

# 淮阴抽水站现状问题分析与更新改造措施

杨 燕, 杨 俊, 顾 翔, 梁豪杰

(江苏省灌溉总渠管理处, 江苏 淮安 223200)

**摘要:** 针对淮阴抽水站已建成运行多年, 目前存在机电设备老化, 水工建筑物混凝土碳化严重, 金属结构锈蚀等问题, 从水工建筑物、主机泵、辅机系统、电气设备等方面分析了淮阴抽水站现状及存在问题, 并提出了相应的改造措施, 为类似泵站的更新改造提供借鉴。

**关键词:** 泵站; 更新; 改造

中图分类号: TV675      文献标识码: B      文章编号: 1007-7839(2017)11-0047-04

## Analysis of present situation and renovation measures of Huaiyin pumping station

YANG Yan, YANG Jun, GU Xiang, LIANG Haojie

(Main Irrigation Channel Management Division of Jiangsu Province, Huai'an 223200, Jiangsu)

**Abstract:** Huaiyin pumping station has been built and operated for many years. At present, there were many problems, such as the aging of mechanical and electrical equipment, severe concrete carbonation of hydraulic buildings, corrosion of metal structures and so on. The present situation and problems of Huaiyin pumping station were analyzed from hydraulic structures, main pump, auxiliary system, electrical equipment and other aspects, and relevant transformation measures were put forward, which could provide a reference for the renewal and renovation of similar pumping stations.

**Key words:** pumping station; renewal; renovation

## 0 引言

我国大型灌溉排水泵站中约 90% 建于 20 世纪 80 年代及以前, 限于当时的政治条件、经济条件和技术水平, 很多泵站规划论证不足, 工程设计标准低, 泵站布局不合理, 配套设施不健全。许多泵站在建设时机组选型不当, 水泵长期在低效率区运行, 导致泵站效率低下, 能源浪费, 运行费用不断上升<sup>[1-2]</sup>。淮阴抽水站建成于 1987 年, 至今已运行 30 年, 是江苏省江水北调工程第三梯级泵站, 其主要作用是从苏北灌溉总渠抽引淮安抽水站转送来的江水, 经二河向北调送, 补给中

运河航运及徐淮连地区工农业用水水源。设计总流量 120 m<sup>3</sup>/s, 装机容量 8000 kW, 单泵设计流量 30 m<sup>3</sup>/s, 扬程 5 m, 转速 125 r/min。装有 4 台套 ZL30-7-S 型立式全调节轴流泵, 配套 TL2000-48/3250 型立式同步电动机, 叶轮直径 3.1 m, 工程采用肘型进水流道, 虹吸式出水流道, 真空破坏阀断流。至 2016 年底已累计运行 192392 台时, 抽水 207.78 亿 m<sup>3</sup>, 泵站年平均运行达到 6634 台时。由于运行时间较长, 效率明显下降, 机电设备严重老化, 运行中故障频发, 安全隐患较多, 安全鉴定评定为三类泵站<sup>[3-4]</sup>。淮阴抽水站作为南水北调第

收稿日期: 2017-08-24

作者简介: 杨燕(1981-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事水利工程运行与管理工。

三梯级工程的首选运行泵站,一旦发生故障,将严重影响工程的整体效益。本文分析了淮阴抽水站现存的问题,并提出相应的改造措施,这对类似泵站的更新改造具有一定的参考价值。

## 1 存在问题及分析

### 1.1 水工建筑物

(1) 站身混凝土表层碳化严重,碳化深度在30 ~ 62.9 mm 之间;工程混凝土构件的强度在C14.8 ~ C24.7 之间,不满足现行规范的最低要求<sup>[1]</sup>。这主要是由于构件使用年限较长,长期在潮湿、高温、受载环境下运行,引起结构强度偏低、耐久

性大幅度降低。

(2) 上下游引河护坡较短,因淮阴三站的建成,上下游南岸河堤现改为淮阴站与淮阴三站的导流堤,抗冲刷能力差,抽排水时对两岸冲刷较严重,影响安全运行。

### 1.2 主水泵

#### 1.2.1 水泵出水流量不足、装置效率下降

淮阴抽水站装有4台ZL30-7-S型立式全调节轴流泵,经多年运行和检修,各部件损坏严重,叶片严重变形,水泵性能达不到设计要求,流量减少,功率上升,装置效率呈逐年下降的趋势。淮阴抽水站历年实测平均水位、流量、功率和泵站装置效率见表1,实测泵站效率随时间变化趋势见图1。

表1 淮阴抽水站历年实测平均水位、流量、功率和泵站装置效率

年份	上游水位 (m)	下游水位 (m)	净扬程 (m)	功率 (kW)	实测流量 (m <sup>3</sup> /s)	泵站效率 (%)
1987年	11.16	9.11	2.05	989	29.10	60.3
1988年	11.33	9.18	2.15	1080	30.75	60.9
1989年	11.10	9.00	2.06	1034	31.57	63.0
1990年	11.16	9.05	2.11	1064	31.60	62.7
1991年	11.36	9.20	2.16	1015	28.92	61.3
1992年	11.15	9.13	2.02	1200	28.83	58.1
1993年	11.13	9.10	2.05	1061	27.80	54.2
1994年	11.32	9.24	2.10	1087	28.08	53.7
1995年	11.39	9.29	2.10	1079	27.21	53.0
1996年	11.24	9.08	2.16	1081	27.58	55.1
1997年	11.09	9.03	2.07	1158	31.87	56.8
1998年	11.31	9.21	2.11	1156	29.34	53.0
1999年	11.22	9.11	2.11	1148	26.11	47.9
2000年	11.23	9.13	2.11	1130	27.06	50.3
2001年	11.40	9.28	2.12	1132	28.96	53.9
2002年	11.27	9.17	2.10	1098	28.89	55.2
2003年	11.17	9.12	2.06	1285	32.55	52.1
2004年	11.40	9.32	2.08	1116	26.78	50.0
2005年	11.35	9.19	2.16	1113	27.20	53.0
2006年	11.16	9.05	2.11	1132	27.73	52.0
2007年	11.22	9.11	2.11	1134	27.79	51.6
2014年	12.53	9.62	2.91	1375	81.10	56.0
2015年	10.99	9.29	1.70	1075	30.01	47.7
2016年	11.26	9.37	1.89	1121	29.74	50.1
平均	11.29	9.18	2.10	1119	28.76	54.6

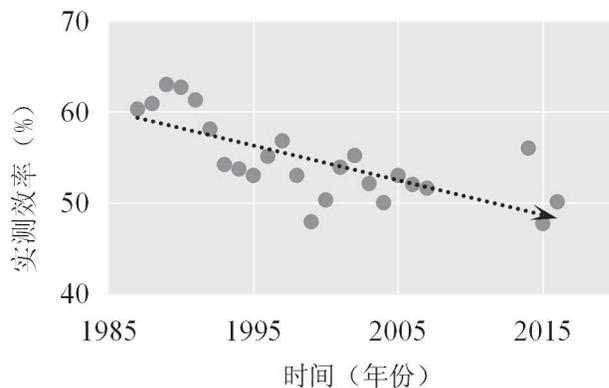


图 1 淮阴抽水站实测效率随时间变化趋势图

从表 1 和图 1 可以看出, 淮阴抽水站的效率呈逐年下降的趋势。1987 ~ 1990 年平均效率为 61.7%, 2004 ~ 2007 年平均效率为 51.7%, 下降了 10%。例如 2014 年 2 月测得, 泵站在净扬程 3.0 m 下的实测流量仅为  $104 \text{ m}^3/\text{s}$ , 与该泵站设计流量相差达  $16 \text{ m}^3/\text{s}$ , 减少了 13.3%; 实测泵站装置效率仅为 56.5%, 如按电机效率 97%, 流道效率 90% 推算, 水泵效率仅 64.7%, 与水泵设计效率 86.5% 相比, 下降了 21.8%。

机组效率偏低及主水泵汽蚀严重的主要原因分析:

(1) 主水泵长期处于非设计工况运行, 泵站多年实际运行净扬程在 1.5 ~ 3.8 m 之间, 低于泵站设计扬程 5.0 m, 与原设计时确定的水位组合有较大差异, 造成水泵长期处于低效率区运行。另外, 当水泵在偏离设计工况下运行时, 会使叶片入口冲角加大或减小, 在叶片进口边产生脱流与漩涡, 由于淮阴抽水站实际扬程小于泵的设计扬程, 造成在叶片正面产生脱流, 因而使叶片正面产生汽蚀破坏。

(2) 河道中污物、杂草较多, 泵站进口捞草设施严重损坏, 无法使用, 加大了拦污栅前后水位差, 使水泵运行振动加剧, 效率降低, 汽蚀加剧。

(3) 水泵叶片长期经水流、泥沙冲刷及汽蚀的破坏, 叶片间隙增大, 叶片成锯齿状, 均降低了水泵本身的效率。在叶片汽蚀后进行修补时, 由于叶片型线、堆焊工艺、打磨、变形等难以控制, 检修后的水泵汽蚀性能并不能明显改善。反复补焊使过流表面变得更加不平, 特别在堆焊后, 叶片表面形成大小凹坑, 汽蚀沿着这些坑穴向深处发展, 向补焊处周围延伸, 不断扩展, 使汽蚀破坏更加严重。

(4) 大轴轴颈严重磨损, 机组运行摆度增大,

使机组振动增大。

(5) 水泵叶片的材质为普通铸钢, 该泵于 1984 年 11 月出厂, 当时产品的材料和制造工艺水平平均较差, 也是促进汽蚀损坏的原因。

### 1.2.2 水泵叶片、叶轮室、导叶等过流部件汽蚀严重

淮阴抽水站主泵经长期水流、泥沙冲刷及汽蚀的破坏, 叶片间隙增大, 叶片成锯齿状, 表面有焊补裂纹, 叶片蚀坑密布, 面积达 40%, 叶片经多次修补, 焊补厚度不均匀, 造成型线变形, 各叶片重量不一致。

上、下导水锥表面锈蚀严重, 由于锈蚀, 型线不均, 轮毂表面锈蚀严重, 蚀坑深达 2.5 mm。叶轮外壳内部汽蚀严重, 下部锈蚀严重, 蚀坑成片。导叶体表面剥落, 有严重锈蚀, 型线失准, 蚀坑成片, 导叶片进水端有缺损, 成锯齿状。

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, 在水泵层可听到激烈的汽蚀爆裂声。叶片、叶轮室、导叶损坏严重, 已难以继续安全运行。

### 1.2.3 大轴轴颈及橡皮轴承磨损严重

该站主水泵采用清水润滑橡胶轴承, 因原深井泵取水井内夹有大量泥沙, 致使大轴轴颈及橡胶轴承磨损严重。轴承有明显锈蚀, 蚀深 1 ~ 2 mm, 轴瓦明显磨损, 深达 2 ~ 3 mm, 每次大修均需对大轴进行喷镀处理。

### 1.2.4 叶片调节机构老化磨损严重

叶片调节机构受油器内的小铜套、止水密封件、绝缘垫片等老化严重, 磨损松动, 造成运行时调节机构振动, 从而影响叶片调节的准确性。受油器、配压阀、绝缘板、调节轴及多数零部件锈蚀, 叶片根部密封件老化, 密封不良, 压力油密封件渗漏严重, 油压调节机构不能正常工作, 叶片角度调节机构在正常叶片调节范围内叶片角度无法调整到位。

### 1.2.5 水泵主要零部件的锈蚀磨损严重

除叶片、叶轮室、导叶体严重锈蚀、磨蚀、汽蚀外, 大部分水泵部件如导水锥、导水圈、压盖、导轴承体等均已严重锈蚀、缺损。

## 1.3 主电机

(1) 主机定、转子绝缘老化

淮阴抽水站的主电机已超过其正常使用期, 其

定子绕组绝缘已呈老化特征。大修中发现,定子线圈绝缘已失去弹性,出现龟裂,绝缘下降。经检测,主电机定子线圈等多项试验参数不合格,不符合规范要求。

#### (2) 定子测温电阻老化

定子测温电阻系在电机制造时预埋在铁芯中,因长期使用,电阻已严重老化,测温不准,有的测温电阻在线圈内已断线。

(3) 机组运行振动加剧,效率下降。

(4) 集电环表面产生凹凸不平的沟槽,磨损严重。

主电机绕阻电容增加率最小值达到 11.9%(大于标准值 8%),且三相正切值的增量 $\Delta \text{tg}\delta$ 值和介质损耗正切值 $\text{tg}\delta_n$ 值均大于标准值, $\Delta \text{tg}\delta$ 值最小达 7.5%,最大值 8.65%(大于标准值 6%), $\text{tg}\delta_n$ 最小值 17.04%,最大值 18.50%(大于标准值 7%),属于电机老化特征。

### 1.4 辅机系统

(1) 压力油系统因长时间使用,锈蚀渗漏严重,油质受损,叶片调节可靠性下降,调节时漏油严重,叶片角度不能准确到位。顶转子装置管件运行时漏油严重,调节功能较差,管道中部分阀件老化损坏,动作不灵。

(2) 供排水系统水泵老化,叶轮磨损、汽蚀严重,轴颈严重磨损,泵体运行中渗漏,水泵运行效率大幅度下降,噪音和振动较大,抽水能力不足。闸阀老化关闭不严,部分阀芯老化、操作不灵活,管道锈蚀严重,水流滴漏不止。

(3) 低压气系统因长期运行,管道焊接处锈蚀,有漏气现象,部分闸阀动作不灵,密封不严,操作时漏气,影响泵站机组开、停机。中压气系统管道和闸阀老化,漏气严重,泵站压力容器已使用 20 多年,安全性能难以保证,已构成泵站安全运行隐患,运行时需严密监视其状况。

(4) 行车磨损严重,零部件老化,故障频发,操作中常出现操作不灵、吊钩卡死现象。

### 1.5 电气设备

高压开关柜真空断路器交流耐压、导电回路电阻、分合闸线圈直流电阻、分闸时间、分合闸三相不同期检测结果均不符合现行的规范和设计要求,电力电缆、低压电器交流耐压检测结果不合格,励磁装置整定试验、定值校验、控制、保护、投励、

灭磁、励磁变压器性能、励磁柜及二次回路安装均不符合现行的规范和设计要求。仪表检验误差较大,通信功能故障,通风及冷却装置工作不可靠,温度稍高即导致可控晶闸管失控,系统无法正常工作。

## 2 改造措施及建议

(1) 水工建筑物:下游新建清污机桥,混凝土结构修补、裂缝与防碳化处理,水泵层、联轴层止水修复,测压管改造,新建站上、下游护坡与已护砌护坡衔接,新建下游巡堤道路,下游河道清淤,改造拦河设施,厂房控制室加接改造。

(2) 主水泵:按照原设计规模,更新 4 台主水泵。

(3) 主电机:按照原设计规模,更新 4 台主电机,主电机功率为 2000 kW,电压为 10 kV。

(4) 辅机系统:更新泵站技术供水系统、排水系统、油系统、压缩空气系统、抽真空系统、通风设备及量测系统,对行车进行大修。

(5) 电气设备:更换主变、站变,改造高压开关柜,更换低压开关柜、辅机控制柜和励磁装置,增设自动化控制系统和视频监视系统,更换高低压电缆和控制信号电缆。

## 3 结语

通过对淮阴抽水站实施更新改造,可以提高泵站设备和工程完好率,增加工程安全运行的可靠性,提高装置效率、降低能耗,减少泵站运行管理费用、维修保养费用,从而使泵站运行在经济及安全可控的范围内。

### 参考文献:

- [1] 逢辉. 分析我国大型灌溉排水泵站存在的主要问题和更新改造的必要性[J]. 黑龙江水利科技, 2010, 38(1):135-137.
- [2] 储训, 陈履. 大型泵站建设和更新改造对策[M]. 南京: 河海大学出版社, 2000.
- [3] 江苏省灌溉总渠管理处. 淮阴抽水站安全鉴定报告[R]. 2016.
- [4] 中华人民共和国水利部. SL316-2015 泵站安全鉴定规程[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2015.

(责任编辑: 徐丽娜)