



三峡升船机主体部分方案比选专题研究

2003-03-12 09:19

一、升船机工程概况

三峡升船机是三峡工程的永久通航设施之一,布置在枢纽左岸,主要用于为大型客轮提供快速过坝通道。升船机工程由上游引航道、上闸首、升船机主体、下闸首和下游引航道等建筑物组成。

升船机过船规模为3000t级,最大提升高度113m,上游通航水位变幅30m,下游通航水位变幅11.8m。具有提升重量大、升程高、上下游通航水位变幅大、水位变率快、通航条件受河流泥沙淤积、船闸充泄水及枢纽泄流影响的特点,是目前世界上规模和技术难度最大的升船机。

二、三峡升船机型式研究和比较方案的提出

三峡升船机的规模和技术难度均远远超过国内外已建和在建升船机,自1958年开始,长江水利委员会(以下简称长江委)会同国内有关科研机构、设计单位、大专院校对升船机的型式进行多方案的研究比较。研究过的主要型式有平衡重式、浮筒式、水压式、液压式、水力式及半水力式垂直升船机;平衡重式纵向斜面升船机;平衡重式横向斜面升船机;自行式纵向斜面升船机等。其中,对带中间渠道的两级齿轮齿条爬升式垂直升船机、带中间渠道的两级钢丝绳卷扬提升式垂直升船机和一级钢丝绳卷扬垂直升船机进行了比较深入的重点研究设计。

在三峡工程初步设计阶段,长江委推荐升船机采用“全平衡钢丝绳卷扬一级垂直升船机”方案并通过初步设计审查。

三峡升船机作为承担客轮过坝的通航设施,必须确保其运行的安全可靠。在升船机已确定为全平衡垂直提升式前提下,升船机型式取决于安全保障体系的型式。

三峡升船机初步设计阶段制定的安全标准,参考型式与之相同的比利时斯特勒比升船机的设计原则,即只以船厢部分漏水确定安全装置的防事故能力。初步设计的三峡升船机安全保障系统,除设置在主提升机上的安全制动器外,还根据三峡工程的实际条件和运行需要,在船厢上增设沿程锁定装置。

长江委设计院深入研究钢丝绳卷扬提升方案安全保障体系的同时,受中国三峡总公司委托,对三峡升船机结合三峡工程的实际条件,采用齿轮齿条爬升式方案的关键技术问题进行深化研究。对钢丝绳卷扬提升方案和齿轮齿条爬升方案进行综合、客观的技术比较,为三峡升船机方案的最终选型提供技术基础。

三、方案简介

钢丝绳卷扬提升式升船机与齿轮齿条爬升式升船机都属于全平衡垂直提升型式,升船机的规模、功能、总体布置基本相同,其上、下闸首的设备布置及结构型式完全相同。两种方案的主要不同之处在于升船机主体部分,而主体部分的关键差异是船厢的驱动方式、安全保障体系的结构型式及其工作机理。

(一) 钢丝绳卷扬提升方案

钢丝绳卷扬提升式升船机的主要特点,是船厢完全由钢丝绳悬吊,通过卷扬机驱动升降运行,主提升机及其电力拖动、控制设备布置在主机房内。

船厢结构、设备加水体总重约11800t,由144根 $\Phi 88\text{mm}$ 的钢丝绳悬吊。由相同重量的平衡重完全平衡,其中重力平衡重5600t,转矩平衡重6200t。提升钢丝绳经过液压均衡油缸与船厢连接。

船厢室两侧对称布置4个相对独立的混凝土塔柱结构,4个塔柱在顶部连接成一体,上部为整体式主提升机机房。

主提升机设备分成4个吊点区在机房内对称布置,每个吊点区卷扬机构之间由机械轴连结,构成封闭的同步轴系统。卷扬机构卷筒直径5.6m,交流电动机功率 $8 \times 250\text{kW}$ 。主提升机的额定提升力6800kN,允许船厢误载水深 $\pm 0.2\text{m}$ 。

主提升机的安全制动系统是钢丝绳卷扬提升式升船机安全保障体系的重要组成部分,由工作制动器、安全制动器等设备组成。工作制动器和安全制动器均采用液压盘式制动器,主机运转时松闸、停机后上闸。在出现船厢大量漏水事故时,安全制动系统可随时上闸制动,安全制动器总制动力78000kN。

作为安全保障体系的一部分，在船厢两侧还设置最大锁定能力为38000kN的8套沿程锁定装置，与主提升机的安全制动器联合作用，可将水漏空的船厢可靠制动。

为满足船厢升降运行和与闸首对接的需要，船厢上还设置顶紧机构、密封框机构、厢门启闭机、可逆水泵系统、液压均衡装置、消防与疏散等设备。

（二）齿轮齿条爬升方案

齿轮齿条爬升式升船机，其船厢总重约13000t，全部由重力平衡重平衡，由16×16根Φ70mm的钢丝绳悬吊。

船厢驱动系统采用齿轮齿条爬升式，4套驱动机构之间通过机械同步轴连接。驱动机构由开式齿轮、齿条、摇臂机构、液气弹簧、减速器、电动机等设备组成。开式齿轮由双电机和双减速器驱动，齿轮与塔柱上的齿条相啮合，驱动船厢升降运行。驱动系统允许船厢误载水深±5cm，电机功率8×250kW。当船厢与闸首对接过程中误载水深超过±5cm时，需启动船厢两端的可逆水泵系统进行调节。

船厢的安全机构采用“短螺杆—长螺母柱”方案，与驱动机构相邻布置，螺杆与驱动机构的齿轮之间通过机械轴连接，船厢升降时，螺杆由齿轮轴驱动在螺母柱内空转，旋升速度与齿轮的爬升速度同步。螺纹副间隙设计值为50mm，并预留适当的裕量。

螺母柱采用中空开槽结构，通过钢结构调整架安装在混凝土塔柱上。安全机构按照船厢水漏空以及船厢室进水船厢承受浮力进行设计。在塔柱顶部设两个独立的机房，内部布置平衡滑轮组及检修桥机等设备。

另外，船厢上还设有与钢丝绳卷扬方案相类似的对接锁定装置、顶紧机构、可逆水泵系统等机械设备。驱动机构和安全机构安装在船厢两侧的4个侧翼平台上。除增加4个侧翼外，船厢结构型式与钢丝绳卷扬方案的船厢结构基本相同。

四、方案比较

（一）主要技术特征比较

1. 钢丝绳卷扬提升方案

能适应较大提升高度；主提升设备制造、安装均为圆点难度较小；塔柱的施工精度容易保证；塔柱结构的变形对设备运行影响小；对船厢误载水深的适应能力较大；船厢与主机之间的相互影响小；关键技术问题通过科研攻关已经得到初步解决；国内有同类升船机的建设经验可供借鉴。

遇船厢漏水事故不能自行制动；对船厢液压均衡系统的工作可靠性要求高；停航期间船厢对接锁定装置需处于工作状态；对安全制动器的可靠性要求高。

2. 齿轮齿条爬升方案

遇船厢漏水事故可按限定荷载自行锁定；主提升设备规模小、布置紧凑；船厢运行水平度较高；升船机停航期间设备处于非工作状态；可利用安全机构进行船厢检修；塔柱顶部机房设备布置简单。

主要设备的制造、安装难度较大；船厢厚板结构现场焊接技术难度较大；塔柱施工精度要求相对较高；塔柱结构变形对升船机正常运行有直接影响；影响驱动机构和安全机构正常运行的因素复杂；驱动机构适应船厢水深误差的能力相对较小；船厢供电技术比较复杂。

（二）防漏水事故能力及安全可靠比较

两种方案的事故荷载标准相同，仅实施事故停机的设备型式与工作原理不同。齿轮齿条爬升式升船机在升降过程中发生船厢漏水事故时，驱动机构可自动停机，随后安全机构发生作用，船厢被锁定在螺母柱上。安全机构的作用过程，不需要外部控制信号介入，安全可靠度高。

钢丝绳卷扬提升式升船机防船厢漏水安全装置动作的可靠性，依赖于相关检测、监测和控制信号的准确性与可靠性。

钢丝绳卷扬方案无需对船厢室内进水事故工况进行专门的设防。

齿轮齿条方案防事故能力按照船厢室进水、船厢承受浮力进行设计，最大载荷115000kN，同时可有效防御船厢内9000t水体全部漏空事故。

（三）关键设备制造技术难度比较

1. 钢丝绳卷扬方案的卷筒、减速器

卷筒直径5.6m，长7.3m，重量约130t，属于超大型设备。由于卷筒的规模大，且对绳槽底径误差有较高的精度要求，具有一定的加工难度。

减速器采用硬齿面传动，中心距5.8m，外形宽3.2m，重量约120t，属于超大型的低速、重载减速器。末级齿轮模数达到40mm，国内现有的大型磨齿机的参数尚不能满足要求，需要采取特殊的工艺并配置相应的工装。

2. 齿轮齿条爬升方案的螺母柱、齿轮及齿条

螺母柱中径1.24m，单节长6.25m，总长约480m，采用合金铸钢铸造。齿轮、齿条模数60mm，属于低速重载齿轮，齿面渗碳、淬火处理，对齿面接触精度有较高要求。

上述设备的主要技术参数已经超出国家标准范围,国内尚缺乏成熟的制造经验,具有较大的制造技术难度。但利用国内现有设备,研究制定严格的加工工艺措施,齿轮、齿条和螺母柱国内可以加工制造。

3. 齿轮齿条爬升方案的行星齿轮减速器、液气弹簧

行星齿轮减速器、伸缩式联轴器、制动器以及“液气弹簧”的关键部件等,需要从国外引进。

4. 钢丝绳卷扬方案的安全制动器

安全制动器的规模大、数量多、可靠性要求高。选用国外定型产品,质量、性能可以得到保证。

(四) 设备安装及塔柱施工技术难度比较

1. 钢丝绳卷扬方案

主提升机设备的安装精度对船厢正常运行影响较小,对安装精度的要求相对较低。采用的安装方式简单,调整方便,精度容易得到保证,同时该类设备国内具有丰富的安装经验。

钢丝绳卷扬方案的船厢沿程锁定轨道、顶紧轨道等均通过二期埋件安装,安装精度容易保证。

塔柱结构相对简单,施工精度对升船机正常运行的影响小,塔柱施工精度要求低,技术难度较小。

2. 齿轮齿条爬升方案

螺母柱和齿条的安装精度对船厢的正常运行有直接影响,安装精度要求高。

受升船机设备布置空间限制,采用的安装方式比较复杂,安装、调整困难。现场焊接变形不容易控制,安装精度难以保证。另外,国内外尚无该类设备的安装经验可供借鉴。

船厢的安装方案与钢丝绳卷扬方案基本相同,不同之处是钢板厚度较大的船厢侧翼只能在现场焊接,拼焊的精度要求高,安装技术难度比较大。

螺母柱和齿条通过埋件与塔柱结构连接,为达到设计要求的设备安装精度,需要塔柱施工时确保混凝土的浇筑精度和埋件的埋设精度。

安装螺母柱和齿条的局部结构载荷大、精度要求高、施工难度较大,国内没有类似的施工经验可供借鉴,施工工艺有待进一步研究、落实。

五、结语

钢丝绳卷扬提升升船机和齿轮齿条爬升升船机都属于全平衡垂直提升式升船机,主要差异在于升船机运行的安全可靠度、事故应对措施、主体建筑物结构型式、设备布置、设备制造安装技术难度等方面。

经综合分析表明,两种方案应用于三峡工程,在技术上都是可行的,其工作原理和运行可靠性都经过了工程验证,在设计方面均不存在难以逾越的重大技术难题。

两种方案关键设备的制造、安装难度没有本质的差异,但齿轮齿条方案的安全可靠性明显高于钢丝绳卷扬方案。鉴于三峡工程的重要性和社会影响,确保升船机的安全可靠运行是方案比选的首要考虑因素。鉴于此,在2003年3月中国三峡总公司组织的三峡升船机型式比选审查会上,专家们推荐三峡升船机采用齿轮齿条爬升方案。

尽管对齿轮齿条爬升式升船机方案进行了一定深度的设计研究,并且该型式的升船机国外已有成功的建设经验,但已建升船机在提升高度、过船规模和通航水力学条件等方面,与三峡升船机相比尚有较大的差异,国内也没有同类升船机的设计和建设经验,对其应用于三峡工程所特有的技术问题,必要时应通过科研、试验手段,进一步深入研究落实。

(于庆奎 吴小宁)

关闭窗口

[联系我们](#)

[集团邮箱](#)

[网站地图](#)

中国长江三峡工程开发总公司版权所有 ©2002 All rights reserved 未经书面授权严禁刊用本网站资料。若经授权刊用,请注明信息来源。

地址:湖北省宜昌市建设路1号 总机:0717-6276666 传真:0717-6270088 本网热线:0717-6762797 E-MAIL:webmaster@ctgpc.com.cn

中国长江三峡工程开发总公司主办 中国三峡总公司新闻宣传中心/信息中心制作维护 鄂ICP备05010722号