

刘老涧泵站水力机械改造设计

王业宇, 祁德丽, 吉庆伟

(江苏省骆运水利工程管理处, 江苏 宿迁 223800)

摘要: 从刘老涧泵站运行中存在的主要问题出发, 泵站改造采用水泵叶轮直径不变, 转速减小, 改善水泵的空化性能, 对关键支撑部位、水泵轴与叶轮座连接形式和水泵叶片固定方式等进行了改造, 有效减小了水泵叶轮的运行摆度和不稳定性, 并选用流量系数较大的水力模型以满足流量的要求, 提出泵站水力机械设计的合理改造措施。

关键词: 水利; 泵站; 机械; 改造

中图分类号: TV53

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2019) 02-0063-04

Reconstruction design on the hydraulic machinery of Liu Laojian pumping station

WANG Yeyu, QI Deli, JI Qingwei

(Luoyun Hydraulic Project Management Division of Jiangsu Province, Suqian 223800, Jiangsu)

Abstract: Starting from the main problems existing in the operation of Liu Laojian Pumping Station, the improvement of pump cavitation performance by using the constant diameter of pump impeller, the reduction of speed, the transformation of key supporting parts, the connection form between pump shaft and impeller seat and the fixed way of pump blade, etc., which effectively reduced the swing and instability of pump impeller, and selected hydraulic model with larger flow coefficient to meet the flow rate requirement and put forward reasonable reformation measures for hydraulic machinery design of pumping station.

Key words: water conservancy; pumping station; machinery; reconstruction

0 前言

刘老涧泵站工程位于宿迁市宿豫区仰化镇境内, 设计流量为 $150 \text{ m}^3/\text{s}$, 总装机容量为 8800 kW, 属于淮水北调第二梯级站, 南水北调东线第五梯级站, 采用簸箕型进水流道, 虹吸式出水流道, 真空破坏阀断流方式, 出水流道与站身为分段式结构, 安装 4 台套井筒分段式全调节轴流泵及立式同步电动机。水泵型号为 3100ZLQ38-4.2, 设计扬程 4.2 m, 设计流量 $37.5 \text{ m}^3/\text{s}$, 流量调节范围为 $25.5 \sim 46.5 \text{ m}^3/\text{s}$, 扬程运行范围为 $2.7 \sim 6.3 \text{ m}$, 叶

片调节角度为 $\pm 8^\circ$, 电动机型号为 TL2200-40/3250, 额定功率 2200 kW, 转速为 150 r/min ^[1]。

1 存在问题

泵站运行已 20 余年, 机组运行振动大, 水泵汽蚀严重, 运行效率下降, 机组运行故障频发, 大大缩短了机组的使用寿命, 影响工程效益的正常发挥。主水泵存在的主要问题如下:

(1) 水泵叶片、叶轮室、导叶等过流部件汽蚀严重

收稿日期: 2018-11-06

作者简介: 王业宇 (1969—), 男, 本科, 高级政工师、工程师, 主要从事水利工程和水资源管理等工作。

叶轮外壳汽蚀带宽度达到 6 cm, 深度 19 mm, 面积 5784 mm², 且有 1 处穿孔现象, 穿孔直径 13 mm。其中下哈夫汽蚀严重, 不锈钢衬带有 3 处断裂、脱落, 最大面积为 132 cm²。叶轮外壳下哈夫有 3 处贯穿性裂缝, 裂缝宽度 5 mm, 长度 57 cm, 还有多处裂纹。下哈夫与底座紧固螺栓松脱并产生断裂、错位, 位移达 5 mm, 叶轮外壳损坏严重。叶片间隙最大为 3 cm, 间隙汽蚀导致叶片、叶轮外壳呈蜂窝状, 3 只叶片均有磨损卷片, 表面剥落, 叶片最大磨损深度为 5 mm。由于长期磨损、叶片汽蚀以及叶型变化, 致使叶轮失去平衡, 加之机组长期在非设计工况下运行, 致使运行中机组振动加剧, 加速了轴颈及轴承的磨损。叶片、叶轮室、导叶损坏严重, 已难以继续安全运行。

(2) 水泵出水流量不足, 装置效率下降

该主水泵投运以来, 经过数次大修, 但主要部件叶轮、叶轮室、导叶体、大轴等均未更换过, 只是对叶片、叶轮室汽蚀损坏部分进行焊条补焊。水泵各部件损坏严重, 水泵性能达不到设计要求, 流量减少, 装置效率严重下降。刘老涧泵站建成初期效率为 60% 左右, 近几年随着机组部件损坏加剧, 水泵效率越来越低, 2016 年实测平均效率只有 54%, 已远远达不到原设计工程效益, 远低于《泵站技术管理规程》中规定的要求。

(3) 大轴轴颈及橡胶轴承磨损严重

水泵轴填料函处表面锈蚀, 轴颈磨损不均匀, 最大深度达到 4 mm, 橡胶轴承处轴颈锈蚀, 磨损严重, 磨损最大深度达 5 mm, 水导轴承与导叶体配合安装螺栓全部脱离, 水导轴承内固定轴瓦的螺栓松动脱落, 轴承底座损坏, 橡胶轴承止口呈现凸台, 止口磨损最大深度为 5 mm。

2 原因分析

刘老涧泵站存在的主要问题是水泵汽蚀严重, 且运行时振动、摆度大, 分析原因主要是:

(1) 水泵中座基础存在缺陷, 原水泵中座预埋件支撑基础只有 4 个点, 容易造成预埋件基础漏筋、混凝土脱落等现象, 对水泵基础稳定不利, 时间长了也造成中座基准参数发生变化, 导叶体发生不同程度的周向位移, 导致安装卡变形, 影响大修后机组的安装质量。

(2) 原水泵叶轮室为上下分瓣结构, 下半部分

埋置于混凝土内, 材质为铸钢, 虽然表面堆焊了不锈钢, 但还是容易汽蚀。水导轴承材质为橡胶, 耐磨性较差, 运行时间长后磨损严重, 增大了水泵水导轴承处的摆度, 造成大轴轴颈磨损。

(3) 水泵结构存在先天性缺陷, 原水泵主轴下端插入转子体内用柱销连接, 主轴与转子体通过 4 个横销连接, 用来传递扭矩和承受横向剪切, 检测结果发现连接横销全部脱落、断裂, 叶轮头与主轴之间间隙达到 5 mm。叶轮外壳为沿叶轮中心水平剖分的上下分瓣结构, 上下叶轮外壳在剖分处仅用止口作径向定位, 轴向不连接, 叶轮外壳(下)固定在下座上, 叶轮外壳(上)与导叶体下端连接。检测结果发现叶轮外壳下哈夫与下座紧固螺栓松脱并产生断裂、错位, 位移达 5 mm。

3 水泵结构优化设计及部件材质优选

针对上述存在问题, 依据相关规范^[2-3], 对水泵结构进行优化设计, 对部件材质进行优选。

(1) 增加机组在线监测系统, 一旦水导轴承处出现问题, 会及时发出报警信号。

(2) 增加水泵中座混凝土基础, 提高水泵基础运行稳定性, 改造前后对比示意图见图 1、图 2 (尺寸单位为 mm)。

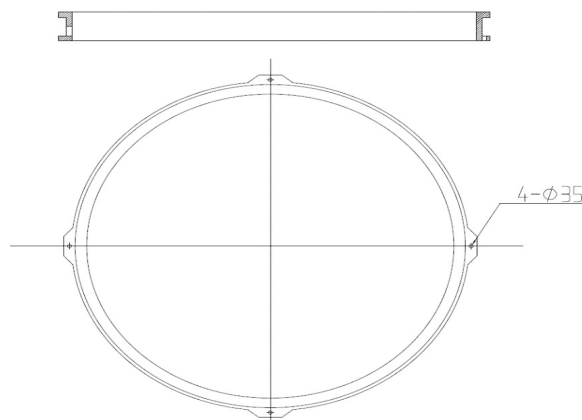


图 1 中座安装于混凝土牛腿上(改造前)

(3) 原设计叶轮外壳(上)与叶轮外壳(下)通过止口连接, 运行中容易松动, 本次改造将叶轮外壳(上)与叶轮外壳(下)不仅通过止口连接, 还用螺柱和螺母连接, 防止轴向串动导致水泵振动。同时将叶轮室的材质由铸钢改为铸不锈钢, 减少叶轮室汽蚀的发生, 水导轴承材质采用进口材料以减小磨损, 改造前后对比示意图见图 3、图 4 (尺

寸单位为 mm)。

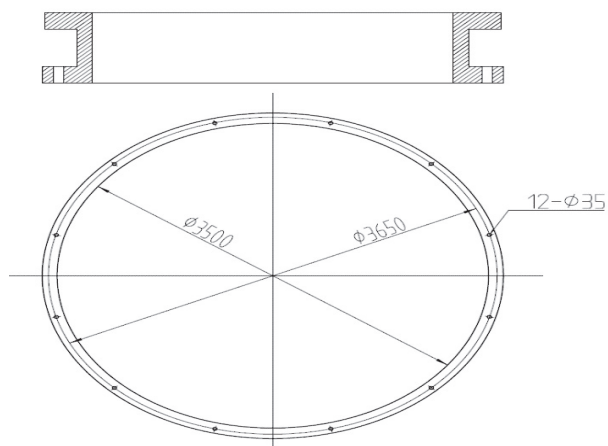


图2 中座整圈安装于混凝土基础上(改造后)

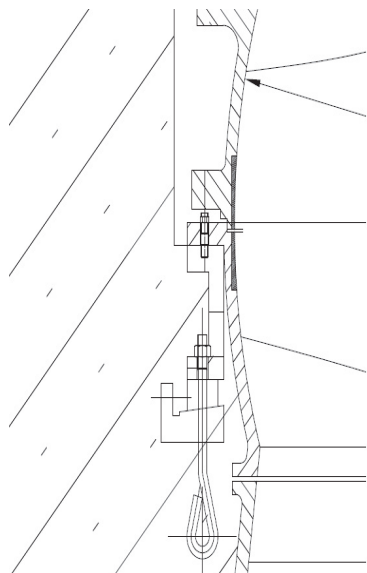


图3 叶轮改造前

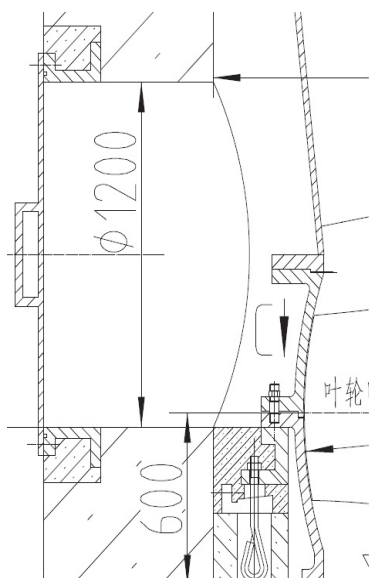


图4 叶轮改造后

(4) 原水泵轴与叶轮座连接采用水平横销传递扭矩, 运行中发现横销承载力不够, 全部脱落、断裂, 改造后采用螺栓连接, 能更好地传递扭矩和承受横向剪切力, 运行更安全可靠, 改造前后对比示意图见图5、图6。

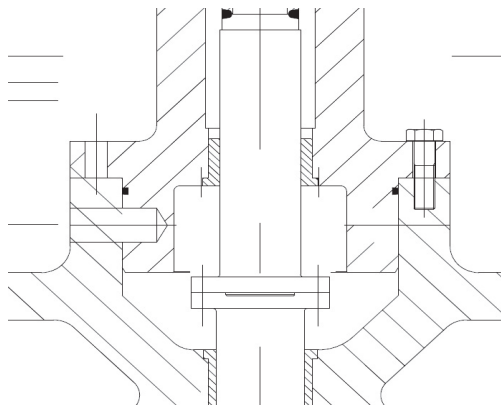


图5 水泵轴与叶轮座改造前

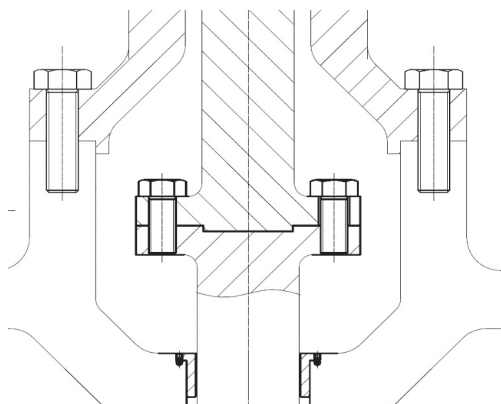


图6 水泵轴与叶轮座改造后

4 水力模型

刘老涧原水泵设计采用 ZBM791-100 水力模型, 比转数为 1000, 叶轮直径为 3.1 m, 转速为 150 r/min, 水泵 nD 值为 465, 水泵叶轮外缘线速度大, 水泵汽蚀严重, 本次改造选用新的流量系数大的水力模型, 在保持叶轮直径不变的情况下, 将水泵转速降至 136.4 r/min。

对水泵水力模型 TJ05-ZL-02 和 TJ04-ZL-06 分别进行了装置模型试验。根据扬州大学《刘老涧抽水站水泵装置模型试验报告》成果^[4], 水力模型 TJ05-ZL-02 换算的原型水泵装置综合特性曲线见图7, 水力模型 TJ04-ZL-06 换算的原型水泵装置综合特性曲线见图8。

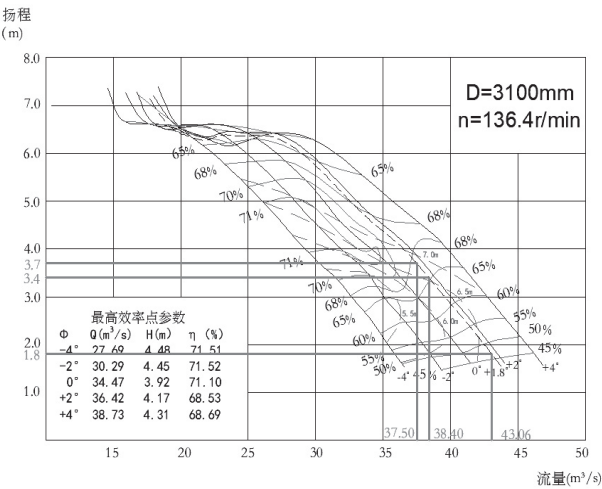


图 7 原型水泵装置综合特性曲线 (TJ05-ZL-02)

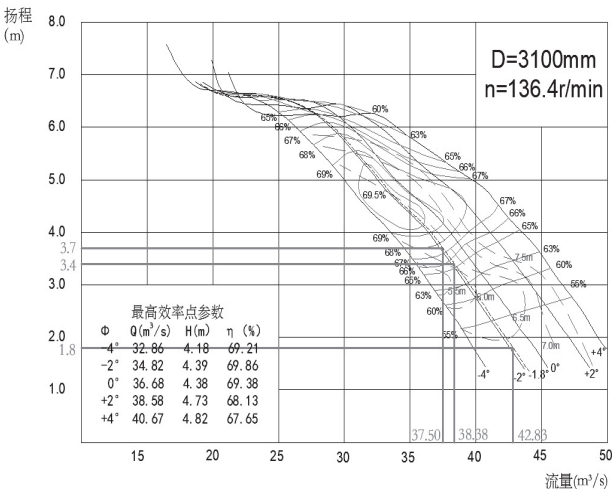


图 8 原型水泵装置综合特性曲线 (TJ04-ZL-06)

特征扬程下不同水力模型的真机性能参数见 决思路。
表 1。

表 1 不同水力模型的真机性能参数

装置		水力模型 (TJ05-ZL-02)			水力模型 (TJ04-ZL-06)		
特性	扬程 (m)	叶片角度	流量 Q (m³/s)	效率 (%)	叶片角度	流量 Q (m³/s)	效率 (%)
最大	3.70	+1.8°	37.50	66.9	-1.8°	37.50	67.5
设计	3.70	+1.8°	37.50	66.9	-1.8°	37.50	67.5
平均 (规划)	3.40	+1.8°	38.40	65.1	-1.8°	38.38	65.5
平均 (现状)	2.91	+1.8°	39.50	61.5	-1.8°	39.50	61.8
最小	1.80	+1.8°	43.06	46.5	-1.8°	42.83	47.6

5 结语

本次优化设计是针对刘老涧泵站运行中存在的主要问题所提出的,有效减少了刘老涧泵站机组拦污栅水力损失;降低水泵的 nD 值和转速,减小机组运行时的振动和噪音,提高了空化性能;改造水泵轴与叶轮座连接形式,增大了传递扭矩能力,避免原装置键销断裂的故障;增加了中座固定的稳定度,减小了水泵叶轮的运行摆度;优化了水泵叶片的固定方式,减少了叶轮外壳的摆动,为刘老涧泵站水力机械的改造提供了切实可行的解

参考文献:

[1] 江苏省水利厅. 刘老涧抽水站安全鉴定报告书 [R]. 2015 .
[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB50265-2010 泵站设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2010 .
[3] 中水北方勘测设计研究有限责任公司. SL140-2006 水泵模型及装置模型验收试验规程 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006 .
[4] 扬州大学. 刘老涧抽水站水泵装置模型试验报告 [R]. 江苏省水利动力工程重点实验室, 2018 .