

内陆河流域环境演变与生态安全

麦麦提吐尔逊·艾则孜 著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内陆河流域环境演变 与生态安全

**Environmental Evolution and Ecological
Security in Inner River Basin**

麦麦提吐尔逊·艾则孜 著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

内陆河流域环境演变与生态安全 / 麦麦提吐尔逊·艾则孜著. —北京：北京理工大学出版社，2016.8

ISBN 978-7-5682-1532-9

I. ①内… II. ①麦… III. ①内陆水域—河流—流域环境—生态安全—研究 IV. ①X321

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 285616 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / （010）68914775（总编室）

（010）82562903（教材售后服务热线）

（010）68948351（其他图书服务热线）

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京富达印务有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 12

字 数 / 283 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 48.00 元

责任编辑 / 刘永兵

文案编辑 / 王晓莉

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

编辑委员会

主 编：麦麦提吐尔逊·艾则孜

副主编：海米提·依米提 祖皮艳木·买买提

买托合提·阿那依提 古丽孜巴·艾尼瓦尔

编 委：（按姓氏笔画为序）

马 蓉 米热古力·艾尼瓦尔 买托合提·阿那依提

李新国 麦麦提吐尔逊·艾则孜 祖皮艳木·买买提

洪 波 海米提·依米提

前 言

地理学是时空耦合的科学，不仅研究地域的空间差异，也研究环境随时间演变的过程，即生态环境演变。自地球诞生以来，地球表层环境就处于不断演变之中。与漫长的地球历史相比较，人类文明的产生与发展只是短暂的一瞬间，尽管如此，人类的各种活动已成为促进全球环境变化最活跃的力量。尤其是近 100 年来，随着人口的增长和工业化的发展，人类对环境资源的开发利用远远超过了大自然的承载力。环境的局部性问题、区域性问题、全球性问题接踵而至，严重威胁着人类的生存。因此，深入探索环境演变规律和原因，预测 21 世纪以及更远的环境状况，已成为当前地理学界的主要任务。

生态环境是人类生存和发展的摇篮，是经济发展、社会进步的基础，近几十年来，区域人口的激增和科学技术的巨大进步使人类以前所未有的规模和速度改变着生存环境。随着人类活动广度和深度的加剧，生态环境也受到了前所未有的破坏，生态环境问题已经不是点源问题，而是发展成了区域性、国家性乃至全球性的问题，如气候变暖、生物多样性的减少、森林面积的锐减等，导致人类赖以生存的环境被急剧破坏，同时制约了社会经济的可持续发展，对人类社会的生存和发展造成了严重威胁。因此，生态安全已成为人类面临的一个亟待解决的主要问题。

新疆分布着我国重要的绿洲农业区，又是我国资源、能源的重要接替区，在经济发展取得长足进步的同时，新疆绿洲的生态环境问题日益突出，清醒、客观、准确地认识新疆绿洲的生态环境现状，制定相应的整治对策，对于新疆经济和社会可持续发展是十分重要的。近期，随着新疆焉耆盆地社会经济的发展 and 人口的不断增加，出现了一系列问题：土地利用方式不合理，土地资源过度开发，等等。从 20 世纪 70 年代初到 2000 年近 30 年间盆地内的农田面积净增加 22.99%。草地向农田、盐碱地和沼泽地转化，面积缩小了 14.87%。而 2000—2007 年这 7 年间农田面积增加了 11.37%，草地面积减少了 0.72%。如今，博斯腾湖水位下降，湖水矿化度增加，植被退化，天然湿地逐年萎缩，土地沙漠化发展迅速。人类长期的不合理活动使生态系统退化，进而引起生态服务功能的变化，相应的服务功能价值也会随之流失，从而对区域气候、水文、生物地球化学循环以及生物多样性产生了重要影响。生态系统服务功能的退化反过来影响到人类的 lives 和社会发展，并促使人类从科学的角度重新审视自身与生态系统的关系以及生态系统的保育和

恢复问题。国内对这些问题已经做了很多研究工作，比如，以焉耆盆地两个时间段的景观类型转移为主要研究对象，对焉耆盆地内部绿洲景观类型的动态演化过程和空间分布特征进行分析。但这些研究主要是针对土地生态系统服务功能的提供价值方面。目前在生态安全评价研究方面，采用传统的生态足迹模型，通过分析一个区域能够提供给人类的生产性土地面积和人类社会生存所需要的生产性土地面积之间的变化关系来解决区域生态安全问题。传统的生态足迹模型仅考虑了土地的基本生产功能，即主要研究土地生态系统供给的生产力与人类需求间的差距，而忽视了土地生态系统的服务功能，如调节气候、保持水土、净化空气等，这与土地生态系统的功能多样性和一定程度的功能替代性事实相违背，缺乏研究生态系统的整体性。因此，本研究中引用在生态系统服务功能价值理论上改进的生态足迹模型，分析生态环境对人类提供的各种服务功能与人类对生态环境的需求关系，对研究区域生态安全进行评价，使研究结果在理论上更加科学合理。

本书是在国家自然科学基金重点项目——新疆联合基金项目“新疆博斯腾湖环境演变及对气候变化的响应”(U1138302)、国家自然科学基金项目“焉耆盆地土壤盐渍化对地下水盐动态的响应研究”(41201032)以及国家自然科学基金地区项目“新疆博斯腾湖流域地质地貌环境与水环境演变影响研究”(40361002)等的共同资助下完成的，对这些项目的资助表示感谢！

笔者在撰写本书的过程中，得到了海米提·依米提、买托合提·阿那依提等人的大力帮助，他们为本书的顺利出版做出了很大贡献。同时，本书的完成在很大程度上还得益于前人所做的工作，在此一并感谢！

本书是在作者多年来第一手实验数据的基础上编写的有关内陆河流域环境演变与绿洲生态安全的专著，主要结论的支持数据可靠。但因其综合性强、涉及学科多、覆盖面广，还有不少科学问题需要进一步研究和检索。笔者历时2年，科学审慎地几易其稿、增删数次，但错误和疏漏之处在所难免，敬请读者不吝指正。

作 者
2015.9

目 录

第一章 研究区概况	1
第一节 自然地理概况	2
第二节 社会经济状况	13
第三节 土地利用概况	15
第二章 流域生态水文过程	17
第一节 博斯腾湖水位变化的特征与原因	18
第二节 博斯腾湖面积变化趋势	24
第三节 博斯腾湖水质变化的特征与原因	29
第四节 流域径流变化趋势	34
第五节 流域径流变化规律	40
第三章 流域气候演变规律	54
第一节 流域气候变化特征	55
第二节 流域气候要素与水位变化的多尺度相关分析	65
第三节 开都河流域气候变化对径流的影响	67
第四章 流域土壤环境变化特征	74
第一节 土壤重金属的污染及潜在生态风险评价	75
第二节 土壤重金属空间分布及区域差异	80
第三节 流域土壤盐分特征分析	84
第五章 流域土壤呼吸特征	91
第一节 实验区与研究方法	93
第二节 湖滨区芦苇叶片气孔导度特征及数值模拟	95
第三节 湖滨区芦苇光合特性日变化	100
第四节 土壤呼吸速率变化规律	105
第五节 环境因子对土壤呼吸速率的影响	110
第六章 土地利用/覆盖变化及其驱动机制	125
第一节 流域土地利用/覆被时空变化特征	126
第二节 流域土地利用/覆被变化驱动力	135
第三节 耕地数量变化及生态环境效应	141
第七章 流域生态服务价值变化定量评估	147
第一节 绿洲生态系统服务价值评价方法	148
第二节 不同土地利用/覆被类型生态系统服务价值变化	154

第八章 内陆河流域生态安全与调控..... 162

 第一节 生态安全理论与评价方法 163

 第二节 流域生态安全评价 164

 第三节 流域生态安全预测 166

参考文献 170



第一章

研究区概况



内陆河是指由内陆山区降雨或高山融雪产生的、不能流入海洋、只能流入内陆湖泊或在内陆消失的河流。内陆河流大多处于大陆腹地，远离海洋，得不到充足的水汽补给，干旱少雨，水量不丰，而山峦环绕、丘陵起伏的地形又阻断了入海的通路，最终消失在沙漠里或汇集于洼地形成尾间湖。

第一节 自然地理概况

一、地理位置

开都河流域位于塔里木盆地东北，是天山南坡水资源总量最丰富的流域之一。流域地理坐标为北纬 $41^{\circ}00' \sim 43^{\circ}30'$ 、东经 $82^{\circ}00' \sim 89^{\circ}00'$ （图 1-1）。发源于流域北部天山山脉的开都河是博斯腾湖的主要补给河流，也是新疆年径流超过 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的六大河流之一，河源地有丰富的冰川和积雪，降水量大，是流域主要的产流区，海拔最高可达到 4 796 m。流域东南部为平原盆地区，海拔为 913~1 800 m。流域总的地势是北高南低，高山、峡谷和盆地交错，地形复杂。

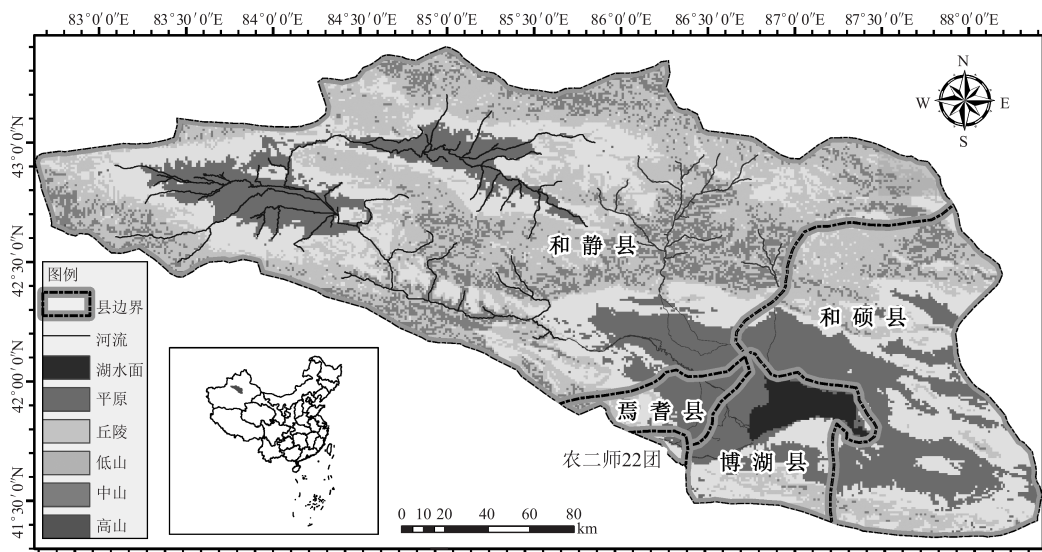


图 1-1 开都河流域位置示意图

开都河流域属于暖温带大陆性干旱气候，除山区产流区外，整个流域干旱少雨。流域年降水量仅为 47.7~68.1 mm，且 80%以上是集中在 5—9 月，年最长无降水日达 158~190 d。年平均气温为 $8.2^{\circ}\text{C} \sim 11.5^{\circ}\text{C}$ ，极端最高气温为 $37.1^{\circ}\text{C} \sim 40.0^{\circ}\text{C}$ ，极端最低气温为 $-25.3^{\circ}\text{C} \sim -31.6^{\circ}\text{C}$ ，日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的炎热天数只有 0.1~4.3 d，日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 的寒冷天数也只有 0.1~1.9 d。焉耆盆地位于开都河下游，为南天山山脉之间的中生代断陷盆地，是一个典型的绿洲—荒漠交错地区（图 1-2）。焉耆盆地地势西高东低、北高南低，总体表现为四周向盆地倾斜的地貌形态，海拔为 1 050~2 000 m，最低处为我国最大的内陆淡水湖——博斯腾

湖。焉耆盆地在气候上属暖温带大陆性干旱气候，热量与光照丰富，多年平均气温为 8.0℃～8.9℃，年降水量为 50.7～79.9 mm，年蒸发量为 2 000～2 450 mm。在行政区划分上包括巴音郭楞蒙古自治州的焉耆、和静、和硕与博湖四县平原部分。

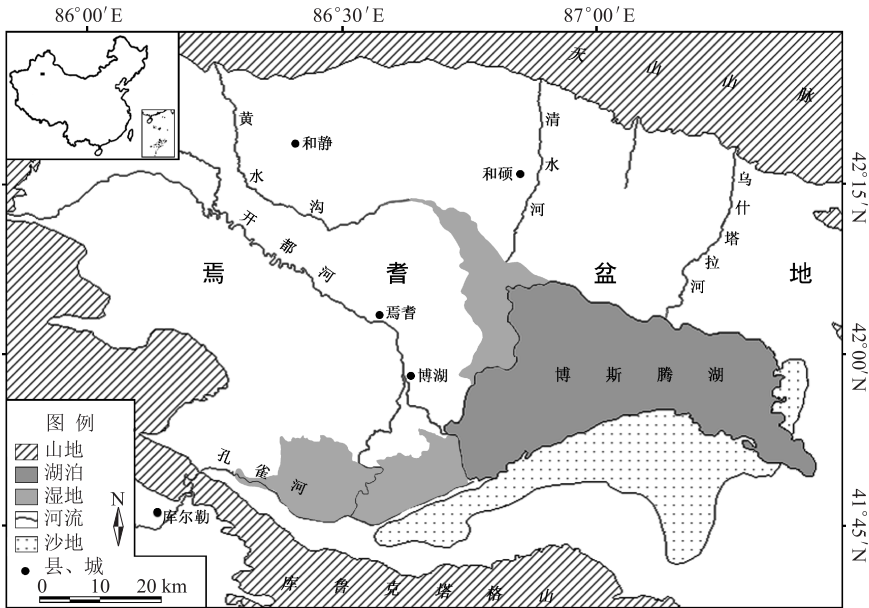


图 1-2 焉耆盆地位置示意图

1. 焉耆县

焉耆回族自治县（简称焉耆县）位于新疆维吾尔自治区中部，隶属巴音郭楞蒙古自治州，地处东经 85° 13′～86° 44′、北纬 41° 45′～42° 20′，东南与博湖县相邻，南与库尔勒市接界，东北与和硕县毗连，北与和静县接壤，东西长约 128 km，南北宽约 45 km，总面积为 2 440.73 km²。焉耆县辖 4 个镇、4 个乡和 3 个农牧场，分别是焉耆镇、七个星镇、永宁镇、四十里城子镇、北大渠乡、五号渠乡、查汗采开乡、包尔海乡、王家庄牧场、苏海良种场和丰达试验场。

2. 和静县

和静县位于新疆维吾尔自治区天山中段南麓，巴音郭楞蒙古自治州西北部，交通便利，地处东经 82° 28′～87° 52′、北纬 42° 06′～42° 33′，海拔 1 065～2 500 m，总面积 39 686 km²。和静县的光热资源、年降水量情况前面已做了介绍，现不赘述。

3. 和硕县

和硕县位于天山南麓，焉耆盆地东北部，地处东经 84° 41′～88° 22′、北纬 40° 25′～42° 47′，总面积 12 892 km²，南北长 152.8 km，东西宽 141.8 km，北依天山，南濒博斯腾湖，地处南北疆的交会处，是进入巴州和南疆的门户。县城北距乌鲁木齐市 380 km，西南距库尔勒市 98 km。和硕县下辖 1 个镇、6 个乡、1 个农场和 1 个县直属，分别是特吾里克镇、乌什塔拉乡、曲惠乡、塔哈其乡、苏哈特乡、乃仁克尔乡、新塔热乡、清水河农场和和硕县直属。

4. 博湖县

博湖县位于天山南麓，在焉耆盆地东南部最低洼处的开都河下游，地处东经 86° 19′ ~ 87° 26′、北纬 41° 33′ ~ 42° 14′，东西长约 91 km，南北宽约 67 km，行政区总面积 3 603 km²。东北与和硕县交界，西北与焉耆县毗邻，西南与库尔勒市接壤，南与尉犁县相连。县城博湖镇距乌鲁木齐市公路里程 430 km，境内有全国最大的内陆淡水湖——博斯腾湖。博湖县辖 5 个乡、2 个镇和 1 个种畜场，分别是塔温觉肯乡、查干诺尔乡、才坎诺尔乡、乌兰再格森乡、博斯腾湖乡、博湖镇、本布图镇、巴州种畜场，共有 31 个村民委员会、119 个村民小组。驻县单位还有博湖扬水站，生产建设兵团农二师 25 团、27 团种马场和宝浪油田项目经理部。

二、地形地貌

开都河流域位于南天山山脉之间的中生代断陷的 3 个盆地上，全流域包括开都河上游的小尤路都斯盆地，中游的大尤路都斯盆地，下游的焉耆盆地以及由北部的天山主脉的依连哈比尔尕山及其支脉科克铁克山、霍拉山，中间的蒙尔宾山和南部的库鲁克塔格山组成的山间盆地为主的复杂地貌形态。开都河流域地貌类型及其面积统计情况见表 1-1。

表 1-1 开都河流域地貌类型及其面积统计情况

项目	山地/km ²	比例/%	平原/km ²	比例/%	沙漠/km ²	比例/%	湖泊/km ²	比例/%	合计/km ²
焉耆县	1 363.28	50.98	1 310.76	49.02	0.00	0.00	0.00	0.00	2 674.04
和静县	34 721.14	94.38	2 062.80	5.62	0.00	0.00	0.00	0.00	36 783.94
和硕县	6 675.24	54.72	5 312.08	43.54	212.80	1.74	0.00	0.00	12 200.12
博湖县	679.88	18.69	1 369.52	37.64	522.04	14.35	1 067.00	29.32	3 638.44
合计	43 439.54	78.56	10 055.16	18.18	734.84	1.33	1 067.00	1.93	55 296.54

开都河流域是在海西期褶皱基底之上形成和发展起来的一个以中、新生代复合盆地为主的地貌形态，经过了漫长而强烈的复杂构造运动。全流域周围可以观察到构造活动在地表留下的痕迹，有线形构造带、被错开的水系、形态复杂的冲沟等。从地貌类型图中可看出，盆地呈 N-W 向菱形形态分布，被西侧的霍拉山、东部的克孜勒山、南部的库鲁克塔格山和北部的萨阿尔明山围限，前两者呈 N-W 向展布，后两者呈近 E-W 向展布。盆地西界为铁门关断裂，东界为榆树沟—硫磺山断裂，南界为库鲁克塔格山前的辛格尔断裂，北界为中天山南缘—桑树园子断裂。这 4 条断裂长期以来控制和影响着开都河流域的形成与演化。从构造几何学特征来看，现今盆地展布明显受南天山主要构造格架与断裂构造的控制。现今开都河流域是一个经过多期运动改造的残留盆地，侏罗纪盆地面貌与现今面貌相差很大，盆地的范围要比现今大很多。经分析认为，这些活动构造主要由北边的活动褶皱和南边的右行走滑活动断裂组成。野外实际考察与图像分析的结果十分吻合，活动断层的最大水平位移为 210 m，最大垂直位移为 20 m，主要以走滑作用为主。天山地区活动构造的发育表明印度板块向欧亚板块的碰撞仍在持续。

开都河流域周边白垩纪构造运动可以划分为早白垩世晚期和晚白垩世晚期两个幕次，其中晚白垩世末为其主要活动时期。通过对盆地内部博斯腾湖南北坳陷抬升—冷却年龄的综合

分析，确定盆地内部构造抬升—冷却事件的时限为 37~62 Ma 始新世到古新世。在燕山晚期挤压抬升的构造事件中，流域盆地不同地区受挤压作用的时间有先后，盆地边部最先受到挤压作用的影响，抬升较盆地内部早；在盆地博斯腾湖拗陷内部，南部拗陷以及种马场构造较北部拗陷早；挤压作用效应表现为从盆地边部向盆地内部逐渐传递的过程。裂变径迹热史分析表明，开都河流域博斯腾湖拗陷侏罗系在早白垩纪早期达到最大埋深，古地温是盆地形成以来最高的时期，其温度应当在 13℃ 左右；此后盆地的古地温在持续降低，即使是新生代的埋藏也没有再次使盆地古地温达到使磷灰石裂变径迹受到显著退火的温度。库鲁克塔格山受燕山晚期运动的影响表现为强烈的抬升。盆地中新世代以来构造演化分为 4 个阶段，即焉耆—库车前陆盆地、造山期后盆地发育阶段、挤压隆升剥蚀阶段和喜马拉雅山期对冲构造阶段。

开都河流域虽然位于中部天山山脉的山间盆地，但是，整体盆地被周围海拔为 2 500~4 000 m 的高、中、低山地环绕，全盆地地貌大的形态可分为开都河下游的开都河流域，包括焉耆县的中、东部，博湖县北部，和硕县大部分；开都河中游的大尤路都斯盆地和开都河上游的小尤路都斯盆地以及几条河流的大小河谷组成的复杂地貌形态。这 3 个盆地明显地表现出封闭性地貌形态环状分布的规律，即 3 个盆地周围被山地环绕，中部由低山丘陵、山前洪积扇和冲积平原组成，最里面是盆地、湿地、湖泊和河谷组成的地势。具体由坡地地貌（即山地、山谷和丘陵地貌）、河流地貌（包括河床、河漫滩、泥石流洪积扇、河流阶地、冲积扇和冲积平原等）、荒漠地貌（包括砾石戈壁、沙漠和砾漠）等地貌类型组成。地貌类型的划分以国家基础地理信息中心的地形类型为分类标准：在“中国 1:100 万地貌图制图规范”的基础上，将相对高度等于 0 的区域分为几种地貌类型。没有相对高度大于 2 500 m 的地貌类型。因此，极高山忽略不计（表 1-2）。

表 1-2 开都河流域地貌形态划分标准及其结果

项目	相对高度/m	和静县 /km ²	和硕县 /km ²	博湖县 /km ²	焉耆县 /km ²	库尔勒市 /km ²	合计 /km ²
湖水面	0	0.25	2.23	840.74	0.01	0.01	843.24
平原	0~30	5 291.79	4 532.20	1 586.41	868.64	59.08	12 338.12
丘陵	30~200	9 967.21	4 422.64	1 172.07	319.24	137.21	16 018.37
低山	200~500	16 812.12	3 316.39	459.68	269.51	6.73	20 864.43
中山	500~1 000	5 383.67	586.12	20.49	33.92	0.00	6 024.20
高山	1 000~2 500	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94
合计		37 457.98	12 859.58	4 079.39	1 491.32	203.03	56 091.30

1. 坡地地貌

开都河流域以坡地地貌为主，其次是河流地貌和荒漠地貌。河源区的山脉最高，其海拔为 3 000~4 000 m。流域周围的山地和插入各盆地之间的山地（包括丘陵）面积占全流域面积的 78.57 %。周围山地发育有很多山谷和河谷，每一山谷还发育有长度和宽度不同的山谷、山脊和山岭，它们的坡度各不相同。各山麓地带发育有起伏各异的丘陵，丘陵面积占全流域面积的 28.56 %，在盆地周边都有分布。例如，焉耆盆地西部和北部的广大区域是连续的丘陵和低山地带，丘陵东边及南边分布着面积很广的砾石戈壁，砾石戈壁形状由西北向东南延伸而

逐渐倾斜到洪积扇和冲积平原地带。坡地地貌在该区域不仅面积大、地形多变而复杂,而且其全流域整体结构和对其他地貌类型以及环境组成要素的影响也很显著。其中每一山地地带脚下的戈壁荒漠面积大,大小盆地的周围和各大小河谷都有分布,相对坡度也比较大,地面荒凉,植被稀疏,因为水资源缺乏,目前开发利用的可能性较小。

2. 河流地貌

开都河流域的河流地貌也很发达,开都河、黄水河(亦称黄水沟)和清水河等河流流域可观察到河流阶地、多种河漫滩、弯曲河道、曲深峡谷等地貌形态,同时每一条河流及其支流在塑造全流域地貌骨架方面的作用也较明显,河流对洪冲积扇、冲积平原等地貌形态的发育及演化起到了主要作用。例如,面积广大的洪积扇戈壁东南面是宽广的冲积扇和冲积平原,主要是开都河、黄水河、清水河、乌什塔拉河及曲惠沟等河流的冲积物组成的沉积物绿洲,该流域的绿洲可以视为河流作用的产物,绿洲平原由西边的洪积扇戈壁向东南倾斜,延伸到各条河流的下游和博斯腾湖沿岸,绿洲面积 $10\,109.76\text{ km}^2$,占盆地总面积的 18.18%。绿洲土壤由很厚的沉积物组成,焉耆县、和静县、博湖县和和硕县以及兵团农二师各团场的主要农业生产基地,流域境内的工业、畜牧业、林业、副业和交通线路都集中在绿洲范围内。

3. 荒漠地貌

荒漠地貌也称风成地貌,开都河流域典型的风成地貌主要分布在低山丘陵地区、博斯腾湖和南边的库鲁克塔格之间的艾勒逊乌拉沙山,该沙山向东延续到和硕县东南部的克孜勒塔格山。艾勒逊乌拉沙山是东西延伸的长条形沙山,由高大沙丘、长条形沙丘链和沙垄组成。沙山南高北低,从南部库鲁克塔格山向北部的博斯腾湖倾斜,沙丘相对高度在 $50\sim 300\text{ m}$ 。沙丘表面的植被随北部湖岸向南部沙丘的升高而减少,沙山盛生的地方性山谷风直接影响到博斯腾湖沿岸地貌形态的变化和湖水水环境的演化。

三、气候

焉耆盆地深居中亚内陆地区,位于南北疆过渡地带,气温变化大,寒暑悬殊,降水量稀少,蒸发量过大,干燥多风,具有典型大陆性气候特征,属盆地气候。依据位于山区的巴仑台和位于平原区的和静、和硕、焉耆和库尔勒 5 个气象站多年平均资料,年平均气温 $8.0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 8.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,夏季月平均气温 $22.0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 24.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,冬季月平均气温 $-5.7\text{ }^{\circ}\text{C}\sim -1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。年降水量 $50\sim 80\text{ mm}$,80%~90%集中在 5—9 月;降水量地区差异大,山区降水量远大于平原区。年蒸发量大,可达 $2\,000\sim 2\,450\text{ mm}$,为年降水量的 30~40 倍,且蒸发量月际变化和气温月际变化具有相同趋势。蒸发量比降水量过大是造成研究区生态环境恶化的一个重要原因。盆地内干燥多风,全年多风季节在春夏之交和夏末秋初,以西北风和西南风居多,平均风速 $1.8\sim 2.3\text{ m/s}$,最大风速可达 24 m/s 。盆地外围山区气候比盆地内部寒湿。随着山势增高,气温降低,降水量加大,垂直递变规律明显,形成几个自然景观带。西北部海拔 $3\,500\text{ m}$ 以上的高山地带常年积雪,降水比较充沛,年降水量可达 450 mm 以上。西部及北部海拔 $2\,000\sim 3\,500\text{ m}$ 的高中山带降水也较多,冬季有积雪,年降水量可达 $100\sim 300\text{ mm}$ 。南部海拔 $2\,000\text{ m}$ 左右的中山及低山,岩石裸露地面,一片荒山景象,年降水量大为减少,为 $50\sim 100\text{ mm}$ 。东部海拔 $1\,500\text{ m}$ 左右的低山丘陵最为干旱。总的来说,水汽自西北部向东南部输送,故西北部气候较为湿润,而东南部气候比较干燥。

焉耆县属北半球中纬度温带地区,为典型的中温带干旱荒漠气候,又别具盆地夏季聚热、

冬季冷潮的气候特征。因受博斯腾湖水域的调节,冷热变化不十分剧烈,日照时间长,热量较丰富。境内有山脉、河流、戈壁和平原,西南为天山支系霍拉山。这种特殊的地理环境与大气环流共同作用,形成四季分明,昼夜温差大,春季升温快而不稳,秋季短暂而降温迅速,多晴少雨,光照充足,空气干燥,大风、霜冻等灾害较为频繁的气候特征。

和静县属中纬度温带地区,光热资源丰富,昼夜温差大,平原区平均气温 8.8°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $3\,565.9^{\circ}\text{C}$ 。属干旱气候区,降雨比较少,年降水量 68.1 mm ,雨量多集中于 6—8 月,占全年总降雨量的 80%~90%,无霜期较短,平均 181 d 。

和硕县地处北半球中纬度地带,气候为南北疆过渡类型,属暖温带干旱气候,地处焉耆盆地东北部,天山对气候影响较大,夏季干旱炎热,冬季温暖。地面积雪时间很短,最大冻土深度 106 cm ,年平均气温 8.8°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $3\,450^{\circ}\text{C}$,无霜期约 172 d ,年蒸发量 $2\,000\text{ mm}$ 左右,年降水量 80 mm 左右,多集中在 7—8 月,以雷阵雨的形式出现,有时有不甚严重的冰雹,盛行风向为西风和东风,并常有来自山口的北风,每年大于八级的风有 8 次左右。大于 10°C 的积温为 $3\,682.8^{\circ}\text{C}$,农作物生长期的 4—9 月,太阳辐射总量为 156.8 kcal/m^2 。

博湖县地处欧亚大陆腹地,来自海洋的水汽十分稀少,年降水量少,冬冷夏热,温差较大。但由于境内博斯腾湖对空气的调节,冷热变化不十分剧烈,空气较为湿润,光能资源较为丰富,热量适中,水资源丰富,属于中温带大陆性气候,除 3 月外,全年盛行西北风。博湖县年平均气温 7.9°C ,极端最低气温可达 -35°C ,极端最高气温可达 38.4°C , $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $3\,849.2^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的有效积温为 $3\,401.2^{\circ}\text{C}$,平均 176 d , $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $1\,270^{\circ}\text{C}$,平均 59 d ,无霜期最长 198 d ,最短仅 132 d ,平均 175 d ,冻土深度 $0.85\sim 1.15\text{ m}$,初霜期平均在 10 月 4 日,最早出现在 9 月中旬,终霜期平均在 4 月 27 日。博湖县的自然降水年均降水量为 64.7 mm 。库鲁克塔格山区降水量为 110 mm 左右。年降水量大多集中在夏季,占 60%。年蒸发量为 $1\,881.2\text{ mm}$,蒸降比为 29:1。博斯腾湖面及湖滨、小湖区湿度较大,降水较多,冬暖夏凉,温差小;湖南荒漠地区干旱多风,温差大;库鲁克塔格山区降水较多,风大,冰雹、暴雨灾害多;开都河现代三角洲地区气候温和,冬冷夏热。

四、水文与水资源

流域内地表径流主要形成于山区,分布极不均匀。山势越高,降水量越大,地表径流形成条件越好,径流分布也越多,故西北部高山与北部高中山,水系发育较好;而南部的中山、低山及东南部的低山丘陵则缺乏常年性地表水流,只在夏季暴雨过后形成沟谷洪流。平原区河流都来自山区,平原水文网分布状况与毗邻山区是相应的。如盆地内常年河流仅分布于西部和北部山前平原,并在戈壁砾石带大量渗漏散失补给地下水,后流经平原区,最终汇入尾端的博斯腾湖;而在盆地南部和东部山前平原则无河流,仅在毗邻山区有零星的泉流,较大的形成泉集河,一般流出山口不远就渗失于地下。

发源于西北部常年积雪高山并汇聚到盆地的河流主要有开都河;发源于北部积雪中高山区并汇聚到盆地的河流有哈合仁沟、黄水沟、清水河及乌什塔拉河。这些河流都靠冰雪融水、降水和地下水混合补给。开都河和黄水沟全年有水达到盆地中部,最后汇入博斯腾湖。其余河流部分水量被灌区引用,大部分渗失于山前戈壁平原,转为地下水,最终也汇入博斯腾湖。

博斯腾湖是新疆最大的淡水湖,为焉耆盆地内地表水和地下水的总归宿。湖面东西长 $50\sim 60\text{ km}$,南北宽 $20\sim 25\text{ km}$,湖水面积 $1\,054\text{ km}^2$,湖水位 4—5 月达到最高水位,11 月至

下一年 2 月为最低水位。湖西约有 662 km^2 的沼泽地, 芦苇丛生, 其间有许多小湖群星罗棋布, 面积共有 60 km^2 。小湖和大湖之间有河流连通, 水量可相互调节。博斯腾湖水主要来源于开都河, 其次为黄水沟及盆地灌溉多余的农田排水和地下水。湖水位年变化幅度为 $0.4 \sim 0.6 \text{ m}$, 近期因开都河大量引水灌溉, 湖水位有逐年下降之趋势。下游的孔雀河为博斯腾湖水的唯一出口, 将一部分湖水输送到盆地之外的库尔勒地区。湖水的主要消耗是蒸发。据计算, 湖水的蒸发量达 $10.86 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 西部沼泽苇湖的蒸发蒸腾量也可达 $8.86 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 湖沼蒸发总量为 $19.72 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 这是一笔巨大的水资源损失。

焉耆县水资源丰富, 新疆八大河系之一的开都河自西北向东南从县城穿过。开都河源出天山山系的阿尔明山, 上源有大、小尤尔多斯河, 穿过尤尔多斯盆地后, 在焉耆县西汇合, 最终向东南注入全国最大的内陆淡水湖——博斯腾湖。黄水河位于县城以北偏东 20 km 处, 黄水河发源于和静县天山查汗努尔地区, 全长 171 km , 在焉耆县境内长 30 多 km , 河宽 5 m , 深 2 m , 多年平均年径流量 $2.66 \times 10^8 \text{ m}^3$, 系间歇性河流。从六十户村以下形成宽 2 km 、长 30 km 的芦苇湖。霍拉山沟年径流量 $0.113 \times 10^8 \text{ m}^3$, 主要是暴雨产生的短时间洪水。另外有大、小泉沟两处, 年径流量 $142 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。博斯腾湖位于县城东 13 km 处, 湖北边有很小一部分属焉耆县, 平均水深 3 m , 湖内水产丰富, 湖滨产芦苇、天然蘑菇、荷花等。

焉耆县从山前戈壁带到靠湖冲积平原, 构成一个完整的地下水自流盆地。开都河进入盆地后, 在山前戈壁带大量渗漏, 进入灌区, 渠系水在田间又大量漏失, 因此形成充沛的补给水源。据普查, 盆地地下水总补给量 $18.47 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{y}$, 预测区域水位平均降深不超过 5 m 的条件下, 地下水可开采量为 $5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{y}$, 合理开采量为 $1.05 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{y}$ 。焉耆县地下水资源区地下水埋深小于 1 m 的面积占全县总面积的 15.5% , 埋深 $1 \sim 3 \text{ m}$ 的占总面积的 62.4% , 埋深大于 3 m 的占总面积的 22.1% 。焉耆县境内地下水资源不仅储量大、水质相对较好, 而且埋藏浅, 含水岩性粗, 涌水性好; 地下水资源区就在灌区, 交通便利, 具有易于开采的优越条件, 同时有较稳定的补充水源。

和硕县是新疆 25 个干旱易灾县之一, 水资源相对短缺, 境内有发源于天山支脉——哈依都它乌山南麓冰川区的清水河、乌什塔拉河、曲惠沟 3 条山溪性河流, 以及从开都河引水的解放二渠北干渠, 地表水年均总径流量为 $2.295 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中清水河为 $1.158 \times 10^8 \text{ m}^3$, 曲惠沟为 $0.12 \times 10^8 \text{ m}^3$, 乌什塔拉河为 $0.467 \times 10^8 \text{ m}^3$, 解放二渠北干渠(和硕段)年引开都河水 $0.55 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。根据《新疆和硕县地下水资源开发利用规划报告》, 和硕县地下水资源总量为 $2.22 \times 10^8 \text{ m}^3$, 主要蕴藏在清水河、乌什塔拉河、曲惠沟等 3 条河流形成的冲积洪积平原上, 少量蕴藏在新井子洼地、铜矿山洼地以及南部平原。全县地下水年开采量为 $1.47 \times 10^8 \text{ m}^3$, 目前实际年开采量为 $0.85 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从地下水资源分区上看, 曲惠沟流域提取地下水已达可开采量, 乌什塔拉河流域提取地下水接近可开采量, 开采余地很小, 清水河流域尚有较大开采潜力。

博湖县多年平均地表水资源量为 $32.52 \times 10^8 \text{ m}^3$, 地下水资源量为 $0.90 \times 10^8 \text{ m}^3$, 则水资源总量为 $33.42 \times 10^8 \text{ m}^3$, 博湖县地表、地下水资源可利用总量为 $1.62 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。博湖县境内有多条河流, 主要河流为开都河、孔雀河, 其他河流均为季节性河流, 年总径流量为 $51.931 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。孔雀河发源于境内博斯腾湖, 全长 785 km , 年径流量 $11.97 \times 10^8 \text{ m}^3$, 平均流量 $22.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 。受博斯腾湖调控作用的影响, 孔雀河水量比较稳定, 保证了库尔勒、尉犁等地区 $1.20 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 农田的灌溉及草场季节性用水, 还增加了铁门关电站的发电量, 为库尔勒地区的工农业生产和人民生活用水提供了有利的条件。

博湖县境域范围内,根据第四纪含水层富水性可划分为4个富水等级,现分述如下。

(1) 水量极丰富区:单位涌水量大于 $8 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

主要分布在博斯腾湖乡西南洪积扇中上部及阿訇口南洪积扇一带,地层由单一结构的砾石、夹漂石和砂砾石组成,地下水类型为潜水,含水层厚度大于 50 m ,渗透系数为 $36.47 \sim 58.57 \text{ m/d}$,地下埋深为 $22 \sim 70 \text{ m}$,地下水量丰富,补给量主要为南部山区的降雨洪水的入渗量,单位涌水量大于 $8 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$,单井出水量大于 $3\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,地下水矿化度小于 1 g/L ,地下水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Cl--Na}$ 型水。

(2) 水量中等区:单位涌水量 $3 \sim 8 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

主要分布在塔温觉肯乡、本布图镇政府以西,查干诺尔乡政府以北地带,地下水类型为潜水和承压水,含水层为含砾粗砂、中细砂层,含水层厚度 $35 \sim 50 \text{ m}$ 。地下潜水位埋深为 $1.8 \sim 2.2 \text{ m}$,承压水头为 $0.8 \sim 1.2 \text{ m}$ 。地下水的主要补给来源为上游断面含水层中地下水的径流补给及开都河的侧向入渗补给。含水层渗透系数 $6 \sim 20 \text{ m/d}$,单位涌水量 $3 \sim 8 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$,混合井开采地下水,降深 10 m 左右,单井出水量为 $1\,000 \sim 3\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,潜水矿化度为 $1 \sim 3 \text{ g/L}$,混合水井地下水矿化度为 $0.2 \sim 0.9 \text{ g/L}$,水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Na}$ 型水。

(3) 水量弱富水区:单位涌水量 $1 \sim 3 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

主要分布在塔温觉肯乡、本布图镇政府以东,查干诺尔乡政府以南地带,形成宽约 5 km 的地带,地下水类型为潜水和承压水,含水层为中砂、细砂层,单层含水层厚度 $2 \sim 8 \text{ m}$ 。地下潜水位埋深为 $1.8 \sim 2.2 \text{ m}$,承压水头为 $0.8 \sim 1.2 \text{ m}$ 。地下水的主要补给来源为上游断面含水层中地下水的径流补给及渠道和田间灌溉水的入渗补给。 100 m 深度内,含水层厚 $25 \sim 30 \text{ m}$,富水性弱。含水层渗透系数为 $3.08 \sim 4.0 \text{ m/d}$,单位涌水量为 $1 \sim 3 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$,混合井开采地下水,降深 10 m 左右,单井出水量为 $1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右,潜水矿化度为 $3 \sim 10 \text{ g/L}$,混合水井地下水矿化度为 $0.4 \sim 0.9 \text{ g/L}$,水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Na}$ 型水。

(4) 水量极弱区:单位涌水量小于 $1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

主要分布在博斯腾湖周边地带,地下水为潜水—承压水(自流),含水层为细砂、粉细砂,单层厚度为 $2 \sim 3 \text{ m}$,地下水补给来源为上游含水层的径流及湖水的入渗补给,渗漏系数为 $0.6 \sim 0.9 \text{ m/d}$,单位涌水量小于 $1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

五、土壤与植被

土壤是地球表面能生长植物且有收获的疏松层,它是不断进行新陈代谢的有机客体,也是人类社会劳动的产物,是农业生产的基础。它与气候、水文地质、植被、地形地貌等,特别是与人类改造自然的活动有极其密切的关系。

焉耆盆地土壤多为棕漠土、草甸土、沼泽土、灌耕土、潮土、盐土、风沙土等类型。天然植被以红柳(*Tamarix ramosissima*)、骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)、罗布麻(*Apocynum venetum*)、甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)和麻黄(*Ephedra przewalskii* Stapf)为主。

1. 焉耆县

焉耆县农区有潮土、灌耕草甸土、灌耕棕漠土、灌耕沼泽土、灌漠土、灌耕石质土、灌耕风沙土共7个亚类,其中以潮土和灌耕草甸土面积较大。

潮土主要分布在冲积—洪积扇下部的开都河冲积平原高阶地上,土壤结构良好,耕种时间较长、熟化程度较高的平原各乡村在潮土上的耕种历史一般都在40年以上,耕层土色深暗。