尔王庄暗渠泵站机组优化运行探讨

张万台
（天津市引滦工程尔王庄管理处，天津 301802）

摘 要：针对尔王庄暗渠泵站利用率高的要求以及机组出水结构的特点，对水泵机组进行了运行测试及研究；提出了泵站优化运行方案。实践结果表明：实时根据水位及输水量等优选开机台数，优选叶片角度，可使泵站功耗大大降低。

关键词：泵站；优化；运行；分析
文献标识码：B　　文章编号：1005-6254（2003）03-0017-04

1 尔王庄暗渠泵站概况

引滦入津工程是将滦河水穿山越岭引入海河水系，为天津市供水的系统工程，尔王庄暗渠泵站是供天津市区生活用水的专用泵站，是引滦入津工程的心脏，它位于天津市宝坻县尔王庄乡。尔王庄暗渠泵站于1983年初建，1997年泵站对10台机组及电气控制设备进行了全面更新改造。

泵房内现安装10台1400ZLQ6-7型立式轴流泵，单机流量5.8m³/s，设计扬程7m，配用10台TL630-16/1730型同步电动机，调角范围为-6°～+6°。泵房为块基型，采用肘型进水流道和直管出水形式，在水泵出水弯管处装有微阻缓闭止回阀和电动蝶阀。10台泵的出口采用两种形式，一种是有自由水面的溢流堰式；另一种是压力箱式，见图1。

其中2#～6#出水分别通过溢流堰到汇流槽，堰顶高程4.5m；1#泵出水直接进入汇流槽与溢流堰水流向成90°相交；7#泵出水由闸门和蝶阀控制，可通过溢流堰到汇流槽或直接进入压力箱；8#～10#泵出水均流入压力箱。通过4#闸门控制，压力箱与汇流槽可以相互沟通，10台泵均可向通往市自来水厂的暗渠送水或向尔王庄水库补水。

2 暗渠泵站水泵机组技术经济状态

由于市自来水厂白天用水量大，夜间用水量小，相差3～5m³/s且水厂泵站前池没有调蓄能力，多年来一直采用暗渠与水库联合运用，白天用

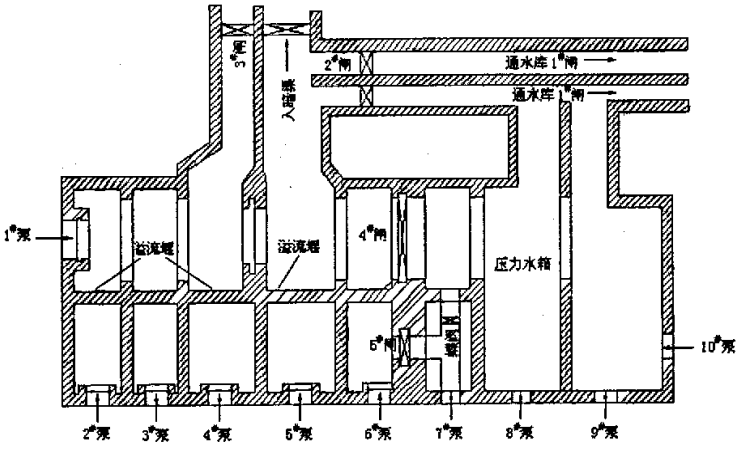

图1 暗渠泵站出水结构平面布置图

作者简介：张万台（1945-），男，天津市宝坻县人，高级工程师，主要从事泵站机电设备运行管理工作。

万方数据

水量大时由水库补足水，夜间用水量小时，多余部分补库，水库起维持用水量供需平衡作用。

暗渠泵站全年连续向天津市供水，运行时间之长在全国泵站中少见，年供水量在5亿m^3以上，耗电量约1500万kW·h左右，在近10年机组运行中，机组扬程受明渠水位和水库水位控制，开机台数及叶片角度由输水量约束，因水库水位和前池水位随时变化，每年泵站运行状况也不相同，所以平均单耗相差很大。

1998年9月天津市水利科学研究所泵站测试中心，对改造后暗渠泵站10台水泵装置进行现场测试。通过分析比较，决定采用食盐浓度法与流速仪法相结合，同时标定进水流道差压量系数，对大泵在-6°、-4°、-2°、0°、+2°、+4°等6个角度下运行的的性能进行了测试。并绘制不同角度的水泵特性曲线，包括流量—功率（$Q-N$）、流量—泵效率（$Q-\eta$）、流量—扬程（$Q-H$）曲线。根据水泵装置性能曲线，推导出泵站前后池正常水位时装置扬程为5.7m、5.4m、5.1m、4.8m、4.5m等的水泵技术经济状态数据。

表1为5.1m时水泵机组技术经济数据。

表1　暗渠泵站装置扬程5.1m时水泵机组技术经济状态表

机组	-6°			-4°			-2°			0			+2°			+4°		
	出水量 m^3/s	耗电量 kW	单耗 kW·h/kt	出水量 m^3/s	耗电量 kW	单耗 kW·h/kt	出水量 m^3/s	耗电量 kW	单耗 kW·h/kt	出水量 m^3/s	耗电量 kW	单耗 kW·h/kt	出水量 m^3/s	耗电量 kW	单耗 kW·h/kt	出水量 m^3/s	耗电量 kW	单耗 kW·h/kt
1#	4.36	380	24.27	4.04	420	25.14	4.90	455	25.79	5.25	490	25.93	5.45	530	27.01	5.75	580	28.20
2#	3.90	390	27.78	4.36	420	26.76	4.72	455	26.78	5.12	495	26.86	5.40	540	27.78	5.78	580	27.87
3#	4.24	397	26.01	4.53	425	26.06	4.82	470	27.09	5.13	525	28.42	5.41	560	28.75	5.70	617	30.07
4#	4.59	351	21.24	4.84	407	23.35	5.13	460	24.9	5.50	486	24.55	5.80	554	26.53	6.16	570	25.70
5#	3.64	338	25.79	3.97	368	25.74	4.36	406	25.87	4.70	441	26.01	5.07	480	26.30	5.34	525	27.30
6#	3.89	350	24.99	4.28	390	25.31	4.70	435	25.71	5.05	490	26.95	5.32	520	27.15	5.68	581	28.41
7#	4.25	360	23.53	4.66	395	23.55	5.02	435	24.07	5.44	465	23.74	5.78	510	24.58	6.15	545	24.62
8#	3.75	360	26.67	4.14	400	26.84	4.50	445	27.47	4.92	475	26.81	5.40	515	26.49	5.60	540	26.79
9#	4.36	360	23.07	4.70	400	23.64	5.02	430	23.79	5.43	475	24.3	5.68	530	25.92	6.05	605	27.78
10#	3.90	380	27.07	4.32	420	27.01	4.78	450	26.15	5.12	500	27.12	5.53	545	27.37	5.80	600	28.74
平均单耗			25.04			25.34			25.76			26.07			26.79			27.55

3　暗渠泵站机组优化运行探讨

从暗渠泵站机组技术经济状态分析中发现，10台水泵机组由于出水结构及水库水位、前池水位影响，在相同角度下运行时各台水泵出水量单耗相差很大，在不同角度下运行每台水泵出水量单耗也不相同；有的机组随角度变化出水量单耗影响很小，有的水泵随角度变化出水量单耗影响很大，各台水泵在不同扬程时最佳工作角度也不相同。根据水泵机组的技术状态，合理选择运行角度和水泵机组，就可以挖掘泵站潜力，使泵站运行做到耗电量最低，进而达到增效节支。

3.1　合理选择机组运行角度

从水泵机组技术经济状态表中可以看出，在任何扬程，10台机组都是随着角度增加，出水量单耗增大，在-4°～0°之间增加的较慢，在+2°～+4°之间出水量单耗急剧增加，（8#机组除外）可见机组最佳工作点应在-4°～0°之间。以+2°叶角与-2°叶角运行比较，扬程在5.7m时，10台机组在+2°叶角时平均单耗为28.72kW·h/km^3，在-2°叶角时平均单耗为27.56，相差1.16kW·h/km^3；扬程5.1m时，10台水泵在+2°叶角时平均单耗为26.79kW·h/km^3，在-2°叶角时平均单耗为25.76kW·h/km^3，相差1.03kW·h/km^3；扬程4.8m时，10台水泵在+2°叶角时平均单耗为25.67kW·h/km^3，在-2°叶角时平均单耗24.67kW·h/km^3，相差1.00kW·h/km^3。可见机组在任何扬程，合理选用运行角度，都可节省电能接近4%。

3.2　优选水泵机组运行

尔王庄暗渠泵站由于出水结构复杂，10台水泵两种结构，4种出水方式，受泵站出水口溢流堰及压力箱布置的影响，在相同扬程和相同叶角下运行，各台水泵之间出水量单耗相差很大，不同机组的组合对出水流态和水头损失也有明显差别。从大泵机组技术经济状态表中可以看出，在5.7m扬程，-2°叶角运行时单耗最大的8#机组为29.45kW·h/km^3，单耗最小的9#为25.79kW·h/km^3，相差3.66kW·h/km^3；在5.1m扬程，-2°叶角运行

万方数据

时单耗最大的8#机组为27.47kW·h/km³，单耗最小的9#机组为23.79kW·h/km³，相差3.68kW·h/km³，当水库水位在5.0m以下机组运行时，有堰墙的2#、3#、4#、5#、6#机组出水口水位必须提高到5.2m以上，势必提高了机组出水量单耗，暗渠泵站多年来正常运行时一般开机3～4台，补库时最多开6台；这样从10台机组选用出水量单耗小的机组组合运行，就可以节省大量的电能。

3.3 建立专家调度系统

综合机组技术经济状态，水库水位，前池水位，输水量等约束条件，利用自优化模拟方法和计算机软件开发技术，建立专家调度，实时根据前后池水位和输水量，优选开机台数，机组顺序，水泵叶角等最优参数组合，使暗渠泵站功耗最小，从而达到增效节能。

4 暗渠泵站优化运行效益分析

在前几年运行中，水泵叶片角度根据明渠来水量和水位变化进行调整，一般在0°～+3°之间。机组开机台数由明渠上游来水量决定，开机时在10台机组中任意选择。以1999年为例，全年输水5.31亿m³。按+2°计算耗电1409.68万kW·h，优选叶角后用-2°叶角运行可节省电能61.32万kW·h，优选机组运行可节省电能60.18kW·h，见表3、表2。总计全年可节电121.51万kW·h，占全年机组用电的8.6%。

表2 1999年暗渠泵站运行优选叶片角度节能情况分析表

水库水位 (m)	时间 (天)	开机 (台)	扬程 (m)	输水量 (万m³)	+2°运行 单耗 (kW·h/km³)	+2°运行 用电 (kW·h)	-2°运行 单耗 (kW·h/km³)	-2°运行 用电 (kW·h)	节电 (kW·h)
5.6以上	8	3-4	5.7	11136.96	28.72	319853.49	27.56	306934.62	12918.87
5.6～5.3	74	3-4	5.7	29229.12	28.72	839460.35	27.56	805554.65	33905.78
5.6～5.3	74	3-4	5.4	81233.28	27.65	2246100.00	25.25	2132373.60	119726.40
5.3～5.0	106	1-4	5.4	50414.40	27.65	1393958.16	25.25	1323378.00	70580.16
5.3～5.0	106	2-6	5.1	108233.26	26.79	2899569.04	25.76	2788088.79	111480.26
5.0～4.7	83	1-3	5.1	64445.76	26.79	1726501.91	25.76	1660122.78	66379.13
5.0～4.7	83	1-5	4.8	59002.56	25.67	1514695.72	24.67	1455693.16	59002.56
5.0～4.7	83	2-4	4.5	1520.64	24.51	37270.89	23.25	35354.89	1916.00
4.7～4.4	62	2-4	4.8	48444.48	25.67	1243557.48	24.67	1195113.48	48443.52
4.7～4.4	62	3-5	4.5	46535.04	24.51	1140573.83	23.25	1081939.68	58634.15
4.4以下	7	3-5	4.5	6624.88	24.51	162375.81	23.25	154028.46	8347.35
4.4以下	7	6	4.2	7128.00	23.41	166866.48	22.27	158740.56	8125.92
4.4以下	9	4-5	4.2	17349.12	23.41	406142.90	22.27	386364.90	19778.00
合 计				531297.50		14096826.04			613238.10

表3 1999年暗渠泵站-2°叶角运行优选机组节能情况分析表

水库水位 (m)	时间 (天)	开机 (台)	扬程 (m)	输水量 (万m³)	平均单耗 (kW·h/km³)	优选后平均 开机 (台)	优选后平均 单耗 (kW·h/km³)	单位节电 (kW·h/km³)	合 计 (kW·h)
5.6以上	8	3-4	5.7	11136.96	27.56	4	26.08	1.48	16482.70
5.6～5.3	74	3-4	5.7	29229.12	27.56	4	26.08	1.48	43259.10
5.6～5.3	74	3-4	5.4	81233.28	26.25	4	25.27	0.98	79608.61
5.3～5.0	106	1-4	5.4	50414.40	26.25	4	25.27	0.98	49406.11
5.3～5.0	106	2-6	5.1	108233.26	25.76	6	25.02	0.74	80092.61
5.0～4.7	83	1-3	5.1	64445.76	25.84	3	24.25	1.59	102468.76
5.0～4.7	83	1-5	4.8	59002.56	24.93	5	24.13	0.80	47202.05
5.0～4.7	83	2-4	4.5	1520.64	24.62	4	22.95	1.67	2539.47
4.7～4.4	62	2-4	4.8	48444.48	25.19	4	23.94	1.25	60555.60
4.7～4.4	62	3-5	4.5	46535.04	24.66	5	23.25	1.41	65514.41
4.7～4.4	62	3-5	4.5	6624.88	24.90	5	23.25	1.65	10931.05
4.4以下	16	6	4.2	7128.00	24.17	6	22.67	1.50	10692.00
4.4以下	16	4-5	4.2	17349.12	24.17	5	22.27	1.90	32963.33
合 计									601815.80

万方数据

泵站技术供水系统的改造途径

闫泽杭，张合朋
（江苏省骆运水利工程管理处，江苏 宿迁 223800）

摘 要：分析了目前大型泵站技术供水系统存在的问题。根据不同泵站的特点，提出了技术供水解决的办法。并对系统结构进行了阐述，有一定的可操作性。可为泵站设计、改造提供参考。

关键词：泵站；技术供水；改造
文献标识码：B 文章编号：1005-6254(2003)03-0020-03

大型泵站的技术供水担负着泵站的电机轴承冷却、水泵油导轴承的密封润滑水和水泵橡胶轴承的润滑等任务，是一个泵装置可靠运行的重要组成部分，从目前大型泵站的管理运行情况看，技术供水可靠性普遍存在供水可靠性差、能耗大的问题。直接影响机组的安全运行。

1 目前泵站技术供水主要存在的问题

大部分泵站采用的供水方式有两种形式。一种是直接供水方式。即在泵站水泵层设置2～3台供水泵，通过取水口取水，冷却水通过机组油冷却器及其管路系统后，直接排入下游。另一种是间接供水法。即通过水泵将水送入贮水设备，再通过供水管道经过机组冷却系统，排入泵站的下游。直接供水方式因取水口设置在泵站的上游或下游天然河道，水质、水温得不到保证。河道中的大量水生植物及塑料编织物极易造成水泵吸水口堵塞，使技术供水中断。一些泵站因河道中水生生物进入供水管道，在管道中繁殖。造成管路阻力损失增大，供水量不足，影响机组冷却效果。间接供水方式需要复杂的水处理设施。该法用井泵取水，受井的数量、产水量的限制，备用困难。供水可靠性差，能量损耗较大。部分深井水含沙量大，造成机组供水管道磨损、堵塞。

2 供水系统改进

泵站技术供水的作用是冷却和润滑。目前解决问题的主要办法：一种是仍利用原系统改善取水口的水质。另一种是将电机冷却和其它设备的冷却、润滑分离开来，通过不同办法解决。

2.1 取水口调整法

取水口调整法是将取水口调整到其它地方。调整的方法有两种：一种情况是，泵站处于既有泵站又有水闸一级水利枢纽，且相距较近，在一般情况下水闸和泵站不同时运行。当泵站运行时，在水闸上下游形成一个死水区。这部分水体不参加

Research on the Optimal Operation of ER WANG ZHUANG Pumping Station

ZHANG Wan-tai
(Tianjin Diversion works ER WANGZHUANG Pumping Station, Tianjin 301802, China)

Abstract: According to the need of high operation utilization of ER WANG ZHUANG underdrain pumping station and the characteristic of the unit's output structure. Tests and researches ara did on the pumping station unit. The optimal operation scheme is brought forward . The practice result indicates that to choose the optimal boot-strap parameter and to choose the optimal vane angle according to the real time water level and plux can reduce the power consumption.

Key word: Pumping station; Optimal; Operation; Research

作者简介：闫泽杭(1963-)，男，江苏宝应人，高级工程师，主要从事泵站技术改造、运行、维护管理工作。

万方数据