5)
二、秦岭祁连昆仑地槽	(6)
三、滇藏地槽	(7)
第四节 流域地质条件对地下水的控制作用.....	(7)
第五节 黄河河谷发育的地质历史及其河谷的地质结构类型.....	(8)
一、黄河发育史	(8)
二、黄河水系形成的区域地质构造背景	(9)
三、黄河河谷地貌特征.....	(10)
第二章 黄河流域地下水系统划分	(13)
第一节 地下水系统划分	(13)
一、地下水系统划分原则.....	(13)
二、黄河流域地下水的基本类型.....	(16)
第二节 地下水系统分论	(17)
一、祁连山—青藏高原地下水系统(Ⅰ).....	(17)
二、陇中黄土高原—银川平原地下水系统(Ⅱ).....	(18)
三、鄂尔多斯高原北区地下水系统(Ⅲ).....	(20)
四、大青山—河套平原地下水系统(Ⅳ).....	(21)
五、吕梁山西麓地下水系统(Ⅴ).....	(22)
六、汾河流域—运城盆地地下水系统(Ⅵ).....	(24)
七、沁河—伊洛盆地地下水系统(Ⅶ).....	(24)
八、渭河流域地下水系统(Ⅷ).....	(25)
九、黄河下游地区地下水系统(Ⅸ).....	(26)
本章小结	(27)
第三章 黄河流域河川基流分析	(29)
第一节 概 述	(29)
第二节 河川基流	(29)
第三节 基流切割方法	(29)

一、方法简述·····	(29)
二、黄河流域基流计算方法选择·····	(30)
三、BFI 基流切割方法介绍·····	(32)
第四节 黄河上游基流计算与变化分析·····	(33)
一、黄河上游概况·····	(33)
二、水文地质条件·····	(34)
三、基流计算·····	(35)
第五节 黄河中游基流计算与变化分析·····	(43)
一、河口镇至龙门区间·····	(43)
二、龙门至三门峡区间·····	(49)
三、三门峡至花园口区间·····	(55)
第六节 基流变化对黄河水资源影响分析·····	(59)
本章小结·····	(60)
第四章 地下水资源量计算与供需平衡分析·····	(62)
第一节 地下水资源量的计算分区·····	(62)
一、地下水资源计算分区方案·····	(62)
二、地下水资源评价基本原则·····	(62)
第二节 地下水补给资源量与可采资源量·····	(63)
一、地下水资源量的概念·····	(63)
二、评价与计算方法·····	(63)
三、计算参数的确定·····	(64)
四、地下水补给资源量与地下水可采资源量·····	(65)
第三节 黄河流域地下水资源量计算对比分析·····	(87)
一、不同部门对黄河流域地下水资源量计算结果·····	(87)
二、对不同部门黄河流域地下水资源量计算结果的对比分析·····	(88)
第四节 地下水开采量的统计与剩余资源量的计算·····	(91)
第五节 需水量预报及供需分析·····	(94)
一、需水量预测原则·····	(94)
二、需水量预测方法·····	(94)
三、需水量预报中主要指标的确定·····	(94)
四、需水量预测·····	(95)
五、供需平衡分析·····	(95)
第六节 总水资源统计与评价·····	(133)
第五章 地下水化学特征及环境问题·····	(137)
第一节 区域地下水化学特征·····	(137)
一、潜水水化学特征·····	(137)
二、承压水水化学特征简述·····	(138)
三、流域地下水水化学类型总体分布规律·····	(139)

四、人为因素对地下水化学成分的影响	(142)
第二节 地下水环境问题.....	(145)
一、与地下水水质有关的地方病	(145)
二、苦咸地下水分布	(146)
三、地下水开发导致的环境负效应	(147)
四、地下水污染	(150)
五、地下水生态环境问题	(154)
本章小结.....	(155)
第六章 同位素技术研究黄河流域地下水可再生能力变化规律.....	(157)
第一节 黄河主要河段的降水、地表水和地下水的补排关系	(158)
一、黄河水的 $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 和 ^3H 的沿程变化特征	(158)
二、影响黄河水同位素的主要因素	(160)
三、大气降水、黄河水和地下水之间的转化关系.....	(164)
第二节 黄河典型河段地下水的水循环模式.....	(164)
一、银川平原地下水循环模式	(164)
二、包头平原地下水循环模式	(169)
三、晋陕峡谷地区地下水循环模式	(174)
四、关中盆地地下水循环模式	(177)
五、黄河下游河南段地下水循环模式	(180)
第三节 地下水循环速度的估算.....	(186)
一、浅层地下水的年龄与循环速度	(186)
二、深层地下水的 ^{14}C 年龄	(189)
第四节 黄河干流河水与地下水交换强度及其地下水可更新能力评价	(195)
一、黄河干流河水与地下水交换强度	(195)
二、流域内地下水可更新能力评价	(197)
本章小结.....	(198)
第七章 变异条件对黄河流域地下水的影响及地下水可再生维持途径.....	(200)
第一节 变异条件界定与变异因子分析.....	(200)
第二节 黄河上中游基流量变化.....	(200)
一、基流量变化规律	(200)
二、基流量对黄河径流量的贡献	(208)
三、基流量变化的影响因素分析	(209)
四、基流量变异的生态环境效应	(218)
第三节 变异条件对黄河流域大型灌区地下水影响.....	(219)
一、银川平原	(220)
二、呼包平原	(224)

三、关中盆地	(227)
第四节 傍河开采地下水对水循环的影响.....	(240)
一、黄河上游青海段傍河开采地下水对水循环的影响	(240)
二、黄河上游兰州“三滩”水源地地下水开采对水循环与水环境的影响	(245)
三、黄河中游渭河流域傍河水源地开采地下水对水循环的影响	(249)
四、黄河下游傍河水源地开采地下水对水循环的影响	(257)
第五节 万家寨引黄供水工程对太原市地下水的影晌.....	(282)
第六节 黄河断流对黄河下游影响带地下水的影晌.....	(282)
一、黄河断流特点	(282)
二、黄河断流对地下水的影响	(283)
第七节 气候干旱对黄河流域地下水的影晌.....	(284)
第八节 黄河流域地下水可再生性维持途径与措施.....	(285)
一、保护黄河上游河川基流量,维持黄河健康生命.....	(286)
二、开展地下水人工补给与地下调蓄,增加地下水资源可利用量.....	(286)
三、兴建傍河地下水源地,实施地表水与地下水联合开发.....	(288)
四、实施井渠结合灌溉模式,兴利除害,节约水资源	(288)
五、加强地下水水质保护,建立健全地下水动态监测网.....	(290)
本章小结.....	(290)
结 语.....	(294)

第一章 地下水形成的自然条件

第一节 流域地理位置及地貌

黄河是中国的第二大河,以其含沙量特大和下游的地上悬河而闻名于世。黄河上游的盐碱沙害、中游的水土流失和下游悬河引发的洪涝、干旱等灾害,使黄河的生态环境极其脆弱。

黄河发源于青海省巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地,经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东等九省(区),在山东省的垦利县注入渤海。流程共5 464km,落差为4 480m,黄河流域地理位置示意图1-1。

黄河流域位于北纬 $32^{\circ}\sim 42^{\circ}$ 和东经 $96^{\circ}\sim 119^{\circ}$ 之间。它西起青藏高原,东至渤海之滨,南界秦岭,北抵阴山。东西长约1 900km,南北宽1 100km,面积约795 000km²(包括内流区面积4.23万 km²)。流域由西向东跨越三个逐级下降的自然阶梯(见图1-2)。

第一阶梯为流域西部的青海高原,海拔高程为3 000~5 000m。高原南界的巴颜喀拉山是黄河和长江的分水岭。北部以祁连山与内蒙古高原为界。阶梯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。高达6 282m的阿尼玛卿山的主峰玛卿岗日耸立于第一阶梯的中部,是黄河流域的最高点。呈西北东南方向分布的积石山与岷山相抵,使黄河绕流西行,形成“S”形大弯道,是九曲黄河的第一曲。

第二阶梯由流域中部的黄土高原、鄂尔多斯高原、河套平原和崤山、熊耳山、中条山、太行山等山地组成。东部以太行山和伏牛山为界,海拔1 000~2 000m。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,该分界对腾格里沙漠、乌兰布和沙漠与巴丹吉林沙漠向黄河腹地入侵也起到了一定的阻挡作用。鄂尔多斯高原风沙地貌发育,北部的库布齐沙漠、西部的桌子山、东部及南部的长城将高原中心围成一块凹地,降雨径流大部分汇入盐池和潜入地下,形成黄河流域界内面积为4.23万 km²的内流区。白于山以南的黄土高原,北起长城,南界秦岭,西抵青海高原,东到太行山脉,海拔1 000~2 000m。深厚的黄土高原是黄河流域泥沙的主要来源地。陕西的关中盆地,山西的太原盆地、临汾盆地和运城盆地,海拔400~1 000m,土地肥沃,物产丰富。南部的秦岭及伏牛山是我国亚热带和暖温带、干旱区与湿润区的南北分界,也是黄河与长江、淮河的分界。

第三阶梯由太行山和伏牛山向东直至滨海地区。它由华北平原和鲁中丘陵组成。海拔200~500m。平原高程低于100m。平原地势大体上以黄河大堤为不稳定的分水岭,南北分别为黄淮和黄海大平原。

黄河流域自西向东由高到低的三大地形阶梯直接影响着黄河的活动,对流域的气候、自然景观以及水资源的形成起着决定性的作用,而且不同地段黄河所具有的地貌特征还反映出这些地方所经历的地质情况的变化。

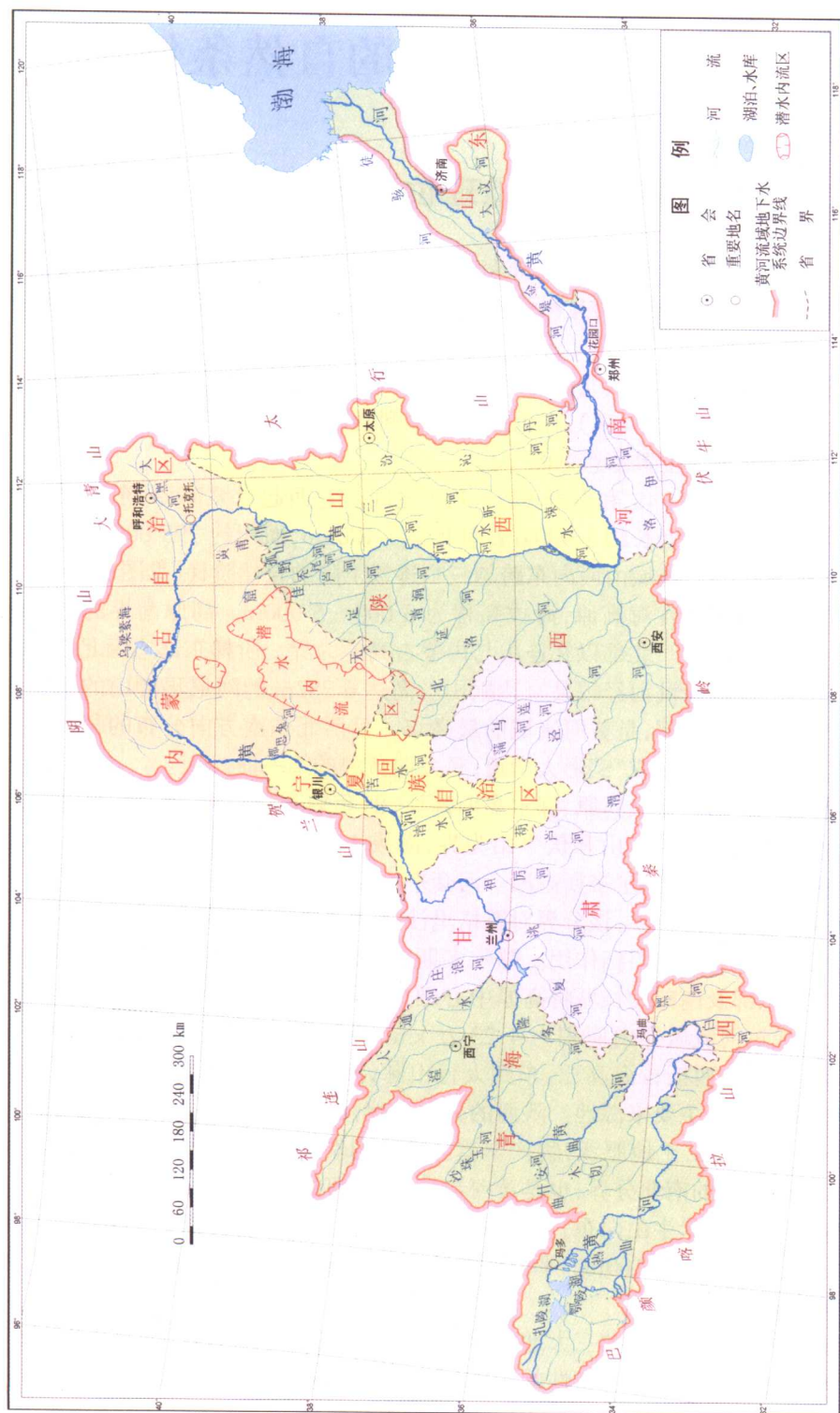


图 1-1 黄河流域地理位置图

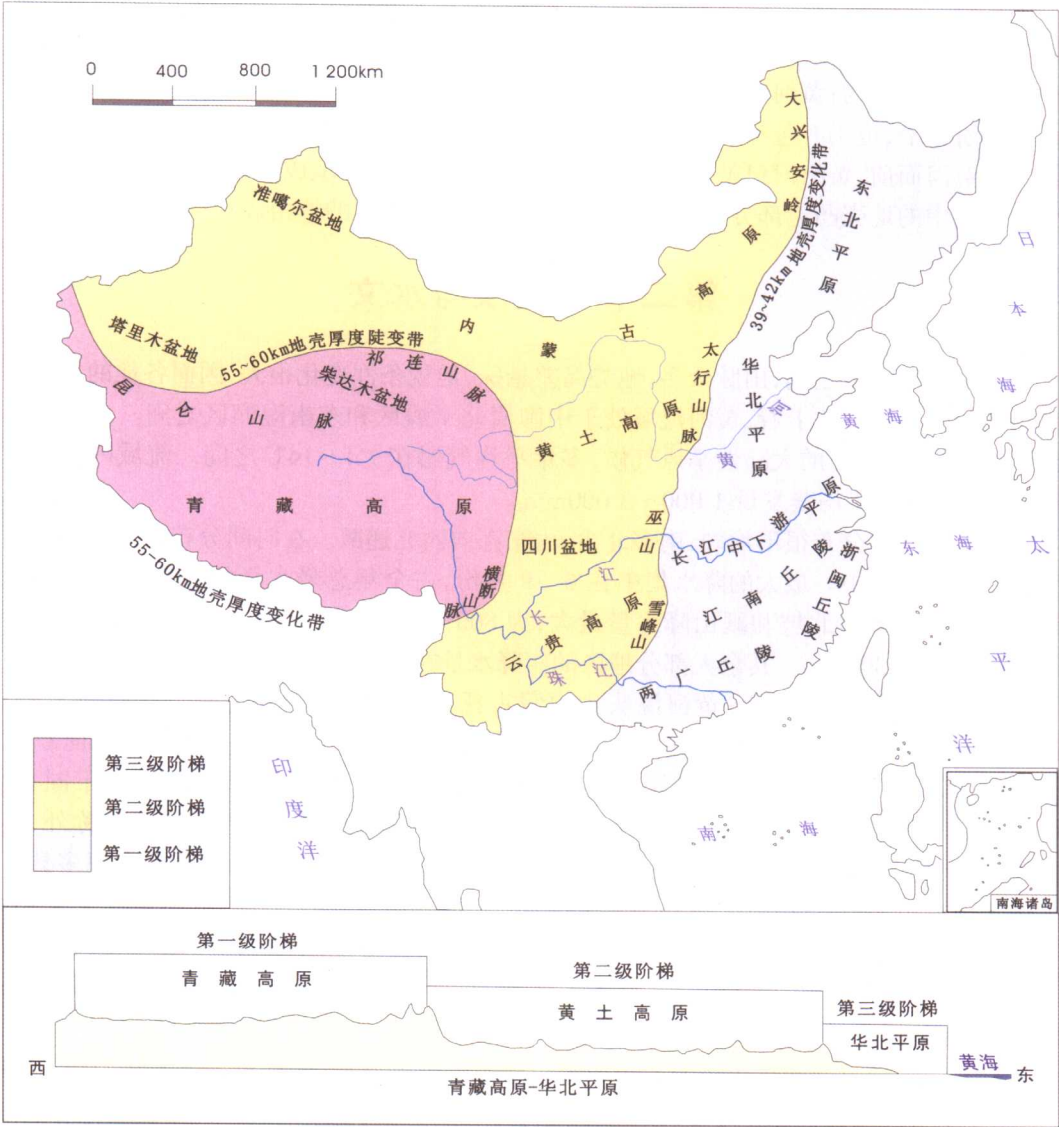


图 1-2 中国地势三大阶梯示意图
(中国自然地理集, 1998)

例如,当黄河在第一、第二两个阶梯上流过时,这些地方由于海拔高,从总体上来看是受到流水侵蚀的地区,成为黄河下游泥沙的供给地。而且从河源到内蒙古托克托,流程 3 472km,落差达到 3 840 多 m;从托克托到禹门口,流程 718km,落差达 611m,高差变化很大,蕴藏的水力资源特别丰富。

而当黄河流到河南省孟津,出宁嘴峡,进入到最低一个阶梯上时,河道突然开阔,从宽 300m 剧增至宽 3 000m,而自此以下直至入海,再也不受峡谷的约束,水流的速度减缓,挟带的泥沙一路上大量沉积,河道年复一年地淤积抬高,形成了闻名于世的地上悬河。此外,每年还有大约 12 亿 t 泥沙被带到河口,在黄河三角洲那里填海造陆。

当然,在各级阶梯的阶面上也有特殊之处。如在西部的山地、高原内,因局部地区地壳的下降,使黄河在那里也淤积出肥沃的土地。内蒙河套平原和宁夏平原的形成,就是这种地质变动的产物;黄河支流汾河、渭河能在一些地段造成平原,也有这个因素。在下游最低的阶梯上,也仍有包括泰山在内的群山出现。这个位于山东的丘陵山地,像一块砥柱矗立在黄河面前,黄河河口就在它的两侧摆动,将原来的大海填成陆地。而这块最早隆起于海洋之中的地壳凸起部分,也从海中变成挺立于平原之上的群山。

第二节 气候与水文

黄河流域幅员辽阔,山脉众多,地势高差悬殊,地貌条件变化很大,因而各地的气候也有很大的差异。总体上看,黄河流域处于中国西北干燥区和东南湿润区之间。大部分地区属于干旱、半干旱的大陆性季风气候,多年平均气温在 $-4\sim 14^{\circ}\text{C}$ 之间。流域内的年均降水量478mm,年均蒸发量1 000~3 000mm。

降水的时空分布很不均匀,南多北少,由东南向西北递减。在时间分布上,冬干春旱,夏秋两季降水集中。最大的降水集中在6~9月份,占全年总降水量的65%~80%。祁连山、伏牛山、秦岭北坡和岷山降水量最大,为800~1 000mm。内蒙河套平原降水量最小,仅为200~300mm。其余大部分地区的年降水量在200~650mm之间。

黄河属太平洋水系。自黄河源头到内蒙古托克托县河口镇为上游。河段长3 472 km,落差3 846m,集水面积38.6万 km^2 ,分别占黄河全流域河长、落差、集水面积的63.5%、79.6%、51.3%。在该区间内流入黄河的支流(集水面积大于1 000 km^2 ,下同)共43条,左右两侧支流(包括小于1 000 km^2 集水面积的河流)除玛曲到兰州基本对称外,其他河段均呈不对称分布,右侧大于左侧(陈先德,1997;朱晓原等,1999)。青海省玛多县以上的黄河源区地势开阔平坦,有湖泊5 300多个,其中的扎陵湖和鄂陵湖(海拔大于4 200 m)是该区最大的淡水湖。玛曲以上河段蜿蜒曲折,川峡相间,水多沙少,坡降较大,是黄河水的主要来源区。但自20世纪90年代以来,黄河上游段由于少雨高蒸发和灌溉引黄河水等原因,河道径流量逐渐减小。

自河口镇到郑州的桃花峪为黄河中游。河段长1 224km,落差895m,区间面积34.4万 km^2 ,分别占黄河全流域河长、落差、集水面积的22.4%、18.5%、45.7%(陈先德,1997;朱晓原等,1999)。

中游河段流入黄河的支流约30条,左右两侧集水面积除三门峡至花园口河段基本对称外,其他河段均不对称。黄河流过河口镇以后,因东面受吕梁山阻挡,折流南下,直达龙门,形成深峻的晋陕峡谷,河段中间除河曲、保德、府谷、吴堡县城河势稍为开阔外,其余均为岸壁峭立、坡陡流急地段。

晋陕峡谷的下游是著名的“壶口瀑布”,瀑布宽30~50m,旱季落差18m,景色雄伟壮观。峡谷两岸的黄土台塬比黄河河床高出百米。该区有13 000 km^2 耕地,是陕西和山西两省的重要农业区,但因干旱缺水使农业发展受到严重的制约。在三门峡—小浪底—桃花峪的中游末段,黄河通过中条山和崤山,是黄河中游最后一段峡谷段,过了小浪底河谷渐宽,这里正是河流由山区进入华北平原的过渡区。中游地区夏季暴雨形成的洪峰常造

成下游花园口地区的严重洪水灾害。黄河在该段流经的黄土高原,因土质疏松、植被稀少,水土流失严重,是黄河的主要沙源区。黄河在该段流经的黄土高原,因土质疏松、植被稀少、水土流失严重,是黄河的主要沙源区。在黄河挟带的 16 亿 t 泥沙中 90% 来自中游,其中,80% 以上的沙量多集中在黄河的汛期。

自桃花峪到黄河入海口为黄河下游。河段长 768km,落差 89m,集水面积 2.24 万 km²,分别占黄河全流域的 14.1%、1.9%、3.0% (陈先德,1997;朱晓原等,1999)。入黄河支流 3 条。该区主要由近代黄河的泥沙淤积而成。河道逐年抬高并高出两岸地面,形成著名的“悬河”。由桃花峪到河口,除山东省平阴、长清一带的南岸有丘陵外,其余河段两岸均筑有大堤(大堤总长 1 400km)。利津以下为河口地区,据统计分析,在过去 40 年间大约每年有 10 亿多 t 泥沙进入河口,每年新淤积土地 20~30km²。

如上所述,黄河属多泥沙河流,多年平均输沙量约 16 亿 t,河流多年平均含沙量为 35kg/m³,其输沙量之大、含沙量之高均为世界之最。黄河水主要来自兰州以上和秦岭北麓以及伊、洛、沁河地区;沙源则主要来自河口镇到龙门之间、北洛河上游和渭河两岸。

第三节 流域地质概况

黄河流域幅员辽阔,从下游到源头地跨华北地台、秦岭祁连昆仑地槽和滇藏地槽三个大地构造单元,如图 1-3 所示(杨森楠等,1985)。

一、华北地台

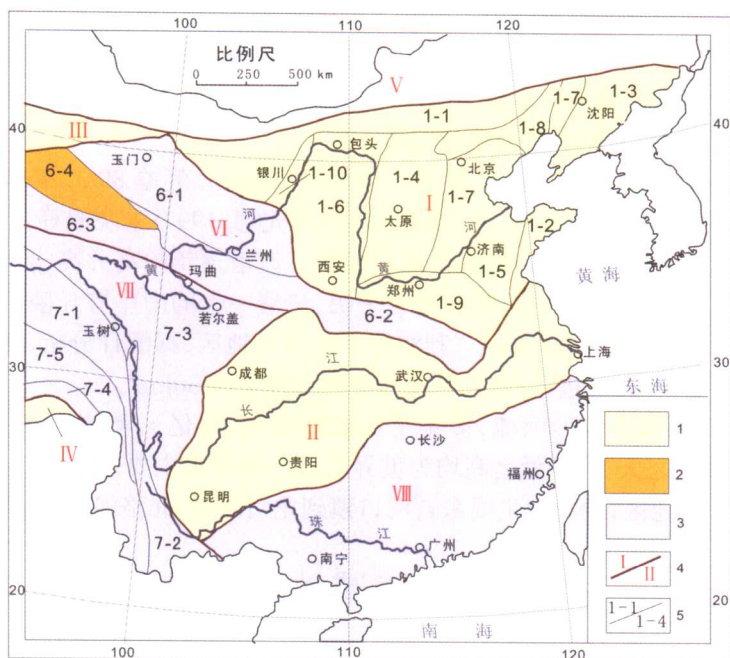
该地台包括宁夏清水河、六盘山西麓一天水、西安—洛南、栾川一线以北流域范围,占黄河流域 2/3 以上的面积。华北地台的基底由太古代及早元古代的变质岩地层组成,基底岩层在黄河流域边界附近的大青山、狼山、贺兰山、嵩山、泰山,以及流域内的吕梁山、中条山、太行山等地都有大面积出露。地台基底大略形成于早元古代末期的吕梁运动(18 亿年前左右)(杨森楠等,1985)。

吕梁运动后,华北地台进入相对稳定的发展阶段。中、上元古界至震旦纪时期,地台中部为古陆,没有沉积,仅地台北缘的燕山海槽和南缘的晋南豫西海槽内有沉积。燕山海槽沉积了厚度近万米的碎屑——碳酸盐岩层;南缘海槽前期为火山碎屑地层,后期为冰碛层。

震旦纪后,华北地台整体上升遭受剥蚀。下古生代开始后,地台开始下降。从寒武纪到奥陶纪中期,海侵范围逐渐扩大到全区,海水亦逐渐加深,沉积物质亦由碎屑岩、碳酸岩互层,逐渐过渡到中奥陶纪的数百米碳酸盐岩地层。

自奥陶纪中期后,地台又整体上升为陆地,整个上奥陶纪、志留纪、泥盆纪时期都没有沉积。直到中石炭纪后,地台才重新下降接受沉积。中石炭纪时为海、陆交互相的碎屑岩、煤层和薄层碳酸盐岩沉积。此后从二叠纪开始,一直到中生代时期均为陆相(河湖相)的碎屑沉积。由于地台各地下降的差异性,中生代的沉积物多分布在相互隔绝的大小盆地内。其西面的鄂尔多斯地区便是当时台地上最大的内陆盆地,二叠纪一下白垩纪的砂、泥质沉积厚度可达 4 000~5 000m。

中生代后期的燕山运动,使华北地台进入了新的“活化”时期,元古代—中生代的地层



1. 地台; 2. 中间地块; 3. 地槽系; 4. 一级构造单元; 5. 二级构造单元

I 华北地台: 1-1 内蒙地轴; 1-2 鲁东地盾; 1-3 辽东台背斜; 1-4 山西台背斜; 1-5 鲁西台背斜; 1-6 鄂尔多斯台向斜; 1-7 辽冀台向斜; 1-8 燕山台褶带; 1-9 豫淮台褶带; 1-10 贺兰—六盘山台褶带。

II 扬子地台。III 塔里木地台。IV 印度地台北缘。V 天山—兴蒙地槽系。

VI 秦祁昆仑地槽系: 6-1 祁连地槽; 6-2 秦岭地槽; 6-3 昆仑地槽; 6-4 柴达木中间地块。

VII 滇藏地槽系: 7-1 喀喇昆仑—唐古拉地槽; 7-2 巴塘—思茅地槽; 7-3 可可西里—巴颜喀拉地槽;

7-4 北喜马拉雅地槽; 7-5 冈底斯—念青唐古拉地槽。VIII 华南地槽系

图 1-3 黄河流域大地构造分区略图

参与了大规模的褶皱和断裂运动,形成南北向及北北东向的台背斜和台向斜,并塑造了今日地形的基本轮廓。晚期的燕山运动,华北地台的古构造轮廓又发生重大变化,主要表现为西部上隆,东部下陷。西部地区在构造隆起的背景上,于新生代初期在地台四周相继出现许多断陷盆地(或地堑),如:早第三纪西部的银川地堑和北部的河套地堑,以及南部和中部晚第三纪的汾渭地堑。

新生代以来地台构造运动的基本特征是:上述地堑盆地急剧陷落,而地堑两侧的断块大幅上升,在地堑盆地内形成上千米厚的河湖相沉积。直到中更新世早期,在入湖河流的向源侵蚀作用下,形成了统一的海水水系——今日之黄河,湖泊才得以最终消失,而代之以河流的沉积过程。

二、秦岭祁连昆仑地槽

秦岭祁连昆仑地槽北临华北地台,南与滇藏地槽和扬子地台相连。地槽呈北西西—南东东向的窄条状展布。黄河上游的中宁—玛曲段穿过该地槽的祁连和秦岭两个次级地槽区。区内的主要山脉有祁连山、青海南山、鄂拉山、积石山和秦岭等(杨森楠等,1985)。

该地槽形成的时间大致和华北地台相同,但地质发育历史两者截然不同。即该地槽自震旦纪以来直到三叠纪末地壳运动均非常强烈。由于区内为多条深大断裂分割,因此从北到南同一地质历史时期的古地理环境和沉积建造差别很大。

震旦纪至上古生代地槽内,主要发育了一套海陆交互相、厚度达数千米的碎屑岩、火山岩和碳酸盐岩沉积,强烈的加里东运动使地槽内的岩石普遍发生轻微变质并形成了大地构造的基本格局。自三叠纪后直至第三纪时期,均只在各个分割的构造凹陷或山间盆地中有一些河湖相的碎屑沉积物,仅在二叠、三叠纪时个别地区有厚度不大的浅海相碳酸盐岩沉积(如青海湖西北面)。

三、滇藏地槽

黄河源头区位于该地槽最北端的次级构造单元——可可西里—巴颜喀拉地槽区内。区内的主要山脉和黄河河谷走向都与该区主要构造线一致,呈北西—东南向的平行分布。巴颜喀拉山和阿尼玛卿山分别位于黄河大峡谷的南北两侧(杨森楠等,1985)。

该地槽在古生代阶段,大部分属于扬子地台的边缘,自三叠纪初才开始在古生代盖层的基础上逐渐发展为地槽,地槽在强烈的下降过程中沉积了一套厚度达数千米的碎屑岩—火山岩沉积建造。

侏罗—白垩纪时,在燕山运动的影响下,地槽褶皱隆起,沉积地层亦有轻微变质,大部分地区脱离海侵。在此之后,该区处于强烈的上升过程中,侵蚀作用强烈,仅在极小范围内有新生代的沉积物。

第四节 流域地质条件对地下水的控制作用

流域所处的大地构造单元、地质构造及沉积建造,对黄河流域地下水资源的形成和分布规律具有极其重要的控制作用。其主要表现在以下几方面:

(1)黄河流域地跨华北地台、秦岭祁连昆仑地槽和滇藏地槽三个大地构造单元,三者所占流域面积的比例大致是6:3:1。由此可知,华北地台所占流域面积最大,对流域地下水资源的形成和分布具有最重要的意义。

(2)从大地构造单元的类型及其构造与沉积建造特征来看,流域的华北地台段地下水资源的形成条件最好。长期稳定的地台发展历史,广阔平稳分布的沉积盖层和多次海侵作用留下的数百米到上千米厚度的碳酸盐岩层,为地下水的大面积分布创造了条件。而秦岭祁连昆仑地槽和滇藏地槽,自形成后,构造运动一直非常强烈,各时代地层均强烈地褶皱或为断裂切割,故很难有大面积含水层分布。

(3)在华北地台占据的黄河流域中、下游地区,大范围分布的碳酸盐岩层,提供了区内丰富的岩溶水资源,燕山运动所形成的台背斜翼部(如吕梁山西麓)和倾没端(太行山南麓)以及喜马拉雅运动形成的断陷盆地的两侧(汾河盆地两侧、关中盆地北侧)是区域岩溶水资源最富集的地带。燕山运动所形成的宽缓向斜盆地(如鄂尔多斯盆地)为大型自流水盆地的形成创造了有利的条件,而喜马拉雅运动形成的断裂(地堑)盆地,则是孔隙水聚积的最好场所。

(4)在黄河上游地区的两个地槽构造单元内,由于各个地质历史时期形成的地层均以地槽型的碎屑岩—火山岩沉积建造为主,缺少大范围的碳酸盐岩沉积,加之岩层的变质作用和紧密排列的褶皱、断裂构造,使区内很难有广泛延伸的含水层和大型承压水盆地的形成。而一些新生代的断陷盆地(即山间盆地),虽为后来的河湖沉积创造了条件,但是由于盆地急剧下沉,泥沙俱下,沉积物分选程度很差。因此,多数盆地沉积物的孔隙性较差,对地下水的贮集不利。此外,该区新生代以来地壳强烈上升,河流深切,故河流冲积层厚度一般均很小,也不利于孔隙地下水的形成。

但需指出,由于地槽区的岩层经过多次强烈的构造破坏,岩石节理、裂隙极为发育,加之高寒气候下岩石的强烈风化和崩积作用,使区内基岩风化裂隙水、坡洪积地层中的孔隙地下水比较丰富。此外,因区内降水量较大、蒸发强度较小以及沼泽湿地和冰雪融水为地下水提供了良好的补给条件,而且区内地下水径流条件良好,所以该区地下水对河川基流量的形成具有极其重要的意义。

第五节 黄河河谷发育的地质历史及其河谷的地质结构类型

一、黄河发育史

黄河虽然是我国的第二大河,但其诞生的地质年代并不久远。根据多年的调查研究,今日的黄河是在第四纪早更新世后才形成的(见图 1-4)。而在此之前,黄河只是数段各自独立的内陆水系。

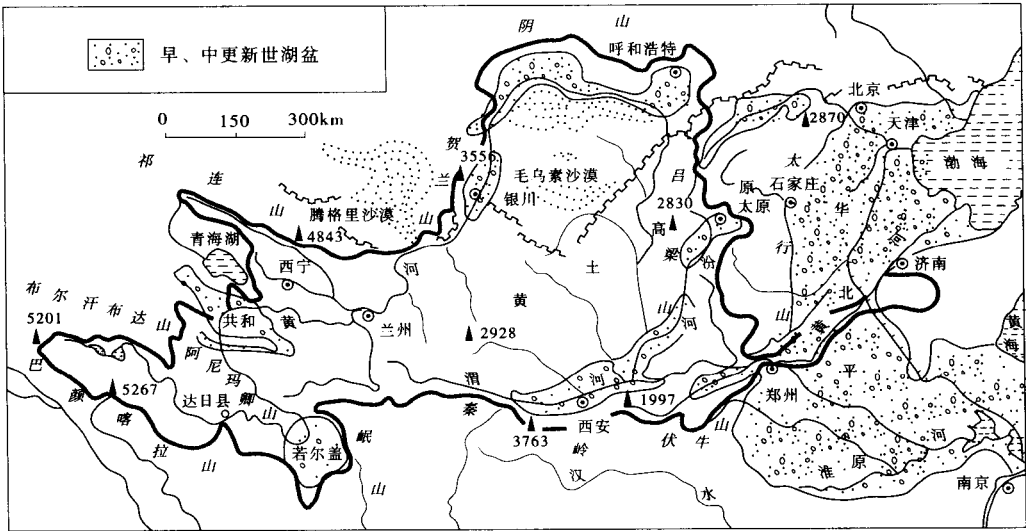


图 1-4 黄河流域早、中更新世湖盆分布略图

(根据戴英生,1986)

在黄河源头段,今日的若尔盖草原在当时是一个比较稳定、下降的地区,流水在此淤积。而那时流经阿尼玛卿山和巴颜喀拉山之间的内陆河流(黄河)也汇流于此,形成了古