

项目名称	三峡工程升船机超大尺寸齿条研制及应用
主要完成单位	二重（德阳）重型装备有限公司、中国长江三峡集团有限公司流域枢纽运行管理中心、 郑州机械研究所有限公司、上海交通大学
主要完成人	史苏存、路卫兵、刘忠明、刘继全、吴小云、陶凤云、余小兵、宁德林、陆皓、张和平
提名意见	<p>经审查，该项目申报材料填写规范、资料完整、数据真实可信且经公示无异议，符合四川省科学技术进步 奖提名要求。</p> <p>本项目在重大专项、四川省重大技术装备创新等项目支持下，围绕三峡工程升船机设备核心组件——超大尺寸、大模数齿条开展研制及性能评估工作；研制了适于超大尺寸大模数齿条感应淬火的Cr-Ni-Mo铸钢材料，优化齿条结构和铸造方案，研发了冶金质量和铸件内部质量要求高的大模数齿条铸造工艺技术；揭示了齿条感应 淬火根部开裂和延迟开裂的根本原因，形成了超大尺寸齿条感应淬火工艺设计理论，以及大模数、高硬度、大 淬硬深度齿条关键制造技术；研制了大模数齿条表面淬火变形控制技术；发明了大模数硬齿面齿条齿形高效高 精加工方法；研发了世界首台超大尺寸齿条试验装置，形成了齿条疲劳试验及性能评估技术；成功地完成了三 峡齿条的制造并交付应用。——研发过程中获得国家专利 11 项(发明专利 6 项)，形成国家标准 2 项、行业标准 2 项、企业标准和规范 8 项，取 得国家著作权 1 项，发表论文 24 篇 ；获中国机械工业科学技术奖一等奖 1 项、水力发电科学技术奖一等奖 1 项，中国航海学会科学技术奖特等奖 1 项。——该项目的研究，成功解决了三峡升船机齿条制造的重大工程难题，为三峡升船机的顺利实施、顺利通航运 行做出了重要贡献，为我国重大关键设备的自主化制造提供了重要制造技术能力支撑，对国家高端装备制造业 的发展具有重要意义，相关技术的成功应用取得了显著的经济效益和社会效益。提名该项目为 2023 年度四川省科学技术进步 奖。</p>
项目简介	<p>三峡升船机最大提升高度 113 米，船厢加水总重量约 15500 吨，其驱动系统采用齿轮齿条爬升式，是世 界上规模最大、技术难度最高的升船机。齿条是升船机的核心组件，由于其承载大，使用寿命长，安全性 要求高等特点，制造技术要求很高，齿条模数 62.67mm、硬化层深 6-9mm、单节尺寸 4705mm，重量超过 10 吨， 要求全齿廓深层表面硬化以保证其承载能力和使用寿命。2007 年三峡集团公司在国内选择了五家知名重机 企业进行齿条样件的预研试制，专家组对试制件验收评估，发现大模数齿轮全齿感应淬火存在工艺技术难 题，表现在齿条感应淬火后存在的残余拉应力，导致齿根开裂、齿面剥落以及淬火变形大等，产品质量无 法满足设计要求，其技术难度在齿条制造领域没有先例。对比选择，鉴于二重有较强的研发实力，专家组 提出明确意见，要求二重组建攻关团队，在批量投产前对齿条组的制造工艺包括表面淬火等关键制造技术 进行全面的理论和试验研究，在样件评价合格后才允许批量生产。国务院三峡建设委员会重大设备制造检 查组要求依托 04 专项对齿条的运行可靠性进行评估，四川省也立项支持该项目研究。——主要科技内容：1) 齿条材料热处理特性研究，研制适于超大尺寸大模数齿条感应淬火工 艺的材料。2) 齿条铸造工艺技术研究，提升冶金质量和铸件内部质量以满足表淬工艺要求；3) 大模数齿条表面淬火应 力形成机理和表面淬火工艺技术创新研究，解决齿条淬火开裂和残余应力控制问题；4) 大模数齿条表面 淬火变形控制技术研究；5) 大模数硬齿面齿条齿形精加工方法及拼装技术研究；6) 超大尺寸齿条的试 验 装置开发与性能评价验证，解决齿条的疲劳寿命评价难题，确保齿条在寿命期 内安全可靠。项目获国家专利 11 项，其中发明专利 6 项，形成国家标准 2 项，行</p>

业标准 2 项、企业标准和规范 8 项，获得国家计算机软件著作权 1 项，发表论文 24 篇。——项目解决了三峡升船机齿条难以制造的重大工程难题，确保了三峡升船机的顺利通航运行，相关技术在金沙江向家坝水电站升船机工程成功推广应用。因齿条制造，二重获得三峡和向家坝升船机设备订货合同，共产生合同销售额 57442.97 万元(含税)。截至 2023 年 6 月中旬，三峡升船机已安全运行 6 年多时间，设备运行正常，累计过船 22752 艘次，货运量 1298.94 万吨，旅客人数 72.43 万人次，产生了显著的社会、经济效益。研制的大型齿条试验装备也推广应用于常规齿轮的试验和性能评定，每年为行业开展试验检测服务 300 余台次，促进了行业技术进步。——三峡升船机齿条其制造技术难度极高属世界首次制造。通过项目研究，使二重成为世界上唯一掌握超大模数硬齿面感应淬火齿条制造技术的企业，齿条制造技术国内外领先。项目成果对我国高坝通航领域的升船机制造积累了丰富经验，对拓展大模数齿轮齿条传动装置行业如海洋平台等领域及我国高端装备制造工业的发展都具有十分重要的作用。

主要知识产权和标准规范目录

知识产权(标准)类别	知识产权(标准)具体名称	国家(地区)	授权号(标准编号)	授权(标准发布日期)	证书编号(标准批准发布部门)	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)	发明专利(标准)有效状态
发明专利	《模数在50mm≤m≤150mm的重载齿条的中频感应淬火工艺》	中国	ZL201310693560.5	2016-02-17	1957598	二重(德阳)重型装备有限公司	史苏存、刘继全、陶凤云、魏新强	有效
发明专利	《高温热物理性能测量装置及其测量方法》	中国	ZL201010597180.8	2013-07-03	1227715	上海交通大学	陆皓、李培麟、杨扬、余春、王开云	有效
发明专利	《移动式恒载荷齿轮—齿条综合性能试验台》	中国	ZL201110298897.7	2014-02-26	1351188	郑州机械研究所	张和平、刘忠明、张立勇、张志宏、孟令先、李纪强、吕泮功、王振、王征兵	有效
发明专利	《一种带有均载功能的齿轮单齿加载试验装置》	中国	ZL201510188823.6	2018-03-13	2845074	郑州机械研究所	李纪强、王征兵、颜世钊、刘忠明	有效
实用新型专利	超大模数齿条表淬防变形工装	中国	ZL201120545825.3	2012-09-12	2405517	二重(德阳)重型装备有限公司	刘毅、张英军、刘继全	有效
国家(行业)标准	升船机设计规范	中国	GB51177-2016	2016-08-18		主编单位：水利部水利水电规划设计总院；参编单位：广西电力工业勘察设计研究院、中国长江三峡集团公司，等	钮新强、覃利明、温续余、余庆奎、童迪、吴小宁、廖乐康、吴俊东、招滨、胡晓、汪基伟、朱虹、孙敏、吴小云，等；主要审查人：刘志明、田泳源，等	有效
国家(行业)标准	升船机制造安装及验收规范	中国	NB/T10495-2021	2021-01-07	NB/T10495-2021	主编单位：中国葛洲坝集团股份有限公司等；参编单位：中国长江三峡集团公司、二重(德阳)重型装备有限公司等	主要起草人：张为明、周复明、林朝晖、张世平、陈强、卫书满、史苏存，等；主要审查人员：龚建新、赵辅鑫、江小兵、吴小云、刘继全，等	有效
计算机软件著作权	齿轮齿条疲劳试验数据分析处理系统[简称：TASPR] V1.0	中国	2022SR0040945	2022-01-07	8995144	郑州机械研究所有限公司	郑州机械研究所有限公司	有效
其他	三峡升船机齿条表面淬火工艺规范	中国	EZC10-2013	2013-01-02	EZC10-2013	二重(德阳)重型装备有限公司	陶凤云、史苏存、刘继全	有效

论文专著 目录	序号	论文(专著)名称/刊名/作者	年卷页码(XX年XX卷XX页)	发表时间(年月日)	通讯作者(含共同)	第一作者(含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	论单包
	1	大模数齿条齿根应力计算方法研究及测试/机械工程学报/刘忠明、袁玉鹏、肖伟中、张海军	2016, 52(23): 152-159	2016-08-02	袁玉鹏	刘忠明	刘忠明、袁玉鹏、肖伟中、张海军	16	中国知网	
合计								16		