

立式泵机组设备技术要求及采购模式探讨

颜红勤¹ 冯旭松² 王丽慧² 朱正伟²

(1. 江苏省水利工程科技咨询有限公司, 江苏 南京 210029; 2. 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 江苏 南京 210029)

摘要 结合江苏省部分已建泵站设备采购和相关的规范、规程要求,提出了新建泵站工程立式泵机组设备在采购或招标阶段应明确的生产制作等方面的技术要求,针对部分地区泵站数量众多、集中成群、同期建设的特点,提出了将泵机组设备的制作和安装作为一个标段招标,条件许可时将多座泵站设备进行捆绑招标的采购模式,供工程设计、设备采购及建设管理部门参考。

关键词 泵站工程;水泵;电机;设备技术要求;设备采购

中图分类号: S277.9 文献标识码: B 文章编号: 1006-764X(2009)S1-0153-03

江苏省共有大型低扬程泵站 95 处,其中单座大型泵站共有 45 座,装机 801 台套,装机总功率为 379 830 kW。为拉动内需经济,发展农业生产,江苏省已开始进行泵站更新改造工程。南水北调工程是举世瞩目的跨流域调水工程,东线一期工程需新建、加固低扬程泵站 25 座,拟装机 116 台套,其中立式机组 84 台,平均设计扬程 4~6 m,单泵流量 30 m³/s,叶轮直径 3.0 m,配套电机功率 2 600 kW。泵站大多采用肘形进水流道配直管式或虹吸式出水流道,或是钟型进水流道配蜗壳式出水流道及贯流式机组等多种装置形式。

泵站主机组设备(即水泵及配套电机)是泵站工程的核心,低扬程泵站主机组设备投资约占工程总投资的 20%~30%,设备性能特点及运行的可靠性直接关系到工程效益的发挥。目前泵站工程设计、施工等规范、规定中,除南水北调建设委员会于 2005 年编制了《水泵采购、监造、安装、验收指导意见》^[1]外,针对泵站工程运行特点,有关主机组设备制造加工、材料选用等方面的规范、规程还不完善,尤其是对一般中型泵站更缺少可操作性。笔者拟结合部分已建工程实施情况和即将大批更新改造工程机遇,以及相关行业的规范、规程要求,提出具有长期运行要求的大中型泵站工程立式泵机组设备在采购或招标阶段需明确的生产制作等方面的技术要求和集中采购的设想,供工程设计、招标采购及建设管理部门参考。

1 水 泵

大中型立式泵泵体一般包括转轮、导叶、顶盖、出水弯管、进口锥管、泵轴、水导轴承、填料、底座等,叶片调节通常采用液压全调节或半调节机构。为确保工程安全可靠、稳定高效的运行要求,泵体结构除选择优秀的叶片水力模型以满足工程需要的性能参数(如流量、扬程、效率、汽蚀、噪声等)外,水泵寿命(含排涝站)应不低于 30 年,大修间隔的运行时间应不少于 3 万 h,强迫停机率不大于 0.6%^[1]。水泵(以南水北调东线常用的液压全调节立式泵为例进行说明,对其他中型水泵可作参考)各部件制作要求建议如下。

1.1 转 轮

转轮由叶片、叶轮外壳、轮毂体(含内部叶片操作机构)组成。原型转轮应严格几何相似于模型转轮,加工后偏差不得低于相关规范^[2-3]要求。

1.1.1 叶 片

采用抗空蚀性能及抗磨性能良好、在常温下具有良好可焊性的不锈钢材料(ZG0Cr13Ni4Mo 或 ZG1Cr18Ni9)单片铸造,采用三维 CAD 实体建模+精密铸造成形+五轴数控铣床精密曲面加工 CAM,即 CAD/CAM 一体化的集成制造技术进行加工;加工后过流表面应光滑,无裂纹、空穴、凹陷或凸出物,表面粗糙度不大于 1.6 μm^[1],叶轮静平衡应达到 G6.3 级,提倡进行动平衡试验。

1.1.2 叶轮外壳

外壳为轴向剖分结构,采用不锈钢(ZG1Cr18Ni9或1Cr18Ni9)整体铸造或整体压制,表面粗糙度不大于 $3.2\mu\text{m}$ 。

1.1.3 轮毂体

采用 ZG310-570 整体铸造,通常上部为接力器油缸(即下置式),过流表面粗糙度不大于 $3.2\mu\text{m}$ 。轮毂体内叶片操作机构的活塞杆、连杆采用 45 号锻钢,转臂、操作架采用 ZG310-570,滑动轴承采用锡基青铜制作。制作完成后,轮毂体内应充油进行压力试验,要求油压 0.36MPa ,历时 2h ,试验过程无漏油现象。

1.2 导叶体。

导叶片采用 ZG270-500 单片铸造,导叶体的法兰和筒体等采用 Q235A 钢板焊接,过流表面粗糙度不大于 $6.3\mu\text{m}$ 。

1.3 主轴、主轴密封及水导轴承

1.3.1 主 轴

采用 35 号锻钢整体锻造,中空结构;水导轴承及填料接触处轴颈堆焊 3Cr13 不锈钢硬质合金,表面粗糙度不大于 $3.2\mu\text{m}$ 。

1.3.2 主轴密封

安装于泵盖上,填料盒高于顶盖以利于排水。填料盒、填料压盖为中开分半结构,填料采用耐磨性好且具有良好自润滑性的聚四氟乙烯纤维盘根,利用泵内水自动润滑。

1.3.3 水导轴承

水导轴承可采用水润滑轴承或油润滑轴承,正常使用寿命(运行时间)应不低于 2万 h 。轴承采用分半结构,支座采用 ZG1Cr18Ni9 制造。对于水润滑轴承,常用的轴瓦材料有橡胶、聚氨酯、赛龙、弹性金属塑料瓦等,理论上各材料均可满足工程要求,但因制造厂家不同,产品质量差异较大,应尽可能选用正规厂家或进口产品。进口橡胶轴承使用寿命(运行时间)可达 4万 h ,但价格约为国内产品的 2.5 倍。对于油润滑轴承主要是巴氏合金稀油润滑轴承,其瓦面质地软、承载力高、耐磨性好,基本无老化现象,不足之处在于油封要求相对较高。

1.4 其他部件

出水弯管、水泵顶盖等采用 Q235A 钢板焊接。水泵底座、调整垫铁、地脚螺栓和联接螺栓等基础部件及进口锥管等采用 HT200 铸铁件材料。

1.5 叶片液压全调节系统

叶片液压全调节系统包括压力油供油装置、受油器、配压阀、接力器、操作机构、控制柜等,接力器、操作机构通常包含于泵体中,每台水泵电机上部安

装 1 台受油器,通常 2 台水泵合用 1 套供油装置。

1.5.1 油压装置

油压装置采用分离式,由电动油泵、回油箱、蓄能器、安全阀及各种阀门、双向滤网、自动控制元件等构成。油压装置应配置 2 台相同的油泵,一主一备,连续或断续运行。每台油泵配有卸荷阀、油过滤器、电磁阀、截止阀和止回阀,专用功能阀组采用插装式组合。油泵控制设备应保证随油压变化可靠启闭油泵。

蓄能器采用囊式结构,内充氮气。各种运行工况下压力油罐内为最低操作油压(即事故油压),水泵作用最大阻力矩时接力器可对叶片进行全范围操作 1 次。

1.5.2 受油器

受油器由滤油器、控制阀组、叶角反馈传感器、压力油导入和排油装置、油箱及各种阀门和油路组成,布置在电机上部,与电机所有连接处需设置双重绝缘,转动与固定部分留有一定的反向推力位移间隙,控制元件采用比例阀。

1.5.3 接力器

接力器可布置在电机轴与水泵轴连接法兰之间,或轮毂体上部。接力器为双向运动、液压活塞型,操作油采用国产透平油^[4-5]。加工完成后,接力器应进行耐压试验,试验压力为设计油压的 1.5 倍,保持 30min ,不得出现渗油、损坏及有害变形。

1.5.4 控制柜

控制柜配置叶片调节系统,可对水泵实行自动控制 and 手动控制,具有故障保护和角度保护功能。系统 PLC 采用 RS-485 通讯接口、MODBUS 通讯协议,与泵站计算机监控系统进行数据传输。

2 电机

立式同步电机主要由定转子、上下机架、推力轴承、导轴承及其他部件组成。为满足泵站安全可靠运行,要求电机无故障累计运行时间不小于 20000h ,大修间隔年限 10a ,退役前使用年限 30a 。主要部件技术要求建议如下:

a. 上、下机架。采用辐射式十字形荷重结构, Q235 钢板焊接。除满足承重、内部设备安装要求外,上机架垂直振动值(双幅)应不大于 $0.07\text{mm}^{[6]}$,下机架水平振动值不大于 $0.12\text{mm}^{[7]}$ 。

b. 定子。定子机座采用 Q235 钢板焊,一般采用不分瓣整体结构,定子直径较大时采用分瓣结构。铁心采用高导磁低损耗 $0.5\text{mm}50\text{W}310$ 冷轧硅钢片整片叠压。线圈采用带有绝缘的扁铜线外包 F 级少胶云母带绕制,所有接头和连接均采用银铜焊接,并

进行整体软态嵌线真空压力浸漆(VPI技术)处理。

c. 转子。转子一般采用凸极式,转子冲片采用厚1.5 mm的Q235钢板,磁极冲片两端加压板由螺杆拉紧形成磁极铁心。磁极铁心烫包绝缘后套入磁极线圈形成磁极,用磁极螺杆将磁极固定在磁轭上。磁轭采用45号铸钢件,经加工后热套在主轴上。磁极线圈采用扁铜线绕制,F级绝缘。转子磁极配备的阻尼绕组须满足电机连续2次全压异步起动要求。

d. 推力轴承和导轴承。轴承轴瓦可采用巴氏合金或弹性金属塑料瓦。采用巴氏合金瓦油温不低于10℃、弹性塑料瓦油温不低于5℃时,机组应能起动。轴承润滑油采用油槽内部自循环冷却方式,油冷却器通入压力冷却水,上机架冷却器采用翼片结构,冷却水中断时应允许机组带额定负荷运行10 min。冷却器管材采用铜合金无缝管,阀门阀座采用青铜制作,阀杆为不锈钢。

e. 主轴。同步电机大轴与水泵轴刚性直接连接(空心轴),45号锻钢加工,轴身垂直度不大于0.1 mm/m。导轴承和主轴密封相对主轴表面衬不锈钢耐磨轴套,轴套表面粗糙度不低于 $1.6\mu\text{m}^{[8]}$ 。

f. 励磁系统。同步电机采用可控硅励磁系统,包括励磁变压器、三相全控整流桥可控硅功率整流回路、灭磁回路、微机励磁调节器、整流控制保护信号回路、测量电流互感器、电压互感器及设备间连接电缆等。励磁系统采用全数字控制方式。

3 设备采购方式

江苏省大中型泵站分散于全省湖荡地区,经排序分析,列入更新改造的大型泵站共68处,468座泵站,总装机2 896台套,装机总功率456 563 kW,设计流量 $5\,078\text{ m}^3/\text{s}$,工程面广量大。南水北调东线一期工程有34座泵站,是典型的泵站群,设备采购均由各建设单位独自招标,造成各泵站机组设备供应商不尽相同,尽管对设备质量要求基本一致,但由于中标厂家制作水平不同,各站主机组设备的质量还是有所差异的。另外,现行设备安装工程内容一般包含于土建及设备安装工程标段中,设备制作与安装分别由2家单位完成,造成设备运行出现问题时无法理清责任单位。

鉴于大中型立式泵机组设备结构形式类似,为减少工程招投标成本,便于工程建成后的设备维护,建议首先将泵机组设备制作与安装作为一个标段发包,由1个单位完成设备的制作与安装,可确保工程质量和责任追究;其次条件许可时,可将多个泵站的机组设备进行捆绑招标,作为一个标段发包,由1个厂家提供产品,既可以降低承包商生产成本,提高其

积极性,形成规模化生产,也可节省工程投资,为泵站运行期设备售后服务和建设集中维护中心提供方便。

4 结 语

泵机组设备作为泵站工程的核心设备,采购阶段首先要按照工程需要的功能参数拟定合适的生产制作技术要求,其次是从耐久、经济、合理的角度提出主机组技术指标,制定泵站最合适的技术参数,第三是推荐合适的制作、安装单位。前述技术要求主要针对具有长期运行要求的引、调水低扬程立式泵站,对于运行历时较短的排涝泵站可作参考。

针对部分地区泵站数量多,分布集中、同期建设的特点,可将泵机组设备的制作和安装作为一个标段招标,将多座泵站设备进行捆绑、集中采购,是降低工程成本、确保工程质量、便于售后服务的有益尝试。由于集中采购与现行的水利基本建设管理模式不一致,尚需与各级主管部门进行协调、沟通。

参考文献:

- [1] 国务院南水北调建设委员会. 水泵采购、监造、安装、验收指导意见[R]. 北京:国务院南水北调建设委员会, 2005.
- [2] GB/T 10969, 水轮机通流部件技术要求[S].
- [3] JT/T 5413—2007, 混流泵、轴流泵开式叶片验收技术条件[S].
- [4] GB 11120—89, L-TSA 汽轮机油[S].
- [5] GB 5903—86, 通用锂基润滑油[S].
- [6] SL 321—2005, 大中型水轮发电机基本技术条件[S].
- [7] SL 317—2004, 泵站安装及验收规范[S].
- [8] JB/T 10484—2004, 大型水轮机主轴技术规范[S].
- [9] GB 10585—89, 中小型同步电机励磁系统基本技术条件[S].

(收稿日期 2009-02-24 编辑 高建群)

