

DOI:10.12405/j.issn.2097-1486.2025.03.003

编者按:

少数民族科技史是科技文化传统中的宝贵遗产,经典案例研究法是少数民族科技史研究的重要方法。对少数民族科技史内在规律的探索与总结,关键在于发掘并系统概括其中长期有效的技术路径,以客观呈现少数民族科技的发展逻辑。刘大椿教授的研究论文,选取了6个与中华民族科技发展紧密相关的少数民族科技案例,构建了一个“工程技术——生态环境——社会制度”三维分析框架,通过对这些经典案例的系统分析,从中提炼出三条长期有效的技术路径。

少数民族科技史:三条长期有效的技术路径

刘大椿

中国人民大学哲学院,北京 100872

摘要:少数民族科技史是科技史研究的重要一翼。本文基于生态环境、工程技术和社会制度相互作用的分析框架,以哲学的视角对元代“回回天文学”、吐鲁番坎儿井、红河哈尼梯田、西夏印刷术与木活字、纳西东巴纸、藏医《四部医典》6个经典案例做了分析研究,发现在地适配、混融再造、制度共生是3条长期有效的少数民族技术发展路径。它们不仅对于科技史规律的认知,而且对于当下的乡村振兴、水利与生态治理、非遗与教育以及科技发展路径的协同设计有重要启示意义。

关键词:少数民族;科学技术;经典案例;技术路径

中图分类号:N09

文献标志码:A

文章编号:2097-1486(2025)03-0270-05

History of science and technology in ethnic minorities: three long-term effective technological paths

LIU Dachun

School of Philosophy, Renmin University of China, Beijing 100872, China

Abstract: The history of science and technology among ethnic minorities is an important aspect of the study of the history of science and technology. Based on an analytical framework that examines the interactions between ecological environment, engineering technology, and social systems, this paper studies six classic cases from a philosophical perspective: the “Huihui astronomy” of the Yuan Dynasty, the Turpan qanat, the Hani terraced fields of Honghe State, the printing and wooden movable type of the Western Xia Dynasty, the Dongba paper of the Naxi ethnic group, and the Tibetan medical text “Four-Part Medical Canon”. It is found that local adaptation, hybrid re-creation, and institutional symbiosis are three effective paths for the development of ethnic minority technology. These findings have important implications for today's rural revitalization, water conservancy and ecological governance, intangible cultural heritage and education, as well as the collaborative design of technological development paths.

Keywords: ethnic minorities; science and technology; classic cases; technological path

0 引言

少数民族科技史是科技史研究的重要一翼。少数民族科技史研究需聚焦于其内在规律的探索与总结,而这一规律的核心标志在于:针对长期存续的有效技术路线或技术路径,厘清技术在不同时空维度下的发明、循环与交换机制。从现有少数民族科技发展的历史脉络中,已可观察到此类技术机制的关联性特征,因此当前研究的重点在于发掘并系统概括上述长期有效技术路径,以客观呈现少数民族科技的发展逻辑。

经典案例研究法是少数民族科技史研究的核心方法之一。一方面,少数民族科技史中留存有丰富的经典案例,这些案例不仅能为研究提供多元启发,亦能有效引发学界关注;另一方面,此类案例兼具知识性与通俗性,易于被知识界同仁及普通公众理解与接受,有助于提升研究的学术影响力与社会传播力。

本研究选取与中华民族科技发展紧密相关的6个少数民族科技案例作为分析对象。这些案例中,部分已为学界所熟知,有学者已对其中个别案例展开研究。本研究通过对这些经典案例的系统分析,旨在为后续少数民族科技史研究者提供参考,并从中提炼长期有效的技术路径。这6个案例是:1. 元代“回回天文学”;2. 吐鲁番坎儿井;3. 红河哈尼梯田;4. 西夏印刷术;5. 纳西东巴纸;6. 藏医《四部医典》。从案例存续形态来看,除西夏印刷术仅见诸文献记载外,其余5个案例均有实物遗存;从存续时间来看,这些案例的发展历程短则数百年,长则达上千年,具备“长期有效”的分析价值。

1 基本分析框架

任何学术研究与分析均需依托明确的理论框架。针对上述少数民族科技史经典案例,本研究构建了一个“工程技术——生态环境——社会制度”三维分析框架。如图1。

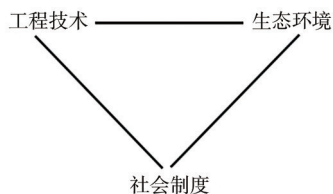


图1 “工程技术——生态环境——社会制度”三维分析框架

Figure 1 “Engineering Technology - Ecological Environment - Social System” Three-dimensional Analytical Framework

框架包含三个核心要件,各要件的内涵与研究维度概述如下:

工程技术:指案例中具体的技术手段、工艺体系及技术应用模式,是少数民族科技实践的核心载体;

生态环境:指案例所处的自然地理条件、资源禀赋及生态系统特征,是技术产生与存续的基础语境;

社会制度:指案例所属时代的社会组织结构、社区规则、文化传统及政策支持体系,是技术长期存续的制度保障。

本研究需围绕以上三个核心要件展开多层次分析:首先,明确各要件在特定案例科技发展中的功能定位;其次,系统探讨要件间的互动机制(如生态环境对技术选择的约束、社会制度对技术传承的支撑);最后,评估各要件及要件互动对科技发展的长期影响。

需特别强调的是,所有分析均需以可验证的史料为依据,优先采用实物遗存、生产生活实践记录等一手资料,关键论证需依托权威文献与学术共识,避免主观臆断,确保研究的客观性与严谨性。

2 少数民族科技史的经典案例分析

我国少数民族科技史源远流长,内容丰富,是中华文明的重要组成部分。本文拟就所选取的六个经典案例进行分析,从工程技术、生态环境与社会制度的互动关系出发,探讨其历史价值与现实意义。

2.1 草原帝国的技术通道:元代“回回天文学”

元代“回回天文学”的兴起与蒙古帝国及元朝的疆域拓展进程密切相关。成吉思汗及元朝军队经略欧亚大陆期间,推动了大陆间的文化与技术交流,为伊斯兰天文学传入中原创造了条件^[1]。伊斯兰天文学家扎马鲁丁(Jamal al-Din)正是在此背景下于忽必烈时代抵达大都(今北京),并主持回回司天台工作的。

扎马鲁丁是元世祖忽必烈时期(1260—1294年在位)的重要人物,曾任司天台提点(皇家天文台负责人)。他最著名的贡献是于1271年左右编撰了《万年历》(伊斯兰历法),并主持制造了七件著名的“西域仪象”(即伊斯兰风格的天文仪器),这些仪器在《元史·天文志》中有详细记载。他的工作是将伊斯兰天文学知识系统引入中国的关键,对元代中国天文学的发展产生了深远影响,可视为少数民族科技专家的重要代表。据记载,其传世文献《回回星图案》最初乃于狱中以米粒绘制于墙面,后被转录于羊皮纸上并传入西方,数百年后重新被发掘,成为研究东西方天文学交流的关键史料。该星图的核心价值

在于体现了东西方科技成果的交汇:一方面,星图中记录了波斯十二宫的天文体系。另一方面,其对天体的描述可与中原传统的二十八宿体系叠加对应,这一发现为跨文化天文学融合研究提供了直接证据。此外,扎马鲁丁依据该星图成功预测了“五星连珠”(水星、火星、金星、木星、土星在空间中连成一线)的天文现象,验证了其天文学理论的科学性。其成果还包含回回历法,与元代编订的先进历法《授时历》长期并行,二者共同构成元代天文历法体系的重要组成部分。

这个案例启示我们:跨文化的移植和本地的再造都是非常重要的。元代设立的“司天台”为回回天文学的发展提供了制度保障,这一机构在明清时期进一步发展为“钦天监”,成为中国古代天文科技传承的重要制度载体。

从三维分析框架来看,扎马鲁丁的天文学研究既适应了元代大一统的社会需求(社会制度维度),其星图与历法技术又实现了对东西方天文知识的融合(工程技术维度),同时为农业生产、社会计时等提供了科学依据(生态环境与社会需求的适配),充分体现了三要件的互动效应。

2.2 干旱边缘的地下水利:吐鲁番坎儿井

吐鲁番坎儿井是少数民族适应干旱生态环境的典型水利技术案例,笔者曾赴新疆实地考察,其技术体系的合理性与长期有效性尤令人印象深刻。在我国为吐鲁番坎儿井地下水利工程申请世界文化遗产所提交的预备文件中,详细阐述了坎儿井突出的普遍价值(OUV),包括:

技术价值:作为一种在极端干旱和炎热环境下巧妙利用地下水资源的古代水利工程杰作。

文化与历史价值:体现了人类与自然环境的和谐共处,是丝绸之路沿线文化交流的见证,并支撑了吐鲁番绿洲的文明发展。

景观价值:塑造了吐鲁番独特的农业与文化景观。文件还描述了坎儿井系统的分布、构成(竖井、暗渠、明渠、涝坝)以及当前的保护状况和管理计划。

吐鲁番分布有千余条坎儿井,作为干旱区特有的灌溉系统,其技术结构可分为地下与地上两部分:地下部分包含母井、竖井与暗渠出水口,地上部分则由明渠与涝坝构成。该系统依托地形高差实现重力自流灌溉,既避免了日光直射导致的水资源蒸发,又能稳定为农业生产提供水源,体现了“低能耗、高适配”的技术逻辑。坎儿井的发展历程已逾千年,其技术传承不仅反映了我国少数民族人民对干旱生态环

境的适应能力与改造智慧,更兼具工程价值与文化价值。2024年,吐鲁番坎儿井正式入选世界灌溉工程遗产(WHIS)名录,标志着这一技术成就获得国际认可^[2]。

从“生态环境—工程技术—社会制度”框架分析,坎儿井的长期存续正是三者协同的结果:生态环境(干旱气候)决定了技术需求,地下水利技术(工程技术)实现了需求满足,而当地社区对水利设施的共同维护规则(社会制度)则保障了技术的长期传承。

2.3 高山农耕的社会-生态工程:红河哈尼梯田

红河哈尼梯田位于中越、中老边境附近的云南红河地区,是少数民族将高山生态与农耕技术、社会制度深度融合的典范^[3]。

红河哈尼梯田兼具生产功能与景观价值。作为农业工程,其依托山地地形实现了粮食生产的稳定供给。作为文化景观,其独特的层级结构与生态美学特征享誉世界,于2013年被联合国教科文组织列入《世界遗产名录》(文化景观类别)。

梯田系统的长期稳定,依赖于“森林—水系—梯田—村寨”的四素同构机制^[4]。森林为梯田提供水源涵养,水系为梯田输送灌溉用水,梯田为村寨提供粮食保障,村寨则通过社区协作维护森林、水系与梯田的平衡。

这一体系已稳定存续1300余年,本质上是生态环境(高山地形、森林水系)、工程技术(梯田耕作技术)与社会制度(社区协作规则、水权与林权分配制度、岁时节令习俗)三者的深度耦合,充分体现了少数民族科技“顺应生态、依托制度”的发展逻辑。

2.4 文书与知识的载体

2.4.1 西夏印刷术

文书与知识载体的技术创新,是少数民族传承文化、积累知识的重要支撑。本文选取西夏印刷术与纳西东巴纸两个案例,探讨其技术特征与历史价值。

西夏在历史上曾具有重要地位,后逐步消亡,其在活字印刷领域的探索颇具学术价值^[5]。西夏的活字排版技术与中国宋元时期的活字印刷发展进程基本并行,且以木活字为核心技术特征——这一特征可通过版本学研究(如活字排版的字迹差异)与考古实物(西夏文活字遗存)得到印证。

从技术互动视角来看,西夏木活字技术不仅实现了长期应用,还与宋元活字印刷技术形成并行互动关系,共同推动了中国古代印刷术的发展^[6]。此外,西夏印刷术与西方古腾堡印刷术虽分属不同技

术体系,但二者均体现了“文字载体革新”的技术趋势,而西夏印刷术的跨文化传播潜力(如与周边民族的技术交流),也为研究世界印刷术发展脉络提供了重要补充。

2.4.2 纳西东巴纸

纳西东巴纸是滇西纳西族独特的造纸技术产物,目前仍有实物遗存,其技术体系既源于中国传统造纸术,又形成了自身特色^[7]。

东巴纸的核心功能是服务于东巴经书的长期保存与宗教仪式应用,因此具备耐虫蛀、耐久性强的技术特点,这与汉族通用造纸术(侧重书写便捷性)形成显著差异。

从技术源流来看,东巴纸的原料取自当地丰富的瑞香科植物纤维,体现了“材料与生态环境适配”的原则;从技术融合来看,其制作工艺是汉地抄纸技术与藏地浇纸技术在滇西北交汇融合的结果,最终形成了兼具两地技术优势的复合纸张生态——这一过程正是“混融再造”技术路径的典型体现,既保留了跨文化技术的核心优势,又实现了本土化改造^[8]。

2.5 医药与知识谱系:藏医《四部医典》

少数民族医学是中国传统医药体系的重要组成部分,藏医《四部医典》则是其中体系最完整、传承最悠久的经典之一,其发展历程与技术路径具有典

型性。

藏医《四部医典》的经典体系形成于公元8—12世纪,后经长期修订与完善,成为藏医理论与临床实践的根本依据。与中医(汉医)、西医不同,藏医具有独特的知识谱系:其理论体系综合了印度医学、汉地医学(中医)与希腊—阿拉伯医学三大传统,通过跨文化融合与本土化再造,形成了涵盖生理、病理、诊断、治疗的完整体系,体现了少数民族医学“多元融合”的发展特征。2023年,藏医《四部医典》被联合国教科文组织列入世界记忆名录(Memory of the World Register),标志着其医学价值与文化价值获得国际认可^[9-10]。

从三维分析框架来看,《四部医典》的长期传承同样依赖三者协同:生态环境为其提供物质基础,医学理论与诊疗技术构成核心内容,而藏医教育体系、宗教文化中的医学传承规则则保障了其知识谱系的延续。

3 少数民族科技史三条“长期有效”的技术路径

基于前文构建的“生态环境—工程技术—社会制度”三维分析框架,上述6个案例的比较分析可见下表。

个案	在地适配	混融再造	制度共生	主要证据
元代回回天文学	★★☆	★★☆	★★☆	司天台、译历、人物传记
吐鲁番坎儿井	★★★	★★☆	★★★	结构描述、WHIS入选、遥感评估
红河哈尼梯田	★★★	★★☆	★★★	UNESCO条目/管理文件
西夏印刷术	★★☆	★★☆	★★☆	Tangut版本学研究
纳西东巴纸	★★★	★★☆	★★☆	纤维/工艺研究
藏医《四部医典》	★★☆	★★★	★★☆	MoW名录与综述

此表直观表明,少数民族科技史中存在三条“长期有效”的技术路径,即在地适配、混融再造、制度共生。各路径的内涵与案例印证如下。

3.1 在地适配路径

该路径的核心逻辑是“顺应生态边界、低耗稳态供给”。技术发展需优先适配当地生态环境特征,以最低能耗实现资源(如水、材料、能源)的长期稳定供给,避免与自然生态产生冲突。这一路径在多个案例中均有体现:坎儿井的地下水利设计适配干旱气候,减少水资源蒸发;红河哈尼梯田的“四素同构”适配高山地形,实现生态循环;纳西东巴纸以瑞香科纤维为原料,适配滇西的植物资源分布。三者均通过生态适配实现了技术的长期存续。

3.2 混融再造路径

该路径的核心逻辑是“跨文化筛选、本土化改造”。通过引入外来技术成果,结合本地需求与生态特征进行筛选、调整与创新,形成兼具多元优势与本土适应性的新技术。元代“回回天文学”、纳西东巴纸、藏医《四部医典》均未简单照搬外来技术,而是通过本土化再造实现了技术突破,体现了“融合即创新”的发展逻辑。

3.3 制度共生路径

该路径的核心逻辑是“技术与制度协同维护”。工程技术的长期存续离不开社会制度的支撑,而制度设计需围绕技术需求展开,形成“技术依赖制度、制度保障技术”的共生关系。传统科技哲学中

“科学技术的社会建构”理论很是重要,但较为抽象,而少数民族科技史案例可直观呈现社会建构的具体形态。这些案例均表明,缺乏制度支撑的技术难以长期存续,制度共生是“长期有效”的关键保障。

少数民族科技史是中华文明的重要组成部分,也是人类文明多样性的体现。从元代回回天文学到吐鲁番坎儿井,从西夏印刷术到纳西东巴纸,从红河哈尼梯田到藏医《四部医典》,这些案例毫无例外都展现了少数民族在工程技术、生态环境、社会制度等方面的智慧与实践,并揭示出在地适配、混融再造、制度共生这样三条长期有效的技术路径,是研究少数民族科技史的一种重要思路。这些案例不仅具有历史价值,而且对现实技术发展具有重要的引导作用。有关经典案例的研究成果,有助于今天乡村振兴、水利与生态治理、非遗和教育发展,等等,对当代科技发展路径的协同设计与文化传承的有序开展具有重要的启示意义。

参考文献:

- [1] HOCKEY T. The Biographical Encyclopedia of Astronomers[M]. New York: Springer, 2007: 1262-1263.
- [2] UNESCO. Karez Wells[EB/OL]. (2024-09-03)[2025-08-02]. <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/5347/>.
- [3] UNESCO World Heritage. Cultural Landscape of Honghe Hani Rice Terraces[EB/OL]. [2025-08-02]. <https://whc.unesco.org/en/list/1111/>.
- [4] 联合国教科文组织. 优先保护“四素同构”体系[Z/OL]. [2025-08-02]. <https://whc.unesco.org/document/135098>.
- [5] 西夏书志学与文献目录研究[M/OL]. Leiden, Netherlands: Brill. [2025-08-02]. <https://brill.com/download-pdf/display/book/9789004414549/BP000004.pdf>.
- [6] HANSEN V. The Rise of Printing in Medieval East Asia, c. 700-1500[M/OL]. Oxford Research Encyclopedia of Asian History. (2024-07-17). <https://oxfordre.com/asianhistory/display/10.1093/acrefore/9780190277727.001.0001/acrefore-9780190277727-e-869>.
- [7] HELMAN-WAZNY A, CAI M L. Paper in Dongba Manuscripts from the Weltmuseum in Vienna[M/OL]. [2025-08-02] Berlin Boston: De Gruyter, 2023: 389-414. <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/9783110776478-014/html>.
- [8] CHINA CULTURE ORG. Dongba papermaking craft in Lijiang[EB/OL]. (2013-11-13). https://en.china-culture.org/focus/2013-11/13/content_494644.htm.
- [9] UNESCO. The four treatises of Tibetan Medicine[EB/OL]. Memory of the World [2025-08-02]. <https://www.unesco.org/en/memory-world/four-treatises-tibetan-medicine>.
- [10] UNESCO. List of the 64 New Items of Documentary Heritage Inscribed on the Memory of the World International Register in 2023 [EB/OL]. [2025-08-02]. <https://www.unesco.org/en/memory-world/register2023>.



刘大椿,男,中国人民大学首批一级教授,科技哲学专业博士生导师。主要从事科学哲学、科学技术与社会、科技思想史、创新方法、交叉学科、人文社会科学评价等领域研究。曾任中国人民大学校长助理,研究生院常务副院长,图书馆馆长,哲学系主任,国务院学位委员会哲学学科评议组第四届、第五届成员,中国自然辩证法研究会副理事长。先后获得教育部首届人文社会科学优秀成果奖、北京市高等教育教学成果一等奖等奖项,2004年获教育部、人力资源和社会保障部“全国模范教师”称号。撰著和主编出版著作、教材60余部,发表学术论文170余篇,代表著作有《科学活动论》《互补方法论》《从中心到边缘:科学、哲学、人文之反思》《在真与善之间——科技时代伦理问题与道德抉择》《审度:马克思科学技术观与当代科学技术论研究》《一般科学哲学史》《分殊科学哲学史》《西学东渐》《师夷长技》等。

(责任编辑:彭 鹏)