

大河港主机泵运行频率选择与探索

赵 凯, 蒋庭益, 陈 浩

(无锡市水利工程管理中心, 江苏 无锡 214000)

摘要:随着电机变频技术的发展和应用,越来越多的大功率电机采用变频器调节的方式进行启动和运行。针对大河港泵站主机组配备的变频装置,通过研究泵组引水及排涝运行时的工况或变频方案比选,为泵站运行管理提供参考。

关键词:泵站; 变频; 引水; 排涝

中图分类号: TV675

文献标识码: A

文章编号: 1007-7839(2024)08-0069-0004

Selection and exploration of operation frequency for main pump in Dahegang

ZHAO Kai, JIANG Tingyi, CHEN Hao

(Wuxi Water Conservancy Engineering Management Center, Wuxi 214000, China)

Abstract: With the development and application of motor frequency conversion technology, more and more high-power motors are started and operated using frequency converter regulation. Based on the frequency conversion device equipped in the main unit of Dahegang Pump Station, this paper aims to provide reference for the operation and management of the pump station by comparing the operating conditions or frequency conversion schemes of the pump unit during water diversion and drainage.

Key words: pump station; frequency conversion; water diversion; drainage

1 工程概况

大河港北起长江,南至东横河,全长4.7 km,是江阴市东北部地区重要的引排通道。根据《无锡市锡澄片骨干河网畅流活水规划》(2018年),大河港闸站布置于老大河港闸南侧约40 m处,工程于2019年10月开工,2021年11月正式投运。其中大河港泵站安装有3台具有双向引排功能的2300ZGB15-2.23型竖井贯流泵,配置YPKS560-8TH型异步电机,总装机功率3 000 kW,由弗兰德H2HS15型齿轮箱进行传动,并配备施耐德ATV1200C-A1400-

1010B4型变频器。引水工况下2台机组投运,1台机组备用,单机设计流量为15 m³/s,设计总引水流量为30 m³/s。排涝工况下3台机组投运,单机排涝设计流量为10 m³/s,设计总排涝流量为30 m³/s。大河港节制闸采用单孔8 m上下扉门布置,设计引水流量35 m³/s,排涝流量50 m³/s^[1-2]。

2 正向引水主机频率的选择

大河港主机泵采用变频器变频启动方式,启动时频率设置为25 Hz,启动后通过调整运行频率达到效率最高工况。如何选择最佳的运行频率显得

收稿日期: 2024-05-13

作者简介: 赵凯(1983—),男,工程师,本科,主要从事水利工程运行与技术管理工作。E-mail: 86267533@qq.com

尤为重要,特别是在白屈港抽水站加固改造停运期间,如何找到大河港泵站机组最优运行频率以保证白屈港引流量成为急需解决的问题。通过一段时间的运行实践,运行管理人员先后试验了40 Hz、43 Hz、46.4 Hz等几个频率,最终探索出46.4 Hz为现行工况下最优选择。

2.1 正向引水频率方案比选

在大河港泵站运行初期,根据施工单位泵站试运行时的经验,将运行频率选择为40 Hz,在该频率下水泵转速约为136.8 r/min。水泵在该工况下运行整体噪声及振动均较小,电功率较低,但在运行过程中,运行人员发现出水池出水情况以及内河侧水位变化情况在该频率下运行引水效果及引流量尚需增强。

根据大河港泵站的设计报告,在设计引水工况下,机组由工频状态调整为变频状态工作,并保证设计引水工况下运行在高效区,此时频率由50 Hz调整为43 Hz,运行人员尝试将43 Hz暂定为泵站常用运行频率,并进行测试观察。对该工况下的引流量情况进行监测,2021年11月16日09:31时至09:35时,大河港由北向南(即长江侧向内河侧扬程约2.4 m)实测2台泵引水流量为26.6 m³/s;2021年11月23日9:34时至9:38时,大河港由北向南(即长江侧向内河侧扬程约1.6 m)实测2台泵引水流量为28.3 m³/s。

根据上述测试数据,43 Hz的运行频率虽然运行在水泵的高效区,但引流流量还是未能达到设计

流量。在否定40 Hz、43 Hz两个频率后,运行人员通过实践判定最优值应在43~50 Hz之间。为找出最优值,通过实践探索,最后确定从设备最优运行条件入手,从理论上计算出最优运行频率,再通过实践来检验是否正确。

通过查阅双向竖井贯流泵安装使用说明相关资料,2300ZGB15-2.23型水泵设计转速为159.5 r/min,即理论上水泵在转速159.5 r/min时流量最大,效率最高。通过查阅齿轮箱资料得知 $n_1=742$ r/min(电机工频50 Hz时转速), $n_2=170.34$ r/min(水泵工频转速),齿轮箱变比 $k=n_1/n_2$,由此得出 $k=4.36$ 。

根据齿轮箱变比为4.36进行以下计算,即水泵转速为159.5 r/min时需要对应电机转速为695.4 r/min。根据电机转速公式^[3],换算得出此时的运行频率 $f=46.4$ Hz。

通过计算可知,当水泵在设计转速159.5 r/min时,需要电机转速为695.4 r/min,而要让电机转速达到695.4 r/min,则需将电源频率设定在变频46.4 Hz。理论值计算出后进行实践,运行人员将运行频率设定在46.4 Hz,并观测引流效果。经过监测,该频率下引流量超过设计流量,达到了最优值。

同时,由于长江潮位的变化,长江侧的水位一天之内都处于动态的波动之中,也就是说水泵扬程也处于动态变化中,这是与内河常水位下的泵站相比明显不同之处。以2022年1月12日、1月13日、1月14日的水位变化为例,可以明显看出波动变化过程(表1)。

表1 大河港长江侧水位变化

单位:m

时间	0:00	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
1月14日	2.74	3.19	2.80	2.35	1.91	1.68	2.84	3.35	3.02	2.46	1.95	1.56
1月13日	2.54	2.39	1.95	1.59	1.38	1.75	2.77	3.16	2.83	2.42	1.98	1.78
1月12日	3.07	2.58	2.18	1.81	1.62	2.58	2.92	2.65	2.26	1.86	1.59	1.98

而在长江落潮时长江侧水位会显著降低,此时水泵也处于高扬程运行状态下,根据泵组安装使用说明书中的介绍,大河港泵组正向引水性能见表2。由大河港泵组正向曲线(图1)可以得出,在高扬程状态下较高的转速可以保证水泵始终处于引流量较大的状态。

2.2 引水运行时的注意事项

大河港泵站长江侧设计最低运行水位为1.43 m,若按常规方式,水泵必须经常启停,造成能源的浪费,同时也会降低水泵电机的寿命^[4]。但作为配备有变频器的泵站,当长江侧退潮导致水位逐渐接近最低运行水位时,运行人员可以适当降低水泵运行

表2 大河港泵组正向引水性能(2300ZGBS15-2.23型双向竖井贯流泵正向引水)

运行工况点	叶片安放角 $\beta/(^{\circ})$	流量 $Q/$ (m^3/s)	扬程 $H/$ m	转速 $n/$ (r/min)	功率 N/kW		效率 $\eta/$ %	汽蚀余量/ m	叶轮直径 $D/$ mm
					轴功率	配用功率			
最高扬程	-4	12.8	3.37	159.5 (变频)	612	1 000	69.2	7.9	2 300
设计扬程		15.0	2.23		456		72.0	6.0	

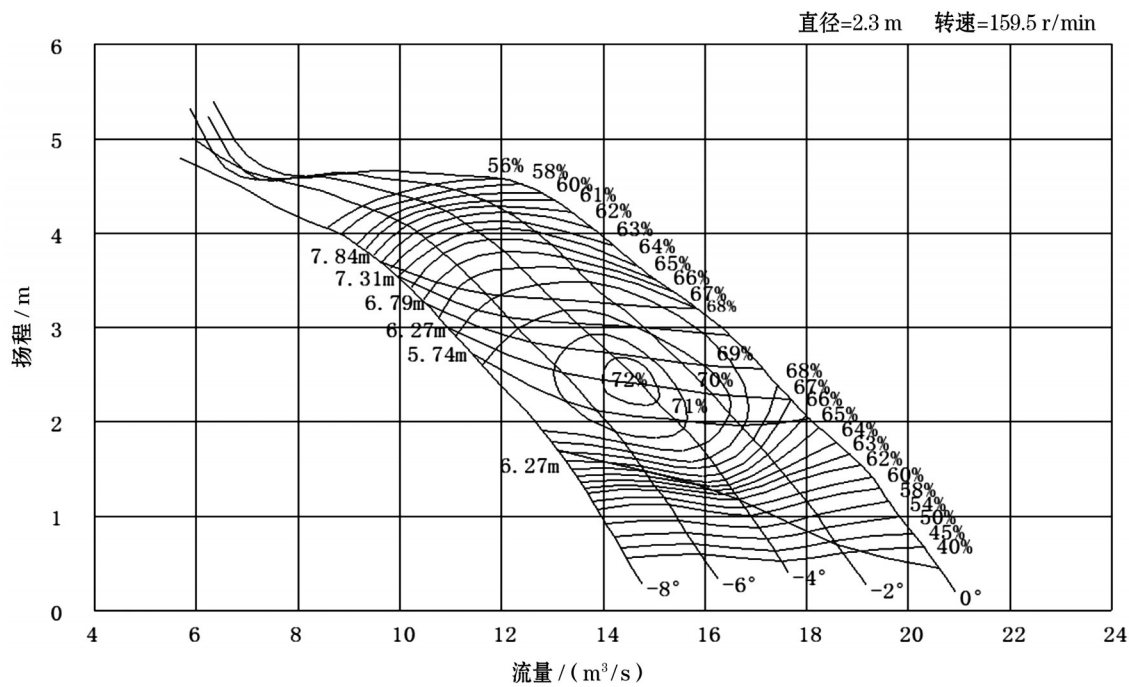


图1 大河港泵组正向曲线

频率,减少流量,避免长江侧水位下降过快不得不停机,从而避免了频繁的开关机操作。即在长江侧接近但仍高于设计最低运行水位 1.43 m 时也能保持连续运行,这也是调频调速电机的优势所在。但降低频率后如仍继续临近最后达到最低运行水位,还是应及时关闭主机泵,避免主机泵在低于最低水位运行时振动和气蚀大量增加而损坏水泵。

在长江大潮来临长江侧水位达到甚至超过内河侧水位时也应及时关闭水泵,避免水泵负扬程运行而造成损坏,此时关泵后还可根据调度指令及时打开节制闸利用水位差自然引水,从而保证引水任务不中断。

3 反向排涝主机频率的选择

在确定了正向引水频率后,运行人员使用同样

的方法进行反向排涝工况运行频率的选择。表3、图2分别为主机泵反向运行时的参数及曲线。

根据查阅水泵出厂资料可知,反向排水时水泵设计转速为 182.5 r/min,计算得出此时对应的电机转速为 795.7 r/min。

根据 $f= np/60$ 代入计算,得出此时运行频率 $f=53$ Hz。由于电机额定转速为 742 r/min,在超额定转速运行时应重点关注主机泵各部位温升在允许范围内。由此得出结论,在排涝状态下选择常用频率为 53 Hz。

随着科学技术的发展,诸如变频技术、物联网技术、数字孪生技术等越来越多的新技术被应用到水利行业,大大提升了水利工程的运行效率、安全保障以及可靠程度,但对运行人员也提出了更高的要求,需要大力加强业务能力培训,不断更新知识储备,以利于更安全、更高效地做好水利工程相关

表3 大河港泵组正向引水性能(2300ZGBS15-2.23型双向竖井贯流泵反向排涝)

运行工况点	叶片安放角 $\beta/(^{\circ})$	流量 $Q/$ (m^3/s)	扬程 $H/$ m	转速 $n/$ (r/min)	功率 N/kW		效率 $\eta/$ %	汽蚀余量/ m	叶轮直径 $D/$ mm
					轴功率	配用功率			
最高扬程	-4	12.3	3.89	182.5	869	1 000	54	7.6	2 300
设计扬程		12.6	3.70	(变频)	832		55	7.3	

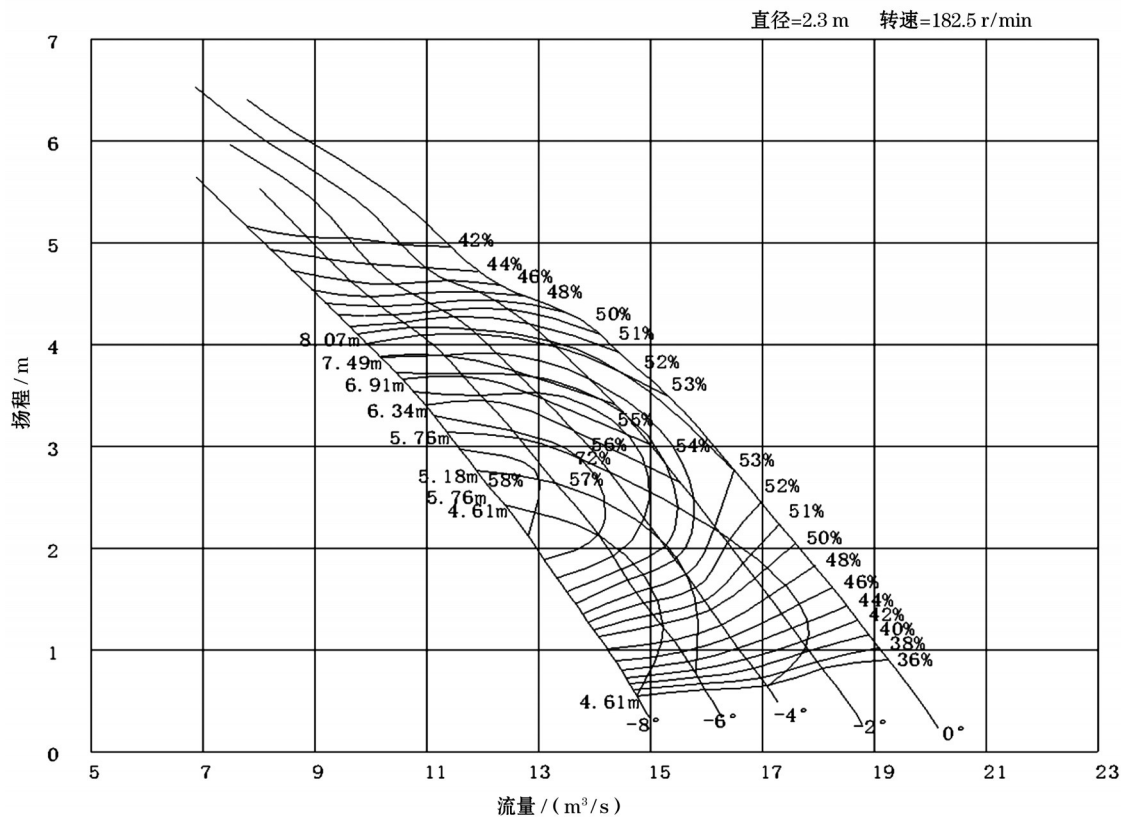


图2 大河港泵组反向曲线

运行管理工作。

参考文献：

[1] 刘振华,郭松伟. 水泵与水泵站技术[M]. 北京:北京大学出版社,2013.

[2] 张娟,徐俊文,卜舸,等. 无锡市(江阴市、惠山区)防汛应

急工程大河港泵站工程初步设计报告[R]. 扬州:江苏省水利勘测设计研究院有限公司,2019.

[3] 胡虔生,胡敏强. 电机学[M]. 北京:中国电力出版社,2009.

[4] 樊鹏飞. 变频调速技术在水利工程中的应用[J]. 工程技术,2024(3):126-128.