

传统立轴式大风车及其龙骨水车之调查与复原

孙烈¹, 张柏春¹, 张治中², 林聪益³

(1. 中国科学院自然科学史研究所, 北京 100010; 2. 北京天佑泰方电器设备有限公司, 北京 100101; 3. 南台科技大学 机械工程系, 中国台湾 台南)

摘要: 2004—2006年, 中国科学院自然科学史研究所与台湾南台科技大学等单位在苏北联合开展中国立轴式大风车的复原与调查。项目已经在若干方面取得了进展: 寻访到陈亚等当年制作、维修风车的木匠; 遵循传统工艺和传统用料, 按照 1: 1 的比例复原了一部具备实用功能的大风车及一部受之驱动的龙骨水车; 考察了与风车有关的民俗。主要记叙此次调查与复原制作的过程, 并初步探讨技术田野调查与复原研究的方法。

关键词: 立轴式大风车; 龙骨水车; 田野调查; 复原研究

中图分类号: F09 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-1971(2008)03-0005-09

中国传统的立轴式大风车, 又称立帆式大风车、大风车或中国大风车; 而龙骨水车, 也称翻车、龙骨车、槽筒或水车。大风车是古代工匠利用船帆迎风的原理, 制作出的具有自动调节功能的风力机械, 被用作水车的原动力。在使用时, 只需对大风车风篷的帆索进行简单调整, 便能适用于各种风向, 使风车始终保持最佳的迎风状态, 从而有效地将风能转化为机械能。立轴式大风车的构造和操控原理迥异于欧洲和西亚的传统风车。这种颇具地域特色和技术特征的风车被称作是“一个具有巨大利益和使用价值的发明”^[1], 曾在中国东南沿海和沿渤海地区, 被广泛应用于农业灌溉和制盐生产中用作提水用的龙骨水车的原动力。

几十年来, 陈立^[2]、刘仙洲^[3]、李约瑟^[4]、陆敬严^{[5] 39-41}、易颖琦^[6]、张柏春^[7]等中外学者对立轴式风车进行了研究。由于古代文献的相关记载过于简略, 因此, 对风车的实地考察往往具有重要的学术价值。1951年, 陈立先生关于立轴式风车的调查报告正是因其第一手的调查资料, 而成为刘仙洲、李约瑟以及其他学者进行相关研究的基本文献。20世纪60年代末, 随着现代机械化排灌方式在农业中的普及, 大风车已难觅踪影, 不知不觉地淡出人们的视野。1985年, 陆敬严先生等曾在苏北考察立轴式风车的遗存, 并通过老木匠和使用风车的老人得到了比较详细的技术资料。

在此基础上, 陆先生领导的同济大学的中国古代机械制作室为中国科技馆制作了一部比例为 1: 7 的小型立轴式风车带动龙骨水车的展品,^①同时也进行了相关研究^[8]。90年代初, 张柏春、冯立升等对苏北卧式风车进行了调查、测绘和技术分析。陆敬严、张柏春注意到电影《柳堡的故事》(八一电影制片厂拍摄于 1957年)对于风车研究具有重要的史料价值^[9]。该影片在江苏省宝应县进行实景拍摄, 镜头中有不少大风车及其龙骨水车实地使用的画面。借助现代数字技术, 研究人员提取到一些尚未认识到的技术信息, 也纠正了前人研究的一些疏漏。结果表明, 这种以老电影为文本来解读传统技术信息的方法为随后的研究打开了局面。同时, 易颖琦、张柏春等人对传统典籍中的相关内容也进行了进一步的考释^[10]。这些研究工作不但为后来的调查与复原奠定了学术基础, 而且也激发了进一步研究立轴式大风车的愿望。

虽然有前人的上述工作, 但是, 中国大风车仍有许多诱人的技术信息与文化内涵有待发掘和整理。尤其在当前, 制作风车的传统工艺正伴随其传承者——老工匠们的相继辞世而濒于消逝, 如果不进行及时的、抢救性的系统调查和完整的复原研究, 那么, 势必会导致此项技术与文化遗产的消亡。

①先制作了 1: 10 的模型, 取得经验后, 再按 1: 7 的比例制作展品。

收稿日期: 2008-02-22

作者简介: 孙烈 (1972-), 男, 湖北仙桃人, 博士研究生, 从事技术史研究; 张柏春 (1960-), 男, 吉林白城人, 研究员, 科技史博士, 从事技术史与力学史研究; 张治中 (1960-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 高级工程师, 从事机电产品开发与机械史研究; 林聪益 (1965-), 男, 中国台湾桃源人, 副教授, 机械工程博士, 从事机械设计与技术史研究。

2004年7月,南台科技大学林聪益博士陪同高雄科学与工艺博物馆(简称科工馆)的吴淑华女士访问中国科学院自然科学史研究所、中国农业博物馆研究所,与张柏春、曹幸德教授商洽为科工馆征购和制作传统机械事宜,讨论了如何为科工馆制作传统的大风车、水车、水磨、水碾等机械。同年11月初,张柏春委托机械史同好张治中高级工程师在苏北射阳县海河镇找到了风车制作者的线索。海河镇与阜宁县沟墩镇毗邻,两镇距离仅12公里,后者也正是1985年陆敬严先生考察“可能是中国最后”一部立轴式风车的地方^{[5]40}。

2005年初,高雄科工馆与大陆方面的合作计划因故搁浅,林聪益遂与张柏春议定由南台科技大学筹集经费,由自然科学史研究所主持请匠人制作一架大风车,同时记录大风车的制作工艺和选材等。2005年春节期间,张柏春邀请张治中一起在使用过风车的苏北或天津塘沽组织制作大风车,或请匠人到北京制作大风车。

一、寻访工匠

传统风车以木结构为骨干,木料是最主要的原材料,制作也主要由木匠来完成。从2005年5月至2006年4月,调查工作的重点是寻访与遴选木匠。通过初步考察,得知,在苏北沿海地区的农村,做过风车的老匠人仍有健在,只是人数很少,而且多在70岁以上。要从中挑选出经验和健康状况都符合我们需要的师傅实非易事。2005年底,张治中在苏北找到了有合作可能的高玉中师傅。高师傅是年72岁,射阳县海河镇彭庄村人,木匠,年轻时制作过风车,后来在家务农。联系上高师傅后,张治中、贾永强等人直接奔赴海河镇与高师傅商谈合作事宜,同时就原材料、施工场地、运输途径等方面展开进一步调查。后来,高师傅因健康原因,婉拒了合作邀请。但在与高玉中师傅长达半年的接触中,也进一步了解了立轴式风车的技术细节,特别是风车的结构、尺寸,以及所需原材料的品种和数量;同时,我们在高师傅的指导下已开始了复原制作的准备工作,对原材料市场也有所了解,并已采购部分木材。

为我们引见高师傅的陈巨先生是海河镇巨星村人,是年52岁,村干部。陈先生对调查与复原

大风车一事非常热心,乐于担当我们在当地的向导,为寻访工匠、协助调查、联络访谈等工作出力甚多。我们仅委托他采办原材料、安排大风车的长途运输,而且邀请他参与复原施工的组织与管理,这样做也便于我们与当地人的沟通。

在高玉中师傅退出后,陈巨又立即开始帮助寻找更合适的老木匠。略经周折,我们最终选定了陈亚师傅。陈亚,海河镇清河村人,72岁,小学文化。2006年4月中旬,我们在海河镇见到了他。陈老师傅的身体状况非常好,精明干练。据陈老师傅讲,他十几岁时学会了木工手艺(未正式拜师),20世纪50年代曾亲自制作过一部风车。虽然当时已少有人家再添置新风车,但直至60年代末,陈老师傅仍接过不少修护风车的零活,手艺也并未荒疏。陈老师傅对风车的结构了然于胸,对主要部件的尺寸有准确的记忆,家中一直仔细保存着当年制作风车的一套专用量具。其子陈大权跟随他学会做木工活,还在海河镇开了一间家具店,家具店的徒工可在陈亚师傅的指导下参与制作,其家具加工厂也可直接用于制作风车的作坊,这对加快复原非常有利。因此,我们认为陈亚师傅是合适的木作匠人。

二、复原制作

选定工匠后,复原工作旋即展开。在以往制作风车时,一般由一名师傅为总负责,3~5名师傅或学徒配合。此次复原制作的任务由陈亚师傅领衔,陈大权等师傅作帮手,孙烈做现场调查、记录和拍摄(图1),张柏春、林聪益、张治中在制作后期和安装阶段先后到现场,进行调查和拍摄。复原从2006年4月中旬选材开始,至2006年底风篷制作完成,时间跨度长达8个月,实际工期总共约70天。复原制作包括备料、加工与安装三个主要环节,且在时间安排上略有交错,如表1所示。

1 备料

备料主要包括原材料的选购和初加工,在实际操作中涉及到收集市场信息、选材、运输、存放、下料、时效处理等环节。^①对于木料,存放时需考虑晾晒、除湿、防霉等处理,而对于所需铁件则主要是联系铁匠师傅,确定材料和工艺要求。

^①各环节名称为作者所加。

表 1 立轴式大风车复原制作主要进程

起止日期 (2006年)	工序名称	主要内容	主要参与者	备注
4 11—5. 10	备料(木材)	采购木料; 准备场地(存放、备料与初加工等)	陈亚、陈巨	调查人员贾永强跟随购买
5 15—7. 16	加工, 备料(辅料)	加工风车与水车; 采购辅料, 加工铁件、布帆、车心石等	陈亚、陈大权、陈巨等	6 6—7 3, 因农忙停工
7 13—7. 18	安装试车 备料(辅料)	安装与调试; 采购辅料、加工铁件	陈亚、陈大权、陈巨、于真荣、束如香、刘于柱、黄大等	在当地农田实地完成; 试车成功后拆装运输
10 5—11. 30 12 7—12. 12	备料、加工帆篷	采购蒲草、糯稻草, 挑选、晾晒, 加工蒲帆	彭学兆、陈巨、高玉芬、项艾、韩凤仙、赵婷婷、陈如林等	在蒲草成熟后进行



图 1 制作与调查大风车时的情景

在过去, 农家若想请师傅作风车, 选材、干燥等备料工作在几年前就要开始着手。此次备料简况见表 2。

选材得当与否不仅直接影响加工, 而且也是复原是否“原汁原味”的重要判据。高玉中、陈亚两位师傅曾说, 能否用老法子做出风车, 关键是材料。在与高玉中师傅接洽的过程中, 已经开始采买木材了。复原工作正式启动后, 陈亚师傅进一步提供了立轴式大风车主要部件的尺寸与材质要求, 以此作为采买原料的依据。制作大风车所需原料及主要的技术要求如表 3 所示。

表 2 复原制作备料简况

工序名称	内容	要求	主要参与者
收集信息	了解原材料购买地点、品种、尺寸、价格等	信息可靠、及时	陈巨、张治中、贾永强
选材	选购木材、帆布、竹竿、麻绳、铁丝等	品种、尺寸、质量须完全符合传统工艺的要求	陈亚、高玉中、贾永强、孙烈
运输	运送原料到存放地	安全、防雨、运费合理	陈亚、贾永强、孙烈
存放	存放原料及初加工材料	通风、安全、取用方便、场地租用费合理	陈巨、陈大权
下料	原料的初加工	合理用料	陈亚
时效处理	防潮、晾晒	木料尽量干透, 避免暴晒	陈亚、陈巨
准备工具	木工工具、量具, 其他特殊工具	须用部分专用工具	陈亚、束如香、陈巨
联系铁件加工	铸造和锻造	尽量按照传统工艺	陈巨、陈亚

制作大风车与水车的主料是杉木与桑木。^①市场调查反馈的信息显示, 杉木比较容易找到, 尺寸较大的桑木原材却难以寻觅, 而树径大于 70cm 的桑树(树龄一般在 30 年以上)在市场上更是稀少。不仅是木料, 有些辅料在时隔多年后也会成为稀罕物。例如, 帆篷所需的细麻绳, 在当地的市场上, 细麻绳几乎完全被尼龙绳取代。尼龙绳的

性能虽有诸多优点, 但与我们坚持用传统材料的旨趣相去甚远。此外, 备料还需考虑季节等因素的影响。尤其是大风车的帆篷, 传统做法需用到蒲草和糯稻草, 而这两种原料待秋后成熟才可用。

采买到的原料一般需要经过初加工再使用, 木料尤其如此。原因主要有三: 下料的需要; 利于木材的去潮和时效处理; 判断原材料充足。

^①在过去, 若条件允许, 桑木与杉木可分别用材质更好的樟木与柏木替代。

表 3 大风车所需主要原材料

材料名称	主要用途	要 求	实际规格 / 数量
杉 木	车心、跨轴、挂、桅、撑心、幢、板担等	车心、跨轴要求原木长度约 8m; 其余杆材的长度要求 5m~6m 左右为佳	大端 $\Phi \approx 20-40\text{cm}$, $L \approx 6-8\text{m}$, 40 根
桑 木	大辘、小辘、旱拨、水拨、槽筒、鹤子、将军帽、提头、铃铛、游子等	原木直径大于旱拨、水拨的直径的要求; 长度大于一段大辘; 最好略弯, 曲率与大辘近似	拨: $\Phi \approx 70-110\text{cm}$, 其他: $L \approx 180-220\text{cm}$
柳 木	拂板	原木直径大于槽筒宽度	$\Phi \approx 40\text{cm}$, $L \approx 2.5\text{m}$
竹 竿	帆篷、逼拂	青竹, 直径约 10mm ^①	$\Phi \approx 10\text{mm}$, $L > 2-3\text{m}$, 约 90 根
榆 木	提头	直径 30mm~50mm	$M = 1.5\text{m}$, $L = 72\text{m}$
蒲 草	帆篷	成熟的蒲草	约 40kg
帆 布	帆篷	在蒲草成熟前作帆的替代材料	$M = 1.5\text{m}$, $L = 72\text{m}$
稻 草	帆篷	成熟的糯稻草	约 5kg
铁 丝	软吊、帆篷、天轴缆	粗细适中	$\Phi = 5\text{mm}$
洋 圆 ^②	大缆	不能太细	$\Phi = 10\text{mm}$, $L = 30\text{m}$
钢丝绳、卡头	大缆	足够的强度	$\Phi = 8\text{mm}$
麻 绳	帆	2-3 股的细麻绳	$\Phi = 3\text{mm}$ $L = 15\text{m}$
桐 油	水车、风车		约 20kg
铸 铁	钏	保证曲面弧度和适当的光洁度	约 8kg
锻 铁	天拢、地拢、铁钩、金刚钺、花盘、长钉、大缆圆环等	尺寸准确, 接缝牢靠	约 15kg
石 材	石桩、车心石	重量不能太轻, 车心石端面平整	石桩, 四根 车心石一个约 500kg

下料的主要工序是去皮、画线和切割。下料方案的优劣直接影响原材料的利用率和后期加工的效率, 进而影响原材料成本和成品的质量。陈亚师傅的下料原则大体按“先大后小”(先考虑大件, 再考虑小件)的原则进行。此外, 他还考虑到了材质、尺寸、加工余量、弯曲程度、纤维方向与结疤位置、木材所含水分等, 下料中主要依据经验来综合判断。其中, 用于拼接为风车大齿轮的 12 段大辘与小辘的下料难度最大。这几段近似圆弧形, 后期加工的精度要求高, 而且还需留出在时效处理

的变形量。陈亚师傅下料的大致顺序如图 2 所示。

几乎所有的木器加工都需要选用充分干燥的木料, 制作大风车亦然。此次选购的桑木湿度较大, 通过断面切割与钻眼取样发现, 多数桑木的湿度在 50% 左右,^③必须要做除湿处理, 否则在成品阶段木料有发生翘曲变形、开裂或霉烂的可能。受条件和时间的限制, 陈亚师傅采取的方法主要是对初加工品采用通风、晾晒(但避免暴晒)等自然时效的手段, 处理的时间大约有一个半月(在 5-7 月份)。

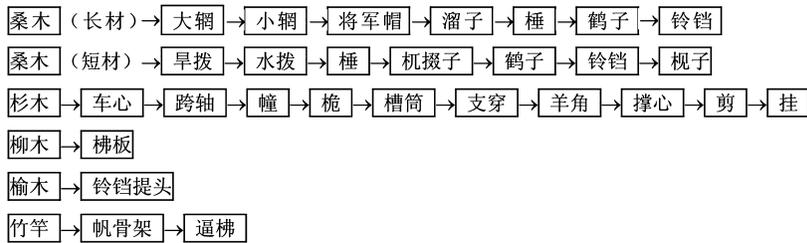


图 2 大风车木材的下料流程

2 加工

加工是整个复原制作中最关键的步骤, 而传统木作技艺则是制作立轴式大风车的最主要的加

工工艺。在加工前, 陈亚师傅并没有现成的图纸, 他对技术细节的把握来自于他的记忆、经验和专用量具。除木工之外, 还有草编、铁件铸造、铁件

①陈巨师傅说粗细要有“小拇指粗细”, 过粗或过细都不合适。

②当地人称钢筋或粗铁线的称谓。复原时采买的是普通光圆直条钢筋(一级钢筋 HPB235)。

③表皮下 2 公分以下的取样木屑, 颜色、形状、手感等都与干燥木屑差别很大。

锻造、线缆绞线等辅助工艺。

(1) 木作之一: 车轱的加工

车轱是一个尺寸较大的轮辐式圆柱齿轮, 外周直径一般为 3.2m~3.5m。木工称此齿轮的齿为“榿”。从功能上看, 大风车的车轱与旱拨、水拨、链条及水齿形成一个完整的传动链, 如图 3 所示。

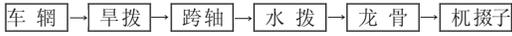


图 3 立轴式大风车传动示意图

在所有零部件的加工中, 用工最多、难度最大, 也最能反映大风车精细制作特点的是车轱的加工。由于车轱的尺寸大, 为便于选材与加工, 采用了分段多键联接结构: 车轱的轱身被分为 6 大段, 即有 6 个大轱, 每个初成品的长度约 1.9m~2.1m, 厚度约 40mm~50mm。车轱全部用桑木制成, 其加工特点是尺寸大、精度高、木材质地坚硬、加工面的种类与数量多。车轱的加工大致可分为七道工序:

1) 大轱的粗加工。此次加工的对象主要是平面与大圆弧曲面, 同时要为后续的加工与调校留有加工余量; 2) 大轱的精加工。处理后, 各段大轱应能拼接成为一个圆环形的轱身; 3) 大轱凹槽的加工; 4) 小轱与榿卯结构的加工; 5) 开凿 88 个榿孔 (通孔) 与 8 个穿子孔 (沉孔)^①; 6) 榿的加工与安装; 7) 调校榿头。使 88 个榿间距一致, 各榿头的端面 (齿顶圆) 基本在一个圆柱面上。

在加工中, 除了直尺、角尺、墨斗和画笔之外, 最重要的, 也是最特别的是一套专用于车轱加工与装配的量具。据陈亚师傅介绍, 它的制作时间不会晚于 20 世纪 50 年代。该量具可以确定车轱半径, 大轱厚度、大轱一大轱间端面的位置, 大轱一小轱间端面的位置, 大轱齿孔的位置、榿孔的宽度, 小轱厚度、小轱一大轱间端面的位置, 小轱榿孔的位置, 榿身的宽度、倾角, 榿头的啮合位置等十余个量。经实际测量, 此套量具的径向误差约 1mm~2mm, 周向误差约 0.5mm。

所用的木工工具是所谓的“木工四大样”——刨、凿、斧、锯, 但也分大、小不同的型号。木工锯、刨子、凿子、斧子是主要的加工工具。此外, 所有圆弧曲面均在画线后, 用钢丝手锯切割。在加工大、小轱的水平平面和凿孔时, 由于加工量大, 为减轻劳动强度, 陈亚等师傅使用了电动木工

机床与电动手钻辅助完成粗加工。加工车轱的用工量基本占全部风车和水车用工量的 60% 左右, 其中计算、画线、调校与榿卯结构的加工等工艺过程全由陈亚老师傅一人承担, 仅在锯木、凿孔等重体力工作时, 技术较好的中青年木工师傅才有可能助一臂之力。

(2) 木作之二: 槽筒、旱拨与水拨的加工

槽筒由筒身、链条、水拨和机掇子等部分组成。槽筒的筒身为箱形结构。使用时, 其底端的一部分在水面以下, 而顶端与跨轴上的水拨 (主动链轮) 相接。水拨的转动带动链条与槽筒底端的机掇子 (从动链轮) 转动, 从而实现链节上的梯板连续提水。槽筒的加工工序流程如图 4 所示。

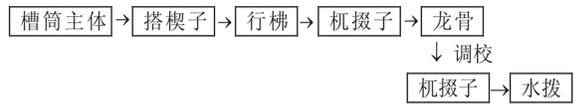


图 4 槽筒的加工工序

槽筒加工工艺的特别之处在于其自身结构的两个特点: 一是较长的筒身, 此次复原制作的槽筒较长, 近 6 米, 可适用于较高的水头; 二是低拱形筒身, 陈亚师傅所制作的筒身并非古今龙骨水车示意图中常见的直线形, 而是中间略高的低拱形, 以减少梯板与槽筒中段底板的间隙, 保证提水效率。

机掇子安装于槽筒底部, 其功能为从动链轮, 有 6 根水齿。水齿的外形扁而宽大, 以齿顶作为与龙骨的啮合部位。机掇子的加工制作过程为: 先加工机掇子的轮身, 开凿 6 个均匀分布的沉孔, 并安装水齿; 根据水齿与槽筒底板的距离, 初定一个适当的齿高; 将所有水齿截为等高, 测量各个齿间距, 以最大间距的两齿为准, 调校其余齿间距。

龙骨属于齿形链条, 每个链节由梯板、鹤子、枳子与逼梯四个零件组成。当链条在行梯上作回程运动时, 为防止梯板脱离凸肩, 在梯板前装有一个小固定销——逼梯。链节的头部与端部凿有圆形通孔, 连接时, 一个链节的端部连接另一链节头部, 用枳子穿连。由于每个龙骨链节的零件都可以互换, 因此, 它的加工类似一个标准件的生产与装配的过程。

旱拨与水拨是风车与水车之间的传动部件, 位于跨轴 (传动轴) 的两端, 分别与大轱、龙骨链条连接。旱拨由一个近似圆柱形的拨身与均匀分

^①榿, 风车大齿轮的轮齿; 穿子 (木), 相当于轱身的轮辐。

布的 18 根槌组成,其功能相当于一个从动齿轮,与车辘啮合而旋转,从而带动跨轴转动。与车辘相比,旱拨尺寸小且结构简单,主要有四道加工工序:加工拨身、凿孔并安装槌、调校槌间距与安装铁箍。水拨的加工工艺与旱拨、机掇子的基本相同,相比而言,水拨仅在外形上有二点不同:水拨齿的外形与机掇子一样是扁齿,而非柱状的槌;水拨有 9 个水齿,其拨身与跨轴通孔的直径比旱拨的小,但比机掇子的大。加工旱拨、水拨和机掇子最关键的是保证齿间距相同。

水拨加工完成后,试着与龙骨链条、机掇子配合,一方面校验水拨齿与各链节的啮合是否正常;另一方面可以确定龙骨的链长,去掉冗余的链节作为维修用的备件。

(3) 木作之三: 杆件的加工

立轴式大风车的骨架由一系列的杆件连接构成: 1 根车心(风车的回转中轴,即立轴); 2 根通穿与 4 根支穿(车辘的辐条); 8 根挂(斜向联接车心与车辘); 8 根桅子(张挂风篷的桅杆); 8 根撑心(联接车心与 8 根桅子的顶端); 8 根椽担(联接车心与 8 根桅子的底端); 8 根箍头(联接 8 根桅子的顶端); 16 根剪(2 根为一对,联接 8 根桅子的底端); 4 根羊角(联接车心与 8 根挂)。除骨架外,大风车还包括其他一些杆件。例如: 1 根跨轴(风车与水车之间的传动轴); 4 根幢子木(立于地面,通过大缆在竖直方向平衡车心); 几十根篷竹子(制作风篷所需的细竹竿)等等。

几乎所有杆件全部选外形通直、材质轻软、易于加工的杉木为材。因各部件长短外形、功能不同,木作的技术要求也不尽相同。车心是整部风车骨架的枢纽和中心转轴,它不但是外形尺寸最大的杆件之一,而且,加工面也是较多的部件之一。车心需加工出多个用于联接其他杆件的卯孔,这些孔的开凿并没有特别之处,而关键在于通过画线确定出这些加工部位的位置。其中,通穿孔、支穿孔和羊角孔的画线过程比较复杂,既要确定孔在车心上的高度,也要确定各关联孔的相互角度。其画线工序大致可分为三个步骤:确定车心的外周柱面与中心轴;确定各孔的周向位置;确定各孔的高度。

车心与将军帽是一对滑动轴承副,将军帽相当于轴瓦。加工时,需使车心对应的轴颈部位的外径稍小于将军帽的内径,并使轴颈尽量为规则

的圆柱面。加工后,在轴颈部位还装钉了 4 个铁角。这样,真正与将军帽内表面形成滑动摩擦的主要是铁角的表面,从而避免了车心在长期使用中轴颈部位受到的磨损。在车心的上部还钉有木把子,它由木质的定料与铁制的花盘、金刚镞组成,用以连接撑心与椽担缆。

车心的加工完成后,陈师傅就直接把将军帽、木把子、花盘、金刚镞、软吊、羊角、天轴、母转、天笼箍与地笼箍等零件在车心上安装就位。在正式安装大风车之前进行这些装配操作,主要是因为当车心竖起后,再安装这些部件则反而不便操作。另外,也有些杆件的尺寸需要在实际安装过程中确定,因此,这些杆件的最后加工需在安装阶段完成。

大风车的木作加工主要由陈亚师傅一人完成。若以各部件的工作量来分,其车辘的加工量约占全部木作部分工作量的 60% 以上,杆件部分约占 30%,其余 10% 的加工量用于制作将军帽、木把子、铃铛(8 个升降风帆的定滑轮),以及槽筒等部分。总的来看,除车辘与车心之外,多数部件的制作工艺相对简单,所用的工具也多系普通木工常用。

(4) 风篷的加工

风篷,即篷,也称风帆或帆。当年深秋,我们在当地收购了蒲草和糯稻草,制作了一套(8 张)大风车的蒲篷。^① 风篷的主要制作工艺属于传统的手工编织技艺,因而不在木匠师傅的职责范围内;又因其制作难度不高,故以往多系普通农户家庭农闲时的手工作业。精于此制作技术与编织技巧的多是职业管护风车的看车人。我们委以陈巨一家承做风篷,并在当地聘请一位老看车人——77 岁的彭学兆(川彭村六组人氏)作技术指导,以陈巨家的场院为主要制作场。

蒲草是制作篷的主要原料。在苏北的乡村,蒲草遍及沟渠之滨,野生野长。深秋时节,成熟蒲草的茎叶可高达 2 米以上,颜色黄白,水分含量已不多,柔韧且分量轻,正适合编织作篷。收割后,经去根、除泥、晾晒数日,待茎叶不潮不脆即可使用。编织细草绳的糯稻草亦然。糯稻草较普通稻草长,纤维的韧性也好,过去也常用来打草鞋或绞草绳。

篷的加工大致可分为打草绳、编蒲篷、捆篷竹、穿平衡筋、扎椽绳与系驾绳等内容。一面完整

^①实际上,一共加工了 10 张蒲篷,其中 2 张作为备用。

拨担上。为便于落篷,一般都将力索的末端挽成一个活扣——顺风扣,套在拔担末端。当遇到大风等紧急情况时,只需将顺风扣从拔担上拉出,篷就会立即下落。若需停车,则先将篷全部落下,捆在剪上,然后用一根所谓的拴车绳的两头分别系住拔担与幢子木,防止风车转动。



图 6 立轴式大风车及其龙骨水车与苏北的农田

为了能得到更好地保存与研究,这部复原的大风车已运至台南市。经过重新安装,如今它已成为南台科技大学的一处别样的校园景观,相关的研究工作也正在进之中。

三、结 语

立轴式大风车及其驱动的龙骨水车是体型最大、结构最复杂的中国传统风力提水机械,具有鲜明的技术特征。这种在中国东部沿海地区田间的极具特色的生产工具,曾构成了历史上一道奇特的技术景观。当地人虽熟视无睹,1656年,当荷兰使节在苏北见到此景,感到奇怪^[11]。在 20 世纪 50 年代农具改革带动了新式农具的推广,开始有组织地推广机灌后,小巧、高效而价廉的燃油水泵和电泵逐渐取代了传统的风力提水装置。从那时起,再做新的风车业已没有必要。于是原有的风车迅速沦为过时之物,直至被彻底淘汰。

因此,我们将立轴式大风车及其龙骨水车视为“传统”的机械,并非只是因为它们代表一种弥足珍贵的已逝去的“前现代”的器物,而是更注重它本身及其制作者与使用者所负载着延续至今的古代技术传统和文化内涵^[12]。也正因如此,我们此次对大风车及其传统手工艺的调查与复原的用

此次试车取得了成功,按照当地的说法是已经“成车”或“关车”(图 6)。这时,要在车心贴上一幅楹联,上书“大将军八面威风”七字,以示庆贺。安装及试车成功也标志着此次大风车及龙骨水车的复制工作基本完成。整个风车的安装过程持续了五天,共用近 400 个工时。

意并不只是停留于器物层面上的保留,还希望能够使附着其上的传统工艺乃至传统文化得到抢救性的记录甚至传承。

复原历来受到技术史家的重视。一般而言,复原包括史料研究、复原设计和复原制作等内容,并且以模型或仿制品以及相关研究为目标,以史料的考证和学理的分析作为对复原结果合理性的判据^[13]。然而,大风车的复原表明,对于那些已经或濒临灭绝的器物和技术,可以从寻访工匠等入手,在原材料、工艺、功能、使用与修护、历史与文化等多个方面得到更大程度地恢复或再现。在此意义上的“复原”更接近于“恢复原状”或“真实再现”。换言之,这类复原以恢复或再现为目标,重在原汁原味,因而也更具研究价值。相应地,完成相关的设计、制作和操作的主体并不是研究者,而是工匠。工匠既是复原制作与技术传承的主体,也是不可或缺的被调查对象。能否寻访到合适的老匠人,在很大程度上影响复原制作与后续研究的结果,因此,在条件许可的情况下,对匠人的选择应该慎重,尽可能地从技艺水平、健康状况、合作意愿等多方面因素进行评估。同时,研究者应以“策划者”和“旁观者”的身份参与到复原制作的全过程之中,有意识地、忠实地和完整地记录相关的细节。这样,复原本身既是一项基础性的研究工作,也成为一种调查的方式和手段。当

然, 不论是复原, 还是调查, 都需要研究人员与工匠相互理解与配合, 也需要更广泛的社会认同, 以及一定的人力和财力的支持。

当前, 随着文化意识的加强和“全国非物质文化遗产”申报工作的推动, 技术田野调查在国内悄然兴起。作为认识技术传统的一种重要的途径, 技术田野调查可以与文献分析互为补充。但是, 调查不能只是注重器物本身, 还应尽量作全方位的考察。为此, 在调查前, 须在文献解读、技术分析、历史与文化等方面作细致的准备; 在调查中, 不但要认真地观察, 利用现代技术手段作翔实的记录, 而且应尽可能地多考察当地的地理环境、历史变迁、经济状况、民俗文化等内容, 甚至还应了解原材料市场的行情和当地的经济收入等情况; 在调查后, 需妥善地保管所获的原始资料, 及时地进行整理、分析与总结。

总之, 现阶段的技术田野调查虽然借鉴了文化人类学的方法和手段, 但是, 由于自身的交叉性与复杂性, 其在操作的规范性与严谨性等方面还有待同行的共同摸索与提高。

参考文献:

- [1] 李约瑟. 中国科学技术史: 第四卷 第二分册 [M]. 北京: 科学出版社; 上海: 上海古籍出版社, 1999: 613.
[2] 陈立. 为什么风力没有在华北普遍利用——渤海海

- 滨风车调查报告 [J]. 科学通报, 1951, (3): 266-268
[3] 刘仙洲. 中国机械工程发明史: 第一篇 [M]. 北京: 科学技术出版社, 1962: 59-60
[4] JOSEPH NEEDHAM. Science and civilization in China (Volume IV: 2) [M]. Cambridge University Press, 1974
[5] 陆敬严. 古代的立轴式大风车 [J]. 寻根, 1999, (3): 39-41
[6] 易颖琦, 陆敬严. 立轴式大风车及其受力分析 [J]. 同济大学学报: 自然科学版, 1996, (3): 287-292
[7] 张柏春. 中国风力翻车构造原理新探 [J]. 自然科学史研究, 1995, (3): 287-296
[8] 易颖琦, 陆敬严. 中国古代立轴式大风车的考证与复原 [J]. 农业考古, 1992, (3): 160
[9] 张柏春, 张治中, 冯立升, 等. 中国传统工艺全集·传统机械调查研究 [M]. 郑州: 大象出版社, 2006: 6
[10] 张柏春. 中国风力翻车构造原理新探 [J]. 自然科学史研究, 1995, (3): 287-296
[11] 林聪益, 颜鸿森. 古机械复原研究的方法与程序 [J]. 广西民族学院学报: 自然科学版, 2006, (2): 37-42
[12] 陆敬严, 虞红根. 古代机械复原研究的几个理论问题 [J]. 同济大学学报, 2001, (6): 677-680
[13] 张柏春. 认识中国古代的技术传统——关于中国传统机械的调查 [J]. 自然辩证法通讯, 2002, (6): 51-56, 80

Investigation and Reconstruction of Traditional Vertical-axis-styled "Chinese Great Windmill" and Its Square-pallet Chain-pump

SUN Lie¹, ZHANG Baichun¹, ZHANG Zhizhong², LIN Congyi³

(1. Institute for the History of Natural Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100010, China

2. Beijing Tianyou Taifang Electrical Equipment Co., LTD, Beijing 100101, China

3. Department of Mechanical Engineering, Southern Taiwan University of Technology, Taiwan, China)

Abstract From 2004 to 2006 in the region of North Jiangsu Province, the Institute for the History of Natural Science (IHNS-CAS) cooperated with Southern Taiwan University of Technology (SFUT) carried out a project for field investigation and reconstruction of the vertical-axis-styled "Chinese Great Windmill" (CGW) and its square-pallet chain-pump (SPCP). The project has made some progresses. First, an old carpenter Mr. Chen Ya who once made and repaired some CGWs in the 1950-60s was selected for the reconstruction. Second, a real CGW and its SPCP were made with the traditional craft. Third, researchers not only recorded the whole process of the reconstruction but investigated the related local folk-custom as well. This paper mainly focuses on and narrates the process of investigation and reconstruction, and discusses technical investigation.

Key words vertical-axis-styled "Chinese great windmill"; Square-pallet Chain-pump; field investigation; reconstruction

[责任编辑 袁晓霞]