

丝绸之路东段传统水利技术初探 ——以近世河西走廊讨赖河流域为中心的研究

张景平

(清华大学 水利系,北京 100084)

【摘要】本文利用新发现的水利史料,从水资源利用格局、渠首技术、渠道技术、水利管理与灌溉时间延长技术四个方面,对以讨赖河流域为中心的河西走廊传统水利技术进行初步扼要的考察,勾勒出基本轮廓与体系。文章指出,丝绸之路东段的河西走廊存在一个主要受中原影响、不同于坎儿井系统的以明渠为主体的水利技术系统;这个技术系统适应于干旱区的自然与人文环境,应用普遍、历史悠久、内容丰富,值得进一步深入研究。

【关键词】传统水利技术;河西走廊;讨赖河;渠首技术;渠道技术

【中图分类号】S-09;K207 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-4459(2017)02-0015-12

Preliminary Investigation of Traditional Hydraulic Technology Applied on the Eastern End of the Silk Road

—— A Study of Early Modern Taolai River Watershed in the Hexi Corridor

ZHANG Jing-ping

(Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract: Using recently discovered hydraulic historical documents, this paper looks at traditional hydraulic technologies applied along the Hexi Corridor, focusing on the Taolai River watershed, from the four aspects of water resource utilization awareness, canal headwork technology, canal technology, as well as hydraulic management and the extension of irrigation time. This paper points out that the hydraulic system applied in the Hexi Corridor, located on the eastern end of the Silk Road, consists of hydraulic technologies mainly based on open canals derived from the Central Plains region, different from the Karez well system. This hydraulic system is suitable for natural and humanistic environment in the arid region, with wide applicability, long history and rich content, worthy of further investigation.

Keywords: traditional hydraulic technology; Hexi Corridor; Taolai River; canal headwork; canal technology

一、问题的提出

众所周知,丝绸之路所经过的中国西北、中亚与西亚地区自历史时期以来即干旱少雨,是世界干

[收稿日期] 2016-11-28

[基金项目] 国家自然科学基金青年项目“历史时期敦煌酒泉绿洲典型渠系复原及相关方法论研究”(41501150)

[作者简介] 张景平(1984-),男,历史学博士,清华大学水利系博士后、助理研究员,主要从事中国水利史、干旱区环境史的研究。

旱区集中分布的区域之一。由于水资源开发自古以来就是干旱区经济与发展的先决条件,丝绸之路沿线干旱区的各文明皆出现了丰富而发达的水利技术,留下一批珍贵的水利遗迹,有的至今还在发挥作用。在历史学、考古学领域,对于历史时期丝绸之路沿线水利技术特别是绿洲农田水利技术的研究很早就已起步,并形成西亚与中亚两大热点区域^①。相形之下,丝绸之路东段的中国西北干旱区绿洲农田水利技术的研究在数量与质量方面都与西亚、中亚地区存在差距。历史时期丝绸之路东段干旱区的绿洲农业主要分布在河西走廊、天山北路与天山南路三大区域,目前国内外学界对这一区域的水利技术问题直接关注较少,仅对新疆坎儿井的调查与研究一枝独秀^②。经过数十年的争论,主流观点认定新疆坎儿井于近 500 年从波斯、中亚传入,但事实上河西走廊与天山南北路在汉唐时期即有发达的以明渠为主体的灌溉系统;而即便是在坎儿井大为发达的近世,天山南北路主要灌溉活动仍然是通过明渠系统完成,而河西走廊则从未出现过坎儿井。这意味着坎儿井虽然有其工程技术上的鲜明特点,但从历时性与普遍性的角度,无法作为历史时期丝绸之路东段水利技术的代表。笔者认为,有必要深入研究历史时期中国西北干旱区以明渠为主的水利技术研究,而河西走廊正适合作为突破口。

河西走廊诸绿洲自汉代以来就是我国西北部重要的灌溉农业区,汉唐渠道遗迹屡有发现,而以列入世界文化遗产的瓜州锁阳城渠道系统最为著名。该区域尝有民谚云:“有水此有木,有木此有人,有人此有土,有土此有财,有财此有用。”^③水利开发对河西走廊社会生活的先决性影响在此一目了然。长期以来,学界围绕历史时期河西走廊的水利问题进行了大量研究,分别在地理学、敦煌学、屯田史以及水利社会史等领域取得了一系列重要成果^④。

既有研究成果虽然取得了诸多成就,但其中对与该区域传统水利技术的研究严重不足。这里所谓“传统水利技术”,包括历史时期对水资源转化规律的认识、各类水工建筑的设计修造维护技术、水资源分配管理技术等诸多方面,是以人力施工为主、未采用混凝土等现代材料、未引入现代工程科学作为指导的农业时代技术体系。传统水利技术是我们认识、理解历史时期水利活动的基础,是水利社会史或水利环境史研究中必不可少的背景知识。在 20 世纪 50 年代现代水利技术系统引入之前,生活在河西走廊的先民经过长期探索,发展出一套适合当地干旱环境的水利技术体系,但我们目前对此知之甚少。例如学者通过解读敦煌文书,发现中古敦煌有很多“堰”的存在,可以通过考证将这些“堰”大致定位,甚至深入探讨其管理者“堰头”的社会生活中的地位,但并不讨论这些“堰”究竟用什么材料筑成、建筑规制究竟如何。造成此种现象的重要原因是技术史料的严重缺乏。我国传统水利技术的记载多附丽于各种农书之中,但各类农书主要以东部雨养农业区为关注对象,鲜有涉及灌溉活动存在巨大差异的广大西部干旱区;明清以来各种专门水利文献不断涌现,但主要以河工、漕运以及东南水网地带农田水利为主,鲜少涉及干旱内流区,三版《行水金鉴》几乎没有涉及河西走廊的内容。就本土史料来看,河西走廊明清以来文献积累不丰,仅地方志与少量存世碑刻中有个别信息,亦不足以对水利技术的细节进行微观研究。另一方面,考古部门尚未对河西走廊水利遗迹进行系统发掘,来自考古方面

① 关于中亚与西亚水利技术史研究的最新扼要综述,参见 Moser Henri. *Irrigation En Asie Centrale: tude G é ographique Et conomique*. Ulan Press, 2012. p15-p17.

② 关于新疆坎儿井研究成果的综述,可参看阿达莱提·塔伊尔:《新疆坎儿井研究综述》,《西域研究》2007 年第 1 期;调查成果综述可参看新疆维吾尔自治区文物局编:《新疆坎儿井》第 1 册,科学出版社,2011 年,第 1-46 页。

③ 樊崧甫遗述、樊元武整理:《西北军风纪视察团西北纪事》,《甘肃文史资料选辑》第 38 辑,甘肃人民出版社,1994 年,第 154 页。

④ 河西走廊水利史相关成果甚为丰富,为节省篇幅,详细研究综述可参见郝二旭:《唐五代敦煌农业专题研究》,兰州大学 2011 年博士论文,第 1-5 页;张景平、王忠静:《干旱区近代水利危机中的技术、制度与国家介入——以河西走廊讨赖河流域为个案的研究》,《中国经济史研究》2016 年第 6 期。

的技术信息十分有限。

2012年,清华大学启动了“河西走廊水利史文献抢救性整理与研究”课题,笔者有幸主持其日常工作,发掘、公布大量水利史料,其中尤以未编目历史档案、民国工程勘察报告以及口述材料为大宗,第一辑成果《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》业已出版。这些文献使我们探究河西走廊传统水利技术的细节成为可能。本文拟以河西走廊中部的讨赖河流域为中心,从水资源利用格局、渠首技术、渠道技术、水利管理与延长灌溉时间技术四个方面对河西走廊传统水利技术进行初步与扼要的考察,以起抛砖引玉之效。之所以选择以讨赖流域为中心进行讨论基于三个理由。首先,河西走廊各流域在自然地理、水文与水利技术方面都很强的相似性;其次,讨赖河流域是河西走廊水工建筑类型最为丰富、全面的地区,具有代表性;其三,单则水利技术史料往往甚为单薄且意义不明,必须结合其他史料方能彰显其意义,而将讨论限定在一个流域空间有助于减少技术史料解读的随意性、增加可信度。限于史料年代,本文主要讨论明初以来直至1950年代初现代水利技术大举引入之间的水利技术问题,尤其集中于晚清民国,可以看做是河西走廊传统水利技术发展的最高水平;由于前工业时代水利技术发展中“沿大于革”的基本特性,近世水利技术仍可以在相当程度上代表汉代以来河西走廊传统水利技术的整体面貌。

二、传统技术条件下河西走廊水资源利用格局

讨赖河是甘肃河西走廊中部的重要河流,为我国第二大内陆河黑河的最大支流。流域东起马营河,西以嘉峪关市境内的黑山为界,南与疏勒河流域毗邻,北以金塔盆地的马鬃山为界,位于东经97°22'46"-99°27'11"、北纬38°24'16"-40°56'08",行政区划分属青海省祁连县,甘肃省张掖市肃南县和高台县、嘉峪关市,以及酒泉市肃州区、金塔县,流域总面积28100平方千米^①。

人类可以利用的淡水资源,主要由大气水、地表水与地下水三部分组成。大气水主要指降水,地表水主要指天然河流的地表径流与湖泊等天然水体。地下水的情形略显复杂,相当比例的地下水实际为地表水转化而成,并且有一部分可以再度转化为地表水;在本文中,地下水仅指蕴涵于地表之下、需要人工开采而不能自然转化为地表水的水源。历史时期,讨赖河流域的先民对于这三类水源均有着不同程度的利用。

讨赖河流域深居内陆、降水稀少,中游肃州区多年平均降水量为83.6毫米、下游金塔县为59.7毫米,而肃州区多年平均蒸发量为2149毫米、金塔县为2539毫米,干旱指数皆高达20以上,可以说不存在发展大面积雨养农业的可能性,必须依靠灌溉。但由于本流域80%的降水集中在5-9月,与光热条件恰好配合,故降水尚可对灌溉起到一定的补充作用。明清以来,当地农民非常重视降水;尤其是在河流来水较少、灌溉水源不足的时候^②。

除作为灌溉的补充之外,明清以来降水在本流域还可以作为“撞田”的主要水源。所谓“撞田”,系指在河滩、湖滩等地下水位较高区域开垦的无灌溉田地,一般种植糜子等耐旱作物,实行广种薄收、无田间管理的粗放式经营,年产量一般在一百市斤以下。由于“撞田”的产量极低且极不稳定,在本流域所占面积很小。以1953年的金塔县为例,全县播种撞田0.39万亩,仅占全县28.51万亩耕地的1.37%^③。

① 本文所有地理、水文数据皆引自清华大学、甘肃省水利厅讨赖河流域水资源管理局:《讨赖河传统分水制度与现代水资源管理模式相结合研究报告》,2010年9月编制,

② 《赵福华访谈材料》,张景平、郑航、齐桂花主编:《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,科学出版社,2016年,第945-947页。

③ 参见金塔县人民政府:《关于1953年上半年农业生产的报告》,1953年7月,金塔县档案馆藏档案1-1-26。

但就整个河西走廊而言,“撞田”比例在各流域并不一致。河西走廊东部的石羊河流域以及黑河中游的祁连山北坡地带,多年平均降水量可达 200 毫米以上,局部地区可达 400 毫米,在这些区域“撞田”会占有较大比例;甚至在民乐、山丹一带,当地居民会主动舍弃税负较重的水浇地而放垦没有灌溉条件的祁连山山前草原,形成大片“靠天吃饭”的高海拔农作区。在河西走廊西部的疏勒河、党河流域,降水量则往往不足 60 毫米,这一带的“撞田”数量则微乎其微^①。因此前现代技术条件下,大气水对于河西走廊农业生产的重要性,呈现自东向西逐渐减小的趋势。

在地表径流方面,明清以来包括讨赖河流域在内的河西走廊一直有所谓“山水(或河水)”与“泉水”的区别。所谓山水(或河水),即指发源于祁连山诸冰川的大小河流,在讨赖河流域从西向东依次为讨赖河干流、洪水河、红山河、观山河、丰乐河、马营河。所谓泉水,是指河道径流出山后渗入地下、又在下游低洼地带溢出的部分,复形成新的径流或者潴为湖泽。讨赖河流域的泉水主要在中游酒泉盆地北部出露,大小泉水分别在讨赖河干流左右岸汇成清水、临水两条泉水河,并形成星罗棋布的天然湿地与湖泊。在山水方面,讨赖河流域多年平均径流量最大的三条河依次为讨赖河干流、洪水河与马营河。《史记》中记载,酒泉郡从河道引水以灌溉耕地,此即近世以来所谓山水灌区之滥觞^②;至唐代,山水渠道进一步发展为护城河系统^③。明代重点开发讨赖河干流中游、洪水河,清代则扩大到干流上下游与全部支流。对泉水的利用也早已有之。汉魏时期,酒泉郡北部都尉驻地名为“堰泉障”,所谓“堰泉”者,当为以塘坝拦蓄泉水之意^④;但发展至明代,灌溉水源却仅限引用山水,不再使用泉水,这大概与明代的泉水溢出带恰好分布于长城沿线有关^⑤。清代民国时期,流域内的泉水得到了非常彻底的开发,形成了广阔的泉水灌区^⑥。作为山水与泉水的总和,地表水长期构成讨赖河流域灌溉水源的绝对主体,这在整个河西走廊普遍如此。

在地下水方面,明清以来井水在中国北方地区农业灌溉中的地位日益重要;但在讨赖河流域,打井则始终仅限于为城镇人口提供生活用水,大部分农村不但灌溉依靠地表水,生活用水亦依赖地表水蓄积而成的涝池^⑦。民国时期,政府曾尝试过土法打井、技术人员通过设计新式自流井与电力机井的方法试图开采地下水,但始终未成为规模^⑧。讨赖河流域乃至整个河西走廊地下水的大规模开采利用则始于 20 世纪 70 年代。

三、渠首工艺:河西走廊传统水利技术的关键

渠首,系指将水源从河道或水库引入渠道的水工建筑物,是整个渠道系统的起点。渠首的工程特性,决定着整个渠道的引水能力;渠首的可靠性,决定了灌溉过程是否平稳持续的进行。可以说,渠首

① 中华民国水利部河西水利工程总队:《石羊河流域灌溉工程计划书》,1948 年油印版,第 7 页,甘肃省图书馆西北文献部藏;中华民国水利部河西水利工程总队:《临水河流域灌溉工程计划书》,1948 年油印版,第 8 页,甘肃省图书馆西北文献部藏。

② 参见《史记》卷 29《河渠书》,中华书局,1959 年,第 1414 页。

③ 参见《旧唐书》卷 185《良吏上·王方翼传》,中华书局,1975 年,第 4802 页。

④ 吴初骧:《河西汉塞调查与研究》,文物出版社,2005 年,第 123-128 页。

⑤ 《肃镇华夷志》总结肃州水利时云:“肃州渠坝,……皆赖讨来河、红水河、丰乐川之水。虽有湖泉,鲜济耕稼。”见[明]李应魁著,高启安、邵惠莉点校:《肃镇华夷志》卷 2《水利》,甘肃人民出版社,2006 年,第 97 页。

⑥ 张景平、郑航、齐桂花主编:《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,《讨赖河卷叙记》第 XII 页。

⑦ 民国《创修金塔县志》卷 4《生计》,甘肃省图书馆藏 1956 年抄本,第 73 页。

⑧ 中华民国水利部河西水利工程总队:《临水河流域灌溉工程规划书》,甘肃省图书馆藏 1947 年油印本,第 12-15 页。

的修造维护技术,是整个传统水利技术的关键之一。在现代水利技术引入之前,以讨赖河流域为代表的河西走廊,渠首一般称为“龙口”^①,其设施的设置情况不尽相同,但至少应包括导水或壅水建筑物。如果以导水或壅水建筑物的布置方式为标准,讨赖河流域的渠首可以分为三类,即顺河式渠首、拦河式渠首以及塘坝式渠首,其中顺河、拦河渠首运用于“山水”径流,塘坝式渠首运用于“泉水”溢出地带。

众所周知,除少数“悬河”以外,天然河道的高程一般低于与中泓线垂直的两岸高程。对于那些从天然河道取水的渠道而言,渠首的作用即是设法将河水从较低的河床引至较高的岸上。顺河型渠首通过在河道中央修建与径流方向一致的导水建筑物导水墙,将部分径流引向岸边、并经由坡降低于河道的进水道,使水流在输送过程中逐渐高于河床;拦河型渠首则通过建设与径流方向垂直的壅水建筑物拦河大坝壅高河水水位,使河水全部进入大坝一侧或两侧的渠道进水口。明清以来,河西走廊将这些渠首的导水与壅水建筑物统称为“坝”,并进而以“坝”代指整个干渠。无论是拦河渠首的壅水建筑物或顺河渠首的导水建筑物,抵抗河水冲击是其必须具备的工程特性。讨赖河流域山水渠首,普遍采用以“石困堆垒法”构筑主体、以“开放沉埽法”构筑附属设施的工程安排办法。

所谓“石困堆垒法”,即以植物编成框架、内部填充卵石制成所谓“石笼”,并将“石笼”层层堆垛,形成导水或壅水建筑物,以此法建成的水工建筑称为“石笼坝”^②。这是一种极为古老的水利施工工艺,两千多年前李冰父子修造都江堰鱼嘴即使用此种方法,不同之处在于都江堰石笼由竹片编制,河西走廊石笼用芨芨草、红柳、榆木与杨木编制^③。根据口述与图片资料,讨赖河流域所用石笼略呈四棱柱状或圆柱状,高 1.4 至 2 米,有底敞口,笼口为边长 0.5–0.8 米之矩形或直径 0.5–0.7 米之圆形^④。其中绝大部分石笼用芨芨草编制,称“草笼”,芨芨草需事先用碱水浸泡并捶打柔软后搓成草绳以备使用。施工时,常以 4 到 6 个石笼编为一组,以人力在河水中进行填充,以免搬运之劳^⑤。

以“石困堆垒法”修筑渠首主体,所耗费的芨芨草与卵石都是当地极为常见之物,石笼编组之间亦不需要灰浆、铁扣等任何起粘结或勾连的附属材料,完全依靠彼此之间的挤压维持壅水或导水建筑的整体性,石笼的编制、填充、堆垛等工序亦简单易行。因此,石困堆垒式渠首的优长之处在于取材容易、施工方便。然而,此种渠首的致命缺陷在于抗冲击力差、可靠性不强,而河西走廊诸河每年夏季必有洪水,故各渠首至少被冲毁一次,需投入大量人力临时抢修,否则影响秋粮灌溉,此种抢修称为“上水坝”、“水修”或“夏修”。时常爆发的秋季洪水与冬、春二季的冰凌也会对以“石困堆垒法”修筑的渠首造成严重破坏,但因非灌溉时间,不再进行抢修,统一在次年清明时对渠首进行重建,一般下游地区在谷雨结束、中游地区在立夏前五天结束,此种年度重建被称为“打干坝”、“旱修”或“春修”,是区域年度水利活动中最为重要的内容^⑥。

以“石困堆垒法”修筑的渠首主体,一般包括拦河渠首中的拦河坝、顺河渠首中的导水墙前端,这些位置都是正面承受水流冲击的部位;而拦河渠首两侧起河道归束作用的河堤、顺河渠首中导水墙的

① “龙口”之名皆见于明清各版方志,不一列举。

② 中华民国水利部河西水利工程总队:《临水河流域灌溉工程规划书》,甘肃省图书馆藏 1947 年油印本,第 6–7 页;《邢玉同访谈材料》,张景平、郑航、齐桂花主编:《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,第 912–914 页;《冯天义访谈材料》,《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,第 918–921 页。

③ 石困堆垒法的最典型运用是元代之前的都江堰鱼嘴,其工程特性与施工要点参见谭徐明:《都江堰史》,科学出版社,2004 年,第 129–132 页。

④ 口述资料来自《冯天义访谈材料》,《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,第 919 页;图片资料来自刘德豫:《鸳鸯池水库工程初建照片》,1943–1945 年拍摄,酒泉市档案局藏图 1–2–450,照片第 15、17、26 号。

⑤ 《冯天义访谈材料》,《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,第 919 页。

⑥ 张其昀:《甘肃省河西之渠工》,《甘肃水利林牧公司同人通讯》(兰州)1942 年第 5 期转载,第 4–7 页。

后段等承受冲击较小的部位,以及各类渠首设施中起到临时泄洪作用的“活动堤”,则采用“开放沉埽法”进行修造,以此法建成的水工建筑称为“柴梢坝”。“开放沉埽法”是近世河西走廊最具特色的传统水利技术之一,其基本原理与东部地区广泛运用的埽工一致。不同之处在于,明清以来东部地区埽工的经典形态是以“卷埽”、“厢埽”等封闭式形态为主,即土石等填充物被刻意包裹在芦苇等编束而成的席状物内以形成预制件,并需要在铺设中辅以木桩、绳缆等以资固定^①;河西地区的埽工则与之不同,系直接将白杨树横置在筑坝地区,并在树枝间填筑卵石、黏土等,因填充物并不封闭,故命名为“开放式沉埽法”^②。与多数乔木的枝干垂直于树干且绵延伸展不同,白杨树枝叶相对于树干呈收束状且排列紧密,河西走廊的“柴梢坝”正是利用此种当地常见树木的特性,用白杨树紧束的枝叶留滞填充物并稳固坝体,故树不必非大树不可,但枝叶必须完整,文献中称为“全梢树”^③。相对于中东部地区的经典埽工,“柴梢坝”的取材、施工更为简单,不必提前预制,但也正因为填充物未被封闭而时被淘蚀,需要进行较频繁地培护。“柴梢坝”较之“石笼坝”的抗冲击性更弱,但只要不正面面对水流便足敷使用,且施工更为简单,故得到广泛使用。

上述由“石笼坝”与“柴梢坝”构成的拦河、顺河型渠首皆位于“山水”之上,而在泉水地区普遍使用的塘坝式渠首实为人工池塘以汇聚泉水,多直接采用泥土堆筑成简易坝体,个别地方采用夯土,甚至有利用明长城墙体为坝体者^④。所谓用泥土堆筑不是使用单纯的泥土,而是使用所谓“茭茭墩”。茭茭草的根系极为发达,当地民众多用锹将周遭泥土挖松后即可连根拔出,则其根部自带一个相当大的土块,“茭茭墩”即指此物。以“茭茭墩”为基本材料修筑的塘坝,植物根系起到了加强内部结构的作用,故一般不需要每年重修,仅需局部修补^⑤。

渠首设施除导水、壅水建筑物之外,闸门是又一关键设施。河西走廊的渠首闸门主要包括进水闸与退水闸。进水闸在一般渠首都有普遍应用,故有些渠道径直以“某某闸”命名。但进水闸的出现往往晚于渠首初建时间,因为其主要功能是与相邻渠道实行轮灌时起到限制本渠用水、保障他渠水权的作用,而轮灌的出现必然是水资源利用率较高阶段才出现的现象。以讨赖河流域为例,明代与清代前期,该处以“某某闸”命名的地名尚不多,清代中后期开始大量出现。如讨赖河中游左岸的老君坝开凿自明代,其名见于志书,到清代民众则改称老鹳闸^⑥。与逐渐普及的进水闸不同,承担宣泄洪水之用退水闸在河西走廊的使用始终不广泛,只见于少数大型渠首;洪水到来,“石困堆垒法”修筑的渠首主体首先被冲毁,洪水自然不能入渠,这是大多数渠不设置退水闸的重要原因。在讨赖河流域,仅红水坝在渠首下游约 100 米处有退水闸 1 道;据民国时期技术人员实测,当入渠洪水超过 60m³/s 时,该闸可将 30%

① 黄河水利委员会编:《黄河埽工》,1961 年编印,第 8-20 页。

② 关于“开放式沉埽法”的具体施工方法,在讨赖河流域口述史料采集中未充分发掘,但在临近的疏勒河流域有较集中收获,主要集中于《疏勒河流域水利耆老座谈会记录》,张景平 2015 年 7 月 22 日记录,玉门市疏勒河流域管理局会议室,陈勉、刘兴邦发言部分。

③ 档案中所准备之树木,常常为“树苗”,如 1936 年《红水坝二十五年春修清册》(酒泉档案局藏档案历 1-1-255)中提到共耗费“树苗 120 车”。又“全梢”的提法甚多。如 1941 年 2 月金塔县中正乡公所《为呈报六坪春修加派河柴事》(酒泉档案局藏档案历 5-2-1170)中提到:“东拦河自去年来冲刷甚夥,缘因所用杨树枝叶多不全,且为长夫拔去生火,故不堪运用。已传各保务必交全梢杨树,并长夫人等不得擅自拔取。”

④ 中华民国水利部河西水利工程总队:《下古城坝旧渠整理工程计划书》,甘肃省图书馆藏 1947 年油印本,第 3 页。

⑤ 《单新民访谈材料》,《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,第 925-926 页。

⑥ 万历《肃镇华夷志》载:“老君坝,……亦讨来河水,去城七里。”见《肃镇华夷志》卷 2《水利》,第 95 页;乾隆《重修肃州新志》载:“河北坝,……分沟十道,内名:……老鹳闸……”见[清]沈青崖、黄文炜:《重修肃州新志》之《肃州册·水利》,甘肃酒泉县博物馆 1984 年排印版,第 77 页。

的水量退入河道^①。

河西走廊的闸门形制普遍采用上下提拉式的叠梁式闸门,以茭草绳悬吊闸板,多数渠道用“木笼”作为闸墙,少数用砌石^②。“木笼”与“草笼”构造相似,唯其采用木料编制笼体,外部形态较“草笼”更为规整,有利于安放闸门^③。闸板、闸桩、悬梁皆用硬质木材,按照一定的年限定期更换。讨赖河流域各渠普遍会在闸门附近贮存一套完整的闸板、闸桩、悬梁,以备闸门装置意外损坏或被洪水飘没后迅速安装^④。

四、渠道工艺:河西走廊传统水利技术的主体

渠道是古今灌溉系统的主体。河西走廊传统渠道以明渠为主,兼有隧道、渡槽等特殊水工建筑类型。下面谨从渠道选线、渠道形制与特殊水工建筑三个方面予以论述。

河西走廊渠道选线主要考虑的是渠道高程比降问题。河西走廊平原地带的地势起伏不大,但却普遍以 8‰至 20‰的坡降从南向北倾斜,故传统渠道选线分为沿等高线布设与垂直等高线布设两种类型。渠道沿等高线布设或与等高线呈较小夹角可以增长渠道长度以控制更多灌面积、同时可以避免水流过急冲毁渠岸,渠道与等高线垂直则有利于渠道排沙、避免淤积。如何合理控制渠道的比降,在争取最大灌溉面积、维护控制渠道安全与避免淤积之间进行平衡,是前人在渠道选线方面反复探索的要点。以讨赖河中游酒泉盆地为例,明代初期讨赖河干流右岸开凿的沙子坝与洪水河流域的红水坝直到 20 世纪 50 年代初仍然是该区域灌溉系统的骨干,但两渠的选线各不相同。沙子坝基本沿等高线布设,蜿蜒七十华里,但淤积状况比较严重,民国有所谓“燕子垒窝的沙子坝”之说,意为燕子都可在淤积物上垒窝^⑤;事实上该渠的局部改建时有进行,较大的一次是嘉靖二十六年新开渠五十丈以增加流速^⑥。红水坝所在的洪水河汛期含沙量较大,故红水坝垂直等高线布设以增加流速,但至民国时仍然经常发生渠道被冲毁的事故。故历代对红水坝渠道的改建,着眼于适当降低渠道坡降,从明代嘉靖年间至民国皆是如此^⑦。

河西走廊渠道选线较为特殊的是其峡谷引水渠道。河西走廊诸河出山后,往往深切古洪积扇,形成深 10 米至 20 米的河槽,导致大片可耕地难于就近从河道取水。前人为获取有利的引水高程,从明初开始即在出山口以内的峡谷深处修建渠首,同时在沿河开凿长距离隧道,逐渐将河水引上高岸。此种渠道布置方法在讨赖河流域最为典型,尤以第一大支流洪水河与第二大支流马营河最为典型。如果

① 中华民国水利部河西水利工程总队:《洪水坝防洪工程计划书》,甘肃省图书馆藏 1947 年油印本,第 4 页。

② 采用石制闸墙的渠道极为罕见,如玉门之“皇渠”,据云因系屯田渠道,有特殊照顾。相关回忆出自《疏勒河流域水利耆老座谈会记录》,张景平 2015 年 7 月 22 日记录,玉门市疏勒河流域管理局会议室,张登瀛发言部分。

③ 《邢玉同访谈材料》,张景平、郑航、齐桂花主编:《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,第 913 页。

④ 《光绪十二年酒泉县红水坝四闸水规》,收录于佚名:《甘肃河西荒地区域调查报告(酒泉、张掖、武威)》,《农林部垦务总局调查报告》第 1 号,1932 年印行,第 34 页。

⑤ 酒泉县沙子坝水利代表:《呈为均水不明乞重新决断已苏民命事》,1936 年 7 月,酒泉市档案馆藏档案,档号历 1-2-375。

⑥ 参见万历《肃镇华夷志》卷 2《水利》,第 94 页。

⑦ 万历《肃镇华夷志》卷 2《水利》第 95 页载:“红水坝为肃州总寨、西店子、乱古堆等堡浇田之坝,延一百余里,沃田极多,但水坝不时倾崩,盖因水涌势恶,多石无土,故耳。嘉靖三十六年,副使陈其学拨军修通,水得流行。”至民国时,工程技术人员仍提出“需延展渠线,以降低流速”。参见中华民国水利部河西水利工程总队:《洪水坝防洪工程计划书》,甘肃省图书馆藏 1947 年油印本,第 10 页。

以倾斜的地面作为水平参照物,会产生渠道将水从低处向高处引的错觉,酒泉旧有渠道名“仰沟”即是由此而来^①。随着耕地面积的不断扩大,不断有地势更高的耕地被开垦,也必然要求峡谷引水渠道的不断改建,但这些峡谷引水渠道的渠首确基于下述两个原因无法向海拔更高的峡谷深处延伸:一方面原渠首已经位于深山之内,业已远离居民点,就地难于获取芨芨草、木料等工料,必须经崎岖山路长距离运输^②;另一方面渠首已接近山区藏族的游牧地区,再迁渠首可能会引发不必要冲突^③。因此,这些峡谷引水渠道没有出现如关中引泾渠道不断向上游迁移渠首的情况^④,当地民众往往以新建比降更低的新渠道的方法来扩大灌溉面积,因此往往出现在开凿新渠时发现下方有旧渠的情形^⑤。但随着渠道比降的不断降低,对勘测、施工的精度要求更高,有时会出现局部高程测量失准导致水不能流动的情况(图1)^⑥。

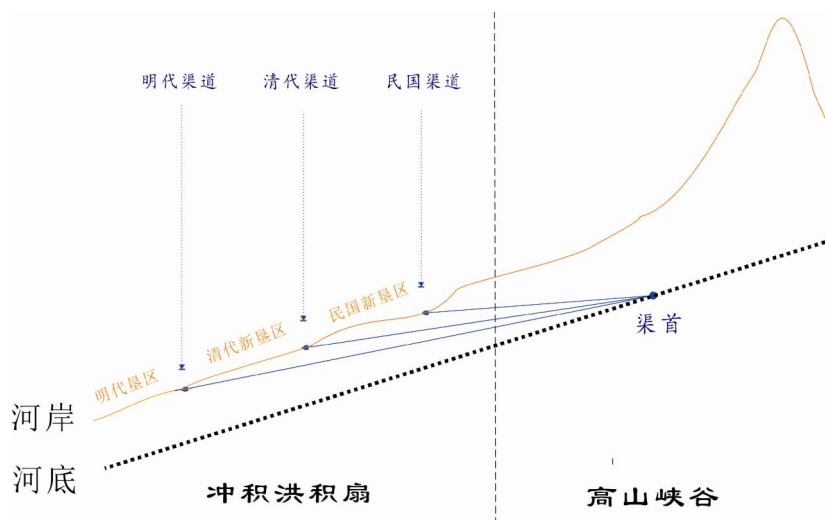


图1 讨赖河流域历代山地渠道纵剖面示意图

河西走廊传统渠道多数没有衬砌,故渗漏损失惊人。据民国技术人员对讨赖河流域七条渠道的估测,输水损失普遍达到70%以上,个别渠道损失可达90%^⑦。有数量较少的个别渠道使用卵石干砌,并以秸秆填塞缝隙^⑧。由于没有衬砌,渠道断面多不规整,但在引水口与分水口处经人工刻意修葺,断面呈规则的矩形,以利详细划分水权。从已有数据观察,从明代至民国,讨赖河干渠引水口的宽度多在一丈左右,变化不大,但深度普遍有所增加。渠口与分水口以外的渠身,宽度、深度皆无定制,渠水散漫游

① 酒泉县地名办公室:《酒泉地名资料》,1979年编印,第28页。

② 参见中华民国水利部河西水利工程总队:《整理酒泉新地坝工程计划书》,甘肃省图书馆藏1947年油印本,第3页。

③ 参见[清]沈青崖:《创凿肃州坝庄口东渠记》,《重修肃州新志》之《肃州册·文》,第128页。

④ 关于元明清关中泾渠渠首的移动情况,可参见姚汉源:《中国水利史稿》,水利电力出版社,1987年,第387页;李令福:《关中水利开发与环境》,人民出版社,2004年,第264-267页。

⑤ 沈青崖曾提到有雍正修开渠道时曾见旧渠。参见《创凿肃州坝庄口东渠记》,《重修肃州新志》之《肃州册·文》,第128页。作于1954年的佚名《酒泉新地坝整修工程计划书》(酒泉市肃州区档案馆22-1-5)载:“沿4公里隧洞高崖上旧洞遗迹甚多,证实已经几次变迁。”

⑥ 此种情形最晚到1951年仍有发生,具见佚名《酒泉新地坝整修工程计划书》,1954年,酒泉市肃州区档案馆档案,档号22-1-5。

⑦ 中华民国水利部河西水利工程总队:《下古城坝旧渠整理工程计划书》,甘肃省图书馆藏1947年油印本,第2页。

⑧ 参见《冯天义访谈材料》,《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,第919页;又酒泉又有“石砌沟”、“石子沟”等旧渠名,或即为有衬砌者。参见佚名:《酒泉县渠道调查表》,1953年,酒泉市肃州区档案馆档案,档号22-1-2。

荡,使外来人士往往不能分别渠道与河流的差别^①。有些与道路平行的渠道,道路因长期碾压往往低于两侧地面,渠水经常漫入路中,地方不但不加修缮,甚至往往“以路为渠”^②。

隧道是河西走廊传统渠道系统中常见的组成部分,如上文所述的峡谷引水系统尤其多开采隧道。在讨赖河流域,马营河流域的千人坝干渠有隧道五座,共计一千余丈,隧道断面“高七尺、阔五尺”;洪水河上游的东、西洞子渠各长约十华里,隧道比例分别占“什七八”、“什四五”,隧道断面“高等于身,广可攘臂”。以洪水河东洞坝为例,隧道的开凿方法,系首先在山体上开凿诸多水平导洞,每洞相距十丈,然后将各导洞串联而成,自外部视之若“排笙凤箫”。水平导洞的作用,一方面可以充当施工入口并倾倒土石,另一方面还可供营建人员居住并充当简易祭祀场所;渠道通水运行后,一旦入渠洪水过多,诸多导洞还可在短期内起到泄洪作用,可谓一举多得。峡谷引水渠道之所以采用较长的隧道,除山势确实陡峭外,还因为如开凿明渠必须修筑较高的渠堤,该区域传统的“石笼坝”与“柴梢坝”的稳定性都无法胜任,反不如隧道保险安全。

河西走廊引水隧道的开凿是十分艰苦的,是渠道施工中最困难的部分,所谓“凡工人之难,难于穿洞”。从地质上看,隧道经过地区一般为砂岩,开凿尚称简易,故马营河千人坝隧道第一次施工历时一年即完工,洪水河东、西洞子渠分别动用数百名脱产劳力一年时间即完工。但由于施工地点远离居民区,生活用品补给困难,施工人员常有菜色。更为重要的是,如前文所述隧道施工中同样易发高程测量失准的问题,故需要经常返工,如千人坝的五座隧道有四座进行二次改建,其返工时间与花费均超过了第一次修建^③。

除隧道外,渡槽在本区域亦有运用。峡谷渠道的布设常常遇到难以绕避的横向山涧,有时需要渡槽连接。渡槽为木质,跨度不一,横截面积不详,但宽度似乎普遍比隧道、渠道要窄,故往往成为制约渠道整体输水能力的瓶颈,不到万不得已时一般避免使用^④。在平原地区,当两条渠道出现交叉时,为避免混淆水权,一般会修建渡槽。与讨赖河流域临近的黑河三清渠横跨柔远渠与黑河支流小沙河的渡槽始建于清代嘉庆、道光之际,长约 200 米,高约 2 米,有石笼护脚的木质支架 20 多个,属于河西走廊规模较大的平原渡槽。此渡槽的建成一度比较明显地解决了此前两渠平面交叉引发的水权纠纷,但由于耗费木料甚大,自同治年间毁于兵燹后地方一直无力重建^⑤。

五、水利管理与灌溉时间延长技术:河西走廊传统水利技术的重要组成部分

水利管理技术是水利技术中极为重要的内容,其核心是水资源的按比例分配技术。明清以来,河

① 例如斯坦因、马达汉均犯过类似错误。参见[英]斯坦因:《亚洲腹地考古图记》第 4 册,巫新华译,广西师范大学出版社,2004 年,第 2310 页;[芬兰]马达汉:《马达汉西域考察日记(1906-1908)》,王家骥译,中国民族摄影出版社,2004 年,第 359 页。

② 酒泉民众代表:《呈酒泉县农会干事长暨各区长各区水利代表朱子注等为委员查案不明偏于理想不切事实请派员另查由》(1936 年 5 月 28 日),甘肃省档案馆藏档案,档号 15-13-274;安作基等:《为呈请根据事实解决酒金水案纠纷而免无端争执妨害民生事》(1936 年 5 月 12 日),酒泉市档案馆藏档案,档号历 1-1-659,第 48 页。

③ 以上两段所依据之文献,均出自[清]童华《九家窑屯工记·祭千人坝龙神文》,北京图书馆古籍出版编辑组编:《北京图书馆古籍珍本丛刊》第 79 辑,书目文献出版社,2000 年,第 259-261 页;[清]沈青崖:《创凿肃州坝庄口东渠记》,《重修肃州新志》之《肃州册·文》,第 128-129 页。

④ 沈青崖介绍洪水河东洞子渠云:“又南为小干沟,山水冲激,已成断崖,拟作飞槽度水。相度者虑其流细,而不坚久,乃改凿沟坳,纾通南壁。”又民国工程技术人员勘察新城坝时亦认为“渡槽断面太小,需改进”。参见参见中华民国水利部河西水利工程总队:《新城坝旧渠整理工程计划书》,甘肃省图书馆藏 1947 年油印本,第 4 页。

⑤ 参见高台县政府:《三清渠水利案要览》,1948 年 6 月,张掖市档案馆藏未编目民国档案。

西走廊普遍采用“按粮分水”之法,即以农户、干渠所承担的田赋为依据划分水权,这就决定了必须发展出一套能够按照不同比例进行水资源分配的技术。在河西走廊,干渠层面的水资源分配一般采用“镶坪法”,支渠与农户层面的水资源分配一般采用“点香法”。

“镶坪”,在河西走廊地方文献中亦写作“镶平”法或“扒坪”,系指在渠道分水处修建高程一致、宽度不一的分水口,通过设置各渠进水口的不同宽度实现按比例分配水量。所谓“坪”是名词,即指此种底部高程一致的分水口,在我国有着极为广泛的运用,在都江堰灌区被称为“平梁”;所谓“镶”是动词,安装、固定之意,广泛见于明清河工文献,如《河工简要》专门辟《镶法》一节,实指在堤前、决口处固定堆垛各类埽工之方法^①。“镶坪”活动因其聚集程度又可分为集中“镶坪”与分散“镶坪”。“集中镶坪”指干渠之间的水量分配活动,“坪”一般与拦河渠首相结合,事实上即是渠首设施中的进水口,例如讨赖河流域的西河口与王子庄六坪皆为代表,分别是酒泉七渠与王子庄六渠的分水设施。“集中镶坪”是一种为各渠同时分配水源的活动,各渠进水口于同一直线上并列排开,“形如栉齿”,每年由各渠水利共同体分别修缮,但其过程要接受官府监督,以确保各渠渠底高程一致、宽度符合规定尺寸。为防止舞弊,每年“坪”一经建成并经官府确认后,即有各渠分别派人常驻看守并互相监督,不准擅自更动补修;各“坪”上不得设置闸门,故各渠进水闸、退水闸需设置在“坪”之下游。正是由于“坪”一旦建好便不能更动补修,一旦被洪水冲毁便严重影响灌溉效率与公平,故“坪”往往成为渠首设施中强度最大、抗冲击力最好的部分,修筑工艺、用料都比拦河坝更为讲究,所以多数情况下是拦河坝被冲毁但“坪”安然无恙。至于分散“镶坪”,则发生于支渠从干渠分水处,“坪”的规模要小很多;且由于支渠要实行轮灌,它们各自的“坪”往往与闸门结合运用,即在非用水其间关闭闸门,故并非同时分水^②。

灌溉用水经集中“镶坪”、分散“镶坪”之后,便要进入农田。由于渠道供水能力有限,同渠农户不能同时灌溉,亦只能实行轮灌,轮灌时间同样由田赋多少决定,同时考虑上、下游因素;在缺乏钟表等现代计时工具的情形下,各农户的灌溉时间被预先换算为不同长度的香柱,灌溉时通过基层水利领袖监督点燃来确定灌溉起止时间,此即所谓“点香法”。“点香”法的原理与施行极为简单,故在实际情形中的舞弊行为皆围绕香柱做文章,即通过改变香柱成分、故意迎风或背风燃烧等方法、延长或缩短“点香”时间^③。在讨赖河下游的一些地区,还有使用特制“筷子”插地作为简易日晷以计时灌溉的方法,其精神与“点香”一致,皆是以时间作为计算水权的依据^④。

除去渠首工艺、渠道工艺与管理技术之外,尽量设法延长灌溉时间也是河西走廊水利技术的重要组成部分。河西走廊诸河的年度径流量集中在6-9月,每年3-4月的春耕春播时期土壤墒情严峻,而河流尚在枯水期,常常没有灌溉机会。为了解决这一问题,河西走廊普遍采用“泡地法”,一直沿用至今。“泡地法”系指在每年冬季到来前,有灌溉条件的地区将渠水大量放入农田并在冬季以固态形式保存,留待第二年春天解冻后改善墒情,以利春耕春播。“泡地法”的要领在于把握往田地灌水的水量。水量过少,无法改善墒情;水量过多,则冬天冰层过厚,导致第二年解冻时间推迟,影响春播。故泡地水量多少,各流域都会因地制宜,有较明确的习惯标准。以讨赖河流域为例,下游金塔地区因在灌溉活动中处于不利地位,且地势较低、解冻较早,故泡地用水较多,平均水量一般为“四指深”;上游酒泉地区因

① [清]邱步洲《河工简要》,卷2《镶法》,沈云龙主编:《中国水利要籍丛编》第五集第46册,(台北)文海出版社,1972年,第135-135页。

② 关于“坪”的上述论断所依据原始文献较复杂,考证过程集中于张景平、王忠静:《干旱区近代水利危机中的技术、制度与国家介入——以河西走廊讨赖河流域为个案的研究》,《中国经济史研究》2016年第6期。

③ 酒泉市水利电力局:《酒泉市水利水电志》,甘肃省图书馆藏1988年内部油印本,第9页。

④ 参见[芬兰]马达汉著,王家骥译:《马达汉西域考察日记》,中国民族摄影艺术出版社,2004年,第367页;《桂丰江访谈资料》,张景平、郑航、齐桂花主编:《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,第930页。

灌溉保障较好,且地势较高、解冻较晚,故泡地用水较少,平均水量一般为“两指深”^①。在下游金塔地区,民众为了获取更多的泡地水源,会于初冬季节结队“凿冰”,即用类似连枷状的工具击碎渠道上游漂下的冰凌,以延缓渠道封冻时间^②。

以上种种做法,都是旨在延长灌溉时间、获取更多灌溉水量,足以再次说明水资源的宝贵。在1949年的河西走廊的某些地区甚至有一些更极端的做法,如在渠道断水后妇女儿童集体踩踏渠底,据说尚能“挤出”一部分水量用于灌溉,已近乎传奇^③。

六、关于河西走廊传统水利技术的总体认识

上文以讨赖河流域为中心,从四个方面对河西走廊传统水利技术进行了初步考察。下面我们谨从整体上对河西走廊传统水利技术进行一些评述,主要有以下三点。

其一,河西走廊传统水利技术总体而言是粗放的,其技术水平与我国中东部地区相比较是偏低的。河西走廊传统水利技术缺乏水资源调蓄手段、渠道渗漏损失严重,这是传统水利技术的共有问题。但近世河西走廊传统水工建筑的可靠性显著落后于同时代的中东部地区。近世中东部地区的水工建筑中,石工占据的比例愈来愈大,这使得水工建筑的可靠性不断增强、规模不断扩大,这使得河西走廊以“石困堆垒法”、“开放沉埽法”修造水工建筑物的方法相形见绌。另外,近世关中等处广泛兴起打井运动,河西走廊亦鲜有响应,地下水开采明显滞后;河西走廊田间渠道建设滞后,支渠以下缺乏斗、农、毛渠系统,造成田间灌溉的大量浪费。亦与江南地区发达的微观渠道系统不可同日而语。

其二,河西走廊传统水利技术基本适应农业时代河西走廊自然与人文环境,特别是具有“环境友好”的特点。虽然河西走廊传统水利技术较为粗放,但这种技术体系不追求水工建筑的可靠性、精密性,而十分强调其取材易、施工易,却自有其道理。中东部地区河流径流量大而人口密集,水工建筑的可靠性、精密性不仅关乎灌溉,更考虑其防洪功能。河西走廊地广人稀,纵有洪水亦洪峰尖瘦,如水工建筑全部按东部标准修筑,则花费巨大而效用甚低,同时大型水工建筑所耗费的大量人力成本亦非河西走廊所能承担。另一方面,河西走廊所依傍的祁连山、北山山地因地质原因,很少出产东部水工建筑广泛使用的大型石材,故本区域以卵石、芨芨草与白杨树等作为主要施工原料也是因地制宜之法。芨芨草是本区域极为常见的野生草种,广泛分布于田垄与渠道周围,繁殖能力极强,且无固沙防风之生态功能。在黑河干流流域中游,平均每公顷土地的年度天然生产力可达800千克左右;讨赖河流域的洪水河与之环境类似,在1936年共有耕地约6000公顷,年可生产芨芨草4800000千克,每年水利修造消耗芨芨草约267500千克,仅占5.6%,影响极为微末^④。至于白杨树皆是人工种植,常常辟有专门的水利林木区,随伐随种,并不会深入深山砍伐天然林^⑤。因此传统水利技术对于生态的影响是微乎其微的。

其三,河西走廊传统水利技术的源头主要为中原地区,较少看到新疆与中亚地区的影响。河西走廊传统水利技术以植物与卵石为主要原料,在秦汉的中原地区极为常见。近世文献中,常将“石困堆垒

① 参见张掖专区水利局:《张掖专区灌溉手册》,1956年7月编印,第40页。

② 参见张掖专区水利局:《张掖专区灌溉手册》,1956年7月编印,第50-60页。

③ 张掖专区文化局编:《河西志》,1956年7月编印,甘肃省图书馆收藏,第50页。

④ 芨芨草生产力数据,来自国家自然科学基金重大研究计划“黑河流域生态—水文过程集成研究”共享数据库;洪水坝流域耕地面积与所用芨芨草数量,参见如《红水坝二十五年春修清册》,1936年,酒泉档案局藏档案,档号历1-1-255。

⑤ 《冯天义访谈材料》,《河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷》,第919页。

法”所用的芨芨草称为“草”，而将“开放沉埽法”所用的白杨树等称为“柴”，“草”与“柴”是年度水利活动工料准备中的核心内容，这在敦煌文书中即有类似表述^①，而与汉武帝命百官“负薪”以填堵黄河瓠子决口的著名记载更有极大的相似性^②。同时，河西走廊的渠道系统常常沿用数百年至上千年，即便清代屯田所开凿的渠道往往也是“因汉唐故渠”，渠道的稳定性亦昭示着水利技术的稳定性。至于与坎儿井有几分相似的峡谷引水隧道，不但出现时间较吐鲁番等地更早，且其争取有利引水高程、避免崩岸的建设目的与坎儿井减少蒸发的暗渠开凿目的迥不相侔，其开凿平行导洞的施工方法似乎更像是受到黄土高原窑洞的影响。可以说，河西走廊传统水利技术是中原传统水利技术在干旱区的一种变种。

随着相关史料的陆续出版与考古发掘的不断开展，学界关于河西走廊传统水利技术的认识必将不断深入。我们可以期待，丝绸之路东段不同于坎儿井系统的一种更为普遍、更为悠久、内容更为丰富的水利技术体系必将逐渐为世界所了解，并获得其应有的历史地位。深入了解此种水利技术体系的细节不但具有水利技术史的意义，对历史时期丝绸之路东部地区环境演化与社会变迁相关的相关微观研究亦有促进意义。

[参 考 文 献]

- [1] 张景平,郑航,齐桂花.河西走廊水利史文献类编·讨赖河卷(上下册)[M].北京:科学出版社,2016.
[2] 张景平,王忠静.干旱区近代水利危机中的技术、制度与国家介入——以河西走廊讨赖河流域为个案的研究[J].中国经济史研究,2016,(6).
[3] 李令福.关中水利开发与环境[M].北京:人民出版社,2004.



(上接第 42 页)

[参 考 文 献]

- [1] 王秋怡,刘景华.论 11-19 世纪英国养羊业发展的阶段划分[J].复旦学报(社会科学版),2014,(6).
[2] 陈曦文.英国中世纪毛纺织业的迅速发展及其原因初探[J].北京师院学报(社会科学版),1986,(2).
[3] 王秋怡.11-19 世纪英国养羊业初探[D].天津师范大学硕士学位论文,2012.
[4] 马泽民.中世纪英国农业价格研究(1163-1500)[D].中国人民大学博士学位论文,2012.
[5] 谢丰斋.英国市场发育导论:12-14 世纪的“扩张”时期[M].北京:世界知识出版社,2004.
[6] [英]亨利·斯坦利·贝内特.英国庄园生活:1150-1400 年农民生活状况研究[M].龙秀清,等译,上海人民出版社,2005.

① 敦煌卷子 S.4373 提到 10 世纪敦煌地区修建水闸时,预备的原料包括“枝十五束、掘十笙”。参见唐耕耦等编:《敦煌社会经济文献真迹释录》第 3 辑,书目文献出版中心,1986 年,第 183 页。

② 参见《史记》卷 29《河渠书》,第 1413 页。