

文章编号: 1005-0523(2002)03-0014-03

叶轮切削律在调节水泵运行工况中的应用

魏桂生¹, 江立文²

(1. 南昌双港供水有限公司; 2. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 利用叶轮切削调节水泵的运行工况, 提高了水泵的运行效率, 取得了较好的经济效益, 但通过叶轮切削提高水泵效率是有一定限度的, 因此在实际应用中全面考虑确定水泵叶轮的切削量是非常重要的。

关键词: 叶轮切削律; 水泵; 运行效率; 叶轮切削量; 运行工况

中图分类号: TU991.35

文献标识码: A

1 概述

双港水厂设计供水规模为 5 万 m^3/d , 1989 年 3 月竣工并投入使用。1996 年 1 月 1 日中方与中法水务合作经营, 成为南昌市唯一一家中外合作的水厂。随着水厂供水量的逐年增加, 水厂的最大供水量已达到 6 万 m^3/d 左右, 超过水厂的设计能力。一般来说, 由于供水系统投产运行后的实际运行条件与原设计条件可能有些出入, 有时甚至相差很大, 因此必须按实际运行条件, 经专业技术人员充分计算论证后, 提出最佳的技术改造方案, 节约运行费用。

本文根据双港水厂一级泵站及其输水管路的竣工图, 对一级泵站现有的运行条件进行了分析和理论计算, 提出了泵站运行的技术改造方案, 利用叶轮切削律对水泵的运行工况进行了调节, 提高了水泵的运行效率, 取得了较好的经济效益。双港水厂一级泵站的平面图及剖面图见 1。

2 水泵运行扬程的工作范围

根据泵站内吸水管路的特点, 为了计算方便, 忽略其管路的水头损失, 其计算过程中产生的误差可忽略不计。

2.1 泵站供水系统的总水头损失 h

根据一级泵站的供水条件, 最大运行工况的供水量 ($1^\#$ 与 $3^\#$ 泵并联运行) 约为 $Q=3\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ 。 $1^\#$ 与 $3^\#$ 泵并联运行时的供水压力为 $P=27.8\ \text{mH}_2\text{O}$ (压力表读数), 由伯努力能量方程得: $P=h+h_{sd}$ (h_{sd} : 水泵压水地形高度, h_{sd} =反应池进水标高 34.9 米—泵轴标高 12.4 米=22.5 m), 可得 $h=5.3\ \text{m}$, 取 $h=5.0\ \text{m}$ 。

2.2 水泵扬程的工作范围

根据反应池进水标高和河床水位情况, 水泵扬程的工作范围如下:

最高扬程 $H_{\text{高}}$: 河床的枯水位标高 13.68 米, 可得 $H_{\text{高}}=34.9-13.68+h=26.22\ \text{m}$;

最低扬程 $H_{\text{低}}$: 河床的洪水位标高 22.46 米, 可得 $H_{\text{低}}=34.9-22.46+h=17.44\ \text{m}$;

故水泵运行的扬程工作范围在 $H=17.44\sim 26.22\ \text{m}$ 之间。

3 水泵效率的测试及计算方法

3.1 测试方法

1) 流量 Q 测量: 两条直径 DN700 输水管路上均安装电磁流量计 (SC100-AS), 流量 Q 通过电磁流量计测量;

收稿日期: 2002-03-21

作者简介: 魏桂生 (1965—), 男, 江西新建人, 工程师。

2) 供水压力 $P(\text{mH}_2\text{O})$ 测量: 各台泵的出水口与压水管的承接法兰处装有弹簧压力表, 水泵的供水压力 P 通过压力表测量(压力表的零位至压水管的中心线的垂直高度可忽略不计);

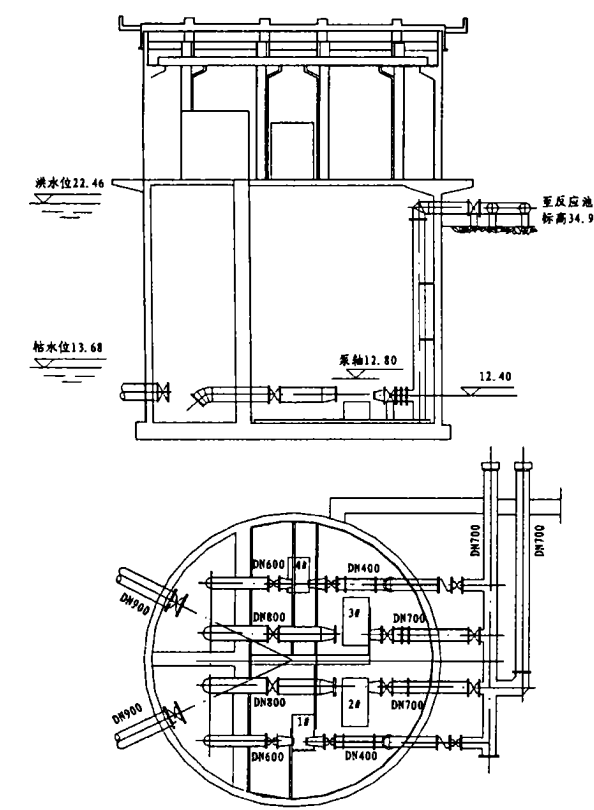


图1 一级泵站平面图与剖面图

3) 电流 $I(\text{A})$ 、电压 $U(\text{V})$ 及功率因素 $(\cos\varphi)$ 测量: 由相应的电流表、电压表及功率因素表测量;

4) 单位时间耗电量的测定: 用秒表测定单位时间内电度表的转数 (n) , 由电度表的计量参数 (n/kwh) , 可以算出单位时间的耗电量。

3.2 计算方法

1) 扬程 $H(\text{mH}_2\text{O})$: 如图1所示, 水泵的吸水方式为自吸式, 则 $H = P - H_{\text{水位}}$ ($H_{\text{水位}}$ = 吸水井水位标高 - 吸水管中心线标高);

2) 水泵的轴功率 $N_{\text{轴}}(\text{w})$: 电机输入功率 $N_{\text{输}} = \sqrt{3} UI \cos\varphi(\text{w})$, 电机的效率为 $\eta_{\text{电}}$, 传动效率 $\eta_{\text{传}}$ (取 $\eta_{\text{传}} = 1$), 则 $N_{\text{轴}} = \eta_{\text{电}} \eta_{\text{传}} N_{\text{输}}$;

3) 水泵的效率 $\eta_{\text{泵}}$: 水泵的有效功率 $N_{\text{有}} = \frac{\gamma Q H}{102}$ (kw), 则水泵的效率 $\eta_{\text{泵}} = \frac{1000 N_{\text{有}}}{N_{\text{轴}}}$, (其中 γ : 水的重度, kg/m^3 ; Q : 供水量, m^3/s);

4) 耗电指标 (kwh/m^3) : 单位时间的耗电量与单位时间的供水量之比

4 叶轮切削的基本理论及应用

实践证明, 在一定条件下, 叶轮经过切削后, 其性能参数 Q 、 H 、 N 的变化与切削后轮径存在以下关系:

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{D_1}{D} \quad \frac{H_1}{H} = \left(\frac{D_1}{D}\right)^2 \quad \frac{N_1}{N} = \left(\frac{D_1}{D}\right)^3$$

上式中 Q_1 、 H_1 、 N_1 相应为叶轮外径切削为 D_1 时的流量、扬程和轴功率. 利用以上关系, 对叶轮切削改变水泵的运行工况, 应考虑以下因素:

1) 现有水泵扬程的工作范围, 其为 $H = 17.44 \sim 26.22 \text{ m}$ 之间;

2) 根据水泵的比转数 n_s , 确定最大允许切削量, 现有水泵的比转数 $n_s = 170$ 左右, 切削量控制在 12% 左右;

3) 水泵运行易于搭配组合, 满足供水量的要求.

根据以上因素, 对水泵叶轮进行了切削, 并对叶轮切削前后的水泵运行性能参数进行了测试, 结果见表1.

5 运行状况及经济效益分析

97年7月~8月期间, 对一级泵房 1#、3#、4# 水泵叶轮进行了切削, 至9月10日止, 切削后的叶轮全部安装到位, 从表1中可以看出, 水泵经叶轮切削后, 运行效率均有明显的提高, 但水泵的运行工况仍未在高效率段运行, 其主要原因是, 水泵的叶轮切削量偏低, 不能调节水泵的工况在扬程 $H = 17.44 \text{ m} \sim 26.22 \text{ m}$ 范围之内运行. 如果继续对水泵的叶轮进行切削, 将给水泵的实际运行带来以下问题: 为了满足一级泵站供水量的要求, 水泵联合运行时, 运行方式不易搭配; 水泵的轴功率下降, 造成原有电机的配套功率偏大, 电机的容量不能充分利用, 浪费电能. 为了进一步提高水泵的运行效率, 应根据实际情况重新选择水泵和配套电机.

从表1中可知, 对水泵进行叶轮切削后, 降低了单位运行的电耗, 节约了运行费用. 根据运行资料统计, 一级泵站全月取水量为 170 万 m^3 , 其中 1# 泵取水量为 35 万 m^3 , 4# 泵取水量为 35 万 m^3 , 3# 泵取水量为 70 万 m^3 . 电价按 0.45 元/kwh 计算, 则全年

可节约电费 $E=(350\times13.6+350\times12.3+700\times8.6)\times0.45\times12=8.1$ 万元,占一级泵站水泵叶轮未切削时的全年电费的 11%,具有较好的经济效益.

表 1 叶轮切削前后的水泵运行性能参数

水泵型号及编号		12sh-13(1 [#])	12sh-13A(2 [#])	20sh-13(3 [#])	12sh-13(4 [#])
切 削 前	流量 $Q(\text{m}^3/\text{h})$	612~900	581~855	1550~2410	612~900
	扬程 $H(\text{m})$	38~28	34~24	40~30	38~28
	效率 $\eta_{\text{泵}}(\%)$	80~83.5	79~82.5	80~88	80~83.5
	运行效率	61.1	68.1	59	61.1
	泵轴功率 $N_{\text{轴}}(\text{kw})$	80.3	60.7	246	80.3
	叶轮直径 $D(\text{mm})$	352	322	550	352
	单位电耗 (kwh/km^3)	93.6	83.9	99.2	93.6
切 削 后	流量 $Q^1(\text{m}^3/\text{h})$	549~808	581~855	1431~2226	549~808
	扬程 $H_1(\text{m})$	31~22	34~24	34~26	31~22
	运行效率 $\eta_{\text{泵}}(\%)$	78.2	75.5	70.6	77.0
	泵轴功率 $N_{\text{轴}}(\text{kw})$	58	60.7	193	58
	叶轮直径 $D_1(\text{mm})$	316	322	508	316
	单位电耗 (kwh/m^3)	80	84.0	90.6	81.3
	切削量 $(\%)$	10.2	9.1	7.5	10.2
单位电耗降低量 (kwh/km^3)		13.6	0	8.6	12.3

6 结束语

根据泵站现有的运行条件,对水泵的叶轮进行切削,可以在一定程度上提高水泵的运行效率,节约运行费用,能够取得较好的经济效益,但利用叶轮切削调节水泵的运行工况,水泵效率的提高是有一定限度的,否则将给泵站的实际运行带来困难.

参考文献:

[1] 屠大燕. 流体力学与流体机械[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1996.
[2] 西南交通大学水力学教研室. 水力学[M]. 北京:高等教育出版社(第三版), 1991.
[3] 姜乃昌. 水泵及水泵站[M]. 北京:中国建筑工业出版社(第三版), 1996.

Application of the Impeller Cutting Law for Regulating the Pump Service Condition

WEI Gui-sheng¹, JIANG Li-wen²

(1.School of Civil Eng. and Arc., East China Jiaotong Uni., 330013;2. Nanchang Shuanggang Water Supply Ltd., Nanchang 330013, China)

Abstract:By using impeller cutting law for regulating the pump service condition, the pump efficiency is increased and from it much better economical benefit is obtained , but it has definite limit to increase benefit . So it is very important to determine the impeller cutting amount in practical application.

Key words:impeller cutting law ; pump ; service efficiency ; impeller cutting amount ; service condition