

TONGWEISU SHUIWEN JISHU ZAI HEIHE

LIUYU SHUIXUNHUAN YANJIU ZHONGDE YINGYONG

同位素水文技术 在黑河流域水循环研究中的应用

钱云平 王 玲 等著

 黄河水利出版社

同位素水文技术

在黑河流域水循环研究中的应用

钱云平 王 玲 等著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书介绍了环境同位素水文技术在黑河流域水循环研究中的应用。通过对流域大气降水、地表水和地下水的环境同位素取样分析,研究了流域地下水循环特征、流域地下水的补给来源、地表水与地下水的转化关系,并通过利用 ^3H 、CFC 等测龄技术确定了流域地下水的补给年龄,查明了地下水可更新能力。研究分析人类活动对水循环和水资源的变化及影响,揭示变化环境下水循环演变机制和水资源演变规律,为流域水资源评价、水资源的开发利用和规划以及黑河流域近期治理提供了重要的科学依据。对从事同位素、水文地质学研究和应用的科研、工程技术人员及其他有关人员具有重要的参考价值 and 实际应用意义。

图书在版编目(CIP)数据

同位素水文技术在黑河流域水循环研究中的应用/钱云平等著. —郑州:黄河水利出版社,2008.2
ISBN 978-7-80734-355-4

I. 同… II. 钱… III. 同位素应用-河流-水循环-研究-西北地区 IV. P344.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 017899 号

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:hhslcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:10.25

字数:237 千字

印数:1—1 100

版次:2008 年 2 月第 1 版

印次:2008 年 2 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-80734-355-4

定价:28.00 元

前 言

西北内陆河干旱地区水资源时空分布不均,中下游盆地水资源严重缺乏,生态环境极为脆弱,水资源问题已成为制约西北地区生态环境修复和国民经济发展的主要因素。如何可持续利用流域水资源,进行流域生态环境修复,日益成为政府和水行政主管部门迫切需要解决的问题。要合理开发利用水资源,必须对水资源进行科学评价和可持续管理,但水资源的可持续利用和管理取决于对水循环及其演变规律的认识程度。

黑河流域干旱区特殊的地理环境,形成了独具特色的水循环模式。水资源形成、运移、转化和消耗过程具有明显的规律性,这种水循环特征或模式随着流域人类活动影响强度的日益加剧发生了较大的变化,水循环模式的变化直接改变了流域水资源分布规律,造成流域生态环境日益恶化,如中游盆地水资源的过度开发利用,造成泉水溢出带泉水枯竭;进入下游盆地的水量锐减,导致下游盆地地下水严重超采;水位持续大幅下降,引起下游盆地天然绿洲萎缩;土地沙漠化、荒漠化、盐渍化程度和范围日益扩大,引起整个流域生态环境平衡失调和水资源危机,对流域生态环境造成了极大的破坏。流域水循环模式的变化直接影响着流域水资源的开发利用和生态环境修复,严重影响流域经济和社会的可持续发展。

环境同位素水文技术是目前研究水循环问题非常有效的先进技术。近几十年来,在国际原子能机构(IAEA)的组织和推广下,同位素水文技术在水循环过程的研究中发挥了重要且独特的作用,被广泛应用于解决与水资源有关的水文学问题和水-生态系统中的环境问题,尤其在水资源的补给来源、循环途径和补给年龄等方面。目前同位素水文技术已发展成为一门新的分支学科——同位素水文学(Isotope Hydrology)。

为推动同位素水文技术在我国水文水资源领域的应用,2002年IAEA将“黑河地表水与地下水转换规律研究”批准为2003~2004年IAEA技术合作项目(Technical Cooperation Project),项目编号CPR/8/015。

该项目研究目标是通过采用先进的环境同位素水文技术,研究流域地下水循环特征,建立流域水循环模式,分析人类活动对水循环和水资源的变化及影响,揭示水循环演变机制和水资源演变规律,为流域水资源评价、水资源的开发利用和规划以及黑河流域近期治理提供了重要的科学依据,同时为西北内陆河流域水循环规律研究提供了重要的借鉴经验,也为水利部门推广应用同位素水文技术积累了应用经验。

该项目自2002年启动,历时3年,在此期间,研究人员收集了前人大量的研究成果并加以分析吸收,同时开展了多次野外地质调查和水化学、环境同位素取样工作,获得了大量基础数据、资料 and 同位素分析数据。

本书是在上述研究成果的基础上编写的,参加编写的人员来自水利部水利水电规划总院、黄河水利委员会水文局、中国科学院地质与地球物理研究所、甘肃省张掖水文水资源勘测局。本书章节的总体安排由钱云平、王玲商定,全书由钱云平统稿,各章节的主要

执笔人如下:前言,钱云平、王玲;第1章,张世伟;第2章,张彦军;第3章,钱云平、王玲;第4章,张世伟;第5章,钱云平、王玲;第6章,钱云平;第7章,高巨伟;第8章,张彦军;第9章,钱云平;第10章,张彦军;后记,王玲、钱云平。主要图件绘制由高亚军、宋瑞鹏、王志勇完成。

本书在编写过程中得到了黄河水利委员会水文局、中国科学院地质与地球物理研究所、甘肃省张掖水文水资源勘测局和黑河流域管理局的支持和帮助,在此表示诚挚的感谢。

由于作者水平有限,书中错误和缺点在所难免,恳请广大读者批评指正,谢谢!

作 者

2007年5月

目 录

前 言

第 1 章 流域概况	(1)
1.1 流域自然地理	(1)
1.2 气候与水文	(5)
第 2 章 地质、水文地质条件	(9)
2.1 地质条件	(9)
2.2 水文地质条件	(11)
第 3 章 流域水资源基本特征	(24)
3.1 流域水资源存在形式	(24)
3.2 降水基本特征	(24)
3.3 冰川资源	(27)
3.4 地表径流	(28)
3.5 区域水循环特征	(30)
3.6 流域水资源开发利用情况	(31)
3.7 流域水资源特征	(32)
第 4 章 环境同位素水文技术	(34)
4.1 同位素水文技术发展简述	(34)
4.2 同位素水文技术应用的基本原理	(35)
4.3 天然水体稳定同位素组成特征	(42)
4.4 地下水年龄(驻留时间)的确定	(50)
4.5 CFC 测龄	(55)
第 5 章 环境同位素取样和分析	(64)
5.1 同位素取样点选择	(64)
5.2 取样所采用材料和设备	(66)
5.3 野外取样工作步骤	(67)
5.4 取样方法	(68)
5.5 样品实验室分析	(72)
第 6 章 黑河上游山区水循环特征	(74)
6.1 水资源形成和转化的地质条件	(74)
6.2 上游山区地表水水化学特征	(74)
6.3 山区降水同位素组成	(75)
6.4 山区地表水同位素组成	(77)
6.5 山区地下水同位素组成	(78)

6.6	黑河上游水循环特征	(78)
第7章	黑河中游水循环特征	(79)
7.1	地下水补、径、排条件	(79)
7.2	中游地下水动态	(79)
7.3	水化学特征及演变规律	(81)
7.4	环境同位素分析	(90)
7.5	中游地下水年龄	(105)
7.6	环境示踪剂沿河变化	(108)
7.7	断面平衡法定量分析	(111)
7.8	中游水循环模式及特征	(115)
第8章	黑河下游水循环模式	(117)
8.1	地下水的补给、径流与排泄条件	(117)
8.2	入境径流分析	(118)
8.3	下游地下水动态	(121)
8.4	下游地表水、地下水水化学分布特征	(123)
8.5	环境同位素分布特征	(126)
8.6	水循环特征分析	(132)
8.7	流域循环模式	(137)
第9章	黑河流域水循环变化及影响分析	(138)
9.1	黑河中游	(138)
9.2	黑河下游	(145)
第10章	结 语	(149)
10.1	研究的主要成果和认识	(149)
10.2	对水资源开发利用的几点建议	(151)
参考文献		(153)
后 记		(157)

第1章 流域概况

1.1 流域自然地理

1.1.1 地理位置

黑河是我国西北干旱地区第二大内陆河,发源于祁连山中段,流域范围介于东经 $98^{\circ} \sim 102^{\circ}$ 、北纬 $37^{\circ}50' \sim 42^{\circ}40'$ 之间,南起祁连山,北至额济纳的居延海,东至山丹大黄山,西至嘉峪关的黑山。流域东与石羊河流域相邻,西与疏勒河流域相接,北与蒙古人民共和国接壤,涉及青海、甘肃、内蒙古3省(区),流域总面积14.29万 km^2 ,其中甘肃省6.18万 km^2 ,青海省1.04万 km^2 ,内蒙古约7.07万 km^2 ;流域平原区面积约5万 km^2 ,占流域面积的35%,其余地区为基岩山地、戈壁和沙漠。黑河流域地理位置见图1-1。

黑河流域具有重要的战略地位,中游张掖地区位于古丝绸之路和今日欧亚大陆桥之要地,是甘肃省重要的粮食生产基地,自古享有“金张掖”的美称,在甘肃省乃至西北地区社会经济发展中占有重要地位。下游的额济纳旗有我国著名的卫星发射基地——酒泉卫星发射基地,与蒙古人民共和国接壤的边界线长达507 km;居延三角洲的天然额济纳绿洲,既是阻挡风沙侵袭、保护生态的天然屏障,又是当地人民繁衍生息、国防科研和边防建设的重要依托^[1]。

1.1.2 地形地貌

根据黑河流域地形地貌,黑河流域遥感影像图见图1-2,黑河流域可分为上、中、下游3部分。

出山口莺落峡以上的祁连山区为上游区(见图1-3),山区山势陡峻,西高东低,由南向北倾斜,沟谷切割剧烈,海拔高程大多在3 000 ~ 5 000 m,祁连山主峰海拔高程为5 564 m。在4 000 m以上山区,常年积雪,其中在4 500 m以上发育有现代冰川,在3 000 ~ 4 000 m生长有森林。祁连山区河道两岸山高谷深,河床陡峻,气候阴湿寒冷,植被较好,多年平均气温不足 2°C ,降水较为丰沛,年均350 mm左右,是黑河流域的产水区。

出山口莺落峡至正义峡为流域中游,位于河西走廊中部平原地带,由冲积、洪积倾斜平原和低山区组成。北部自西向东分布有黑山、金塔南山、合黎山和龙首山,山体大多较窄,除龙首山(主峰海拔3 600 m)外,多为低山,海拔高程在1 500 ~ 2 500 m之间。祁连山与北部山地之间为走廊平原,被横穿平原的基底隆起带和断裂带自西向东分割为酒泉西盆地、酒泉东盆地、张掖盆地和民乐-大马营盆地。

中游盆地主要为河流、湖泊相沉积,地势较为平坦,海拔高程1 300 ~ 1 700 m,南高北低,气候干燥,属温带干旱区,年降水量平均仅有140 mm,多年平均温度 $6 \sim 8^{\circ}\text{C}$,无霜期较长,光热资源丰富,年日照时数长达3 000 ~ 4 000 h,年蒸发能力平均达1 410 mm,水资源利用主要依赖于黑河,人工绿洲面积较大(见图1-4),为重要的农业灌区,是流域水资

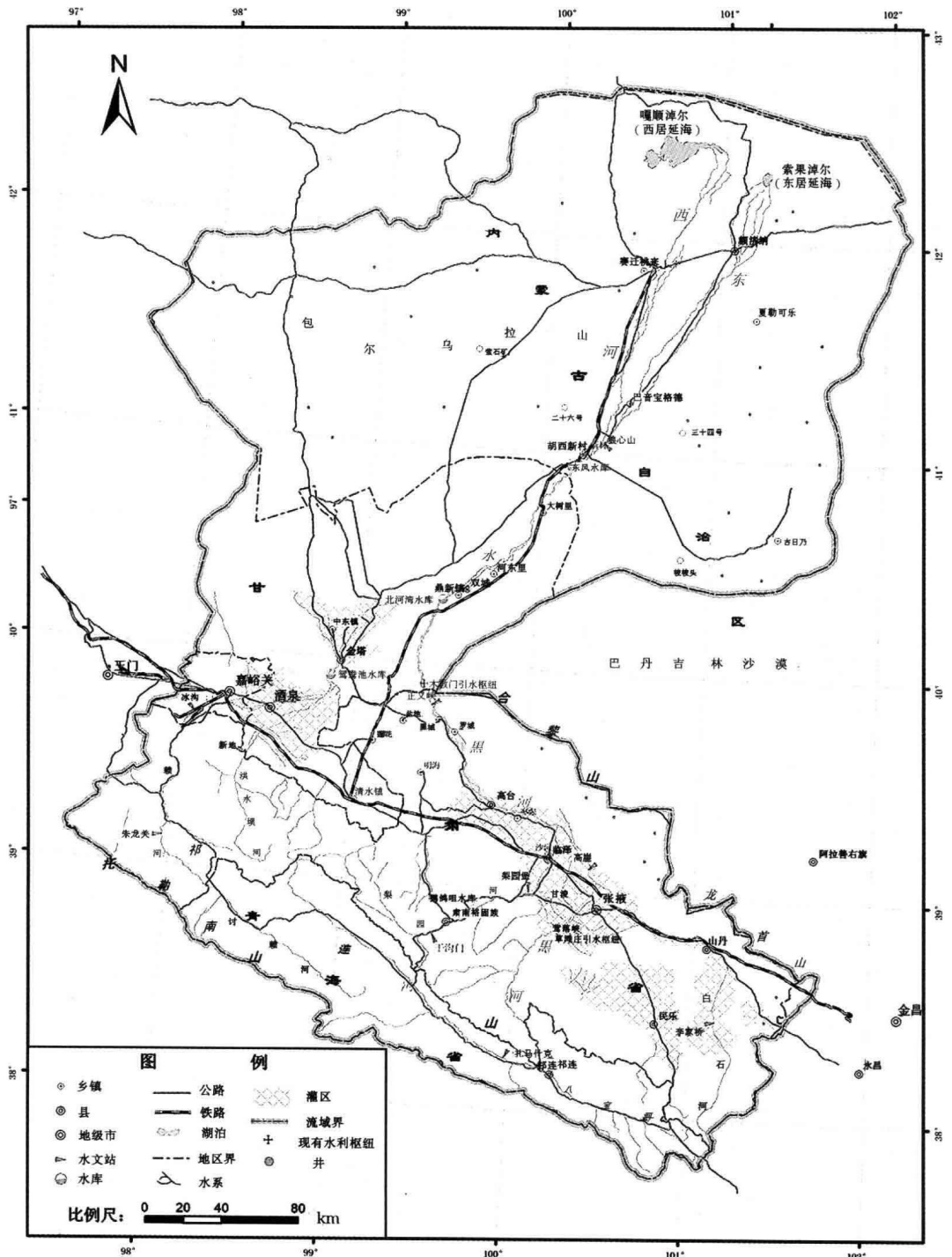


图 1-1 黑河流域地理位置

源的主要消耗区。

正义峡以下为黑河下游。正义峡至大墩门,河长19 km,属切割基岩的狭谷型河段。

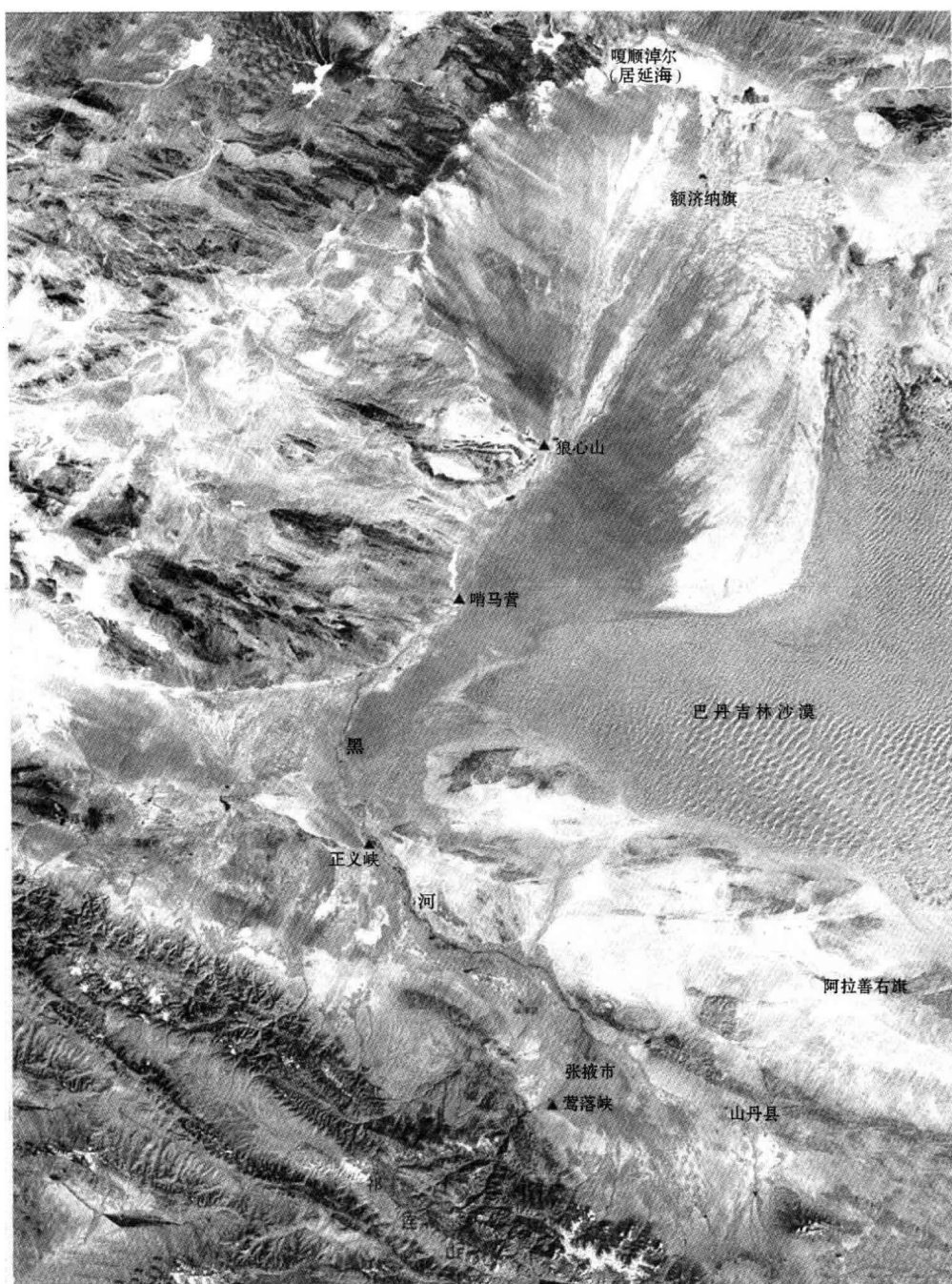


图 1-2 黑河流域遥感影像图(2000 年)

河出大墩门,游荡进入阿拉善大平原,沙漠戈壁广布其间,也为用水提供了便利条件,其下可分为3段:上段为大墩门至哨马营,河长96 km;中段为哨马营至狼心山,河长60 km,中国航天城——酒泉卫星发射中心坐落在这里;狼心山以下为下段,进入额济纳三角洲,黑河过狼心山分水闸后分为东河和西河,其中东河全长158 km,西居延海和东居延海分别



图 1-3 祁连山区美丽的自然风光



图 1-4 中游人工绿洲

是西河和东河的尾间湖泊,于 20 世纪 60 年代和 90 年代先后干涸。2002 年以后,随着黑河流域水资源统一管理和综合治理的逐步展开,两湖均已先后进水,其中东居延海已恢复往日湖区水面面积;内蒙古自治区阿拉善盟额济纳旗首府达来库布镇就坐落在额济纳三角洲的居延湖畔,300 年前自欧洲伏尔加河沿岸回归祖国的蒙古族土尔扈特部即生活在这里。

黑河下游地面海拔高程 900 ~ 1 300 m,盆地内地势低平,总体上自南向北,自东向西缓慢倾斜,地面坡降 1‰ ~ 3‰,地势最高点为南部的狼心山,最低点为盆地北部的东西居延海。西南部为冲积、洪积平原,北缘为冲洪积倾斜平原,盆地中部主要为冲积、湖积平

原,东北部为古冲积平原,与巴丹吉林沙漠相邻。下游除河流沿岸和居延三角洲外,大部为沙漠戈壁,气候异常干旱,年降水量平均只有 47 mm,是我国降水最少、极干旱地区之一,是流域径流消失区^[2,3]。

由于河水的滋润,在额济纳盆地干旱三角洲上,形成了以胡杨、沙枣、怪柳、苦豆子及甘草等为主的现代荒漠河岸绿洲(见图 1-5),额济纳绿洲的植被,是以地下水为主要耗水来源的天然植物群落,既是我国第二大胡杨林生长地,同时也是阻挡风沙进入我国内陆的第一道绿色天然屏障。



图 1-5 下游河道边天然绿洲(河道已干涸)

1.2 气候与水文

1.2.1 气候

黑河流域位于欧亚大陆腹地,远离海洋,为典型的大陆性季风气候,流域气候特点具有明显的水平分带差异。上游山区属于青藏高原中温带亚干旱区,气候寒冷阴湿,由于高山深谷,地势反差大,降水、气温具有垂直分带性。多年平均气温 $-3.1 \sim -3.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低可达 $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$,日照时数较短。祁连山区降水较为丰沛,主要来源于西南季风,年降水量一般为 $250 \sim 500\text{ mm}$ 。

中游走廊平原为温带干旱区,平均气温为 $6 \sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期 $150 \sim 170\text{ d}$,年降水量在 $110 \sim 370\text{ mm}$,年蒸发能力为 $1\,200 \sim 2\,200\text{ mm}$ (E601 蒸发皿,下同),本地区气候条件具有发展农业、林业和牧草业的条件,黑河水资源为张掖地区农业发展提供了天然便利条件,自古以来就是重要的灌溉农业区,享有“金张掖”的美称。

下游额济纳盆地,多年平均气温在 $8 \sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最低气温在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,极端最高气温超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,年日照时数 $3\,446\text{ h}$,无霜期 $120 \sim 140\text{ d}$,年均降水量为 $40 \sim 50\text{ mm}$,最少年份仅 17 mm ;年蒸发能力高达 $2\,200 \sim 2\,400\text{ mm}$,气候非常干燥,干旱指数达 47.5 ,属极

端干旱区,风沙危害十分严重,为我国北方沙尘暴的主要来源区之一^[1]。下游植被主要以荒漠草场为主,是传统的牧业区。

1.2.2 水文

黑河流域河流都发源于祁连山区,主要支流有黑河(干流)、山丹河、洪水河、梨园河、摆浪河、马营河、丰乐河、红水坝河和讨赖河等 35 条河流,其中集水面积大于 100 km² 的河流有 18 条。

随着支流水利工程的建设,水资源开发利用规模的扩大,各河流均被引流灌溉或修建水库,使部分支流已与干流失去地表水水力联系,形成西、中、东 3 个独立的子水系。

西部子水系包括讨赖河、洪水河等,归宿于金塔盆地,面积 2.1 万 km²。讨赖河是西部子水系中最大的河流,干流发源于祁连山北麓托来山,自上而下流经青海、甘肃两省的祁连县、肃南县、嘉峪关市、酒泉市肃州区和金塔县。河源至山口讨赖峡冰沟以上为上游,面积 6 883 km²,多年平均径流量 6.37 亿 m³,上游是讨赖河的产流区。讨赖峡冰沟以下至夹山峡鸳鸯池为中游,河出祁连山,首先穿过嘉峪关市所在的山间小盆地——赤金盆地,继而进入酒泉盆地,成为嘉峪关市和酒泉市的重要水源。夹山峡鸳鸯池以下为下游,20 世纪 70 年代以前,讨赖河尚有水自正义峡以下汇入黑河干流,后来随着鸳鸯池水库扩建和解放村水库建成,以及用水量的增加,讨赖河与黑河干流脱离水力联系,河水被本流域全部引用并最后消耗于金塔盆地。

中部子水系包括马营河、丰乐河等,归宿于高台盐池—明花盆地,面积 0.6 万 km²。

东部子水系即黑河干流水系,包括黑河干流、梨园河及 20 多条沿山小支流,面积 11.6 万 km²,干流水系主要支流径流特征见表 1-1。

表 1-1 黑河干流水系主要支流径流特征

河流	水文站	流域面积(km ²)	径流量(亿 m ³)
黑河干流	莺落峡	10 009	15.8
梨园河	梨园堡	2 240	2.43
洪水河(民乐)	上湾村	578	1.23
马营河(山丹)	李家桥水库	1 143	0.74
大诸马河	瓦房城	217	0.89
摆浪河	高台新地	211	0.4
大磁窑	甘浚	220	0.11
大野口	花寨子	102	0.14
海潮坝	顺化	146	0.48
小诸马河	新添	101	0.19
童子坝河	扁都口	331	0.64

黑河干流在上游山区分为东西两岔,东岔河名为俄博河,又名八宝河,发源于俄博河滩的锦阳岭,自东向西流,河长 101 km,流域面积 2 452 km²;西岔河名为野牛沟,发源于“五河之源”的团结峰,自西北向东南流,河长 182 km,流域面积 4 589 km²。东西两岔在黄藏寺汇合,折向北流至莺落峡出祁连山,进入甘肃省张掖盆地,在张掖城西北约 10 km

处接纳山丹河、民乐河折向西北,沿途经临泽县、高台县纳梨园河、摆浪河,最后于正义峡穿越走廊北山进入下游,在鼎新与讨赖河汇合(目前无地表水汇入),进入额济纳盆地,在额济纳盆地内的总流长约240 km,黑河在盆地内的狼心山分为东、西两个支流(河),东河称为“达西敖包河”,西河称为“穆林河”,分别流向盆地北部的东居延海(索果淖尔)、西居延海(嘎顺淖尔),即黑河的尾间。

黑河干流全长821 km,其中上游全长303 km,流域面积1万 km^2 ;中游河道长185 km,流域面积2.56万 km^2 ;下游河道长333 km,流域面积8.04万 km^2 。

1.2.3 流域水资源

黑河流域出山口多年平均径流量36.34亿 m^3 ,地下水资源与河川径流不重复量3.99亿 m^3 ,天然水资源总量40.33亿 m^3 。1999年社会经济各部门总用水量45.28亿 m^3 ,总耗水量28.48亿 m^3 ,分别相当于流域水资源总量的112%与71%。在社会经济用水总量中,农田灌溉用水36.04亿 m^3 ,占社会经济各部门总用水量的80%。

中西部子水系出山口多年平均径流量11.59亿 m^3 ,地下水资源与河川径流不重复量0.66亿 m^3 ,流域总水资源量12.25亿 m^3 。截至1999年,中西部子水系流域内建成水库44座(其中平原水库37座),总库容2.46亿 m^3 ,兴利库容2.05亿 m^3 ;建成干、支、斗渠道工程2635条,总长4219 km。鸳鸯池水库位于讨赖河干流下游夹山峡处,是一座以灌溉为主的大(Ⅱ)型水库,总库容1.05亿 m^3 ,解放村水库位于鸳鸯池水库下游44 km处,是为调蓄鸳鸯池水库弃水而修建的一座中型水库,总库容0.39亿 m^3 ,有效库容0.30亿 m^3 ;鸳鸯池水库和解放村水库联合运用,调蓄控制讨赖河上中游来水,供给金塔盆地生活、工业及53万亩^①灌区用水。引蓄讨赖河水的还有嘉峪关市的大草滩注入式水库,主要向酒泉钢铁基地供水,总库容0.64亿 m^3 ,有效库容0.59亿 m^3 。1999年流域社会经济总用水量13.82亿 m^3 ,相当于流域水资源总量的113%;其中农田灌溉用水11.39亿 m^3 ,占社会经济总用水量的82.4%。1999年社会经济总耗水量10.71亿 m^3 ,已达流域水资源总量的87.4%。

干流水系出山口多年平均径流量24.75亿 m^3 ,其中干流莺落峡站15.80亿 m^3 ,梨园河梨园堡站2.37亿 m^3 ,其他沿山支流6.58亿 m^3 ;地下水资源与河川径流不重复量3.33亿 m^3 ,流域水资源总量28.08亿 m^3 。截至1999年,干流水系流域建成草滩庄、大墩门拦河引水枢纽两座;大中小型水库58座(其中平原水库40座),总库容2.55亿 m^3 ;引水工程66处,引水能力268 m^3/s ;机电井6149眼,年提水量3.02亿 m^3 ;总灌溉面积392万亩,其中万亩以上灌区24处。1999年社会经济各部门总用水量31.46亿 m^3 ,相当流域水资源总量的112%;其中农田灌溉用水24.65亿 m^3 ,占总用水量的78%。从用水量的地区分布看,主要集中在中游,中游各部门总用水量25.98亿 m^3 ,占全流域总用水量的83%。1999年社会经济各部门总耗水量17.77亿 m^3 ,占流域水资源总量的63%;其中农田灌溉耗水量12.54亿 m^3 ,占总耗水量的71%。

1.2.4 社会经济

黑河流域自上游至下游居延海,分别流经青海省的祁连县,甘肃省的肃南、山丹、民

① 1 hm^2 = 15 亩

乐、张掖、临泽、高台、金塔县(市)和内蒙古自治区的额济纳旗,共9个县(旗、市)。据统计,全流域1999年总人口200.19万人,其中城镇人口56.36万人,农业人口143.83万人,分别占总人口的28%和72%;耕地551.35万亩,农田灌溉面积428.27万亩,林草灌溉面积122.43万亩;牲畜358万头(只),粮食总产量132.07万t,人均粮食660kg,国内生产总值106.65亿元,人均GDP 5 327元。

黑河干流水系所属区域内1999年人口133.81万人,其中农业人口110.75万人;耕地412.93万亩,农田灌溉面积306.54万亩,林草灌溉面积85.55万亩;牲畜254万头(只),粮食总产量103.94万t,人均粮食777kg,国内生产总值63.12亿元,人均GDP 4 717元。

黑河上游地区包括青海省祁连县大部分和甘肃省肃南县部分地区,以牧业为主,人口5.98万人,耕地7.69万亩,农田灌溉面积6.06万亩,林草灌溉面积2.70万亩,牲畜86.45万头(只),粮食总产量1.04万t,人均粮食174kg,国内生产总值3.53亿元,人均GDP 5 903元。

中游地区包括甘肃省的山丹、民乐、张掖、临泽、高台等县(市),属灌溉农业经济区,人口121.20万人,耕地390.87万亩,农田灌溉面积289.38万亩,林草灌溉面积44.95万亩,牲畜143.28万头(只),粮食总产量99.29万t,人均粮食819kg,国内生产总值55.98亿元,人均GDP 4 619元。

下游地区包括甘肃省金塔县部分地区和内蒙古自治区额济纳旗,人口6.63万人,耕地14.37万亩,农田灌溉面积11.10万亩,林草灌溉面积37.90万亩,牲畜23.85万头(只),粮食总产量3.61万t,国内生产总值3.61亿元。其中金塔县鼎新片为灌溉农业经济区,人口5.01万人,农田灌溉面积9万亩,林草灌溉面积5万亩,牲畜7.25万头(只),粮食产量3.42万t,人均粮食682kg,国内生产总值2.35亿元,人均GDP 4 691元;额济纳旗以荒漠牧业为主,人口1.62万人,农田灌溉面积2.10万亩,林草灌溉面积32.9万亩,牲畜16.6万头(只),粮食产量0.19万t,人均粮食117kg,国内生产总值1.26亿元,人均GDP 7 778元^[1]。

第2章 地质、水文地质条件

2.1 地质条件

2.1.1 地质构造

祁连山区是地质构造强烈上升带,属于北祁连向斜褶皱带中的北祁连西部中间隆起,北部北山区属阿拉善台隆。中生代以前,许多大的构造运动已形成基本构造骨架。中新世以来,祁连山继续强烈上升,进入了以强烈的差异性断块为主的构造运动发展时期,主要表现为地壳上升和相对沉降,走廊盆地相对下降,在上升和沉降过渡带形成一系列的褶皱与断裂。一系列北东、北西向大断裂和沿断裂所产生的断块差异,将黑河流域分割成规模不等的构造——地貌单元,这种断块的差异性升降,形成了祁连山及众多小型山间盆地、走廊南北串珠状盆地及北部山区,中游为张掖盆地和酒泉盆地(称为南部盆地),下游为额济纳盆地(称为北部盆地)。祁连山区是中下游盆地松散碎屑物质的主要来源区。

中游盆地与南部祁连山和北部北山以叠瓦型的大型逆冲隐伏断裂接触,盆地具有山间断陷特征。由于晚更新世以来新构造运动上升和下降的不均匀性,相邻盆地间一般以隆起而分割,如张掖盆地与山丹盆地间的永固隆起,张掖盆地与酒泉东盆地间的榆木山—高台隆起。张掖和酒泉东盆地地质构造剖面如图2-1所示。

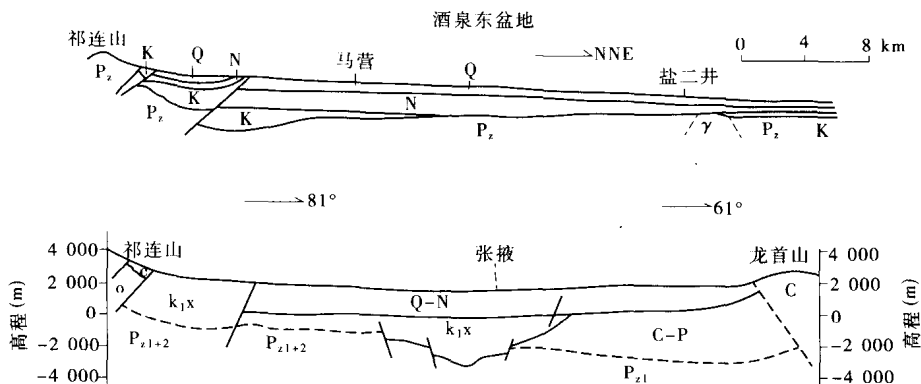


图2-1 张掖、酒泉东盆地地质构造剖面

(据甘肃省水文地质工程地质勘察设计院)

北部额济纳盆地发育的北东、北西及北北东向构造,将其分割成规模不等的棋盘格式地块,凹陷与隆起相间分布。在北部盆地,南侧为断层接触,东侧与巴丹吉林沙漠也为断层接触,北、西两侧与山体之间为山足面接触。

在中游南部盆地,由于祁连山的强烈上升,升幅达千余米,在一些河谷的两岸形成了

V—VI级阶地,相对高差达10余米。北山地区上升缓慢,升幅达百米。走廊平原区属于沉降地带,为第四纪沉积物形成提供了良好的场所,因此南部盆地第四系地层发育,沉积了巨厚的第四系,厚度100~1 000 m。

在北部盆地,第四纪以来区域地壳比较稳定,额济纳平原是缓慢隆起带内的沉降区,相对沉降幅度不大,但不均匀。第四纪松散层沉积物主要来源于南部盆地,第四系厚度相对较薄,沉积物颗粒较细。盆地中心地带地势低洼,地面高程890~910 m。

流域内地层出露较全。前第四系主要分布于祁连山和北山地区,祁连山区主要出有第三系(N)、白垩系(K)、侏罗系(J)、二叠系(T)、三叠系(P)、石炭系(C)、泥盆系(D)、志留系(S)、奥陶系(O)、震旦系(Z)、前震旦系(AnZ)以及华力西期和加里东期火成岩类。北山地区主要分布有第三系(N)、白垩系(K)、侏罗系(J)、石炭系(C)、震旦系(Z)以及华力西和加里东期花岗岩类。

在盆地内前第四系地层构成基底,主要为下古生界以前的变质岩和火成岩,侏罗系至上古生界碎屑岩,第三系、白垩系以泥岩为主的细粒岩。地层岩性主要为前古生界—中新生界的砂岩、砾岩、泥页岩、灰岩和板岩,已经不同程度变质。大部分地区基底为第三系或白垩系地层^[3-5]。

2.1.2 第四纪分布特征

黑河流域中下游盆地内广泛分布着第四纪地层,依其时代和成因分为下更新统冲洪积物(Q_1^{pl})、冰水沉积物(Q_1^{gl});中更新统冰水、冲洪积物(Q_2^{gl-pl});上更新统冲洪积物;全新统冲洪积物、湖积—化学沉积物、风积物等(Q_4^{al-pl} 、 Q_4^{l-h} 、 Q_4^{eol})。第四纪堆积物主要为河湖相碎屑沉积,大部分由河流从南部山区搬运而来。第四系地层见表2-1。

表 2-1 黑河流域中下游盆地第四系地层^[6]

统	符号	成因	分布	岩性
全新统	Q_4^{1al-pl}	冲积、洪积	河流一级阶地及河漫滩	砾卵石,表层有亚砂土覆盖
	Q_4^{2pl}	洪积	山前洪积扇群带的河床及黑河、诸马河、马营河近期堆积	含亚砂土的碎石和块石
	Q_4^{eol} Q_4^h Q_4^{ch}	风积、化学沉积、沼泽沉积	高台、明海、盐池、黑河沿岸	砂土及沼泽,化学沉积物
	Q_4^{1al-pl}	冲积、洪积	河流二级阶地	上部亚砂土夹砂,下部为砂砾石和砂
	Q_3^{3eol}	风积	细土平原	黄色亚砂土,砂和亚黏土
上更新统	Q_3^{3al-pl}	冲积、洪积	南部山前、洪积扇及北部山前戈壁、细土平原等	砾卵石为主,砾径6~20 cm,山前漂砾可达100 cm
	Q_3^{2eol}	风积	五、六级阶地顶部	黄土状土