

[日] 综合地球环境学研究所・中国环境问题研究基地 编译

探求环境问题 解决之道

——人与自然和谐共存



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

探求环境问题解决之道 ——人与自然和谐共存

[日] 综合地球环境学研究所・中国环境问题研究基地 编译



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书是日本综合地球环境学研究所·中国环境问题研究基地,基于研究所成立以来实施的10数个以中日学者合作研究为主的国际合作项目的研究成果。本书的内容有四个特色:第一、时间广度,既有关于包括中国在内的东亚地区的古环境与农耕起源的课题,也有现今正在发生的水环境问题以及现代农村发展与传统文化的问题;第二、地理广度,不仅涵盖中国东西南北,也有中日比较;第三、学科综合性,每篇论文都是针对研究对象地区的环境问题特点,由不同学科的学者共同研究得出的成果,虽然不尽相同,但基本涵盖了理、工、农、医以及人文社会学科;第四、前沿性,相关内容不仅包括环境领域最前沿的环境DNA技术的介绍,也有关于环境新概念“生态健康(Ecohealth)”的说明。

本书将为国内的环境学界介绍更多的相关研究的先进手法及前沿理念,可加强一般读者对解决环境问题重要性的理解,亦可对促进包括中国与日本在内的多国间的环境领域合作起到积极作用。

图书在版编目(CIP)数据

探求环境问题解决之道:人与自然和谐共存/日本综合地球环境学研究所·中国环境问题研究基地编译.——上海:同济大学出版社,2017.3

ISBN 978-7-5608-6775-5

I. ①探… II. ①日… III. ①环境保护—研究
IV. ①X

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第037851号

探求环境问题解决之道——人与自然和谐共存

[日]综合地球环境学研究所·中国环境问题研究基地 编译

责任编辑: 陆克丽霞

责任校对: 徐春莲

装帧设计: 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路1239号 邮编:200092 电话:021-65985622)
经 销 全国各地新华书店、建筑书店、网络书店
印 刷 常熟市华顺印刷有限公司
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 11.25
字 数 225 000
版 次 2017年3月第1版 2017年3月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-6775-5
定 价 50.00 元

版权所有 侵权必究 印装问题 负责调换

序 言

为了展开并解决与地球环境问题相关的综合性研究,2001 年综合地球环境学研究所(以下简称为地球研),作为日本文部科学省的大学共同利用机关*之一创设于京都。随着 2004 年国立大学的法人化,地球研与其他 5 个研究机构共同组成了人间文化研究机构。

对环境的研究,例如温室效应,生物多样性的消失,沙漠化等不同的问题,迄今为止是由不同的学科领域相对独立地进行的。其中心在于从自然科学层面阐明地球的气候和生物多样性的发展过程。然而,环境问题是源于各种各样人类活动的结果,即便在自然层面上对个别问题的发展过程进行了分析说明,环境问题也得不到根本的解决。需要阐明的是,人与环境的关系,以及环境问题是如何产生的。地球研基于“地球环境问题的根源在于人类文化的问题”这一认知,针对地球环境问题的解决,以阐明人与自然相互作用的循环过程以及探究解决环境问题的方法和可能性为使命。地球的自然环境根据地域的不同存在多样性,同时还有多样的人群居住其中,这些人群拥有的文化和历史背景也是各不相同。可持续发展的,同时未来也可行的人与自然共存的方式也是多样且复杂的。因此,地球研通过综合自然科学、人文科学、社会科学的跨学科性研究,再加上与社会的合作,摸索人与自然和谐共存之道,真正意义上解决地球环境问题。

为了实现上述“通过跨学科以及社会合作的方法,来研究地球环境问

* 大学共同利用机关是日本文部科学省对于所属研究机构的一种称呼,意味着这些研究机构在做研究的同时,也为日本的国立大学、公立大学以及私立大学提供研究咨询和研究设备的服务。

题的解决对策”的目标,地球研采用了“研究项目”方式。这一方式通过和国内外的大学、研究机构以及行政或 NGO(Non-Governmental Organization,非政府组织)等机构合作,针对各种课题组织综合性研究小组,在规定的年限中对明确的目标进行研究。研究项目从许多调查对象社区中获得提案,以此为基础,包括海外的有识之士在内的评审者对提案进行评审,决定采用与否,并通过严格的中期检查和结项审核以保证研究水平的先进性。

地球研自创立以来,针对中国在高速的经济发展过程中所面临的各种环境问题,通过大量地球研的项目从多个角度对人类与自然的相互作用的循环过程进行分析研究,致力于解决这些问题。与此相应,作为地球研所属的人间文化研究机构所实施的地域研究促进事业“现代中国”研究的一部分,地球研内部于 2007 年设立了“中国环境问题研究基地”。中国环境问题研究基地在与早稻田大学,庆应大学,京都大学,东京大学,东洋文库等其他单位进行合作的同时,也得到了地球研内与中国环境问题有关项目的协助,取得了以下的成果:①综合整理地球研科研项目的研究成果;②在中国的环境问题上,探索以中日为代表的海内外研究机构间的合作,建立与中国环境研究相关的国际性研究网络;③奠定了地球研在中国的环境研究基础,发掘了新的中日合作环境研究的可能。在 2007—2011 年的第一个 5 年研究期和 2012—2016 年的第二个 5 年研究期中,分别以“中国的社会开发和环境保护”以及“全球化背景下的中国环境问题和东亚成熟社会问题的探索”为主题,在日本和中国召开国际研讨会,出版了《中国的水环境问题——开发带来的水资源不足(2009)》,《湖的现状和未来可能性(2014)》,《流域管理和中国的环境政策(2015)》等书籍,以及通讯杂志《天地人》,同时还面向北京大学、南京大学的本科生及研究生举办了“地球环境学讲座”等。

本书严选并翻译了部分地球研创立以来以中国和周边地区为对象实施的研究项目中有代表性的成果(书籍、论文等),以论文集的形式出版。针对中国在高速的经济发展过程中所面临的各种环境问题,通过大量地球研的项目从多个角度对人类与自然的相互作用的循环过程进行分析和

研究并取得了相应的成果,此论文集正是这些成果的汇总。

本书共收录 10 篇论文,分为三大主题。第一部“人与水”,汇集了从历史的观点出发探讨“中国西北部的干旱、半干旱地带人们如何应对水资源的环境变化”的相关论文。第二部“地域生态史”讨论了中国多样化的生态环境以及各种生态环境中人们的生计。第三部“人与自然研究的新发展”中,就中国的湖沼污染这一严重的环境问题,以鲤鱼疱疹等在鱼类中出现的问题为出发点,提出了“Ecohealth 生态健康”这一表现了人类与环境新关系的概念。

通过本书的出版,向中国环境领域的学者与学生,向有兴趣于地球环境问题的广大读者们传达中日合作取得的研究成果。同时,更希望能向他们传达地球研的理念,即:地球环境问题的根源在于人类文化的问题,解决这一问题需要跨学科的研究和全社会的帮助。

综合地球环境学研究所·中国环境问题研究基地负责人

Jumpei Kubota



目录

序言

第一部 人与水

丝绸之路上的水与人	3
-----------	---

窪田 顺平

过去两千年间中国西北地区祁连山区出水量的变化及其对黑河流域农业区的影响	17
-------------------------------------	----

坂井亚规子、井上充幸、藤田耕史、奈良间千之、窪田顺平、中尾正义、姚檀栋

移动的人们,移动的境界	39
-------------	----

——从亚洲的过往中学到的

中尾正义

社会的流动性与恢复力	57
------------	----

——从中央欧亚大陆人与自然相互作用的综合性研究成果来看

窪田 顺平

第二部 地域生态史

湄公河流域水产资源管理的生态史	81
-----------------	----

秋道智弥

麦子风土的形成	103
---------	-----

佐藤洋一郎

中国新石器时代长江流域农业景观的变迁	112
--------------------	-----

榎林启介

第三部 人与自然研究的新展开

对中国云南省天然湖泊中鱼类病原性病毒的监测	127
-----------------------	-----

源利文、普孝英、谢杰、董义(音)、吴德意、孔海南、杨晓霞、高原辉彦、本庄三惠、
山中裕树、川端善一郎

中国洱海湖春季水温的时空分析:对渔业的影响	142
-----------------------	-----

山中裕树、源利文、吴德意、孔海南、卫志宏、刘滨、川端善一郎

生态健康——21 世纪的新健康概念	153
-------------------	-----

门司和彦、Hein Mallee、渡边知保、安本晋也

作者列表	169
------	-----

第一部 人与水

丝绸之路上的水与人^{*}

窪田顺平

1 引言

对人类而言,水是十分复杂的存在,缺之不可但又不可过多也不可过少。地球上的水无关人类需求而依据自然不断循环着。人类本该适应自然使其保持平衡,而一旦平衡被打破从而出现问题的话,一定是源于人类的肆意行为。产业革命以来,大量排放 CO₂ 等温室气体、砍伐森林、灌溉作物等大规模改变地表状态的人类活动,渐渐对地球的水循环产生了深重的影响。如果从更长的时间范围来看的话,人类的历史可看做是一部人类不断适应水等自然资源过多、过少或是不均衡的这种时代性变化的历史。

从资源角度来看,水最大的特点就是它属于可循环资源。水在大气、海洋、陆地等地球上的各种地方循环着。在水的循环过程中,以海洋、河流、湖沼、地下水、冰雪等形态暂存于不同地点的水量,在一年周期内基本能恢复到原本的状态。因

此,只要使用量不超过循环中的水量,从这一角度来看,水便是可持续利用的无限资源。另一方面,大气以雨雪的形式为陆地带来的降水量,在空间和时间上存在着严重的不均匀分布。地区性降水量的差异和另一个构成气候的主要因素气温,共同给地区植被的种类等地表状态带来了很大的影响。

赤道附近的大量水蒸气和受热上升的大气在形成降水的同时朝南北极方向移动,在临近纬度 20°~30°的中纬度地区时形成下降气流,从而形成了地面上的干旱地带。正是在这种大范围的大气流动和陆地分布不均的相互作用下,北半球形成了从欧亚大陆东部的蒙古国,至中国西北部、中亚、中东、近东甚至绵延到北非的干旱地带。本文从人类利用水的形式及其对环境产生的影响这一视角,审视广大干旱、半干旱地区,尤其是欧亚大陆中部人与水的关系的变迁。

2 丝绸之路与中央欧亚大陆

2.1 欧亚大陆中部的景观

欧亚大陆的中部不仅有塔克拉玛干等大沙漠,还绵亘着天山、阿尔泰山脉、帕

^{*} 原载于[日]秋道智彌编《水と文明——制御と共存の新たな視点》昭和堂 2010;173-204.

米尔高原等带有冰川的高山。高山和冰川的存在,给横跨欧亚大陆和非洲大陆的广大干旱、半干旱地区带来了与众不同的景观。这里的景观大致由带有冰川的高山水源地带、中游山麓的扇形地带和下游的沙漠地带这3种组合而成。河流多半于下游的沙漠地带形成河口湖,或是消于沙漠中。它们都是不流向大海的内陆河。

欧亚大陆中部的气候,以塔克拉玛干沙漠北侧的天山山脉为界,降水的季节性模式相异。天山山脉以北,形成降水的水蒸气主要来自西侧大西洋和地中海吹来的偏西风。因此,天山山脉以北地区属于冬雨型气候,一二月份和早春三月到四月的降水量多。年降水量则是西部地区多,哈萨克斯坦阿拉木图的年降水量约为700 mm,往东则降水量递减,至中国新疆维吾尔自治区的首府乌鲁木齐时,年降水量已经减少到了270 mm。而且气候也变成了冬季降水少,初春和九月前后降水较多的夏雨型。天山山脉以南地区,主要由印度洋吹来的季风带来水蒸气,夏季为喀喇昆仑山、喜马拉雅山脉南侧带来大量降水。大部分的水蒸气越过喜马拉雅山脉、青藏高原甚至昆仑山脉并化为降水。而北面被天山山脉、南面被昆仑山脉、西面被帕米尔高原包围的塔克拉玛干沙漠,各方向的水蒸气供给都受到了限制,因此成

了欧亚大陆中部降水量最少的地区,年降水量不足100 mm。

塔克拉玛干沙漠以东,昆仑山脉连着青藏高原北侧形成的祁连山脉。祁连山脉和塔克拉玛干沙漠东侧延伸出的沙漠地带之间夹着一块扇形区域。此处就是被称为“河西走廊”的地带,它与下文将要论述的“丝绸之路”相通,是连接东西的交通要道。

即使是位于干旱、半干旱地区,高山地带也富于降水。而且,冰川将降下的雨水以冰雪的状态储存起来,夏季时它们消融为河水从而为地区提供稳定的水源,起着天然储水池的作用。在分布于高山至山麓的扇形地带,自古以来就有人类利用高山水发展绿洲农业的历史。

2.2 中央欧亚大陆

中央欧亚大陆原本是一个文化性地域概念,指的是欧亚大陆中部乌拉尔-阿尔泰语系各民族居住的地区。自20世纪60年代匈牙利籍阿尔泰学者丹尼斯·塞诺(Denis Sinor)首次使用这个概念以来,它渐渐在日本也得到了广泛的使用(小松久男,2000)。在地理范畴上中央欧亚大陆指的是东至东北亚,西接东欧,北临北冰洋,南沿黄河、昆仑山脉、帕米尔高原、兴都库什山脉、伊朗高原、高加索山脉的广阔区域。当考虑干旱、半干旱地区水资

源利用的问题时,水源的种类和稳定性以及季节性变化等特性是要点。从水源稳定性和水量大小的意义上来说,水源源头位于带有冰川的高山地区。在欧亚大陆的干旱、半干旱地区中,对于带有冰川的山岳地区为源头的区域,它的范围东起祁连山脉到与阿尔泰山脉相连的蒙古国西部地区及环抱于昆仑山脉、天山山脉等的新疆维吾尔自治区大部分地区,西则至中亚各国。换言之,本文所用的“中央欧亚大陆”这一术语及主要研究对象,是指位于欧亚大陆中部,以冰川为河流源头的地区。另外,“中亚”这一用语所指代的国家,也有历史性变迁,存在数种说法。本文所用的“中亚”是指原属苏联的哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦和土库曼斯坦这 5 个国家。

2.3 连接绿洲的丝绸之路

中央欧亚大陆的绿洲不仅是进行农业生产的场所,也是连结东西方贸易的结点,同时也是人们所说的丝绸之路。“丝绸之路”这个词,最初来自 19 世纪德国地理学家费迪南·冯·李希霍芬(Ferdinand von Richthofen)在 *China*(1877)一书中所用的“Seidenstrassen”(德语“丝绸之路”之意)一词。后来李希霍芬的弟子斯文·赫定(Sven Hedin)出版自己最后一次探险的游记三部曲时,用了“丝绸之路”作为其

中一本的书名,从此这个词变得十分有名。赫定的探险以“游移的湖”罗布泊为代表,他与马马克·奥莱尔·斯坦因(Sir Marc Aurel Stein)齐名,同为知名的中亚探险家。赫定在初版的瑞典语版和后来的德语版、英语版中都用了单数形式的“丝绸之路”作书名,然而实际上丝绸之路并非只有一条路,而是由多条路线组成的。有人认为,丝绸之路这个词给人的印象是将中央欧亚大陆这个地区性概念看成单纯的东西方贸易之路,很容易使人们忽视地区的独特性。中央欧亚大陆本是一个在悠久的历史长河中集成了独特文化的地区。然而,一般而言,中央欧亚大陆是一个听起来颇为陌生的用语,因此本文用了“丝绸之路”做标题。

此外,这条横亘东西的带状干旱地区的北侧降水量较多,分布着从蒙古国至哈萨克斯坦,甚至经高加索山脉至匈牙利的草原。因此,这片连结东西向的区域亦可称为草原之路。在与绿洲农业比肩的干旱、半干旱地区,人们代表性的生产生活方式是游牧,游牧人在这“草原之路”的空间内迁移往返演绎出了他们的盛衰兴亡。当然绿洲城市或是绿洲农业,也应当理解是为与这种游牧业复合而生的生产生活方式。

3 滋润绿洲的地下水渠“坎儿井”

3.1 地下水渠“坎儿井”

说到绿洲,可能很多人联想到的是那些使用沙漠中涌出的泉水的规模较小的城市或村落。确实存在这样的绿洲,但是中央欧亚大陆或说丝绸之路上的绿洲,大都是利用高山地区流出的河水的大规模农业地区。

按水源种类对绿洲进行分类的话,有以泉水(涌泉)、河水为水源的绿洲,还有使用地下水的绿洲。后者主要通过地下水渠收集扇形地的伏流进行灌溉。这种地下水渠被称为坎儿井。在山麓的扇形地挖直径 3 m 左右的竖井直至地下水层,然后向着更低的山脚方向,每间隔 20~30 m 再挖竖井,最后在井底挖平缓倾斜的横向渠道将竖井连接起来。利用这些横渠将地下水引至平地(图 1),作为农业用水和饮用水。横渠最长可达数十千米。竖井在完工后则用于修理和通风。扇形地中通常都按直线挖掘横渠,竖井则沿这条直线分布,因此很容易在航拍和卫星图像上确定其位置。一般认为这种地下水渠的发源地在西亚,特别是现在的伊朗。虽然起源的具体时间不明,但是有记录表明公元前 2000 年的伊朗已经开始使用坎儿井了(冈崎正孝, 1988)。此后,建造坎儿井的技术广泛传播到周围的干旱、半干

旱地区。在此传播过程中,这项技术的名称也发生了变化,在伊朗被称为坎纳孜(qanāt),在阿拉伯半岛被称为法拉基(falaj),在北非被称为佛嘎啦(foggara),在摩洛哥被称为哈塔拉儿(huttaler)或卡塔拉(khattara),在阿富汗、巴基斯坦和中国的新疆维吾尔自治区则被称为坎儿孜(kariz)(汉语写作坎儿井)。

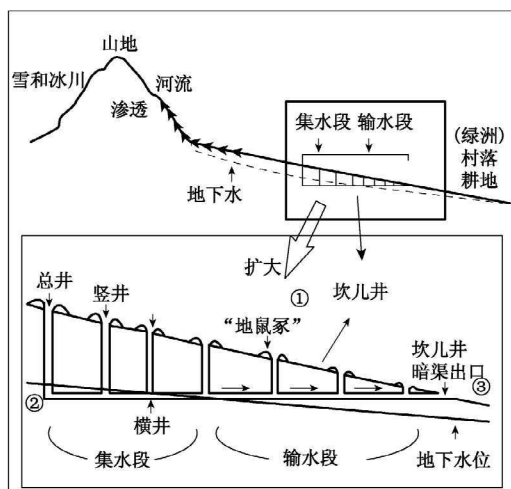


图 1 坎儿井示意图(渡边三律子 原图)

据称坎儿井发源地的伊朗扎格罗斯山脉和厄尔布鲁士山脉周边地区的降水量原本就非常少。因此,坎儿井在无大河流经的地区和一般少有河流的山脉中的小片扇形地等处得到了应用。坎儿井不仅要挖竖井还要挖连接竖井的横渠,因此整个工期要花费较长的时间。但是一旦完工,由于水因重力会流向低处,所以人

类即使不提供动力,也能获得水资源。坎儿井是在扇形地堆积层中挖成的,很容易坍塌,因此需要修补,但是比起普通的竖井,取水时不需要消耗能量,从这点来看是非常合理的设计。

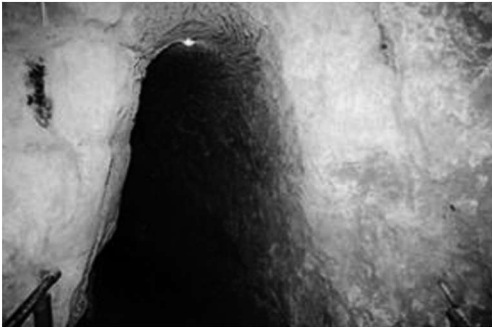
3.2 传播到各地的地下水渠

在中国,吐鲁番的坎儿井很有名(图2)。吐鲁番坎儿井的起源及吐鲁番哈密地区等以外少有坎儿井的问题,不仅在中国国内,在海外也对此展开了广泛讨论。笔者认为,简单来说包括中国境内的大部分中央欧亚大陆的绿洲,原本是依靠源自高山具有较大径流量的河水形成的,与少有大河的伊朗等西亚、阿拉伯半岛和北非等的情况不同。因此,才会出现上面所述的这种情况。

此外,中国以西的哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦等国的绿洲城市,使用坎儿井的例子也不多见。撒马尔罕及布哈拉等著名绿洲城市的河中地区(英语为 Transoxiana,意为阿姆河对面),阿拉伯语为 رحللا عارو ام (意为河对面),有阿姆河及其支流泽拉夫尚河、锡尔河等作为水源,人们主要利用河水灌溉,因此使用地下水的必要性就较低。其中,锡尔河上流的费尔干纳盆地水源丰富,自古一直是肥沃的农业地区,这里有许多坎儿井。另外,哈萨克斯坦西南部的突厥斯坦(Turkestan)绿洲



(a) 地表的“地鼠冢”



(b) 地下的横井



(c) 暗渠出口

图2 吐鲁番盆地绿洲的坎儿井照片
(摄影:渡边三律子)

或是被称为索伦(Sauran)的地区也有几处坎儿井。

4 日本的地下水渠“Mambo”

虽然有些偏离本文的研究范畴,但笔者想提一下几乎与坎儿井具有相同构造的日本的地下水渠。

这是一种被称为 Mambo 的地下水渠(图 3),分布于日本三重县铃鹿山脉东侧山麓地区的铃鹿市、员弁市、四日市、菰野町等地,如今有一部分仍用于灌溉(小堀严,1988)。现存最大的 Mambo 是位于员弁市大安町的“片樋 Mambo”,全长约为 1 000 m,是灌溉面积可达 7 ha 的大型设施。日语中用“间风”“间保”“间步”“万法”等汉字作为 Mambo 的音译字。有一种说法称 Mambo 这个词来自矿业用语“间府”(音为 Mabu),Mabu 的发音后来演变成了 Mambo。Mambo 的构造与坎儿井



图 3 日本三重县的 Mambo(摄影:渡边三律子)

几乎相同,但 Mambo 是从下游开始往上游挖掘的。爱知县的知多半岛和岐阜县的垂井盆地也发现了不少类似的地下水渠。

日本的降水量远远高于西亚等地,因此选择了适当的农作物的话,完全可以单靠雨水。但是要开垦水田的话,就需要进行灌溉。因此,地下水道是为了在扇形台地上获取水源而开发出来的。在这些地下水渠中,有些没有竖井,以蓄水池等为水源,简单地连接了水源和水田。现存记录表明历史最悠久的是江户时代初期(17 世纪)的地下水渠。当时日本各地的矿山开发十分兴盛,目前日本国内很多地方还有那一时期挖掘出的简单的地下水渠。从技术层面来看,日本的地下水道技术并没有受西亚坎儿井的影响,应该将其视为在日本采矿技术延长线上独立衍生出来的。

我们可以看到,即使是在干旱、半干旱地区,水资源的紧迫程度和水源的种类也存在地域差异,形成了与用水相关的不同传统体系和文化,譬如缺乏河水滋养的地区开发出了坎儿井这种利用地下水的技术。此外,即使在降水量较高的日本以及干旱、半干旱地区中河水较为丰富的费尔干纳盆地等,随着水需求量的提高,人们也开始使用坎儿井或与之类似的地下水利用体系,这其中也存在某种技术上的

共通性。坎儿井等地下水渠的共通性,恐怕是以矿山隧道挖掘这类某种程度上遍存于世的技术为基础的。

5 干旱、半干旱地区的灌溉农业和水资源问题

在干旱、半干旱地区绿洲上发展的农业,其规模和技术随时代变化,其面积也渐渐扩大。虽说如此,中央欧亚大陆因受水资源制约,到 20 世纪初或是 20 世纪中期为止,大量的土地都未被用于农业。也就是说,这些地区光照、气温等影响农业生产的气候条件都不错,但因水资源的制约,一直只能作为潜在的农业可用地,处于无人开发的状态。进入 20 世纪中期后大规模的土木工程使水渠的挖掘和动力抽水泵的使用成为可能,而且人口的增加加大了增产食物的必要性,在此背景下中央欧亚大陆在 20 世纪后半期,同北美、澳大利亚一样也开始了大规模的灌溉农业用地的开发。特别是在当时属于苏联的乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦,流入咸海的阿姆河和锡尔河的水资源及其周边的广袤土地备受关注。苏联在这里大规模地开垦灌溉农业用作棉花栽培基地,以获取珍贵的外汇。这使现在的乌兹别克斯坦成为棉花产量世界第五,出口量世界前三的棉花生产大国。但是为此付出的代价却是过去一直为沙漠提供丰富水源且面

积百倍于日本琵琶湖的世界第四大湖泊——咸海的湖面面积急剧缩小,这不仅导致了缺水还引发了各种环境问题。中国的新疆维吾尔自治区、甘肃、青海等地使用河水的农业开发不断发展,引发了诸如湖沼面积缩小、河畔林衰退、干涸的湖底成为沙尘暴的来源等各种环境问题。

现代农业发展带来的悲剧已经十分明了,那么过去的农业是否是可持续发展的呢?下文笔者将从历史发展过程的角度,审视干旱地区灌溉农业用地开发给水循环及环境带来的影响。

6 咸海的湖面变化及人类活动的影响

6.1 咸海的变迁

如前文所述,进入 20 世纪 60 年代后,因上游农业开发导致流入湖中的河水水量减少,世界第四大湖咸海的湖面面积于 2007 年骤减到了 1960 年同比 10% 左右。其结果便是咸海渔业崩溃,以及干涸的湖底卷起尘埃引发的诸多健康问题等,这渐渐地被人们称为 20 世纪最大的环境悲剧。然而讽刺的是,湖水干涸后,沉于湖底的村落遗址得以发现,人们可以观察到阶地面和滨线等能显示过去湖水水面变化的地形,而且更容易收集湖底堆积物的样本,这成了解析沉积于湖底的过往环