

[控制系统]

滑雪场人工造雪泵站自动化运行现状及建议

文/罗振宇¹ 华婧楠² 霍元春¹

1. 吉林省体育局冬季竞技运动保障中心; 2. 公主岭市融媒体中心

随着北京冬奥会成功举办,国内越来越重视冰雪运动的发展。作为冰雪运动的传统体育强省,吉林省对冰雪运动项目的基础建设投入也大大增加。以吉林北大湖滑雪场为例,分析了滑雪场自动化泵站的运行现状,提出了现阶段存在的问题并给出了解决建议,希望能对其他雪场自动化泵站改造提供借鉴和帮助。

泵站是高山滑雪场造雪系统的重要组成部分,由于泵站内的电气设备较多且泵站管道压力较高,如果使用传统自动控制方案,不仅浪费人力资源,而且存在一定安全隐患。通过自动化控制系统对相关设备进行远程控制,不仅可以实现对泵站内相关设备的控制,而且可以通过自动化主程序管理界面查看泵站系统的工作状态,并实现人机交互等功能。在保证电气设备安全稳定运行的同时,可以大大降低人力资源成本的支出。

北大湖滑雪场泵站的网络控制结构与组成

1. 自动化网络控制系统

通过公共基础设施实现信息传递和信息交互的各部件组和单元组统称为联网系统。现今,这类网络已成为现代化系统的基础,用户通过这些网络可以使大量数据显示在中心点,或者也可以发送远程命令。随着技术的不断发展,造雪系统的尺寸不断增大,愈发需要实现各部件联网。可供选择的网络类型有多种,目前使用最为广泛的数据通信介质包括铜线电缆和光纤电缆。无线传输系统也已建立。在网络中进行数据通信需要使用特殊“语言”(即通信协议)。要将部件整合到网络中,基本要求是该部件须采用必要的通信协议。

2. 现阶段北大湖滑雪场设备设计

主要采用分层、分布式自动化控制系统。由中央决策管理级、监督控制级、泵站管理级和现场控制级四个层级构成,用以太网、光纤和双绞线实现网络互联。

(1) 与控制系统通信

PC系统和抽水设备之间采用目前较为普遍、稳定性良好的RS 485总线进行数据传输。为此,需要占用PLC三个串行接口中的第一个接口。该接口符合RS 232标准,因此必须经过转换与RS 485总线兼容后才能与PC进行通信。为此需要安装转换器,转换器不仅能够实现兼容,而且能够将信号放大。

(2) 与其他控制装置直接通信

北大湖滑雪场有时需要将两个二级泵站直接相连。此时需要使用第三个串联接口。在软件中将该端口配置为RS 485接口之后,用户可以通过数据总线直接启用该端口。通过这种方式使两个PLC装置实现通信。这样两个PLC中的一个用作数据和指令的发送器,另一个用作接收器。事实上,每个PLC的工作模式取决于造雪系统的设计情况和网络结构,总体规划只能作为参考。

(3) 以太网中的UDP通信

北大湖滑雪场各级泵站之间的光纤网络和以太

网可以通过UDP广播发送消息。这意味着网络中可以有多个或两个以上的控制器发送数据，随后再由多个装置读取并显示该数据。此外，还可以对泵站进行远程遥控。

北大湖滑雪场泵站的设备构成

1. 液压装置

通常供水系统由低压部分（一般位于抽水设备的输入端）和高压部分（位于排放端）组成。此外，还包括阀、阀门盒和过滤器等配件。供水泵是泵站的核心部件，其功能是供水并产生压力，向高扬程处输送水源。液压系统主要包括以下部件。

1) 水泵。水泵是供水设备的最重要组成部件，主要由两个单元组成：电动机和泵体。在安装前，水泵的尺寸和功率根据山体总海拔和泵站大小及位置确定，以便在预定位置产生指定的压力和流量。当流量升高时，压力相应减小，而电动机的电流消耗量增加。因此，泵的实际负载不得大于允许的最大工作负载。

2) 调节阀。调节阀用于调整输出压力，同时对泵起控制作用。调节阀由阀门、执行器及可在手动模式（紧急操作）下进行手动操作的手轮构成。北大湖滑雪场泵站阀门的执行器配备有电动机，并且内部整合有控制机构。该机构内部安装有两个限位开关（“开启”和“关闭”位置各一个）、多个可有效避免转矩过大（起失速保护作用）的安全开关以及一个内置热保护器。

3) 气动阀。气动阀安装于系统内部或其他需要控制阀门启闭的位置。气动阀一般由球阀及通过气阀和限位开关实现控制的气动执行器构成。一般有两种基本工作模式：初始位置为关闭（常闭NC）和初始位置为开启（常开NO）。当电源发生故障或压力下降时，其内部整合的复位弹簧迫使阀门返回其初始位置。

4) 过滤器。北大湖滑雪场泵站内有多种型号且应用于多个位置的Y形过滤器（例如进气口或泵的上游）。其功能是保护泵中的叶轮，避免灰尘粒子和异物对叶轮造成损坏。

5) 冲洗过滤器。自动冲洗过滤器能够过滤细小颗粒。该过滤器经由废水管自动排出冲洗用水，以达到冲洗目的，避免了过滤器阻塞导致的压力

下降。

6) 通气阀。当供水管线中充满气体时，放气阀或通气阀可以使空气自动排出；当管路中的水排空时，放气阀或通气阀可以使空气自动进入管路。

2. 电气系统

电气系统由电源装置（对输入至泵的供电电压进行控制）、压缩机、阀门和控制装置（包含PLC、控制接口和显示器等）组成。

1) 电源装置。电源装置用于监控泵站的主电源。电气柜上安装有供电质量分析仪，用于测量并监控三相电路中的线电压和线电流。另外，电气柜还安装有雷电保护装置，用于直接将过载电流引入地面。电源机柜中的电流提供给泵和阀门。软起动器通过限制负载电流控制泵的起动（有关详细信息，请参见有关设备的详细说明）。所有供电位置均配备有过载保护和故障保护装置。

2) 网络分析仪。用于监控并显示电源电压和电流。

3) 变频器。变频器可以通过更改电动机转速控制电动机和泵的输出。通常输入至变频器的控制信号电压为0~10 V，用于将电动机实际转速控制在最小转速和最大转速之间。变频器可以通过PTC热敏电阻监控电动机电流和温度，同时变频器还可以将电动机电流以输入值的形式发送给PLC。

4) 热分析仪。热分析仪可以通过热敏传感器（PT100）测量泵的温度，还可以将泵的温度以模拟值形式发送给PLC，同时还能够将数字输出发送给安全电路。当某泵的泵体温度超出预设的最大值（通常为25℃）时，该泵自动关闭。

5) 继电器卡。继电器卡在电气柜中主要用于安全、可靠地实现隔离和开关功能。通常LED灯点亮时，说明对应的继电器处于通电和启动状态。

3. 传感器

1) 压力变送器用于测量泵站输入端和排放端的压力。压力变送器拥有两种输出模式：模拟式和数字式。应用于排放端时，压力变送器以模拟输出的方式将实际压力值发送给PLC。当应用于输入端时，压力变送器通常只作为压力开关使用，若泵的起动压力达到最低压力，压力变送器以数字（1/0）输出的形式发出信号。

2) 流量开关。用于确定管道中的流量是否充

足，以确保泵能够安全运行。当流量过低时，将自动打开气动阀（最低流量阀），以确保泵内的水流量达到最低安全值。当流量充足时，将启动流量开关，同时再次关闭气动阀。

3) 水位传感器。水位传感器用于测量存储池或水罐中的水位。在测量完水位后，水位传感器直接向PLC发出4~20 mA的电流信号。水位传感器内部还整合能够同步测量水温的PT100温度变送器。需要注意的是，不得将管子末端的气孔阻塞或封闭。该气孔的功能是补偿气压，以保证测量值的准确性。

4) 温度传感器。温度传感器同样配备有PT100探头，该传感器能够测量封闭管道内的水温。其测量后的电信号电流值介于4~20 mA之间。

5) 水位报警器。该电容开关可以有效防止抽水设备和阀井内大量积水。当水位到达开关位置时（假设由于管道爆裂或连接破损引起），系统立即自动关闭。

6) 流量计。用于测量管道内的水流量以及流经管道的总水量（累计流量）。此外，流量计还可检测水流方向，并将所有信息发送给PLC。

7) 泄漏检测。对于存储池暗渠，应做好长期监测工作以便及时发现泄漏问题。排水系统中的水可以经由管道引入小型存储池中，再由存储池中的三角堰对水进行引流。使用超声波液位传感探头测量三角堰中的水位，并据此计算实际水流量。

现阶段北大湖泵站存在的问题

由于北大湖泵站的设计施工是基于天冰ATASS

自动化控制系统组建，系统的最高控制权不在使用者手中，导致在设备出现故障时无法以管理员身份进入系统查找故障原因，同时也不利于设备的升级改造。如果选择其他厂商的设备进行升级，出现设备无法兼容、控制系统无法启动的现象。

结束语

北大湖滑雪场通过实践证明泵站自动化控制的优越性。同时也显示出自主可控自动化设备在泵站升级改造中的重要性。吉林省其他滑雪场在建站时应多借鉴泵站自动化升级改造的成功案例，尽量选用国内自主化生产厂家，这样可以在日后的自动化升级改造中少走弯路、节省资金，使雪场泵站系统更加科学、高效和稳定地运行。EA

（收稿日期：2023-03-29）

参考文献

- [1] 谢波. 我国泵站自动化设备运行现状及建议[J]. 中国水能及电气化, 2009(Z1): 78-80.
- [2] 孙平安. 泵站综合自动化及其优化控制调节的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2012.
- [3] 高学文, 王旭, 张辉. 高山滑雪场电气设计探讨[J]. 智能建筑电气技术, 2020, 14(6): 118-120.
- [4] 张金磊. 泵站电气自动化控制中智能化技术的发展及应用[J]. 工程建设与设计, 2020(24): 246-247.
- [5] 陈绍辉. 配电网分布式智能馈线自动化系统的通信研究[J]. 电气应用, 2021, 40(3): 44-48.

