低扬程泵站的节能技术改造

蔺长增 蒋广庆 郭延杰
(聊城市水利局) (东昌府区水利局) (聊城市水利局)

摘 要:通过对聊城市具有代表性的康营电灌站及万丰渠机灌站的测试及改造,找出了低扬程泵站效率低、能源浪费严重的原因,总结了一套适用于低扬程泵站节能技术改造的措施。可供参考。

关键词:泵站 低扬程 效率 改造

一、引言

聊城市位于鲁西平原,泵站的扬程普遍较低(一般在 1.5～4 m),水泵多为轴流泵,且以 28ZLB-70 型为主。各泵站的模式和存在的问题大体相同。《泵站技术规范》中规定,泵站效率不得低于 54.4%,特低扬程(3 m 以下)的泵站效率不得低于 50%。但通过对一些站的试点测试,全市现有泵站的平均效率仅为 40%,远低于规范要求,浪费能源的问题相当严重。为了找出低扬程泵站效率低的原因,研究相应的改造技术,总结出一套适用于低扬程泵站技术改造的措施并在全市推广应用,我们分别在最具代表性的电灌站康营泵站和机灌站万丰渠泵站进行了测试改造。

二、康营电灌站的改造

(一)基本情况

康营泵站建于 1989 年,水泵为 28ZLB-70 型轴流泵,配用 JSL-12-10 型 80 kW 电动机,转速 585 r/min,联轴器传动,装机 3 台,计 240 kW,提水能力 3.6 m^3/s;出水管直径 700 mm,长度 5 m;最高净扬程 2.9 m,最低净扬程 1.1 m,常年平均净扬程 1.9 m。正向进、出水池,进出水条件较好。

(二)原技术状况和存在的问题

1、原技术状况

为了摸清泵站的技术状况,找出存在的问题,按《泵站现场测试规程》对其进行了技术测试。测试结果见表 1。

表 1 原状技术测试结果表

机组号	水泵转速 (r/min)	泵站净扬程 (m)	总扬程 (m)	流量 (m^3/s)	电机输入功率 (kW)	泵站效率 (%)	千吨米耗电 (kW·h)	管路效率 (%)	进出水池效率 (%)	传动效率 (%)	机泵效率 (%)
2	586	1.81	2.45	1.11	48.6	40.5	6.72	74	96	100	57

注:水泵叶片安装角度为 0°。

2、存在的问题

由表 1 得知,泵站效率仅 40.5%,低于《泵站技术规范》中规定的 50%(特低扬程泵站)9.5 个百分点。经分析,泵站效率低的主要原因和存在的主要问题是:

(1) 机泵效率低。根据水泵的性能,叶片安装角度在 0°时,高效区最低效率点为 78.4%,电动机的额定效率为 91.2%,其机泵效率应为 71.5%,而实测机泵效率只有 57%,低 14.5 个百分点。造成机泵效率低的原因,一是水泵实际运行扬程低于其高效区的扬程,水泵运行效率低。水泵高效区的最低扬程是 2.86 m,而实际扬程只有 2.45 m;二是电动机实际输出功率小,负载率低,导致电动机的运行效率低。

(2) 管路效率低。由表 1 可知,管路效率只有 74%,也就是说,能量在通过管路时损失了 26%。其原因,一是管路出口损失较大,损失值为

$$h_{损} = 16(Q^2/2g)\pi^2 D^4 = 0.345Q^2$$

式中 D—— 管道直径

Q—— 流量

而泵站扬程较小,故水头损失占的比例大;二是管道直径小,流速大,增大了管路的沿程损失。

万方数据

蔺长增:男,工程师,聊城市水利局(山东省聊城市,252061)。

(三)技术改造措施

该站存在的问题,在全市泵站中都普遍存在。对该站的改造,不仅要大幅度提高泵站效率,而且要研究探索出能普遍推广应用的技术改造措施。故其改造,以充分利用现有工程设备、投资少,又可大幅提高泵站效率为原则。针对该站存在的问题,要提高泵站效率,只有提高水泵、电动机和管路效率。经研究分析,我们采取了如下技术改造措施。

1、改变水泵性能,使其与泵站的实际扬程相符,以提高水泵运行效率。

具体措施是:把水泵的叶轮和导叶体换成700ZLB-125型水泵的叶轮和导叶体,叶片安装角度定为+2°。改前和改后水泵的性能参数见表2。由表2可知,水泵原来的工作点在高效区之外,换件改造之后工作点在高效区之内,且流量和轴功率均比原来有所增大。

水泵轴功率的增大,将使电动机的负载率增大,进而提高电动机的运行效率。

2、把出水管改为扩散角为8°的渐扩管,长度为2 150 mm。小头直径800 mm,与下端管道相接;大头直径1 100 mm,安上拍门作为出口。渐扩管和水泵出口之间的管道直径由700 mm改为800 mm。按有关理论分析,改后出口的水头损失将减少到原来的12%。

表2 水泵性能参数表

改造前后	叶片安装角度	流量 (m^3/s)	扬程 (m)	转速 (r/min)	轴功率 (kW)	效率 (%)
前	0°	0.976	5.5	580	65.6	80.3
		1.064	4.6		58.3	82.4
		1.235	2.86		44.2	78.4
后	+2°	1.408	4.03	585	70.4	79
		1.653	2.74		53.3	83.3
		1.778	2.02		44	80

(四)实测改造效果

改造后,按《泵站现场测试规程》的规定,采用和改造前相同的测试方法进行了技术测试。测算结果见表3。

表3 改造后测试情况表

改造前后	泵站净扬程 (m)	流量 (m^3/s)	总扬程 (m)	电机输入功率 (kW)	泵站效率 (%)	管路效率 (%)	进出水池效率 (%)	传动效率 (%)	机泵效率 (%)	千吨米耗电 (kW·h)
改后	1.92	1.46	2.24	50.8	55	86	96	100	66.6	4.95
比改前增(+)减(-)	+0.11	+0.35	-0.21	+2.2	+14.5	+12	0	0	9.6	-1.77

由表3可知,改后泵站效率提高到了55%,超过了《泵站技术规范》规定的特低扬程泵站效率不低于50%的要求。泵站效率比改造前提高了14.5个百分点,管路效率提高了12个百分点,机泵效率提高了9.6个百分点,改造效果显著。

三、万丰渠机灌站的改造

(一)基本情况

万丰渠泵站建于1988年,水泵为28ZLB-70轴流泵,配6160A柴油机。水泵皮带轮直径630 mm,出厂时叶片角度为0°。柴油机额定转速750 r/min,皮带轮直径480 mm,常年平均净扬程1.86 m。正向进、出水水池,进出水条件较好。

(二)原技术状况和存在的问题

1、原技术状况

按《泵站现场测试规程》进行了原状技术测试,其结果如表4。

表4 万丰渠泵站3号机组原状测试结果表

机组号	柴油机转速 (r/min)	水泵转速 (r/min)	耗油 (kg)	时间 (s)	流量 (m^3/s)	净扬程 (m)	能源单耗 (kg/kt·m)	泵站效率 (%)	管路效率 (%)	进出水池效率 (%)	传动效率 (%)	机泵效率 (%)
3	750	569	1	274	1.098	1.86	1.79	41.3	75	97	93	61

2、存在的问题

由测试结果知,能源单耗为1.79 kg/kt·m,比《规范》要求的1.35 kg/kt·m高0.44,泵站效率41.3%,比《规范》要求的50%低8.7个百分点。经分析,能耗高、效率低的原因,除水泵、管路运行效率低之外,还有:①柴油机和水泵转速不配套。当柴油机为额定转速750 r/min时,水泵转速569 r/min,水泵达不到额定转速580 r/min(武汉产柴油机皮带轮直径465 mm,比潍坊产柴油机皮带轮直径小15 mm,柴油机转速750 r/min,水

万方数据

泵转速只有 552 r/min)。柴油机转速一般开不到额定转速,水泵也就更达不到额定转速。②柴油机功率大,水泵需用功率小,属大马拉小车。当净扬程 1.86 m 时,流量为 1.098 m^3/s,274 s 时间耗柴油 1 kg,每小时耗柴油 13.13 kg。根据 6160A 柴油机负荷特性曲线,此时柴油机功率为 61.15 kW,不在经济功率范围内。

(三)技术改造

1、把水泵的叶轮和导叶体,换为 700ZLB-125 型水泵的叶轮和导叶体;管路改为 8°渐扩管(水泵、管路改造同康营泵站)。

2、降低柴油机转速。为克服"大马拉小车"的问题,提高柴油机效率,在满足水泵所需功率的情况下,降低柴油机的转速,使柴油机在经济转速下运行。

考虑到该站与康营站情况基本相同,为缩短技改周期,用康营站动力机功率除以交叉皮带传动效率,作为柴油机功率,即

$$51 \div 93\% = 55 \text{ kW}$$

又考虑到柴油机已运行多年及本身效率较电动机低,柴油机的负荷定为 70 kW。从柴油机特性曲线上查得其经济转速为 680 r/min。

3、更换水泵皮带轮。为使在柴油机降速的情况下,水泵能在额定转速下运行,应减小皮带轮的直径。

水泵皮带传动轮直径=柴油机转速×柴油机带轮直径÷水泵转速=680×480÷585=557 mm

考虑到皮带转动打滑,水泵皮带轮直径取 550 mm。

(四)改造效果

改造后,用与改前相同的测试方法进行了技术测试,测算结果见表 5。

表 5 万丰渠泵站 3 号机组改造后技术测试结果表

机组号	柴油机转速 (r/min)	水泵转速 (r/min)	耗油 (kg)	时间 (s)	流量 (m^3/s)	净扬程 (m)	总扬程 (m)	能源单耗 (kg/kt·m)	泵站效率 (%)	管路效率 (%)	进出水池效率 (%)	传动效率 (%)	机泵效率 (%)
3	686	585	1	272	1.471	1.88	2.21	1.28	57.8	86	97	94	73.7

由表 5 可知,改后千吨米耗油为 1.28 kg,比改前降低了 0.51 kg,泵站效率为 57.8%,比改前提高了 16.5 个百分点。

四、经济效益分析

(一)改造投资

一台机组的水泵改造费用 0.6 万元,管路改造费用 0.8 万元,共计 1.45 万元。

(二)改造效益

改造效益有节省能源的直接效益和扩大灌溉面积的增产效益。

1、节能效益

电灌站改造后,泵站效率由 40.5%提高到 55%,千吨米耗电由 6.72 kW·h 降为 4.95 kW·h。单台机组出水流量按 1.4 m^3/s(28ZLB 型水泵),泵站净扬程 1.9 m,年开机 1 200 h 计算,一年提水节电 2.03 万 kW·h,折款 1.22 万元。

机灌站改造后,泵站效率由 41.3%提高到 57.8%,千吨米耗油由 1.79 kg 降为 1.28 kg,年开机 1 200 h 计算,一年提水节油 6 154 kg。折款 15 385 元。

2、增加的灌溉效益

电灌站改造后一台机组的出水量由 1.11 m^3/s 增加到 1.46 m^3/s,净增加 0.35 m^3/s。一年可多提水 151 万 m^3,可扩大灌溉面积 467 ha。每公顷年灌溉效益按 1 500 元计算,一年增收 70 万元。机灌站灌溉效益与电灌站基本相同。

(三)改造投资的还本年限

电灌站和机灌站改造,一台机组一年的改造效益分别为 71.22 万元和 71.538 5 万元,改造投资的还本年限仅约 0.01 年,年效益是改造投资的约 60 倍,效益相当可观。ST

万方数据