



焊接技术对三门峡水利枢纽工程的拯救及政治影响与技术影响

尹海洁^{1*}, 谢咏梅²

1. 曲靖师范学院 法律与公共管理学院, 曲靖 655000;

2. 哈尔滨工业大学 马克思主义学院, 哈尔滨 150001

摘要: 三门峡水利枢纽工程既是建国初期重要的工程项目, 也是当时中苏友好背景下的国际化工程, 具有重要的社会影响和国际影响。鉴于运输需求, 原定于苏联制造的大型水轮机转子被分解切割, 本计划邀请苏联专家亲临三门峡现场进行焊接, 随后组装水轮机组。然而, 随着中苏关系的骤然恶化, 苏联专家撤出, 这使得水轮机转子的成功焊接成为三门峡水电站正常投入使用的关键技术问题。当时中国的焊接技术处于引进学习的起步阶段, 从未进行过这种大体积、大厚度工件的高难度焊接, 而且水轮机转子是一个孤件, 如果焊接失败, 这个关键部件将报废, 三门峡工程可能前功尽弃。为此, 国家聚集全国的焊接技术力量进行试验技术设计, 比较多家提供的试验方案后, 哈工大提供的方案得到了国家领导和工程管理部门的认可。哈工大的焊接专家和青年教师在极端困难的条件下圆满地完成了这项高难度的焊接工程。焊接的成品质量高于苏联专家的设计要求。这提振了国家领导人对我国新生的焊接技术专业水平的信心, 也为后续的新安江、刘家峡等我国自主建设的大型水利枢纽设施提供了技术基础和保障。除了收集和梳理史料外, 本研究大量内容来源于该工程主要参与者的口述史访谈。

关键词: 三门峡水利枢纽工程; 中苏关系; 水轮机分瓣转子焊接; 工程的社会影响

中图分类号: TB1

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2024)06-0634-08

引言

2018 年 1 月 27 日, 中国科协发布了“中国工业

遗产保护名录(第一批)”^[1]。该名录共列入 100 项工业遗产, 三门峡水利枢纽工程名列其中。这说明了三门峡水利枢纽工程在中国工程建设历史中的地位。

收稿日期: 2024-04-05; **修回日期:** 2024-09-12

作者简介: *尹海洁(1958—), 女, 教授, 研究方向为社会统计学、工业社会学。E-mail: yhj@hit.edu.cn (通讯作者)

谢咏梅(1962—), 女, 教授, 研究方向为工程哲学、技术哲学。

引用格式: 尹海洁, 谢咏梅. 焊接技术对三门峡水利枢纽工程的拯救及政治影响与技术影响[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2024, 16(6): 634-641. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240035. CSTR: 32282.14.JES.20240035

Yin H J, Xie Y M. The Rescue of Welding Technology to Sanmenxia Water Conservancy Project and Its Political and Technical Influence[J]. Journal of Engineering Studies, 2024, 16(6): 634-641. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240035. CSTR: 32282.14.JES.20240035

三门峡水利枢纽工程开建伊始就备受关注。早期的关注点多侧重三门峡水利工程建设意义^[2]和工程进展情况的报道,这些资讯多出现在1963年以前。1980年以后,学者们对三门峡工程进行了反思^[3],对三门峡工程的争议也成为受关注的话题^[4]。总的看来,学者们多关注的是三门峡工程整体的得失,但对工程建设中具体的技术应用,以及国际关系、政治与工程技术的交互作用鲜有涉猎。三门峡工程经历了中苏友好时期的初建和中苏关系破裂后自主建设的巨大转变,这一转变对于工业化刚刚起步,技术能力还很薄弱的工程建设领域是一个巨大的挑战。本文主要基于三门峡水轮机分瓣转子焊接工程参与者的口述历史,深入探讨了三门峡电站一号水轮机机组在安装过程中,面对苏联技术支持中断的突发情况,新中国焊接技术人员如何成功解决水轮机转子叶片焊接难题的过程。通过这一案例,文章揭示了国际关系、政治因素与工程技术实践之间深刻而复杂的相互作用。

1 中苏关系友好与三门峡水利枢纽工程的建设

从古至今,黄河屡次泛滥成灾,其下游在黄淮海大平原上频繁摆动,迁移不定,据历史记载,自东周春秋时期至今的2600多年间,黄河下游共发生了1500余次决口泛滥,其中规模巨大的决堤与河道改道多达26次,故黄河有“三年两决口、百年一改道”之说^[5]。基于黄河泛滥给国家和人民造成的巨大危害,历朝历代都对黄河进行不断的治理。从春秋时期齐桓公和相国管仲把黄河水患列为“五害”之首,并率先开始修筑黄河堤防;到汉武帝亲率数万军民进行的瓠子堵口工程;进入明代后,政府先后4次对黄河进行治理,为防洪治河发挥了显著成效^[6]。清朝康熙帝把与黄河有关的“河务、漕运”作为施政朝纲的头等大事,他还钻研水利理论,亲赴黄河从实地调查^[7]。然而,由于社会制度和生产力水平的局限,加之黄河治理极为复杂艰难,世代百姓所期望的黄河安澜局面始终未能实现。西方学者甚至曾经断言,共产党能够夺取政权,但没有能力治好黄河^[8]。

黄河的灾害频发,使黄河两岸的人民生活在水深火热之中。作为一个为人民服务的政党,中国共产党对治理黄河非常重视,早在1946年就在解放区成立了冀鲁豫黄河水利委员会^[9]。解放区军民在中国共产党的领导下,“一手拿枪,一手拿锹”开启了人民治黄事业,黄河灾害状况开始改观^[10]。1949年6月,华北、中原和华东三大解放区成立了治理黄河的统一机构——黄河水利委员会^[8]。1949年8月,黄河水利委员会在起草的《治理黄河初步意见》提出,解除下游洪水为患的方法是选择适当地点建造水库,首选三门峡^[11-12]。这是中国共产党第一次酝酿建造三门峡水坝的报告。新中国成立后,党中央和国务院非常关心黄河的治理问题。1952年10月,毛泽东主席在首次离京巡查之际,亲自莅临河南,深入视察黄河,发出了“要把黄河的事情办好”的伟大号召^[13]。1953年2月,黄河水利委员会主任王化云向毛泽东主席汇报了三门峡建库及整个黄河的治理方针,毛泽东主席听后很高兴,认为可以研究,且当时国务院已决定将治理和开发黄河列入苏联援建项目^[8]。1954年12月23日黄河规划委员会在苏联专家的指导下,完成了《黄河综合利用规划技术经济报告》的编制工作^[10]。

虽然治理黄河是中国政府迫切的愿望,但鉴于建国初期中国的生产建设能力极其低下,大型的工程机械更是极其缺乏。可以说当时的中国政府不具有建设大型水电站的能力。因此,在1954年,经过中苏协商,三门峡水利枢纽工程被确定为苏联援建中国的156个项目之一^[14]。同时,中央决定将三门峡枢纽大坝和水电站委托苏联设计^[8]。1955年7月,第一届全国人民代表大会第二次会议通过了《关于根治黄河水害和开发黄河水利的综合规划的决议》,确定兴建三门峡水利枢纽为根治和开发黄河的第一期重点工程^[15-16]。三门峡工程于1957年4月13日正式开工^[17]。

三门峡水利枢纽工程是高度机械化施工的工程,仅各种机电设备就需要1万多台。有近2000台是由苏联供应的。德意志民主共和国为三门峡制造了一台跨度达870 m、自重超2300 t的大型起重设备。384辆自卸载重汽车大多来自苏联、捷克斯洛伐克、匈牙利、德意志民主共和国等兄弟国家^[18]。从三门峡水利枢纽工程的论证、设计、施工全过程的视角来看,

三门峡工程不仅是一项水利建设工程,也是一项国际关系的工程,更是一项政治工程。因此这项工程的决策、施工都受到了上述因素的重要影响。

2 中苏关系破裂导致三门峡水电站机组安装工程停滞

三门峡水电站的全套设备由苏联供应,设备由苏联生产后运输到三门峡水电站,然后苏联派来专家组负责设备安装的技术指导。水电站的发电设备由8台竖轴法兰西式水轮发电机组组成,每台容量为137500 kW,水轮机转子的直径达5.5~6 m^[19]。当时属于大型发电设备。据水轮机转子焊接工程的主要参与者,哈尔滨工业大学钟国柱教授回忆:由于水轮机的转子过于庞大,成品无法运输,只能将叶片切割下来,运输到工地以后再由苏联专家指导焊接。由于中苏关系破裂,1960年8月,苏联专家全部回国^[9]。如果我国无法完成水轮机转子的焊接,就无法安装发电机组,三门峡大坝虽然建成却没有发电能力。因此水轮机转子叶片能否成功焊接就成为三门峡水利枢纽工程能否完工并实现工程建设目标的关键技术。此时三门峡工程又成为国家独立自主探索掌握关键技术,自力更生进行国家建设的政治工程,国务院极为重视这项任务。1960年11月,为解决转子焊接的技术难题,在哈尔滨召开了三门峡工程的会议。受邀参会的领导和专家针对水轮机组、转子的焊接问题进行了慎重的讨论^[20],鉴于工程的重要性和技术难度,决定汇聚全国顶尖的技术力量,包括知名的工科大学焊接专业精英团队、科研机构以及高水平的技术单位,共同参与此项目的科研攻关工作。本着发愤图强、自力更生的精神,承担并完成这项重任,使三门峡水电站早日投入使用。

由于我国没有大型水电站建设的经验和技術储备,苏联专家撤走以后,三门峡水电站第一台水轮机发电机组的安装就成为一项非常艰巨的任务。其中水轮机转子的焊接任务更是重中之重。据钟国柱教授介绍:这台水轮机的转子是用低合金锰钢铸造,机体巨大,重超过100 t,高超过3 m,直径超过6 m。该水轮机组由苏联的列宁格勒金属工厂生产。由于设备过

于庞大,无法通过铁路运输运抵三门峡。因此,需将水轮机转子成品分割后运到中国,然后再利用焊接技术把分割后的部分组焊为一个整体。组焊后不再进行机械加工,这就要求焊接后成品的上冠法兰平面下凹度不超过0.1 mm(在1.5 m长度内),下环圆度也有同样的高要求。这就是说,焊接后几乎不允许有一点残余变形。这样高的技术要求别说在中国,即便是在国际上也是罕见的,在当时技术先进的苏联也只有初步试验的经验。完成水轮机转子的焊接工程对我国是一项严峻的技术挑战。鉴于中国的焊接技术当时处于引进学习的起步阶段,从未进行过这种大体积、大厚度工件的高难度焊接。如果我国能把这样一项高难度的技术工程完成好,不仅能够提升我国独立自主建设社会主义国家的自信,在国际上也会形成深远的政治影响。由于三门峡水轮机组分瓣转子的焊接工程已成为决定三门峡水利枢纽工程成败的关键环节,国家领导人周恩来总理、薄一波副总理等都极为关心这项工作。领导们也一再指示:三门峡水轮机转子焊接工作,只准干好,绝不准干坏。因为苏联制造的这个水轮机转子没有备用品,是一个孤件。一旦焊接失败,就是水轮机转子的彻底报废。在中苏关系已经破裂的情况下,苏联不会再为中国生产第二台设备。这会导致三门峡工程可能前功尽弃。

我国在既缺乏技术,又缺乏经验的情况下,如果能把技术要求苛刻、工艺极其复杂的转子焊好,并在黄河上建成大容量的水电站,将能产生巨大的经济效益。据当时估算,黄河三门峡水电站的8台机组全部安装发电后,可以缓解我国电力供应的不足,为国家节省大量的煤炭。同时,就当时的中苏关系和西方对中国的技术封锁的国际环境来看,三门峡水电站的建成无疑也将具有重大的政治意义。因此,能否高质量地完成水轮机转子的焊接技术工程,成为摆在新中国年轻的焊接专业技术人员面前的一项艰巨任务。

3 三门峡水电站水轮机转子焊接试验计划方案的确定

考虑到新中国成立初期我国的工程技术能力和水

平,水轮机转子的焊接无疑是一项高难度、高精尖的技术工程。为此国家调动了全国的焊接技术力量。邀请了来自哈尔滨工业大学焊接教研室(后简称哈工大焊接教研室)、天津大学焊接教研室、一机部^①机械科学研究院四处、哈尔滨焊接研究所、中国科学院金属研究所等单位的10余位专家和技术人员参加了研究。每个参与单位都根据掌握的实际情况和各自的技术能力设计焊接技术方案。

在此之前,哈工大焊接教研室的师生曾经与哈尔滨建成机械厂、哈尔滨焊接研究所合作,于1958年,采用手工板极电渣焊的办法,把直径400 mm的主轴与法兰盘拼焊成功。在没有正规的电渣焊设备的情况下,采用“土洋”结合的办法,先后将8台和16台交流电焊机以及YT—1250型自动焊机并连起来,采取从小到大、循序渐进的方法,焊接了10种工件。这项用手工板极电渣焊进行大截面一次焊接的成功,被誉为我国机械制造业中大件的“接骨术”的辉煌范例^[21]。几乎同时,哈工大焊接教研室与哈尔滨电机厂、哈尔滨焊接研究所,以及哈尔滨锅炉厂合作,进行了新安江水电站72500 kW水轮机大轴电渣焊的试验及研制工作。该大轴由两个铸造法兰和两节轴筒组成,轴筒是用轧制钢板滚卷,然后用电渣焊焊成。大轴重约18 t,内径为910 mm,厚为150 mm。这是用铸焊复合工艺制成的我国第一根大型水轮机大轴。锻焊大轴的制成进一步指明了解决当时大型铸锻件生产能力不足问题的明确方向,采用拼小成大,铸焊、锻焊或轧焊等复合工艺,不仅有效地克服了当时大型铸锻设备不足的薄弱环节,同时也成为提高生产效率、节约金属的发展方向。水轮机大轴于1958年10月14日焊接完成,为后来生产更多更大的轴开辟了广阔的方向^[21]。哈工大焊接教研室老师们的前期实践为三门峡水电站水轮机转子焊接设计和工程施工奠定了良好的基础。但三门峡水电站一号机组的发电量是新安江水电站单机发电量的2倍,水轮机转子的直径是新安江水电站水轮机转子的6倍,两者的制造技术和材

料也有很大的差异。因此三门峡水电站水轮机转子叶片的焊接工艺要求更高,难度更大。对于焊接技术刚刚起步,缺少大型焊接设备的我国是一项严峻的挑战。

1961年2月下旬,为了制定“三门峡水电站水轮机转子焊接试验计划方案”,在北京召开了由领导和技术专家参加的会议,哈工大焊接教研室主任田锡唐受邀参会。由于会议没有提供已到货的水轮机转子的制造工艺和材料,无法设计焊接技术和工艺方案。3月初,水利电力部组织的工作组赴工地进行调查研究的^[20]。据钟国柱教授回忆:

田锡唐主任到工地后,对转子实物进行分析。确认转子是整铸后又分瓣切割,铸造转子的材料是低合金锰矽钢。掌握基本情况后,田锡唐主任派哈工大焊接教研室的青年教师钟国柱到北京参加制定焊接试验的详细计划。为保证转子焊接的成功,研究计划中规定焊接的所有工序必须通过试验验证。在保证万无一失的条件下,才能对转子实物进行焊接。最终,相关领导和三门峡工程局比较了多个单位提供的转子焊接工作计划后,哈工大的技术方案得到了一致认可,最终决定三门峡水电站水轮机转子焊接工作由哈工大来承接和完成。

4 水轮机转子焊接试验与焊接工程的完成

三门峡工程局为了保证转子焊接研究工作的顺利进行,成立了专门的转子焊接工程技术组。三门峡工程局领导任组长,哈工大焊接专业的教师钟国柱任副组长,具体负责焊接试验的研究和实际的焊接工作。据钟国柱教授口述:

1961年3月下旬,在三门峡工地上,正式开始进行转子焊接的试验。4月初主要是进行转子刚度试验,即顶开转子下环焊口,观察叶片及上冠法兰平面下凹度变化情况,探求间隙变化对上法兰平面下凹度影响的规律,观察焊口间隙分布情况,找出转子本身

^① 伴随着新中国工业的成长,曾经有第一、二、三、四、五、六、七、八机械工业部共八个机械工业部存在于国务院的部门组成序列之中。这些或简称一机部、二机部、五机部、八机部,或改名为电子工业部、核工业部、航空工业部。1952年,一机部成立,主管民用机械、电信、船舶工业。1958年,一机部(机电)、二机部(军工)、电机部合并组成新的一机部。1960年,从一机部拆分出三机部,主管由一机部划出的航空、兵器、坦克、无线电及造船工业,一机部则主管民用机械。

对焊口作用力的大小。然后进行普通钢板焊接变形及工艺试验,即探索转子变形的初步规律,钝边尺寸较大条件下可焊透性的探讨。接下来进行全断面模拟试件焊接变形和工艺的试验研究。

上述工作均由哈工大负责,部分工作由哈尔滨焊接研究所参与。经过半个多月的紧张试验,到了4月下旬,钟国柱等技术人员就探索出了控制焊接变形和保证焊缝质量的有效措施。为谨慎起见,水利电力部副部长冯仲云召集了全国焊接技术专家,于4月25日在三门峡主持召开了“黄河三门峡水电站第一台水轮机转子焊接试验研究成果审查鉴定会议”。哈工大的田锡唐、陈定华以技术顾问身份参加了会议。会议先进行分组讨论,将哈工大的试验研究成果交于各组进行鉴定。田锡唐主持了由高等学校、科研单位、三机部、二机部等单位参加的分组讨论会。讨论的结果一致认为:哈工大主导的焊接试验成果达到了对转子焊接的技术要求,完全可以把试验成果应用到转子焊接工作中去。田锡唐代表大会向全体代表宣读了上述的大会审查鉴定意见^[20]。但为了确保万无一失,参会的专家希望能够再做几次重复性试验,获得稳定的试验成果后,再将焊接工艺应用于转子的焊接。会议结束后,在5月至6月上旬期间,钟国柱等技术人员又进行了10次全断面模拟试件的试验,均获得了稳定的试验结果。还进行了两次转子刚度试验,试验结果也令人满意。受周恩来总理和国务院的委托,农机部副部长沈鸿以三门峡转子焊接技术总顾问的身份来到三门峡,参加了6月16日仍由水利电力部副部长冯仲云主持召开的第二次“黄河三门峡水电站第一台水轮机转子焊接试验研究成果审查鉴定会议”。这次会议邀请了全国十三个单位的有关专家参加会议。专家来源比第一次鉴定会更加广泛。田锡唐和陈定华仍以技术顾问的身份参加了第二次会议。在大会代表亲身参与、亲眼见证的情况下,又进行了大量的试验研究工作。参会专家一致认为:全部试验研究工作进行得比较完善,设计的焊接工艺和技术完全有把握应用到转子焊接和热处理的工作中。参会专家一致同意水轮机转子的焊接和热处理工作可以立即开始进行。会议结束后,水轮机转子焊接领导组负责人冯仲云和沈鸿进京向周恩来总理和国务院进行汇报,周总理认为这项试验研究工作进行得很好,也同意转子焊接和热处理工作可以进行^[20]。

在中国技术人员夜以继日地攻克水轮机转子焊接技术难题的这段时间里,苏联外交部也多次通过外交手段不断打探黄河三门峡水利枢纽工程进展情况。苏联方面还一再表示愿意再派专家来中国,继续参加三门峡水电站工程建设。虽然当时的试验工作已经做得比较完善,焊接前准备工作已经就绪,领导和技术人员对完成水轮机转子焊接充满信心。但国务院、中共中央书记处会议讨论时决定,虽然这项工程我国可以自己承担下来,但是为了维护中苏友谊,也为了使焊接结果更有把握,在苏联表示愿意派专家的情况下,还是决定邀请苏联专家来参加水轮机组的安装工作^[20]。据钟国柱教授回忆:

到9月28日,苏联专家仍迟迟未到。为了等待苏联专家,原计划7月26日开始的三门峡转子焊接和热处理工作延后了两个月。为了避免在过冷的气温下进行转子焊接工作,在苏联表示专家不能马上到达中国的情况下,领导决定10月5日开始进行水轮机分瓣转子的焊接工作。

钟国柱常驻在三门峡水库建设的工地上,设计和参加了全部试验工作。据他回忆:

这些试验主要包括全部转子刚度试验,对普通钢板焊接变形和工艺试验,全断面模拟试件焊接变形和工艺试验。试验成功以后,对焊接工人进行技术培训,在最后的实战阶段更是全身心地投入。当时正值“三年困难时期”,生活和工作条件极其艰苦。钟国柱是刚刚大学毕业的青年教师,在困难时期的粮食定量每月只有25.5斤。从试验完成到准备到焊接,是一个工作周期,大约为27~33 h,在全周期内需要不停地工作。在当时吃不饱饭的情况下,对于现场的试验研究人员和工人的意志是极大的考验。由于前期的准备和试验非常充分,焊接工人的技术也日臻成熟。经过8天的日夜奋战,到10月13日终于胜利完成了水轮机转子的焊接和热处理的全部工作,焊接效果超过了苏联专家的设计精度。

1961年10月14日,沈鸿副部长以国家验收委员会负责人的身份主持召开了“转子焊接和热处理的验收、总结和庆功大会”。他在大会上宣布:转子焊接和热处理工作进行得很好,转子的焊接变形和焊接质量完全符合设计要求,如果按百分制计算,国家对这项工作成绩评定为95分^[20]。

由于转子的焊接和热处理已成为决定三峡工程成败的关键环节, 周恩来总理、陈毅副总理等国家领导人都曾亲临现场, 视察转子焊接和热处理工作。国家领导人对焊接工作都表示满意。参加验收、总结、庆功大会的还有水利电力部副部长、三门峡市委第一书记, 三门峡工程局党委第一书记、国家科委一位、国家水电总局两位局长、三门峡工程局领导等。在三门峡水电站工地现场, 钟国柱与全体现场工程技术人员一起受到了周恩来总理等国家领导人的接见并合影留念。

5 重大的政治意义与长远的技术影响

三门峡水电站水轮机转子焊接及热处理是国家的重大工程, 获得了有关单位的大力支持。主要技术工作由全国 10 多个单位派来的 20 多人承担。除有关领导和顾问外, 具体参加这项工程的人员为 107 人, 还有很多外围配合的人员并未计算在内, 工作规模几乎是空前的^[20]。不论是田锡唐、陈定华作为专家在确定转子焊接试验和焊接方案过程中起到的关键作用, 还是钟国柱作为技术骨干对试验和焊接现场提供的技术指导来看, 都彰显出了哈工大焊接专业在这项大工程项目中的重要地位和作用。由于哈工大技术团队出色的工作, 在第一次审查鉴定会上, 水利电力部还正式向国务院提出报告, 邀请他们承接黄河三门峡水电站第二台(高合金钢)转子焊接变形和工艺的试验研究工作。这是国家对哈工大焊接专业团队技术能力的进一步肯定, 从而也确立了哈工大焊接专业在中国重大水利工程项目中的重要地位^[20]。

三门峡水轮机转子焊接和热处理是在苏联专家迟迟未到的情况下进行的, 哈工大圆满完成了水轮机转子的焊接任务, 焊接变形控制良好, 焊接质量达到了苏联当时的水平, 这也是当时世界先进水平。在苏联撕毁合同

和撤走专家的情况下, 三门峡水轮机转子焊接的成功对突破西方国家对中国的技术经济封锁有重大的贡献。水轮机转子的焊接工作完成后, 几乎已经处于完全停工状态的三门峡工程开始全面重新启动。因此, 三门峡水轮机转子焊接和热处理工程的高质量完成对三门峡整体工程具有拯救性意义, 也标志我国具有独立安装大型水电站发电机组的能力。这项技术工程的完成也具有重大的政治和经济意义。为表彰哈工大在“黄河三门峡水电站”第一台 15 万 kW 水轮机转子焊接工作中做出的突出贡献, 国务院于 1963 年向哈工大颁发了嘉奖令。

哈工大焊接专业完成的三门峡水电站的第一台 15 万 kW 水轮机组分瓣转子焊接工程是中国焊接技术达到世界先进水平的标志性工程。对中国后来的水电站建设以及其他领域的影响十分深远。在水轮机转子焊接工作完成后, 哈工大承担了各种焊接工艺文件的起草、修改和定稿的任务。这些文件和标准的制定均基于对三门峡水轮机组分瓣转子焊接试验的研究和焊接技术总结。后来, 在陈定华的指导下进行了水轮机转子焊接和热处理试验研究技术总结的文件编审和定稿工作。在二十世纪五六十年代, 我国缺乏加工大型金属构件能力的情况下, 以小拼大是加工大型以及超大型工件的重要途径。焊接技术的进步为我国机械加工提供了技术基础。哈工大基于三门峡水轮机转子的焊接工程形成的工艺文件成为之后新安江水电站、刘家峡水电站等我国自行设计、自制设备、自主建设的大型水力发电站水轮机分瓣转子焊接的技术文件。这些工作是哈工大焊接专业对中国水利工程方面的重大贡献。三门峡水轮机转子的焊接变形控制研究在一定程度上也为 2006 年完成的中国航天工程 KM6 的大型法兰盘的焊接变形控制和 2008 年返回舱焊接变形矫形技术奠定了基础。

参考文献

- [1] 中国工业遗产保护名录(第一批)正式发布[J]. 遗产与保护研究, 2018, 3(2): 126.
China's industrial heritage protection list (the first batch) was officially released[J]. Study on Natural and Cultural Heritage, 2018, 3(2): 126.
- [2] 王化云. 黄河三门峡水利水力枢纽工程的重大意义[J]. 黄河建设, 1957(2): 1-5.
Wang H Y. The great significance of the Sanmenxia Water Conservancy and Hydraulic Hub Project of the Yellow River[J]. Construction of

- the Yellow River, 1957(2): 1-5.
- [3] 李国英, 曹俊峰. 我国已建水利工程经济后评价的若干问题[J]. 人民黄河, 1990(2): 38-41.
Li G Y, Cao J F. Some problems in the post-economic evaluation of water conservancy projects built in China[J]. Yellow River, 1990(2): 38-41.
- [4] 崔宗培. 实践是检验真理的唯一标准——回顾黄河三门峡水利枢纽的争论[J]. 中国水利, 1994(8): 49-52.
Cui Z P. Practice is the only criterion for testing the truth: A review of the controversy over the Sanmenxia water conservancy project on the Yellow River[J]. China Water Resources, 1994(8): 49-52.
- [5] 蒋秀华, 吕文星, 高源, 等. 黄河的历史变迁和面积河长特征数据的沿革[J]. 人民黄河, 2019, 41(1): 10-13.
Jiang X H, Lyu W X, Gao Y, et al. Evolution of the history change and the characteristic data of area and length of the Yellow River[J]. Yellow River, 2019, 41(1): 10-13.
- [6] 侯全亮. 中华民族的黄河治理史[J]. 炎黄春秋, 2022(3): 59-64.
Hou Q L. The history of the Yellow River governance of the Chinese nation[J]. Yanhuang Chunqiu, 2022(3): 59-64.
- [7] 文三石. 三门峡水库建设的风雪历程[J]. 劳动安全与健康, 2001(4): 17-20.
Wen S S. Snowstorm course of Sanmenxia Reservoir construction[J]. Safety & Health, 2001(4): 17-20.
- [8] 三门峡水库是怎样上马的[N]. 经济观察报, 2006-06-05(34).
How the Sanmenxia Reservoir was launched[N]. The Economic Observer, 2006-06-05(34).
- [9] 三门峡水利枢纽工程大事记[C]//中国水利学会地基与基础工程专业委员会. 黄河三门峡工程泥沙问题研讨会论文集. 中国水利水电出版社, 2006: 22.
Memorabilia of the Sanmenxia Water Conservancy Project[C]//Foundation and Foundation Engineering Committee of Chinese Hydraulic Society. Proceedings of the Symposium on Sediment Problems of the Sanmenxia Project of the Yellow River. China Water Resources and Hydropower Press, 2006: 22.
- [10] 郭书林, 王瑞芳. 从治标到治本: 新中国成立初期的黄河治理[J]. 兰州学刊, 2017(3): 60-68.
Guo S L, Wang R F. From symptomatic to root cause: Governance of the Yellow River in the early years of the People's Republic of China [J]. Lanzhou Academic Journal, 2017(3): 60-68.
- [11] 黄河水利委员会. 治理黄河初步意见(1949年8月)[A]. 郑州: 黄河水利委员会档案馆, 档案号: A0-1(1)-1.
Yellow River Conservancy Commission. Preliminary opinions on the regulation of the Yellow River (August 1949) [A]. Zhengzhou: Archives of Yellow River Conservancy Commission, Archive No.: A0-1(1)-1.
- [12] 治理黄河初步意见[J]. 新黄河, 1949(0): 3-11.
Preliminary opinions on the regulation of the Yellow River[J]. New Yellow River, 1949(0): 3-11.
- [13] 黄河网. 纪念人民治理黄河 60 年 河南黄河行散记[EB/OL]. (2006-11-01)[2024-02-12]. http://www.chinawater.com.cn/ztgz/xwzt/2006zh60n/4/200611/t20061101_129740.htm.
Yellow River Network. Commemorating the 60 years of the people's governance of the Yellow River, Henan Yellow River essay[EB/OL]. (2006-11-01)[2024-02-12]. http://www.chinawater.com.cn/ztgz/xwzt/2006zh60n/4/200611/t20061101_129740.htm.
- [14] 张久春. 20世纪50年代工业建设“156项工程”研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2009, 1(3): 213-222.
Zhang J C. A study of the 156 projects of industrial construction in 1950s[J]. Journal of Engineering Studies, 2009, 1(3): 213-222.
- [15] 中国政府网. 关于根治黄河水害和开发黄河水利的综合规划的决议[EB/OL]. (2008-03-06). https://www.gov.cn/test/2008-03/06/content_911477.htm.
China Government Website. Resolution on the comprehensive plan for eliminating Yellow River water hazards and developing Yellow River water conservancy[EB/OL]. (2008-03-06). https://www.gov.cn/test/2008-03/06/content_911477.htm.
- [16] 谢守祥. 治黄史上一次伟大而成功的实践——记三门峡水利工程的兴建与运用[J]. 中国三峡建设, 1996(8): 30-31.
Xie S X. A great and successful practice in the history of the Yellow River: The construction and application of the Sanmenxia Water Conservancy Project[J]. China Three Gorges, 1996(8): 30-31.
- [17] 陈枝霖, 陈升辉, 李国英. 三门峡工程的历史回顾及国民经济初步评价[J]. 人民黄河, 1991(1): 8-12.
Chen Z L, Chen S H, Li G Y. Historical review of the Sanmenxia Project and preliminary evaluation of the national economy[J]. Yellow River, 1991(1): 8-12.
- [18] 三门峡工程得到国内外大力支援[J]. 黄河建设, 1959(5): 71.
The Sanmenxia project has received strong support at home and abroad[J]. Construction of the Yellow River, 1959(5): 71.
- [19] 李鹏鼎. 黄河三门峡水电站的建设工程[J]. 水力发电, 1957(9): 3-6.
Li E D. The construction of the Sanmenxia Hydropower Station on the Yellow River[J]. Water Power, 1957(9): 3-6.
- [20] 黄河三门峡水电站第一台十五万千瓦水轮机转子焊接和热处理工作报告(1961年11月29日)[A]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学档案馆, 编号 622.

Report on the welding and heat treatment of the rotor of the first 150000 kW hydro turbine of the Sanmenxia Hydropower Station on the Yellow River(1961-11-29)[A]. Harbin: Archives of Harbin Institute of Technology. No. 622.

[21] 跃进消息. 用铸焊复合工艺制成我国第一根大型水轮机大轴[J]. 焊接, 1958(11): 2.

Leap forward news. The first large water turbine shaft in China successfully fabricated using cast-welding composite process[J]. Welding, 1958(11): 2.

The Rescue of Welding Technology to Sanmenxia Water Conservancy Project and Its Political and Technical Influence

Yin Haijie^{1*}, Xie Yongmei²

1. School of Law and Public Administration, Qujing Normal University, Qujing 655000, China;

2. School of Marxism, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China

Abstract: The Sanmenxia Water Conservancy Project was not only a landmark engineering feat in the early days of the People's Republic of China but also a significant international collaboration during the period of Sino-Soviet friendship. This article, based on oral histories from participants in the welding engineering of the segmented rotor of the Sanmenxia turbine, delves deeply into the core technical challenge faced by the project—the welding of the turbine rotor—and how Chinese welding technicians overcame this difficulty after the withdrawal of Soviet experts. Through this typical case study, the article reveals the complex and profound interplay between international relations, political factors, and engineering technical practices. The Yellow River's frequent flooding had long been a major concern for the national government, making its governance a crucial task for the New China. In the "Initial Opinions on Governing the Yellow River", it was explicitly proposed that constructing a reservoir at Sanmenxia was the key method to eliminate the threat of downstream flooding. During the Sino-Soviet friendship period, the Sanmenxia Water Conservancy Project was listed as one of the key projects aided by the Soviet Union, with the latter responsible for the design and supply of equipment. However, with the rupture of Sino-Soviet relations and the sudden withdrawal of Soviet experts, the project encountered severe technical challenges, particularly in the welding of large-volume, thick turbine rotors. Due to the withdrawal of Soviet experts, China lacked the necessary experience and technical reserves for large-scale hydropower station construction. The welding of the turbine rotor became a critical factor determining the success or failure of the Sanmenxia Water Conservancy Project. The national leadership attached great importance to this issue and promptly organized the country's top technical forces for joint research. Ultimately, Harbin Institute of Technology (HIT) was selected to provide the welding solution. Taking into account China's actual engineering and technical capabilities, the Welding Research Section of HIT collaborated with other units to jointly develop a detailed welding test plan. After numerous repeated tests and verifications, HIT's welding solution gained widespread recognition and was entrusted with the actual welding work. Under extremely arduous conditions, the welding experts and young faculty members of HIT rose to the challenge and successfully completed the high-difficulty welding task of the turbine rotor. Through multiple rigorous test verifications, the welding quality was ensured, not only meeting but also surpassing the design requirements of Soviet experts. This technical breakthrough not only significantly enhanced China's welding technology level but also provided solid technical support and guarantees for the subsequent construction of large-scale water conservancy projects such as Xin'anjiang and Liujiaxia. The success of the turbine rotor welding at Sanmenxia marked China's capability to independently install and operate large-scale hydropower station generator sets, an achievement with profound political and economic significance. For this, the State Council specifically issued a citation of merit to Harbin Institute of Technology in recognition of its outstanding contributions in the field of technology. Furthermore, HIT's welding technology laid a solid foundation for the subsequent development of China's aerospace engineering and other fields. In summary, the technical breakthrough in the welding of the turbine rotor in the Sanmenxia Water Conservancy Project was not only a major technological achievement but also a symbol of China's adherence to independent innovation and its courage to climb the peak of science and technology under international relations and political pressure. This event fully demonstrated the firm determination and outstanding wisdom of the New China in facing technological challenges, exerting a far-reaching and positive impact on the country's modernization construction.

Keywords: Sanmenxia Water Conservancy Project; Sino-Soviet relations; hydraulic turbine split rotor welding; the social impact of the project