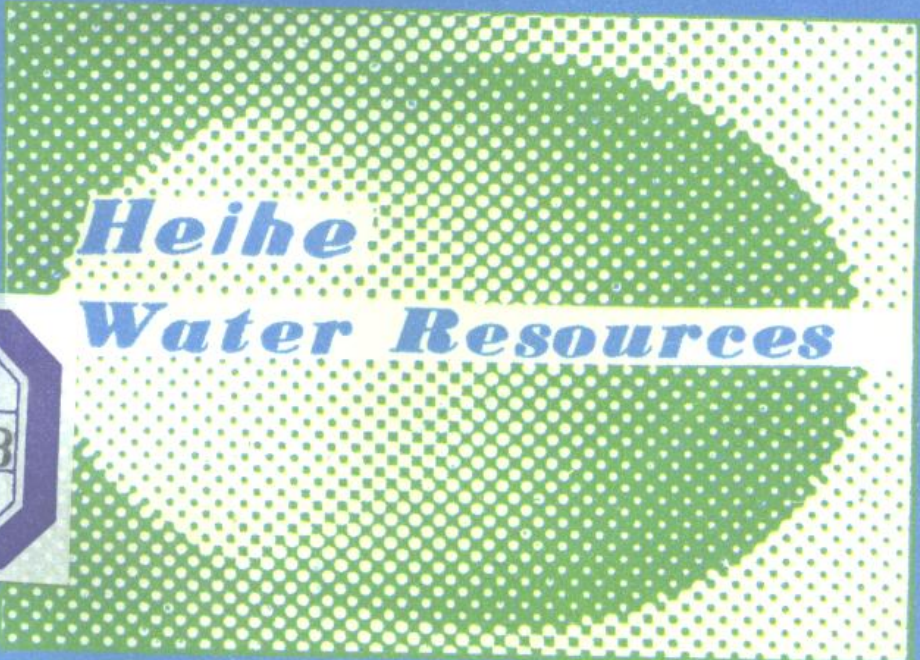


黑河流域水资源 合理开发利用

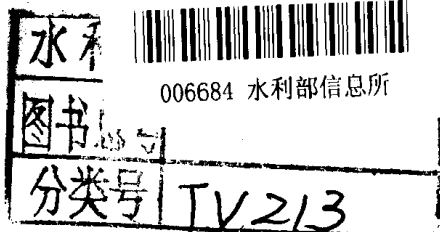
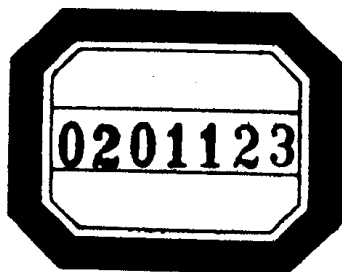
高前兆 李福兴 编著



Heihe
Water Resources

23

甘肃科学技术出版社



黑河流域 水资源合理开发利用

高前兆 李福兴 编著

甘肃科学技术出版社

· 1990 · 兰州

2W65/2517

黑河流域水资源合理开发利用

高前兆 李福兴 编著

甘肃科学技术出版社出版发行

(兰州第一新村 81 号)

甘肃省激光照排中心排版

兰州八一印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 7.25 插页 1 字数 159000

1991 年 6 月第 1 版 1991 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—1500

ISBN 7-5424-0349-4/P·10

定价: 5.40 元

目 录

前言	(1)
第一章 黑河流域自然条件与社会经济概况	(3)
第二章 黑河流域开发的历史过程	(16)
第三章 黑河流域水、土、草场资源利用现状与开发潜力 分析	(23)
一、内陆河水资源特征	(23)
二、水资源的数量和质量评价	(25)
三、土地资源的数量和质量评价	(32)
四、草场资源的数量和质量评价	(55)
五、水资源开发利用现状与用水量分析	(61)
六、土地资源开发利用现状与潜力分析	(65)
七、水资源开发利用的潜力和限度	(77)
第四章 黑河流域环境质量现状评价	(85)
一、流域生态环境特点	(85)
二、水分因素对环境的影响	(89)
三、植被退化与环境变化	(93)
四、人类活动的影响	(95)
五、土地沙漠化现状评价	(100)
第五章 黑河流域水资源合理开发利用方案及其论证	(106)
一、水资源开发利用目标与分配原则	(106)
二、水资源合理开发利用与管理的水土平衡分区	(109)

三、水资源分配分析方案·····	(113)
四、多目标水资源规划分配论证·····	(138)
五、实施分水方案的措施·····	(158)
第六章 黑河流域土地合理利用的初步设想·····	(164)
一、土地合理利用区划原则·····	(164)
二、土地合理利用区划·····	(165)
三、土地生态设计·····	(177)
四、维护黑河流域下游地区自然生态平衡的基本途径·····	(185)
结束语·····	(200)
参考文献·····	(204)
附录·····	(206)

前 言

在干旱地区，一个内陆河流域就是一个完整的地表水与地下水相互联系的生态系统功能单元。流域内可更新的水资源不仅是协调上、中、下游农、林、牧布局和发展的最重要的自然条件，而且也是维护干旱荒漠地区自然生态平衡，保护环境的重要因素。因此，水资源的合理开发利用是干旱区的内陆河流域制定经济建设发展规划的中心环节。黑河流域是我国西北地区流经三省（区）的一个较大的内陆河流域。流域中游地区为甘肃省河西走廊继石羊河流域之后，又一个亟待开发的一个重点地区，下游为内蒙古自治区西部高原迫切需要维护生态平衡和制定相应规划的荒漠绿洲。而流域内有限的水资源不仅是生活在该地区人们的必要生活资料，而且又是工业、农业生产不可缺少的物质条件。现阶段，中、上游水土资源的开发利用，已影响到下游绿洲的生存。所以，以流域为单元，统筹协调上、中、下游水资源进行综合利用规划，根据经济效益、生态环境效益和社会效益相结合的原则，提出优化方案合理开发和综合治理本流域，这已成为当前黑河流域必须解决的一个重要问题。为此，受水电部计划司委托，1985—1986年中国科学院兰州沙漠研究所组织了黑河流域水资源合理开发利用综合考察队，在原有甘肃省河西地区和内蒙古自治区额济纳旗水土资源工作的基础上，以黑河流域为整体，连续二年对黑河流域的水、土地、草场资源进行了进一步调查核实，收集和掌握了全流域大量基础资料，分析了流域内水、土等

资源的数量和质量及开发潜力，以及可能引起的环境变化，为研究流域水资源的合理分配和科学管理，预测流域内水、土资源的开发规模，提供了科学依据。我们还应用航空相片和卫星相片，分别编绘了流域 1：25 万水、土条件图和水、土资源合理利用图；同时，编绘出版了 1：100 万流域水景观图、土壤图、土地资源评价图以及草场类型图等一套农业自然资源图件。在评价流域水、土资源和水量平衡概算的基础上，邀请清华大学应用数学系协作，采用多目标水资源规划模型，论证了流域内水资源的合理分配；同时对黑河流域下游生态环境变化进行了现场录像，编辑了《黑河流域下游生态环境变化》与《额济纳绿洲几种虫害记实》二个录像带。最后，论证了黑河流域水资源开发利用的可行性，提出了黑河流域水土资源合理开发利用的意见，环境变化的宏观预估、建议及应采取的措施。

本课题是在中国科学院兰州沙漠研究所直接领导下进行的。自始至终得到水电部计划司总工程师朱惠琴（高级工程师）的指导和支持。本课题总负责人高前兆、李福兴。参加本课题及编写报告的人员有：水文水利专业：高前兆、周开蕴、刘亚传、傅兴启、龚家栋；土壤专业：李福兴、张子玉；草场专业：仇保铭；制图专业：彭期龙、王熙章、郭迎胜；灌溉作物需水量试验委托临泽站高征锐完成，水、土植物样品分析由沙漠研究所中心分析室完成。

本项工作得到青海、甘肃、内蒙古三省（区）的有关部门的大力支持和协助。此外，清华大学应用数学系周兴华、王燕来、刘军、陈心源、何坚勇，酒泉地区金塔县水电局葛生年，甘肃省水文站林志宁等同志亦参加了本课题的部分研究和考察工作。

本书由高前兆、李福兴执笔编写，童立中、沈永玲、李森负责编辑。限于时间和水平，错误和不当之处恳请批评和指正。

第一章 黑河流域自然条件 与社会经济概况

黑河流域是我国西北干旱区较大的一个内陆河流域。黑河水系也是我国较完整的内陆盆地中十条较大河流之一，流长 821 公里，流域面积约 13 万平方公里。

1. 河流水系：黑河流域分布范围东起山丹，西至酒泉，南部河源上溯到祁连县的祁连山区，北端河流尾间达额济纳旗的嘎顺淖尔和索果淖尔。上游水系：由山丹河、洪水河、大诸马河、黑河、梨园河、摆浪河、马营河、丰乐河、洪水坝河及讨赖河等支流组成，分东西两支主干河系，并汇集于河西走廊盆地。黑河干流的上游在青海省祁连县，又分为东、西两岔，东岔俄博河又名八宝河，发源于俄博滩东的景阳岭，自东向西流，长 80 余公里；西岔野牛沟，源于铁里干山，自西向东流，长 190 公里，东西两岔在黄藏寺汇合后折向北流，称甘州河。出山后进入张掖盆地称黑河。在张掖城西北 10 余公里处，纳山丹河、民乐洪水河折向西北流，经临泽县、高台县汇梨园河、摆浪河，于正义峡穿出走廊北山。自黄藏寺至出山口莺落峡河长 90 公里，张掖盆地中干流长 200 公里。西支干流讨赖河发源于讨赖南山，流入酒泉盆地，在酒泉城北与洪水坝河汇合，称北大河。向西北流出佳山峡入金塔盆地，折向东北流出盆地，在鼎新与东支黑河干流汇合，称弱水，又名额济纳河。下游在狼心山处分出东、西两河，北流入东、西居延海（索果淖尔、嘎顺淖尔）。所以，额济纳河是黑河水系经河西走廊从地表和地下在盆地的北山峡口出流汇

合而成的，也是内蒙古西部高原的唯一的一条内陆河。黑河上游位于青藏高原北缘的祁连山区，东、西两条较大的支流，均发育成宽阔的横向谷地，其余短小山溪顺纵向河谷切割祁连山北坡。祁连山最高峰海拔 5584 米，河流出山口的海拔高程一般在 2000 米左右。中游为河西走廊高平原中段，海拔高程在 1200—2000 米，南有祁连山耸峙，北有走廊北山（龙首山、合黎山）横亘。东面以大黄山与石羊河流域为界。西面以黑山与疏勒河流域相邻。受地质构造影响，走廊中段自东而西分出大马营盆地、山丹盆地、张掖盆地、酒泉东、西盆地。下游属内蒙古高原西部的阿拉善高原，系由一系列剥蚀中、低山和干三角洲、盆地组成，海拔高程 980—1200 米。除金塔盆地位于黑河西支北大河下游外，干流下游是巨大的弱水洪积冲积扇。黑河干流流出走廊北山后，经过鼎新盆地，进入弱水冲积扇，至河尾流长约 400 公里，冲积扇面积约 3.8 万平方公里。下游分布有古日乃湖、古居延泽、东、西居延海等一系列湖盆洼地和广阔的戈壁、沙漠（参见“黑河流域水景观图”1：100 万，西安地图出版社，1988 年 10 月）。

2. 气候：受青藏高原气候影响，上游山区属青藏高原的祁连山—青海湖气候亚区。河谷气候较干燥，东部祁连谷地降水量不到 400 毫米，西部托勒谷地降水量也小于 300 毫米。整个山区，特别是北坡，高寒阴湿，在冷龙岭西段和走廊南山高山区为祁连山中段冰川分布的二个集结中心。山区气候随高度分异明显（表 1）。流域中、下游地区属温带蒙—甘区，按区内干燥程度的差异，还可分为中游河西走廊温带干旱亚区，下游阿拉善荒漠干旱亚区和额济纳荒漠极端干旱亚区。中、下游水分条件相差悬殊，河西走廊年降水量为 100—250 毫米，最下游极端干旱亚区不到 50 毫米（图 1）。河西走廊盆地为黑河流域中游灌溉农业区，光照和热能都很丰富，年平均气温 5—8℃，农作物需要灌溉才能获得收成。黑河中、下游地区，降水量为 50—100 毫米，年平均

气温 7—8℃，潜在蒸发量 2500—3000 毫米，热量相对丰富，农作一季有余，但无灌溉即无农业；最下游地区年平均气温 8—9℃，蒸发极其强烈，潜在蒸发量为 3000—4500 毫米（图 2），相对湿度小于 40%，灌溉农牧业需水量大，林草生长耗水量也大，并遭受风沙、盐碱危害。

表 1 祁连山区农牧气候垂直分带

气候指标		垂直利用带			
		高山夏季 牧 场	中高山林 牧 区	中山林 牧 区	低山河谷 农牧区
海拔高程(米)		> 3600	3100—3600	2600—3100	2000—2600
光 能	日照时数(小时)	2200—2700	2600—2900	2700—2900	2800—3000
	年总辐射($\frac{\text{千焦}}{\text{平方厘米} \cdot \text{年}}$)	620—670	670—740	580—670	565—586
热 量	年平均温度(℃)	-5—2	-4—1	-1—1.5	1.5—4.0
	>0℃ 积温(℃)	700—1100	1000—1600	1600—1800	1800—2700
	>10℃ 积温(℃)	< 350	200—800	800—1000	1000—2000
	牧草生长期(天)	90—100	100—120	120—140	140—180
	最冷月平均气温(℃)	-18—16	-16—14	-14—13	-13—12
	最热月平均气温(℃)	7—9	9—11	11—13.5	13.5—18
水 分	年降水量(毫米)	350—500	350—450	300—400	250—350
	年均相对湿度(%)	65	60—65	55—60	50—55
	年蒸发量(毫米)	700	700—1300	1300—1600	1600—2000
无霜期(天)				100—110	110—125

3. 水文：黑河流域有发源于祁连山的大小山溪河流 39 条，其中具有供水意义的河流计 35 条，集水面积在 100 平方公里以上的有 18 条，多年平均地表径流量超过 1000 万立方米的有 24 条。黑河水系中水量较为丰富，年径流在 1 亿立方米以上的河流

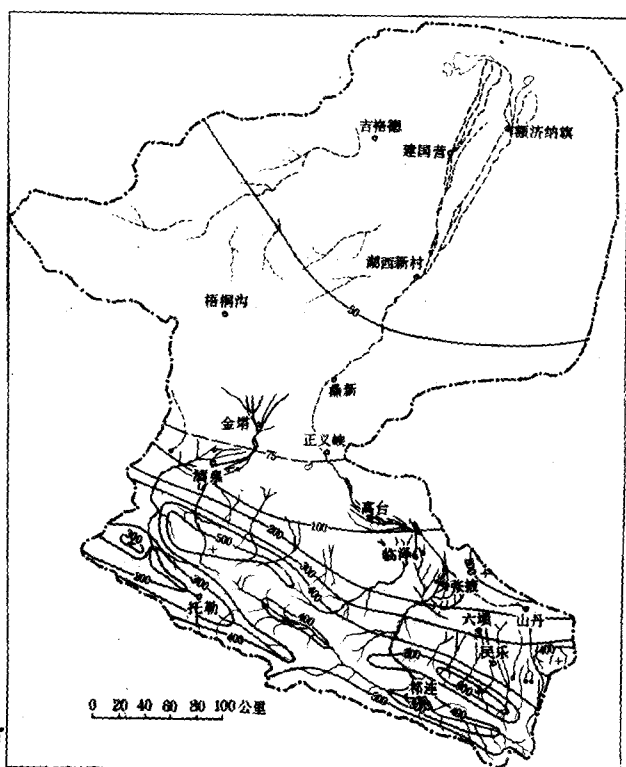


图1 黑河流域降水等值线图

有7条，黑河干流出山口多年平均流量为50.7立方米/秒，其主要支流梨园河为7.70立方米/秒，洪水河为3.90立方米/秒，马营河为3.61立方米/秒，丰乐河为4.46立方米/秒，洪

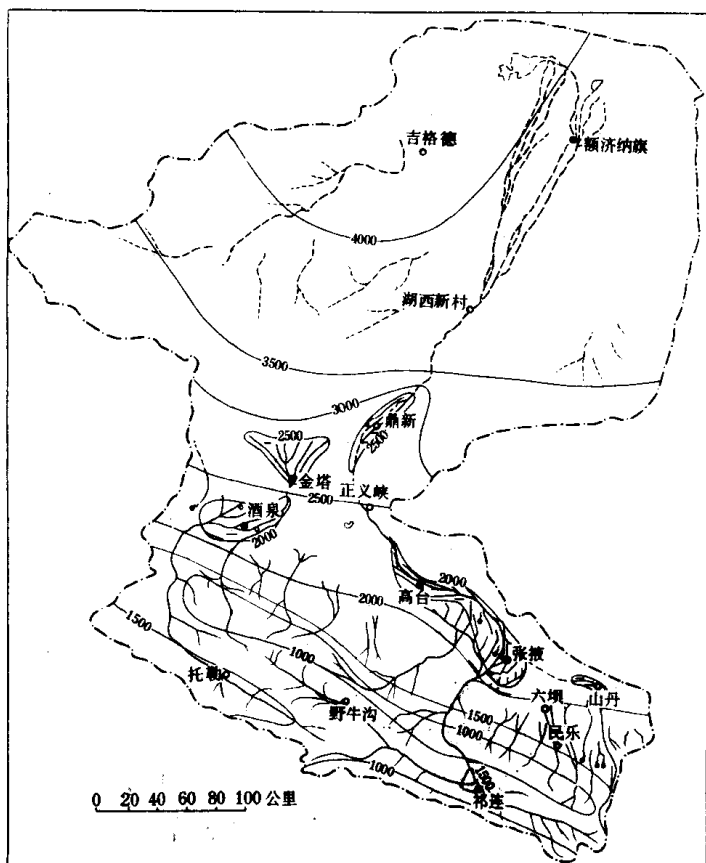


图2 黑河流域潜在蒸发等值线图

水坝河为 8.90 立方米 / 秒，讨赖河为 21.2 立方米 / 秒。此外，下游戈壁地区有两条发源于马鬃山山区较大的间歇性山洪沟。

这些内陆河流因受祁连山山区降水和冰雪融水补给影响，年

内变化呈现明显的周期规律（图3）。出山口河川径流一般在每年3月中旬随气温上升，山区季节积雪和河冰开始消融，河流

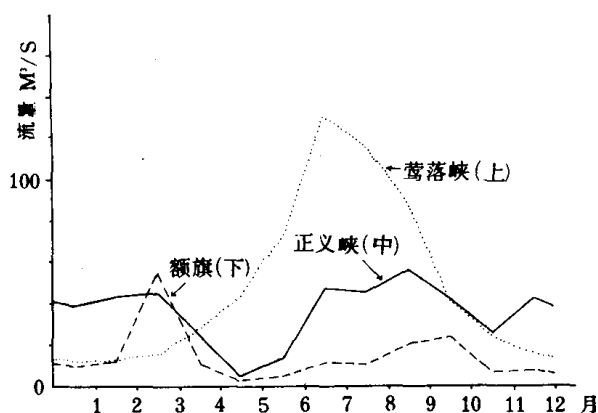


图3 黑河上、中、下游月平均地表径流

径流出现不明显的春汛；5月，山区季节积雪基本融完，而冰川开始融化，河流水量不大；6月后，山区降水增多，随气温升高冰川强烈消融，河流水量急剧上涨；至8月份，常形成汛期洪水；9月，冰川融水逐渐减少，降水也自高山向低山逐渐转为固态，河水很快减退；10月后，气温迅速下降，山区降水减少，且多呈固态，河流径流受山区地下水补给缓慢减少，直至翌年3月为河流枯水期。河流水量年内分配集中于夏季，5—9月可占全年80%以上，6—8月水量视山溪河源冰川补给多少略有差异，冰川补给比例较大的河流可达70%，无冰川补给的河流也可达45%以上，这种径流变化反映上游的情况。

出山径流进入河西走廊即为中游，经盆地绿洲引灌利用后，

至走廊盆地出口下泄给下游河道，尽管河川径流仍受山区的水文规律控制，但已受到盆地调蓄和灌溉的影响，径流年内分配也发生了变化。一般在3月后出现河流径流减少，直至5月份，因大量自河道取水引灌，时值枯水期，甚至出现河床干枯；直到6月份上游出现水量上涨时，河道水量开始增长，至7—9月出现夏汛期，有时也有洪水威胁；9月份因引灌溉回归水和盆地地下水大量出流补给河道，而形成年内河水高峰；10月份后又因冬灌，河流水量再度降低，至11月份形成低谷；12月至3月为非农业用水季节，盆地地下水补给稳定，河流水量平衡。

内陆河下游河流水流量年内分配受人类活动影响明显。在年过程变化上出现5月至6月份河道干枯；7月后才出现径流，形成夏汛，一直延续至10月份；11月后，因气温下降河流封冻，上游来水以河冰形式贮蓄在河床，直至翌年2月下旬开始融化下泄，在3—4月形成春汛期（图4）。

河流径流多年变化，若以超过多年平均流量为丰水年，低于多年平均流量为枯水年，可见河西内陆河水量变化也存在着丰枯水年交替出现规律，并呈现有从丰水年之后突然转入枯水年，枯

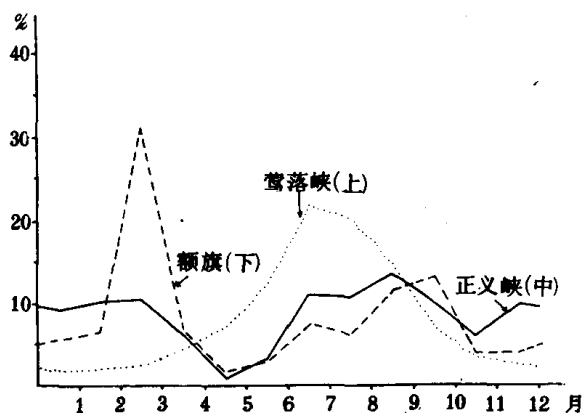


图4 黑河上、中、下游地表径流年内分配

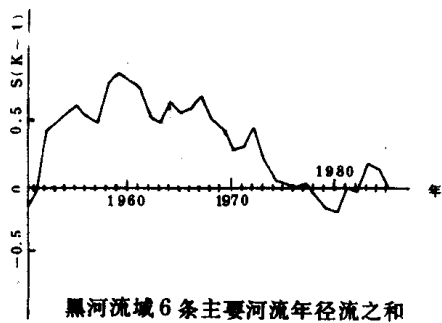
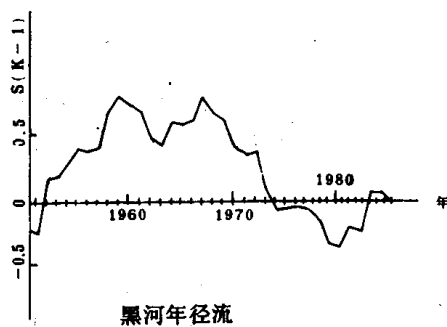
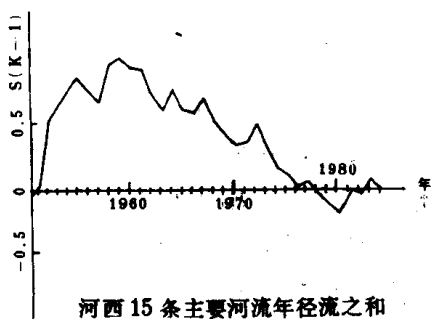


图 5 河西地区河流年径流距平累积曲线

水年之后立即进入丰水年的现象。黑河流域各河丰枯水年组为2—7年不等，最长的丰水年组为6年，而枯水年组为7年。分析这种丰、枯水年周期变化的原因是与山区降水和气温周期变化有关。并由山区降水所决定的，其年际降水干湿变化与河流出山口径流过程十分相似。丰、枯水年多年变化过程反映出山区降水在50年代（1952—1958年）是较湿润、到60年代（1960—1966）较为干燥、70年代后期又出现干旱；在出山径流上反映出50年代有5—6年丰水年组，而60年代出现6—7年的枯水年组，70年代后期有4年左右枯水年组。30多年的水文变化规律，自1950年至1982年（1983年）已经历了一个完整的多水和少水的循环周期（图5）。

4. 植被：黑河源头的祁连山区植被属山地森林草原，生长着呈片状、块状分布的高山灌丛和乔木林，垂直带谱极其分明，东西山区略有差异。海拔4000—4500米为高山垫状植被带；3800—4000米为高山草甸植被带；3200—3800米为高山灌丛草甸带，有高山柳（*Salix oritrepha*）、鬼箭锦鸡儿（*Caragana jubata*），金露梅（*Dasiphora fruticosa*）等灌木林生长；山地森林草原带一般分布在海拔2800—3200米，但就分布部位而言，阴坡比阳坡要高出约200—300米。阴坡主要树种为青海云杉（*Picea crassiflora*），阳坡有零星祁连圆柏（*Sabina przewalskii*）分布。这些山地及其植被对形成径流，调蓄河流水量，涵养水源有着重要作用。海拔2300—2800米为山地干草原带；2000—2300米为草原化荒漠带，对山地径流形成和汇集也有一定作用。流域中、下游地带性植被为温带小灌木、半灌木荒漠植被，以藜科、疾藜科、麻黄科、菊科、禾本科、豆科为多见植物。受河流水源和人类活动影响，中游山前冲积扇下部和河流冲积平原上分布有灌溉绿洲栽培农作物和林木，呈现以人工植被为主的景观。而在河流下游两岸、三角洲上与冲积扇缘的湖盆洼地里生长

有荒漠地区特有的荒漠河岸林、灌木林和草甸植被，主要树种有胡杨 (*Populus diversifolia*)、沙枣 (*Elaeagnus angustifolia*)、红柳 (*Tamarix spp.*) 和梭梭 (*Haloxylon ammosdendron*) 等，草甸植被有芦苇、芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、苏枸杞 (*Lycium ruthenicum*)、白刺 (*Nilraria roborowskii*)、苦豆子 (*Sophora alopecuroides*)、甘草 (*Glycyrrhiza uralensis*) 等，呈现出荒漠天然绿洲的景观。

5. 土壤：祁连山地受山地气候、地形和植被影响，为高山寒冷荒漠土壤系列、高山草甸土壤系列、山地草甸草原土壤系列、山地草原土壤系列和山地森林土壤系列形成分布区，主要土类有寒漠土、高山草甸土（寒冻毡土）、高山灌丛草甸土（泥炭土型寒冻毡土）、高山草原土（寒冻钙土）、亚高山草甸土（寒毡土）、亚高山草原土（寒钙土）、灰褐土、山地黑钙土、山地栗钙土、山地灰钙土等。土壤垂直带谱同植被带一样，亦很显著。海拔 4000—4500 米为寒漠土；3600—4000 米为高山灌丛草原土和高山灌丛草甸土；3200—3600 米为亚高山灌丛草甸土；3200—3400 米的阴坡为灰褐土，阳坡为山地黑钙土；2600—3200 米的阴坡为灰褐土，阳坡为山地暗栗钙土；海拔 2300—2600 米为山地栗钙土；海拔 1900—2300 米为山地灰钙土。流域中、下游地区属灰棕荒漠土与灰漠土分布区。除这些地带性土类外，还有灌淤土（绿洲灌溉耕作土）、盐土、潮土（草甸土）、潜育土（沼泽土）和风沙土等等非地带性土壤（参见“黑河流域土壤图”，1：100 万，西安地图出版社，1988 年 10 月）。

6. 社会经济：黑河流域跨越三个省（区），11 县（市、旗）和一个东风场区（表 2）。在流域上游山区，居住着藏族、裕固族、回族等少数民族，行政上属于青海省祁连县八宝、扎麻什克、阿柔、俄博、野牛沟诸乡和海北州托勒牧场（牧场位于讨赖河上游），以及甘肃省肃南裕固族自治县的马蹄、康乐、大河和