

闭式循环冷却潜污泵和变频调速控制在排涝泵站的联合运用

石海燕

浙江丰球克瑞泵业有限公司

摘要: 本文主要介绍采用一种新型的闭式循环冷却潜污泵通过移动式安装, 与变频调速控制联合运用, 确保其在排涝泵站发挥理想的使用作用。

关键词: 闭式循环冷却 (内循环冷却); 变频调速 PID 控制; 物联网技术; 云监控

某城市污水处理公司, 需要解决汛期大量的雨污排涝, 根据用户提供的技术要求, 比如潜污泵需要达到规定的流量和扬程的工况点范围, 选用设计流量为 $2\,300\text{ m}^3/\text{h}$, 扬程 20 m , 功率 185 kW 的水泵, 方能使泵的运行工况点 (装置特性曲线和扬程的交点) 保持在高效区间运行。但由于泵房特殊的空间位置, 需要水泵能露出水面运行, 即能在半干湿的环境下干式运行。而且用户为了节省投资, 同一台水泵需要能在不同的地方灵活调度使用, 因此, 需要结合多个维度, 给用户选用一台合适的水泵, 确定一套使用方案, 以满足用户需求。

这种情况下, 笔者从机械和电气两方面着手, 设计了一个合理的泵站使用改造方案。机械方面, 首选使用干式潜污泵——闭式循环冷却型潜污泵, 并根据用户要求做成移动式。电气方面, 水泵的配套控制系统采用 PID 控制、充分利用变频技术、物联网技术以及智慧云平台, 远程监视和控制水泵的运行。

1 干式潜水泵的升级换代及闭式循环冷却结构原理

闭式循环冷却型潜污泵, 是设计开发的干式潜污泵最新的泵型。通常一

般的 WQ 型潜水排污泵, 采用湿式安装, 因为水泵工作时, 电动机会发热, 因此需要将电动机外壳和散热筋直接与污水接触起到冷却的作用, 即电动机的冷却方式需要采用直接水冷式。采用直接水冷的潜污泵, 进水池内水位的高度必须能淹没电动机铁芯高度, 这在一定程度上势必需要增加土建开挖深度。

如果将潜污泵采用干式安装 (即不在水中运行) 时, 就需要采用一定的冷却方式, 比如风冷或隔套冷却。一般情况下, 18.5 kW 及以上的泵采用冷却通道隔套冷却。隔套中的冷却介质一般采用水泵本身所输送的污水, 但污水中的污物很容易将冷却通道堵塞, 并随着时间的推移, 在电动机外壳容易结成一定程度的污垢, 这样会直接影响电动机散热, 使电动机冷却不充分, 电动机容易超温或者烧毁。

基于上述原因, 干式安装的潜污泵宜采用外部循环水冷却 (外接自来水管路) 的冷却系统。但由于这种冷却方式虽然解决了上述堵塞问题, 但实际上没能从根本上真正取得很好的冷却效果。另外由于冷却回路增添了外部管路, 因此也会增加设备投资及安装成本。

因此, 为了既能解决堵塞问题, 又

能提高冷却性能, 实现更理想的循环冷却散热效果。通过进一步技术改造, 设计开发了闭式内循环冷却型潜污泵, 结构如图 1 所示。

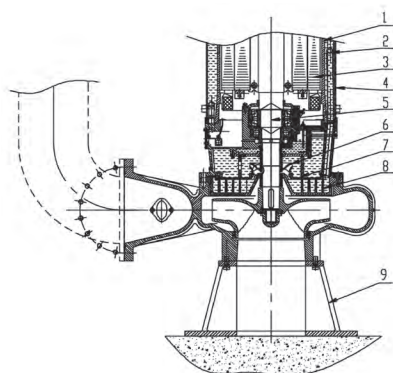
首先, 此种类型的泵同样是采用隔套式, 但冷却系统主要采用闭式循环冷却的方法, 不同于普通污水或自来水冷却, 隔套内电动机四周正常充有一定量的专用冷却液, 冷却介质采用特定配比的乙二醇混合液, 冷却液与污水介质完全隔离。

其次, 在水泵机械密封室内增加一流体副叶轮, 与水泵主叶轮同轴。主叶轮旋转时, 副叶轮也同步旋转, 密封室内的冷却液在叶轮旋转而产生压差的作用下, 首先进入泵内部冷却通道, 再进入电动机隔套腔内专门的冷却水管道, 并不断向电动机四周喷洒, 使电动机均匀散热。

再次, 密封室采用独特的螺旋式热交换器, 隔套内的冷却液吸收电动机外壁工作时产生的热量后, 通过专用冷却水管道回到热交换器螺旋式通道, 并通过热交换器螺旋散热筋、环形散热沟^[1], 如图 2 所示, 尽可能增大散热面积, 使内部冷却液与外部输送的污水介质能进行更充分的强制对流换热冷却。换热之

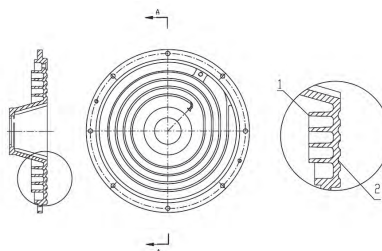
后的冷却液再次进入循环冷却叶轮进口,进入机械密封室,继而进行下一轮循环^[2]。内循环冷却系统是经过了各种散热计算(包括CFD计算)、借用各种现代化的软件Pro/E、Ansys ICEM分别进行了水体造型和网格划分以及速度矢量分析和静温分析并得到了实践验证。

这种自带冷却系统的结构,完全避免了隔套式WQ潜污泵冷却通道堵塞、冷却效果不佳的问题,散热效果非常理想。所以泵用于湿式安装时,电动机可以露出水面运行,同时闭式循环潜污泵也适用于干式安装场合,相比立式污水泵,结构更紧凑、振动小、噪音低、不怕淹没且安装维护检修方便,使泵的适用范围更广。因此WQN型闭式循环冷却泵是WQ型无堵塞潜水排污泵更理想的更新换代产品。



1.电动机座 2.进水管 3.定子 4.冷却套 5.转轴
6.循环冷却副叶轮 7.内泵盖 8.热交换器
9.可移动安装底座

图1 水泵结构



1.螺旋散热筋 2.环形散热沟

图2 热交换器结构



图3 热交换器与循环冷却叶轮的水体造型

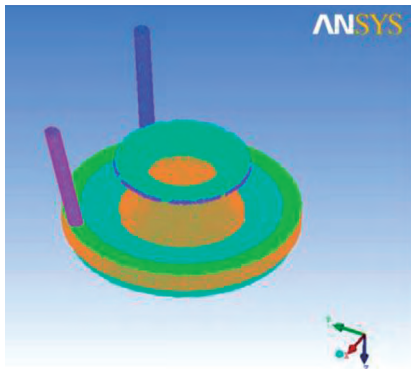


图4 热交换器与循环冷却叶轮水体的网格划分



图5 XZ截面处热交换器的静温分布

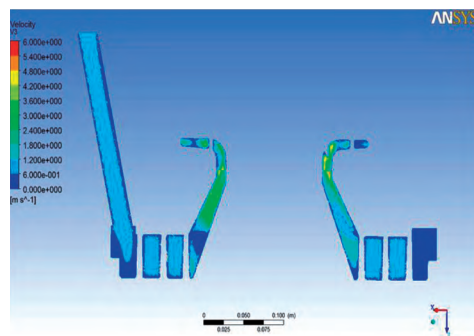


图6 XZ截面处热交换器的温度分布

2 水泵内部保护功能的设置

为保证泵运行更安全、更可靠,分别在水泵油室内、接线腔内设置多道油水探头;电动机腔内设置浮子开关;设置定子绕组过热、轴承超温、振动和湿度检测等多种保护元件。再配以使用本单位水泵专用智能型保护器,将所有的传感器信号进行集中采集、处理,实现漏水、漏油、超温以及振动等多种数据实时传输,并起到报警及保护作用。

3 变频闭环调速控制系统的配套使用

泵站改造方案中与之配套的潜水泵电气控制系统,主回路器件选用进口品牌ABB变频器ACS530系列。由于控制柜在室外使用,汛期和夏季高温季节柜内外温度均很高,所以给电气柜配备了机柜空调,以确保变频器不受外界环境温度影响,均能正常带负荷运行。整套电气系统,集先进的电子电气技术、电动机起动、多种保护功能、报警系统为一体。另外控制系统配备了手控、自

控两种控制方式,能够通过转换开关切换。手动控制是通过柜面的按钮启停控制,用于水泵试运转调试。自动控制采用模拟量信号液位传感器。

自动控制一般采用液位浮球或传感器控制。泵站改造之前,本案例中,用户一开始使用的是普通隔套式冷却潜污泵,污水作为冷却介质。水位低时处于半干式或干式运行。同时用户为了节约成本,采用的是浮球开关进行液位控制。

改造之前使用过程中,由于老的进水池容积比较小,即使是汛期雨量大,液位变化也很快,尤其是在进水量相对不足时而电动机功率又很大,水泵全负荷运行时,相当于大马拉小车的情况,水很快被抽少,采用浮球信号做开泵和停泵控制,造成了水泵频繁启停。为了减少频繁启停对水泵造成的不利影响,现场维护人员直接取消了浮球自动控制,而改用了手动控制。但是在实际使用中,水泵持续运行一段时间以后,水泵便出现了超温报警信号,触发控制系统自动停机。水泵停机以后,值班人员又不能第一时间发现,等到水位重新

上升导致了雨污溢出,来不及排放处理,导致了周边环境污染。因此水泵的正常使用受到了严重影响。

所以,接到用户的现场反馈,第一时间先给用户排查紧急故障、解决水泵超温报警问题。

首先,为了排除水泵报警器的误报警,请现场值班人员核对了报警跳闸以后的温度信号线阻值,实测证明,阻值有变化,但属于在逐渐恢复接近冷态时的阻值。一段时间后,水泵也可以重新起动。另外水泵的配套综合保护器试验检查也没有问题,说明,电动机绕组的温度开关只是在水泵运行超温后,正常动作起保护作用了。

另外根据现场的土建尺寸及故障现场情况的反馈,通过对泵站初步计算分析,得出现场进水池容积太小,远远不满足泵站的设计规范,导致了大功率水泵一直运行后,容易出现断流或者水位下降比较快,进水量相对不足时,污水液面降低,水泵很容易处于半干式运行。电动机换热冷却不理想,加上浮球的频繁起动,所以直接导致了电动机发热,触发故障报警。

基于上述情况,考虑到汛期雨污排水不能断续、水泵不能停机要连续运行的紧急情况下,决定先让用户临时采用一台辅助小泵,接上一根排水管,对这台大泵隔套外壁进行不断喷淋冷水,给隔套进行强制热交换,带走电动机的热量,降低水泵定子的温度。实践证明这时水泵能够连续运行较长时间,而不再出现超温报警而跳闸。证明了老式的隔套冷却潜污泵冷却效果不理想,尤其不适合这些非标的不合理的泵站环境。

通过这种办法,基本上给用户找到并临时解决了水泵运行发热故障问题。但是从科学严谨的角度出发,应该给用户采取更为科学合理的办法,解决实际使用中的存在问题。于是水泵选型方面,首先推荐使用新型的WQN型内循环冷却潜水泵,具有优良的循环自冷却

功能,以减少电动机的超温故障问题。电气方面,考虑到值班人员如果通过人为手动控制、人为开关机,需要人为密切跟踪现场的运行使用情况,势必会增加值班人员维护的劳动强度。最好能采用一种方法,能够根据实际雨水量的变化,流量的大小,工况水位的变化而自动调节变频器的频率、运行速度,输出变化的功率,从而降低水泵的启停频率,减少发热。基于此,笔者从电气的角度出发,建议用户采用接下来的配套电气改进方案,即采用液位变送器,通过采集传感器液位信号进行自动控制,取代浮球开关,将液位模拟量信号传输给变频器模拟量反馈通道。再调用变频器内部自带的PID控制,这样就不需要另外增加其他的成本,不需要另配PLC逻辑控制,就可以在变频现有的基础上充分挖掘变频器内部的强大功能。给变频器内部设定一个液位给定值,采用负反馈,通过变频器内部的微分、积分、比例运算,使实际信号跟随给定信号。当雨水量和液位反馈信号减小时,即实际液位低于给定值,变频器自动降低输出频率,

使电动机转速下降;并设置了休眠和苏醒功能,当变频器输出频率持续一段时间低于下限频率时,水泵暂停工作。当液位增加时,并超过了唤醒偏差值,并经过唤醒延时,变频器输出频率逐渐增加,使电动机转速逐渐提高。采用变频器的这一自动调节功能,将使值班维护更简单方便。

在实际使用中,当排水量很小,液位很低的时候,如果变频器一直处于低速运转,既浪费了能源,也会使电动机出现许多附加损耗,电动机效率会大大降低,对水泵电动机造成一定程度的不利影响,因此这种情况下再设置让变频器睡眠,既有利于节能环保,又能保护设备,具有现实意义。

在这基础上,再给系统配备一个物联网无线终端模块,通过4G信号,将水泵的运行状态、故障状态、水位状态、温度、振动以及运行时间等各种数据和终端建立数据连接。值班人员就可以通过云平台、手机APP随时随地监测水泵的运行,如图7、图8所示。必要时也可以通过终端来控制水泵。



图7 云监控实时数据



图8 智能云平台

