

大型立式轴流泵机组 安装检修物理孪生装置研究

江如春¹, 沈芳芳², 朱 宁¹, 张 歆¹

(1. 江苏省江都水利工程管理处, 江苏 扬州 225200; 2. 江苏省水利科教中心, 江苏 南京 210029)

摘要: 高质量开展大型水泵机组安装检修是保障工程安全稳定运行的基础。水泵机组安装检修关键环节工序复杂、技术要求高, 通过研究设计大型立式轴流泵机组安装检修仿真装置, 模拟机组垂直同心、摆度、水平、中心等核心技术参数的调整测量, 实现水泵机组物理孪生, 辅助科学决策, 提升水泵机组安装检修效率和质量, 帮助提高水利职工技术业务水平。

关键词: 大型水泵; 安装检修; 物理孪生; 装置研究

中图分类号: TV675

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2022)09-0069-0004

Research on physical twin installation and maintenance of large vertical axial-flow pump unit

JIANG Ruchun¹, SHEN Fangfang², ZHU Ning¹, ZHANG Xin¹

(1. Jiangdu Water Conservancy Project Management Office of Jiangsu Province, Yangzhou 225200, China;

2. Jiangsu Water Conservancy Science and Education Center, Nanjing 210029, China)

Abstract: To carry out the installation and maintenance of large water pump units with high quality is the basis to ensure the safe and stable operation of the project. The key links in the installation and maintenance of the water pump unit have complex procedures and high technical requirements. Through research, a large-scale vertical axial-flow pump unit installation and maintenance simulation device is designed. The adjustment and measurement of the core technical parameters such as vertical concentricity, swing, horizontal and center of the simulation unit can realize the physical twin of the water pump unit, assist scientific decision-making, improve the installation and maintenance efficiency and quality of the water pump unit, and help to improve the technical and business level of water conservancy workers.

Key words: large water pump; installation and maintenance; physical twinning; device research

江都第一抽水站(简称江都一站)是国家南水北调东线源头——江都水利枢纽工程的重要组成部分。工程于1961年12月开始兴建,1963年3月竣工,是我国自行设计、自行建设、自行管理的大型泵站^[1]。管理好、运行好国家南水北调东线源头工程,

需要技术过硬、技能高超的专业技术人才队伍。本文以江都一站为例,通过分析大型立式轴流泵机组安装检修过程中的关键工序,研究设计以培养大型水泵安装检修专业技术人才为目的的教学仿真装置。

收稿日期: 2022-01-21

作者简介: 江如春(1987—),男,工程师,本科,主要从事水利泵站运行管理工作。E-mail: 676974121@qq.com

1 研究背景

大型立式水泵机组和立式水轮机组在水泵站和水电站中应用广泛。新机组安装和已建泵站机组进行定期维修或事故性大修,机组需要重新安装,调整各部件高程、垂直同心、水平、轴线摆度、中心都是非常重要的环节。测量、调整工序复杂,技术要求高,需要丰富的实战经验,各关键工序的测量、调整用时较长,占整个安装、大修工期的3/4。关键工序测量、调整不合格会导致机组运行振动明显加剧,水导轴承磨损加快,叶轮叶片碰壳,定子线圈温升变大,推力瓦、导向瓦温度偏高甚至出现烧瓦等情况发生^[2]。在机组安装检修过程中,工作人员熟练掌握各个环节测量和调整的方法至关重要。

大型机组安装、检修时间较长,工作人员根据工期、工序的安排进行分组。工作人员各司其职,开展拆卸、清理、测量、记录、计算、分析、调整、试验等工作,部分工序是同时开展,没有机会参与到每道测量、分析、调整工序中来。加之新建工程机组安装的机会较少,已建工程机组大修间隔时间较长,安装、检修、排查水泵机组故障的机会较少,导致工作人员对掌握的水泵机组安装检修技能出现生疏,新进员工工作水平也很难得到快速有效提升。大型立式轴流泵机组安装检修多功能仿真教学装置的研究,可以实现水泵机组关键工序的仿真,帮助职工随时实践操作,巩固安装检修业务技能,辅助安装检修工作中关键工序调整的科学决策,提高年轻职工强化实践学习的积极性、有效性。

2 具体方案

在机组安装检修的过程中,几个重要的测量工序对检修质量有着至关重要的影响,如垂直同心、水平、摆度、中心等。通过反复研究,巧妙设计,制作了一套集水泵机组安装检修关键工序测量、调整为一体的组合教具,模拟水泵导叶体轴承窝、电机定转子、上油缸,设置了滑轨,制作求心器和泵轴,以此来模拟垂直同心、水平、摆度、中心、高程的测量和调整。

装置包括支撑框架、2个移动平台、求心器系统、大轴系统、定转子部件、旋转平台、定转子部件调整装置、定转子部件基础座、水导轴窝或叶轮外壳部件、油盆等核心部件。2个移动平台上面的求心器系统和大轴系统在滑轨上移动到工作位置并锁定后可以开展不同工序的测量调整。摆度和定

中心需要将大轴的下半部分通过法兰做刚性连接,固定部分中心、高程利用支撑框架标注的十字中心线调整,中心用螺旋千斤顶来调整,高程利用本装置模拟契形垫铁调整。

3 装置设计

本装置设计巧妙、结构灵活、功能丰富,涵盖大型立式机组安装检修的“六大关键”,集垂直同心、水平、摆度、中心、高程、间隙中的五项仿真教学、实操于一体。整套装置占地面积小,主体包括支撑框架,移动平台和滑轨部件,大轴系统部件,定转子部件,定转子部件基础座,水导轴窝或叶轮外壳部件,旋转平台部件及油盆。各部件经过组合可以形成“六大系统”,包括求心器电声法垂直同心测量系统,合像水平仪测量水平系统,导叶体中心及倾斜调整系统,定子垂直同心调整和水平调整系统,转动部分定中心测量、调整,大轴摆度调整系统。

(1)支撑框架:尺寸为长1.3 m、宽0.5 m、高2.0 m。上设15 cm宽轨道,轨道上安装2个长30 cm、宽20 cm移动平台,移动至工作位置后可锁定。平台上分别安装求心器和大轴系统。

(2)求心器:尺寸为长13 cm、宽13 cm、高20.7 cm,固定支架部分高10.5 cm。可调部分高4 cm,分为3层,俯视下中间层通过摇把可以实现前后方向移动,最上面一层通过摇把可以实现左右方向移动,移动的范围为3.5 cm。钢琴线缠绕部分高6.2 cm,设有9.5 cm长的轴辊,摇把和锁定装置,可以将钢琴线下放至合适的位置后悬挂重锤并锁定该位置。油盆为长20 cm、宽20 cm、高25 cm长方体铁桶,用于垂直同心测量时重锤悬空放置在盛油的油桶内,保证钢琴线垂直,晃动幅度小能较快停止,与求心器配套使用。

(3)大轴系统:基础为直径17.6 cm、高2.5 cm的圆柱,中间安装外径10 cm的轴承。轴承安装直径6.8 cm的轴,轴分2段,上段91 cm,下端69 cm,通过法兰刚性连接。大轴系统基础上方均匀分布4颗止动螺丝,在调节下导摆度时拧松,侧面均匀分布4颗螺丝模拟导向瓦,用于定中心用。大轴系统最上部安装有转动手轮用于旋转大轴,在定中心、测量摆度时使用。

(4)定转子系统:含有定转子部件,定转子部件基础座,合像水平仪测量水平系统,定子垂直同心调整和水平调整组合系统。定转子部件是直径60 cm、

高18 cm的圆筒,上下设有两道精加工法兰面,法兰内侧止口用于垂直同心测量。上法兰面上装有合像水平仪,下法兰面下侧安装在转动平台上。下法兰面与转动平台有锁定装置用于控制定子部件是否可以转动以解锁定子模式和转子模式。定子垂直同心调整和水平调整组合系统安装在转动平台下侧,安装8颗细牙螺丝,模拟推力瓦抗重螺丝或定子调整楔形垫铁。定转子部件基础座上法兰面垂直方面均匀安装4颗细牙螺丝用以推动定子垂直同心调整和水平调整组合系统,实现定子移中的目的。

(5)导叶体或叶轮外壳部件:直径45.5 cm、高20 cm的圆筒,上下设有2道精加工法兰面,法兰内侧模拟水泵水导轴承测量垂直同心时的对中。圆筒高度的中心模拟叶轮外壳的中心,该部件下部有4只可调节高度的脚,可用于调整导叶体倾斜。

本装置测量、调整精度高,简便易行,调整部件均采用细牙螺丝,便于精细调整。测量调整面均用车床进行精加工,满足测量工艺精度,实现了水泵机组安装检修关键环节的模拟仿真,具有较好的推广实用价值。立式轴流泵机组安装检修仿真装置组合见图1。

4 功能实现

4.1 锁定装置

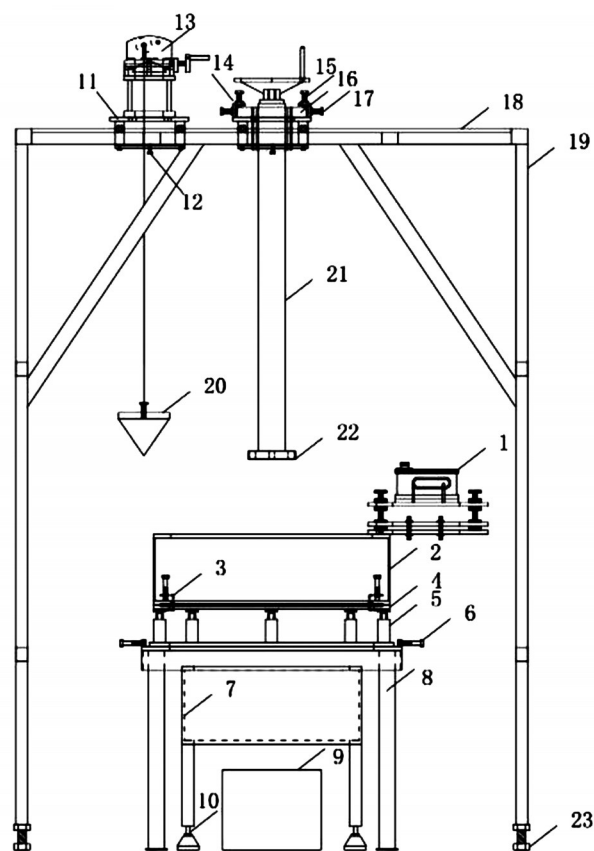
锁定装置可以设置为定子模式和转子模式。未锁定时,仿真的转子可以在转动平台上模拟电机转子旋转,通过安装的合像水平仪进行机组水平测量调整;锁定时,转动平台和仿真的转子形成一个整体,即作为仿真定子使用,可以进行机组垂直同心、摆度、定中心测量调整。

4.2 固定部分中心及高程测量调整

利用支撑框架标注的十字中心线,在中心的位置挂重锤标注出固定部分仿真导叶体和定子的中心。在导叶体和定子法兰面上拉垂直十字线。通过螺旋千斤顶调整导叶体和定子使法兰面上垂直十字线交点与重锤线重合。根据大轴上标注的叶轮中心和转子中心高程,调整叶轮外壳下部4只调整螺丝使叶轮外壳高程和叶轮高程重合,利用模拟的8只楔形垫铁调整定子的中心与转子的中心重合。

4.3 机组垂直同心测量调整

将锁定装置螺丝旋紧,此时设定为定子模式。利用求心器放下钢琴线、重锤至油盆中的油内。在



1-合像水平仪;2-模拟电机定转子;3-锁定装置;4-转动平台;5-模拟抗重螺丝或楔形垫铁;6-模拟定子调中螺栓;7-模拟导叶体轴窝或叶轮外壳;8-定转子调整装置基础;9-油盆;10-导叶体轴窝或叶轮外壳调整螺丝;11-求心器移动平台;12-移动平台锁定装置;13-求心器;14-轴系统装置;15-轴系统基础锁定;16-轴系统基础;17-模拟导向瓦抗重螺丝;18-轨道;19-支撑框架;20-重锤;21-大轴;22-大轴法兰;23-支撑框架调整螺栓

图1 立式轴流泵机组安装检修仿真装置组合

水导、定子上、下止口东、南、西、北4个测点做好标记,采用电声法将钢琴线、求心器、导线、电池、耳机及内径千分尺组成电流回路^[3]。先选用合适长度的内径千分尺测量水泵水导轴窝上、下止口各4个数值,根据数值调整钢琴线位置进行对中,调微叶轮外壳下部4只调整螺丝,消除水导轴窝倾斜。然后选用合适长度的内径千分尺测量定子上、下止口各4个数值,根据测量数据分析出定子的倾斜以及与水泵水导轴窝的垂直同心情况,利用模拟定子楔形垫铁和定子调中螺丝消除定子的倾斜,实现机组定子与水导轴窝垂直同心合格。

4.4 水平测量调整

将定、转子锁定装置螺丝旋松,使仿真的转子可以在转动平台上旋转,设置为转子模式。对仿真

转子进行盘车,旋转至8个模拟抗重螺丝位置,利用合像水平仪测量得出8个点的数值,通过调整抗重螺栓调节仿真转子水平,调整时用合像水平仪进行持续测量,根据测量数据变化,进行水平精调,直至合格。

4.5 摆度测量调整

将仿真大轴部件通过滑轨调整到工作位置,通过法兰连接下部大轴。在水泵水导轴窝处、法兰上部依次架设2只百分表^[4]。利用转动手轮进行盘车,测量得出8等份方位模拟的电机下导和水泵水导处的摆度数值,并相互校验。根据摆度点方位、摆度数值计算出摆度值,采取铲削联轴器法兰面或加垫片的方法解决处理,通常采取在摆度点加垫紫铜皮,在轴系统基础下部处理下导摆度,在轴法兰部位处理水导摆度。

4.6 中心测量调整

此时大轴部件在工作位置,在水导轴窝处架设百分表,表针对准大轴加工面,转动手轮盘车东、西、南、北测得4个数值,调整模拟的导向瓦进行调整,然后再盘车进行测量验证,继续调整,直到符合

规范要求。

5 结 语

目前,大型轴流泵机组安装检修教学仿真装置技术已取得国家实用新型专利认证。在立式轴流泵机组检修工作中,根据检修现场实测数据,实时动态模拟,科学辅助检修部件调整方向决策。同时,在工程管理实际教育培训中发挥了重要作用,并在行业内得到推广,帮助青年职工更好、更快、更直接掌握泵站检修核心技术,为水利现代化建设夯实人才之基。

参考文献:

- [1] 张汉君. 江都第一抽水站更新改造工程[J]. 江苏水利, 1997(3):12.
- [2] 洪振平. 卧式机组瓦温过高的原因及处理[J]. 小水电, 2009,3(26):63-64.
- [3] 仇宝云. 泵站及水电站站房微小倾斜监测装置:中国, CN204027562U[P]. 2014-12-17.
- [4] 刘松茂. 水电机组盘车时轴线摆度零点偏移现象的分析[J]. 水电机电安装技术, 1981,4(2):11-15.

(上接第68页)

及性能。

5.2 试验结果

经过3个月的野外堆砌试验,经分析,高性能聚酯长丝机织土工袋具有以下特点。

(1)袋体大小合适,装填后25 kg左右,利于人工作业,扎口绳牢固可靠,便于操作。

(2)袋体间摩擦系数比普通长丝机织布大,有利于堆砌体土工袋之间的抗滑稳定,节省工程费用。

(3)袋布具有良好的机械性能及弹性形变能力,能有效分散载荷,抵抗树根等杂物的接触损伤。

(4)袋布的经纬向较密实,即使在雨水(或波浪及水流)的作用下,也能防止袋体内部土颗粒被冲刷流失。

(5)袋布材料本身具有抗紫外线性能,所以土工袋堆砌体耐候性良好,在野外使用1年仍能保持袋体完好。

6 结 语

高性能聚酯长丝机织土工袋,为防汛抢险专门研制,具有整体强度及抗顶破强度高,持土析水与耐候性能好,摩擦系数大的特点,可在南方汛期较长或野外恶劣环境下,应用于堤坝可能漫溢时构筑挡水子堤、堤坡、堤脚受侵蚀加固等多种险情的抢护,在大江大河等重要堤防发生重大险情需要抢护时使用更具安全优越性。

参考文献:

- [1] 束一鸣. 防汛抗旱与应急管理[M]. 南京: 河海大学出版社, 2012:166-167.
- [2] 张志,袁佩球. 2013年东北抗洪抢险案例研究[J]. 中国应急救援, 2014(2):35-39.
- [3] 杨志毅,王永利,郝胜强. 应急抢险用土方作业编织袋快速装填机[J]. 工程机械, 2014,45(1):15-19.
- [4] 董哲仁. 堤防抢险实用技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999:5.