

石港抽水站调节器改造技术应用分析

施 翔, 孙建伟, 龚志诚

(江苏省洪泽湖水利工程项目管理处, 江苏 淮安 223100)

摘要:为提高石港抽水站工作效率,对抽水站调节器进行改造。通过分析石港抽水站调节器项目改造现状及改造后调节器构造,阐述该系统动力元件、执行元件、控制元件等工作特性和调节器改造后的工作原理,并对水泵叶片朝正、负角方向的调节流程进行了研究,可为类似抽水站调节器改造提供参考。

关键词:石港抽水站; 调节器; 技术改造

中图分类号:TV675

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2024)07-0066-0003

Application analysis on regulator reconstruction technology of Shigang Pumping Station

SHI Xiang, SUN Jianwei, GONG Zhicheng

(Hongze Lake Water Conservancy Project Management Office of Jiangsu Province, Huai'an 223100, China)

Abstract: In order to promote the work efficiency of Shigang Pumping Station, the transformation of the pumping station regulator is carried out. Through analyzing the current situation of the regulator reconstruction project of Shigang Pump Station and the structure of the regulator after the transformation, the working characteristics of the system, such as power components, executive components and control components, and the working principle of the regulator after the transformation are expounded, and the regulation process of the pump blades in the positive and negative directions are studied, which can provide reference for the transformation of regulators of similar pump stations.

Key words: Shigang Pumping Station; regulator; technical reconstruction

常用的抽水站液压调节由于采用的是外供油形式(液压站在外部),要想把外部的压力油供给主机旋转体内的油缸、活塞,就需要有一个由静态到动态输油的连接管件(受油器)^[1-2]。此处存在旋转缝隙,漏油使得压力会降低,以致影响调节力^[3]。有时为了增大该力,不得不加大油缸直径,但较大的油缸体积限制了液压调节的使用范围,如当前1.6 m及以下口径的泵就只能采用机械调节。而新型液压调节器采用了内供油的形式,避免了上述问题,可以做到无泄漏,在调节器运行期间无需补充油。但考虑其运行时间较长后油质会下降,因此适时地更换工作介质(换油),对于保证调节器的工作质量是十分必要的。新型液压调节器故障率低,体积小

且重量轻,结构简单,拆装容易,检修方便,便于维护和管理^[4-5]。

1 项目概况

江苏省石港抽水站位于淮安市金湖县金北镇刘庄村,淮河入江水道三河段北岸,工程建成于1973年,是淮河下游引江济淮第二梯级泵站,承担排涝、抗旱双重任务。遇旱时,向入江水道和洪泽湖补水;遇涝时,抽排白马湖、宝应湖等地区涝水。石港老站于2013年拆除重建,新站于2016年建设完成,设计流量90 m³/s,工程规模为大(2)型,工程等别Ⅱ等。设计排涝水位站上11.07 m、站下6.07 m。抽水站建筑物设计防洪标准50年一遇,校核防洪标

收稿日期: 2024-03-04

作者简介: 施翔(1991—),男,工程师,本科,主要从事大型泵站运行维护工作。E-mail:siltm202403@yeah.net

准200年一遇。石港抽水站安装4台套叶轮直径2.6 m的立式液压全调节轴流泵,设计净扬程5.0 m,最大净扬程5.83 m,单机设计流量22.5 m³/s,配套电机功率1 800 kW,总装机7 200 kW,提排流量为90 m³/s。

2 改造后调节器的结构

内置式同步液压调节器综合了机械调节器和液控调节器的优点,从而避免了两者的缺点。该调节器为内装式,取消外部供给,外形与机械式调节器相似,但其质量仅为机械调节器的1/10。改造后调节器结构简单,体积小,由3个部件构成,分别是上部油箱、中部油箱、下部基座。通过1个凸缘相互相连,由1个调整架固定在马达的主轴顶部,与马达的主轴一起转动,再用1个外部调节器进行保护。其结构如图1所示。

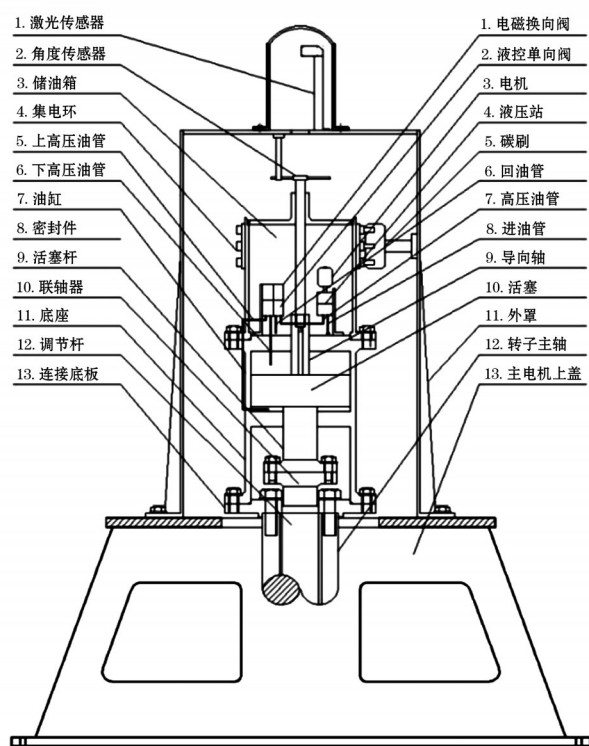


图1 调节器结构

以上3个装置中,上部的装置内设置有1台高压小型油压台,贮存着液体,外部的上方安装3个集电环,用以将电力传送给带动油泵的伺服电机(2根工作,1根控制电机的方向,电刷支架安装在外壳的内侧壁上)。在中缸内部设有1个活塞,把流体的压力能转化为动力,从而使刀片工作。下部基座用于

支承上部部件,并通过凸缘与调速器机架相连,而控制器机架通过螺钉与电动机的主轴端相连。基座壳体两侧均设有开孔,方便拆卸及拆卸,并设有活塞棒及调整棒。马达的主轴是空心的,其中有1根调整棒,由连杆固定在活塞上。另外,为了防止液压缸发生泄漏,还在活塞周边、上下盖板和活塞棒的缝隙中设置了2个密封件。油罐中的油压工作站包括齿轮油泵、伺服马达、减速装置、进油管路及各类阀门零件。为了观察桨叶的倾角,在油罐顶部安装了1个能实时显示桨叶倾角和柱塞冲程的角度显示装置,并配有接口与微型计算机相连。调整角度分为手动和自动,调整前、后的角度可随意设置,且调整时不会对设备造成损伤。

3 改造系统组成及工作原理

3.1 系统组成

叶片调节机构主要由液压调节器、叶片转动机构两部分组成,前者作为控制机构位于机组主轴的顶端,后者作为工作机构位于主轴末端的叶轮轮毂体内,两者之间用调节杆相连(调节杆穿过机组主轴),构成叶片调节系统。液压系统是采用液压泵将原动机的机械能转化为液态的压力能,并通过流体压力的改变进行传输,通过不同的控制阀和管道,进而带动工作机构,完成活塞与调整杆的线性往返和叶片转动。

根据其工作特性,该体系可分为五大类:动力元件(油泵,发动机)、执行元件(油缸,活塞)、控制元件(各类阀)、辅助元件、工作介质。

3.1.1 动力元件(油泵、发动机)

由油泵、伺服电机和减速机组成,装于液压调节器的油箱内,其作用是把原动机的机械能转换成液体的压能,它是液压传动中的动力部分。油泵供油系统由油箱、电动齿轮油泵及各种阀门、滤网、自动化元件构成。在调节叶片角度运行期间,供油系统连续运行,向液压油配给装置(叶片调节控制机构)提供足够的压力和流量,以便随时调节叶片角度。

3.1.2 执行元件(油缸、活塞)

由油缸、活塞和活塞杆组成,位于液压调节器的中部,其作用是将液体的压能转换成机械能,供下部的工作机构使用。其中,油缸内的活塞连同调节杆一起在系统内做直线往复运动。

3.1.3 控制元件(各类阀)

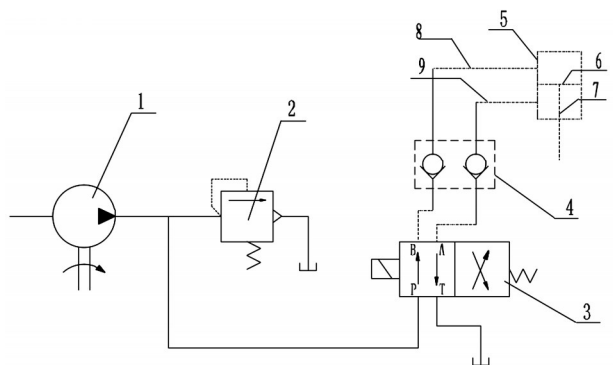
包括压力阀、流量阀和方向阀等,其作用是根

据需要,无级调节液动机的速度,并对液压系统中工作液体的压力、流量和流向进行控制和调节。

该液压调节器设有电磁换向阀、液控单向阀和安全阀等,都装在液压调节器的油箱内,以实现油泵的运行控制。如:通过电信号命令电磁换向阀的启闭,从而控制上、下油管的进出油方向(对上调还是下调起控制作用);高压油经过装置稳压后,经液控单向阀(相当于“液控锁”)进入油缸的上(下)油缸,油缸内的压力升高,推动活塞上(下)行;安全阀起到安全保护作用,当系统压力超过规定值时可自行卸载,避免压力超高后损坏设备。除以上3个部件之外,其他部件还包括压力表、油过滤器、能量存储装置、冷却器、管件、各种管道接头(扩口型、焊接型、卡套型)、高压球阀、快速换接头、软管总成、测压接头、管夹和油罐等,通过连接有关的装置,分散在调节器的不同部件上。例如抽油入口及回油道安装过滤器,确保抽油平稳运转,延长抽油使用寿命;在泵的出口处安装压力计、压力开关、电磁阀、负载阀、止动阀、单向阀等,用于监测和保护油系统。

3.2 工作原理

该装置的旋转装置整体上与现有通用的液压调整装置的旋转装置相同,其活塞与操纵架、操纵架与耳柄是固定的。当操作架、耳柄、连杆随着活塞上下运动时,操作架、耳柄、连杆也随之一起运动,因为叶片的枢转轴位于轮毂内部,所以转臂和叶片都无法上下运动,仅能够旋转,以此来调整叶片的安装角度。图2是新型液力调节器的工作原理示意图,该装置由调整杠杆和前面提到的桨叶旋转装置相连,从而达到调整桨叶角度的目的。



1—高压微型液压站;2—溢流阀;3—电磁换向阀;4—液控单向阀;5—油缸;6—活塞;7—调节杆;8—上高压油管;9—下高压油管

图2 改造后调节器的工作原理

3.3 调节流程

3.3.1 水泵叶片朝正角方向调节

在接收到来自主机的提升命令后,集电环与液压站马达供电,得到电力后启动工作,经过减压阀稳定后,将高压油输送到四通电磁阀的P口,此时四通电磁阀中的A通路被开启,高压机油通过液体控制止回阀流入气缸下部油箱,油箱中的气压上升,将活塞顶起。而二次四通电磁换向阀B孔和T孔导通后,液压缸上部油道就形成了回流通路,从而实现了柱塞向上平稳的上升。向上运动的活塞经活塞杆将调整杠杆顶起,调整杠杆抬起时,将泵叶片的拐臂部推起,从而将叶轮的角转向正向。在发现调高位置后,PC机发布关闭命令,集电环切断油压台马达的供电,使油压台断电,这时四通电磁阀的P孔失压,液控止回阀的A孔和B孔锁紧,而活塞也被锁紧,此时机组的桨叶以预定的角量运转,不发生轴向偏移。

3.3.2 水泵叶片朝负角方向调节

在接收到主机的降频命令后,集电环与液控台的马达供电,使水压机获得电力,启动工作,四通电磁阀也得到电力,通过减压阀稳定后,将高压油输送到四通电磁阀的P孔。此时,四通电磁阀中的B孔开度被开启,高压机油通过液控止回阀流入气缸上部油腔,上部油腔中的气压上升,将活塞向下推进。而二次四通电磁换向阀的A孔和T孔导通后,液压缸下部油道就形成了回流通路,从而实现了活塞的平稳下行。下压时,通过柱塞杠杆将调整棒往下压,调整棒降低,从而将泵叶片的拐臂机构推向相反的方向。在探测到下行调整位置后,PC机发布关闭命令,集电环切断了水压机的马达供电,水压机断电,换向阀也失去电力。此时,四通电磁阀的P孔关闭,液控止回阀的A孔和B孔被锁定,而活塞也被锁定,机组的叶片被锁定在预定的角值内,而没有轴向移动。

4 结 语

调节器改造后,当不调整桨叶时,调节器的供油系统就不工作,此时机器运转依靠着液压锁将上下油缸的压力油锁定,不会泄露。因此,在机器运转中,可以保持桨叶的角度恒定,降低了机器磨擦的次数,提高了调速器的工作寿命,确保了其工作的稳定性。另外,与外部供油不同的是,为了保证系统的压力平稳,必须定期开启泵进行加油。因

(下转第72页)

设计堤顶高程为设计洪水位加堤顶超高,堤防超高由波浪爬高、风壅水面高度和安全加高组成。经计算南堤堤顶高程为17.56 m,北堤堤顶高程为17.36 m,而本闸堤顶高程为南堤18.2 m,北堤18.2 m,满足标准要求。

3.1.3 过流能力复核

二河新闻设计洪水位时过闸流量过闸流量 $2\,545.4\text{ m}^3/\text{s}$,强迫过闸流量过闸流量 $3\,111.5\text{ m}^3/\text{s}$,满足入海水道设计行洪 $2\,270\text{ m}^3/\text{s}$ 和强迫行洪流量 $2\,890\text{ m}^3/\text{s}$ 的要求。该闸的过流能力满足规范要求。

3.2 渗流安全复核

经复核计算,二河新闻在二期规划水位运行工况情况下,防渗长度满足规范要求。采用改进阻力系数法,计算水平段渗流坡降为0.125,出口段渗流坡降为0.55,满足规范要求。二河新闻渗流稳定满足规范要求。

3.3 结构安全复核

二河新闻闸室采用钢筋混凝土开敞式结构,整体式底板,两孔一联。经复核计算,二河新闻闸身、岸墙、翼墙及岸坡抗滑稳定安全系数满足规范要求。二河新闻底板计算裂缝宽度、实有安全系数、实际配筋率均满足规范要求。闸墩计算裂缝宽度、实有安全系数均满足现行规范要求,中墩实际配筋率略小于现行规范要求的最小配筋率。工作桥底板计算裂缝宽度、实有安全系数、实际配筋率均满足现行规范要求。交通桥实有配筋满足配筋要求,交通桥强度满足现行规范要求。二河新闻现状的消力池池深、消力池长度、消力池厚、海漫长度,均能满足设计消能要求。

3.4 抗震安全复核

二河新闻工程抗震设计烈度同基本烈度采用7度,相应地震动峰值加速度取 0.1 g ,经过复核计

算,地震工况下抗滑稳定安全系数和不均匀系数均满足规范要求。地震工况产生的水平地震惯性力参与结构计算,经复核计算满足抗震强度要求。

3.5 金属结构复核

经过复核计算,闸门面板、主梁、次梁、纵梁、弧门支臂及支铰等重要承重部件强度和稳定复核计算均满足设计要求。同时根据二期规划运行工况水位进行启闭力复核计算结果,原启闭机容量均能满足启闭要求。

3.6 机电设备复核

经过复核计算,二河新闻变压器、柴油发电机组、 0.4 kV 进线柜和闸门控制箱主要元器件选型等指标满足设计和规范要求。高压开关柜、变压器与低压开关柜型号较新,柴油发电机组虽出厂时间较长,但维护保养较好,设备运行状态良好,未出现异常情况,基本满足规范要求。

本次检测为水闸健康运行提供可靠保障。依据二河新闻现场安全检测和复核计算成果分析,下一阶段建议对闸墩、检修便桥局部胀裂露筋部位进行处理,进一步增强闸门与启闭机、电气设备的维修养护,加强工程安全观测,确保工程安全运行。

参考文献:

- [1] 马建军,袁伟,王绪建,等.白山深孔弧形钢闸门安全性检测与分析[J].工程建设与管理,2018(6):33.
- [2] 中华人民共和国水利部.水工钢闸门和启闭机安全技术规程:SL101—2014[S].北京:中国水利水电出版社,2014.
- [3] 刘明金.水闸运行管理及日常维护措施分析[J].建筑工程技术与设计,2018(27):21.
- [4] 王云汉.水闸工程复核计算方法的分析与探讨[J].城市建设理论研究,2011(25):67.

(上接第68页)

此,使用这种新的水力调整装置,不但可以防止系统漏油和环境污染,还减少了设备使用,降低了能源消耗,运行平稳可靠。

参考文献:

- [1] 陈文龙.免抬轴水泵叶片角度调节器在密云水库调蓄工程泵站改造中的应用[J].北京水务,2022(2):66-70.
- [2] 李扬,夏方坤,周灿华,等.大型液压全调节立式轴流泵

叶片调节机构故障分析与改造[J].中国农村水利水电,2022(1):98-104.

- [3] 叶奎成.南水北调台儿庄泵站叶片调节器改造实施方案[J].现代制造技术与装备,2018(8):135-136.
- [4] 陈慧莹.水口电站励磁系统电气二次部分的改造研究[D].福州:福州大学,2021.
- [5] 唐力,李兴文.右江水力发电厂励磁系统技术改造[J].广西水利水电,2019(6):62-64.