

循环水泵变频改造分析报告

华时敏

中国海诚工程科技股份有限公司

摘要：本文介绍一种能广泛应用于各种循环管道系统的水泵节能改造分析方法，依据循环水泵的特性曲线和管道系统特性曲线分析水泵变频改造对整套管路系统的影响，并以此确定加设水泵变频器的可行性及变频范围。

关键词：循环水泵；特性曲线；变频改造

一、现状分析

某研发楼现有冷却水泵组由三台大泵（额定流量500m³/h，额定扬程28m）和一台小泵（额定流量277m³/h，额定扬程28.7m）组成，分别匹配三台大型号制冷机（2200kW）和一台小型号制冷机（1135kW）。但实际运行中，夏季最大负荷工况仅为台大泵和台小泵同时满负荷运行，其他季节的循环水量则更小，冬季仅开启一台小泵即可满足要求。小流量运行时，实际工况是水泵特性曲线与管路特性曲线交汇于“大流量一小扬程”的

一点上，导致循环水量过大，系统过度供水，且此时的循环水量超出水泵的额定流量，使水泵在非高效点长时间运行，对水泵不利且耗费大量电量，非常不节能。

二、现状计算

针对以上问题，在确定管网无漏损无堵塞的前提下，进行节能改造，方法通常有三种：方法一对水泵进行叶轮切割，方法二更换循环水泵，方法三对水泵加装变频调速装置。^[1]方法一对于现已安装的水泵来说显然不可能实现，相比方法二，如果能采用方法三则更加便捷有效。故需要对系统进行重新测试计算和分析，找到实际工况下水泵的高效区与管道系统特性曲线相适应的交点，才能确定此方法的可行性。下表为客户提供的冷机参数，夏季最大工况为1#冷机和4#冷机同时满负荷开启。

（一）夏季最大工况参数计算

序号	冷量(kw)	冷却水量(m ³ /h)	额定功率(kw)	制冷机	制冷机重量(kg)
1#冷机	2200	624.8	426	R134a	617
2#冷机	2200	624.8	426	R134a	617
3#冷机	2200	624.8	426	R134a	617
4#冷机	1135	322.34	250	R134a	205

由公式Q（冷量，kW）=cmΔt=4.186*q*5及热交换系数1.2算得：1#冷机对应大水泵的额定流量约为460m³/h；4#冷机对应小水泵的额定流量约为235m³/h。

（二）全年各工况参数计算

循环水系统的能耗具有明显的季节性特征。受环境温度度的影响，冷却水一年四季的温度都是不同的，上下温差最大可达30℃。所以对于不同的季节，要达到同样的冷却效果需要的冷却水量是不同的。^[2]结合客户提供的信息，分析全年可能存在以下三种工况：

工况一，夏季一大泵一小泵，开启两台冷却塔；
 工况二，春秋一泵，开启一台冷却塔；
 工况三，冬季一小泵，开启一台冷却塔。

现就这三种工况的运行情况，做如下管道系统测试和计算，以得出管道系统特性曲线。由于该冷却循环水系统为开式系统，在不同的流量工况下，管道特性仅与循环管道系统的沿程损失和局部损失有关，换言之，水泵扬程应与管道总水头损失之和平衡。

故首先现场实测这三种工况下实际管道循环流量和循环水泵进出口压力差，得到以下数据：

不同工况管路计算汇总表

工况	Q (m ³ /h)	H (m)	备注
水泵实际流量 工况一：一大泵一小泵	695.00	13.98	夏季最大流量
工况二：一大泵	460.00	14.12	春秋流量
工况三：一小泵	140.00	13.44	冬季流量

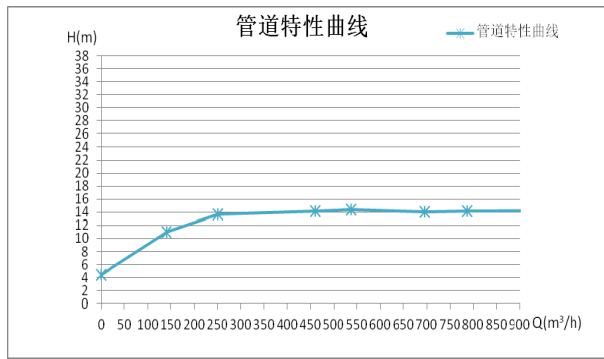
其次，模拟出实际管道系统，测量各段管道实际管径、管道长度，逐个记录管配件形式，查找相应的局部阻力系数ε，以及冷却塔、冷机、水泵出入口的固有水头损失等，从而可由沿程水头损失公式 $H_f = \lambda \cdot \frac{l}{d_j} \cdot \frac{v^2}{2g}$ 及局部水头损失公式 $H_j = \epsilon \frac{v^2}{2g}$ 分别

计算出管道总沿程水力损失和局部水力损失之和。为了更精确地描绘出管道特性曲线，分别选取了水泵额定流量下的四个工况点进行计算，得出以下数据：

由于以上7种工况管道的总水头损失比较接近，故系统的管道特性曲线可近似模拟成一条曲线，见下图：

不同工况管路计算汇总表

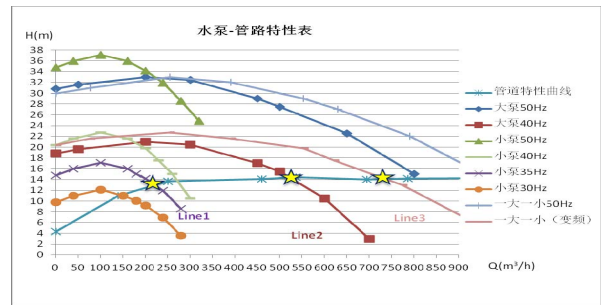
工况	Q (m ³ /h)	H (m)	备注
水泵额定流量 工况一：二大泵一小泵	1324.00	14.4	
工况二：一大泵一小泵	787.00	14.18	
工况三：一大泵	537.00	14.4	
工况四：一小泵	250.00	13.65	



三、变频分析

在向水泵厂家查询水泵参数后，得到了常规变频范围30Hz~50Hz之间的水泵特性曲线，将其与上述计算得出的管道特性曲线重叠后得到下图：

由此可知，管路特性曲线分别交三条水泵特性曲线于高效点，其中Line1为小泵变频至35Hz时的水泵曲线，Line2为大泵变频至40Hz时的水泵曲线，Line3为大泵50Hz+小泵40Hz的并联曲线，三条曲线可大致对应冬季、春秋季节和夏季的工况条件。



结论

综上，建议对一台大泵和一台小泵分别加设变频器，大泵变频至40Hz，小泵变频至35Hz，才能使系统长期运行在水泵的高效区，达到节能的目的。

参考文献

[1] 姚登科, 邵宗义, 云永飞. 浅谈循环水泵的合理配置与正确选择[J]. 区域供热, 2018年4期.

[2] 林雪茹, 李达, 古勇, 田东鹏, 吴玉成, 侯卫峰. 工业循环水系统的节能优化研究[J]. 自动化仪表, 第39卷第8期 2018年8月.

(上接第180页)

安装难度较大，出现与设计不符的情况。基于此，在实际安装作业中，需对穿墙螺杆的位置予以准确确定和标记。实在不能安装时，只能在模板上由专人开洞，确保铝合金模板的加固要求，施工完毕后注重补焊的质量。在铝合金模板设计时，也可与结构设计沟通，并通过加大钢筋直径或者提高混凝土等级来减少钢筋的密集程度。

(4) 混凝土浇筑

混凝土浇筑应按照从中间向四周的浇筑原则，减少位移现象的产生；同时在开展分层浇筑时，浇筑高度不得超过500毫米，注重振捣的均匀性。楼梯混凝土浇筑时需分3次浇筑，每次浇筑时必须打开踏步板上的透气口，以防止气泡和蜂窝产生。混凝土泵管不能和铝模直接接触，应在工作面以下的两层固定泵管，在操作面的泵管需要用胶垫或方木固定。

另外，在浇筑过程中，要控制好楼面标高及平整度，以增大结构的抗剪能力，加强结构稳定性。在浇筑过程中，要安排专人对施工流程予以监管，并在施工完成后，做好抹平处理，加强模板的美观性。应特别注意的是，核心筒墙体和顶板分开浇筑时，必须准确把控墙体的混凝土浇筑高度，浇筑高度需与标高一致，不能低于楼板底标高，以此满足施工缝的剔凿要求。

(5) 拆模

铝合金模板的拆除顺序与安装顺序相反，墙板模板——梁板模板——其与部位的梁板底模。在拆除时，注重早拆头和立杆体系的稳定性。另外，拆模时需严格控制混凝土的拆模时间，待其强度达到3MPa方可拆卸。梁模板的早拆头及立杆支撑待混凝土强

度达到100%后方可拆除。拆除的模板要及时清理干净和修正，拆下来的模板需平整地放到指定位置，以免发生损坏。

(6) 验收及养护

铝合金模板的验收工作，除了要按照现有国家法规有效处理，还应做好针对性检查作业。如铝合金模板安装布局是否如图纸一致，连接件、支撑的规格与数量是否符合设计要求，模板系统中所有紧固件是否牢固等。在拆卸时，需确保模板及配件的质量，以此减少变形等问题的产生。如果在拆卸中发现开裂，则要做好补焊工作，做好归类处理。

四、结语

综上所述，铝合金模板施工技术在超高层综合体施工中有着非常重要的作用。施工人员需要加强对各环节施工的质量控制，以减少危险事故的发生，从而保障工程的顺利完工。

参考文献

[1] 孙新成. 高层住宅工程铝合金模板施工技术探析[J]. 低碳世界. 2017 (04)

[2] 刘建民. 现浇钢筋混凝土结构的铝合金模板施工技术[J]. 建材与装饰. 2017 (44)

[3] 焦鹏. 铝合金模板施工技术在高层建筑上的应用[J]. 中国战略新兴产业. 2018 (28)

[4] 李龙, 杨雪宁. 基于铝合金模板工艺的高层建筑建设探究[J]. 江西建材. 2019 (07)

[5] 谢江陆. 铝合金模板技术在超高层建筑绿色施工中的应用研究[J]. 福建建材. 2017 (07)