除险加固工程泄水闸工作闸实时在线监测系统研究

卢毓颖

(广州市水务规划勘测设计研究院 广东 广州 510500)

摘要:泄水闸工作闸作为水利水电枢纽工程中重要的组成部分,在水利调节、防洪、航运等方面发挥着重要的管控作用。考虑到泄水闸工作闸的重要性及所处环境对其正常运行的影响,对泄水闸工作闸实现实时在线监控以便及时发现问题并予以处理意义重大。本文以平面定轮钢闸门为例,对泄水闸工作闸的实时在线监测系统进行研究,阐述闸门监测内容及方法、信号传输方案,为今后除险加固工程泄水闸工作闸的实时在线监测提供有益参考。

关键词: 泄水闸工作闸; 平面定轮钢闸门; 在线监测

1 泄水闸工作闸的重要性及实时在线监测的必要性

水利水电工程水工金属结构设备包括闸门、机组蜗 壳等,这些组成项目根据位置的不同又可以划分为不 同的闸门,种类多样。泄水闸工作闸是水利水电枢纽 工程的重要组成部分,作为重要的水工金属结构设备 起到控制水量的作用,在河渠上用以泄洪、泄走多余 水量或放空渠道。当渠道进水或雨水过多,渠中水位 超过限制范围并有漫溢危险时,可开闸泄走多余水量, 保障渠道及建筑物的安全, 其机构与设备的可靠性、安 全性往往在枢纽安全运行中起到决定性作用,对于防 洪、航运及排水等多方面都意义重大。但是在实际的 运行中, 由于泄水闸整体耗费的成本较少, 因此其在 实务操作过程中往往被忽视。目前存在的普遍问题是, 水利水电工程项目完工之后, 部分管理人员由于缺乏 对泄水闸的重视,导致该设备存在隐患。尤其是近年来, 极端恶劣天气的增多,导致部分事故发生的概率增大, 造成经济损失;大则造成重大安全事故,对国家财产和 人民群众的生命财产安全造成严重威胁。因此对泄水 闸门的安全运行监测应保持高度重视。

通过对泄水闸管理的实地调查可知,当前我国部分水利水电工程的泄水闸管理比较落后,缺乏全面的检测系统的运用,仍然采用人工监测的方式,仍存在工作量大、效率低、风险大、检测困难且简单化等缺点与不足,这种监测方式往往只能解决表面的问题,无法解决根本性的问题。人工目测阶段的检修模式若想对所有设备进行检修,难免会对一些并无故障的设备进行多次拆卸,这种模式既浪费人力、财力、物力,也有可能导致设备故障的出现,同时也限制了水利水电工程"无

人值班、少人值守"自动化运行的发展。

通过以上分析可以看出,水工金属结构设备安装具有不确定性,需要对其进行动态的监控,通过这种监控方式最大限度地减少存在的风险。在线监测系统能够全面地对水工金属结构设备安装进行动态的、实时的、全方位的检测,能够通过对数据的分析,及时发现设备运行中出现的问题,以便更好地发出预警,提醒相应的工作人员进行干预,更好地保障水利水电工程建设的安全。

2 泄水闸工作闸实时在线监测系统设计

在线监测系统是对数据进行实时监测的系统,通过 在线监测能够及时实现数据收集、数据分析等过程,其 构成比较复杂,包括加速度传感器、位移传感器、数据 采集箱以及工作站等8个项目组。其目的是为了对水工 金属结构设备的重要参数实施实时监测,在出现异常情况时给出预警。根据相关文献统计,强度破坏、振动破坏、结构变形、动力失稳均是水工金属结构设备失事破坏的主要形式,它们引发应力接近屈服强度、结构共振、门叶卡阻、支铰失效等问题。针对事故产生的可能内因,设计相应的监测内容与方法,将事故隐患消除在萌芽期,是非常必要的。

本文研究中泄水闸工作闸采用平面定轮钢闸门,动水启门。启闭机采用 2×630kN-3.71m 液压式启闭机。根据闸门类型设计相应在线监测内容,主要包括以下几个方面:闸门的应力变化、流激振动,定轮运行状态及液压启闭机电动机的运行状态。

2.1 泄水闸工作闸实时在线监测的整体设计

图 1 是 ROMS (实时在线监测系统) 示意图。加速度传感器、应变传感器、倾角传感器和接近开关传

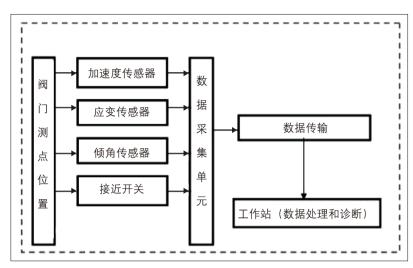


图 1 ROMS 示意图

感器将闸门关键部位的非电学量转变成电学量,数据 采集单元采集数据,数据传输到工作站并进行数据处 理与诊断。

图 2 显示了传感器的布置位置,将应变传感器、加速度传感器、接近开关、倾角仪布置到相应测量点,通过线缆将采集到的信息传递到采集箱内,对采集信息处理分析,完成对闸门的实时监测。

2.2 传感器的布置与选择

2.2.1 闸门主要构件的应力实时在线监测

应力监测包括对构件静应力和动应力的实时在线监测。闸门在运行中许多构件都会承受一定的应力,当

应力超出构件允许范围就会使闸门失效,严重时会给闸门带来不可逆的损坏。因此应对闸门应力较大及关键的区域进行监测,例如主梁、面板、支臂、吊耳等,然后根据实际测出的工作应力值进行解析,从而得到静应力值和动应力值,在应力值超标时做出预警和报警。

为了更好地发挥在线监测的功能,在以上的设计中,着重对传感器进行适用,在设计应力监测中引入应变传感器,加之其防水功能的设计,其额定电阻为 120Ω ,能够实现 [10° \mathbb{C} , 90° \mathbb{C}] 的温度自我补充,同时应变传感器的基底尺寸为 $21\text{mm} \times 5\text{mm}$,在 [-20° \mathbb{C} ,

100℃]温度范围内能够实现应变传感器的安装和运行, 实现了承受水压最大值为1MPa。

在线监测系统对每扇闸门布置 8 个应力监测点,测 点位置见表 1。

2.2.2 闸门主要构件流激振动实时在线监测

在闸门不同位置安装加速度传感器,闸门在受到水流冲击及开闭时,加速度传感器可以采集到不同位置的振动数据,再将采集到的数据通过处理器进行滤波、降噪、平均、回归,实时进行时域和频域分析,并在振动位移超标和振动频率接近固有频率时能够预警和报警。

依据《水工金属结构实时在线监测评价准则》(Q/

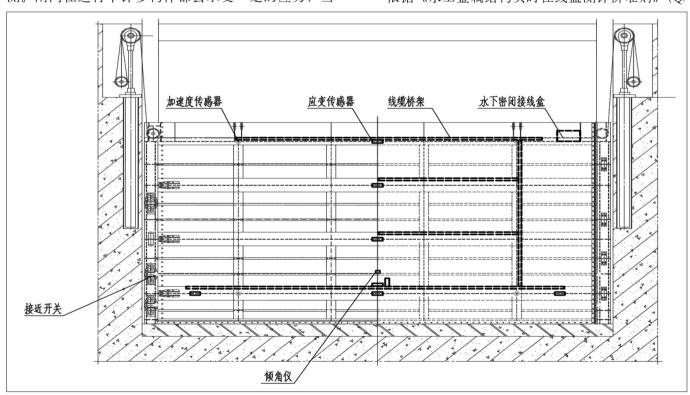


图 2 泄水闸工作闸传感器布置示意图

表 1 应力测点位置表

编号	测点位置
1	底主梁后翼板中心线位置,横向布置,测试底主梁弯曲应力
2	中 1 主梁后翼板中心线位置,横向布置,测试中主梁弯曲应力
3	中2主梁后翼板中心线位置,横向布置,测试中主梁弯曲应力
4	顶梁后翼板中心线位置,横向布置,测试顶梁弯曲应力
5	底主梁左侧后翼板靠近边梁处中心线位置,横向布置,测试底主梁弯曲应力
6	底主梁右侧后翼板靠近边梁处中心线位置,横向布置,测试底主梁弯曲应力
7	底主梁上部面板跨中位置,横向布置,测试闸门面板弯曲应力
8	底主梁上部面板跨中位置,纵向布置,测试闸门面板弯曲应力

MA61UHLTX · 002-2017) 企 业 标 准 采 纳 的 公 式: $\log A < 3.14 - 1.16 \log f$,判断闸门结构的动态特性和安全性。其中 A 为振动幅值,f 为振动频率。根据度汛过程中的监测数据,得到 A-f 曲线图,判断闸门振动响应的振幅、频率是否满足公式要求,当不满足公式关系时,表明闸门的振动特性状态不良,应当及时预警、报警。

依据《水工金属结构实时在线监测评价准则》(Q/MA61UHLTX:002-2017)企业标准采纳的美国阿肯色河通航枢纽管理局"振动构件平均位移划分振动危害的判别标准",采取"中等危害""严重危害"的指标作为ROMS系统的预警、报警阈值。振动构件平均位移划分与振动危害程度的判别标准见表 2。

在闸门启闭过程中,实测的流激振动数据经分析计算后,得到振动位移的振幅时域曲线,通过对振幅时域数据的智能化判断,显示预警、报警的频次和时段。

加速度传感器与传统的传感器进行了区别,在其功能的发挥中增加了防水功能,使其安全过载率能够达到 1000%,同时其耐水压的值达 490kPa,为了更好地发挥其水下工作的功能,加速度传感器的外壳采用的是耐腐蚀型的材料,其非线性在 ± 1 %RO 或以内,温度范围为 [-15 °C ,65 °C]。

闸门在线监测系统对每扇闸门布置 4 个三轴加速度 传感器,测点位置见表 3。

2.2.3 定轮运行状态在线监测

定轮运行状态监测采用深海防水接近开关传感器, 传感器直径 18 mm, 检测距离 8mm, DC6 ~ 36V, 2线, 常闭,输入特性: 触点信号;输出特性:常开触点对应 逻辑电平为高、常闭触点对应逻辑电平为低;响应频率: 采样频率的 0.5 倍。

对闸门底部 4 个定轮结构的运行姿态进行监测,闸门在线监测系统对指定定轮结构布置 1 个深海防水接

近开关传感器,每扇闸门共布置 4 个接近开关传感器, 共 8 个响应通道,测点位置见表 4。

2.2.4 液压启闭机电动机的运行状态在线监测

液压启闭机状态监测采用单向加速度传感器,传感器安装测点共4点,具体测点位置如表5所示。

2.3 信号传输及处理方案

实时在线监测系统将传感器集成至所需监测的设备中,利用传感器进行数据采集,然后用专用集成线缆将信号传送给采集箱,通过通信网、物联网、互联网及移动互联网等互联体系,将大量数据汇集至数据库,并在云端平台进行大数据分析和计算整合,同时对照规范,及时发现应力、振动等各项指标是否符合要求。

考虑到采集箱位置应固定于不易进水、防震且无恶 劣环境处,将数据采集箱安装在液压启闭机房内,其 中闸门和液压启闭机传感器共用一台采集箱。门叶上 所有传感器从主梁顶部水下密封接线盒通过电缆收放 装置进入采集箱,将所有通信线使用防水胶带缠绕牢

表 2 振动构件平均位移划分振动危害的判别标准

平均位移 /mm	振动危害程度
≤ 0.05	忽略不计 (可正常运行)
> 0.05 ~ 0.25	微小危害
> 0.25 ~ 0.5	中等危害
> 0.5	严重危害

表 3 加速度测点位置表

编号	测点位置
1	底主梁后翼缘左侧,测量乙方向的振动和加速度
2	底主梁后翼缘右侧,测量乙方向的振动和加速度
3	顶梁后翼缘左侧,测量 Z 方向的振动和加速度
4	顶梁后翼缘右侧,测量 Z 方向的振动和加速度

表 4 定轮接近开关测点位置表

编号	测点位置	
1	下部左定轮内侧端面,测量定轮运行状态	
2	下部右定轮内侧端面,测量定轮运行状态	
3	中部左定轮内侧端面,测量定轮运行状态	
4	中部右定轮内侧端面,测量定轮运行状态	

表 5 单向加速度测点位置表

编号	测点位置		
1	1# 电机输出端横向,测量电机运行状态		
2	1# 电机输出端纵向,测量电机运行状态		
3	2# 电机输出端横向,测量电机运行状态		
4	2# 电机输出端纵向,测量电机运行状态		

(下转第94页)

考虑使用已报废设备中可以回收再利用的零件,旨在最大程度降低企业设备维护成本。另外鉴于冶金企业经营的实际情况,在设备尚未达到完全报废的情况下,尽量优先以翻新旧设备为主,避免盲目购置新设备。

4.5 增强冶金机械设备维护人员专业水平

优秀的人才是一个行业发展的基石,冶金企业更是如此,为有效解决机械设备操作人员专业水平低的痛点。一是明确人员筛选标准,鉴于冶金机械设备结构复杂,精密成都较高,因此在人员的筛选上要以技能为硬指标,一定要持证上岗。同时通过建立多元化人才激励制度,吸引更多高素质的专业技术人才加入冶金机械设备维护队伍中。二是加强人员技能培训。冶金企业通过邀请专家举办技术讲座、更新书籍与网络资源储备等方式,引导员工学习新型专业技能,防止因跟不上技术的更新而被淘汰。三是定期实行考核制度。冶金企业推行绩效考核管理机制,对能力突出、表现优秀的内部维护人员给予奖励,而表现平庸、错漏百出的人员则给予适当惩罚,加强冶金机械设备维护工作的执行力度。

5 结语

综上所述,目前我国冶金行业保持高速发展的态势, 企业经营规模持续扩大,其中冶金机械设备运行水平会直 接影响到企业生产质量与效率,冶金机械设备在技术更新 的背景下趋于高速化、大型化、连续化,而且功能显得更加齐全,结构显得更加复杂,企业的管理维护工作面临挑战。为了从根本上保障设备运行期间的安全性与稳定性,还需要分析存在于设备管理运维中的各类问题,制定出专项可行的设备管理运维机制,合理优化设备流程,强化专业人员队伍建设,提高设备维护管理效率,充分发挥出设备管理维护工作在保障钢铁冶金综合效益中的重要作用。未来冶金机械设备的管理与维护工作将充分结合信息化、自动化技术等现代前沿科技,提高机械设备运行水平,满足我国冶金机械工程发展的需要。

参考文献:

- [1] 桑瑜. 产业升级路径:基于竞争假设的分析框架及 其推论[J]. 管理世界,2018,34(1):103-113.
- [2] 李晓宇. 冶金机械设备维修策略分析 [J]. 科技创新导报,2018,15(14):108-109.
- [3] 师为帅. 浅论企业设备管理与经济效益的关系 [J]. 现代工业经济和信息化,2015,5(10):17-19.
- [4] 林山柳. 冶金机械加工设备的管理及维护方法分析 [J]. 科技创新与应用, 2019(23):195-196.

作者简介: 李双(1988-),男,汉族,辽宁沈阳人,本科, 工程师,研究方向: 冶金机械设备点检维护管理。

(上接第90页)

固后,穿入金属穿线管或采用线缆防护架的方式进行保护后从侧墙位置接入采集箱,线缆防护架或金属穿线管采用侧墙钻孔,膨胀螺栓固定方式。但在保护前,应先与采集箱对接,确保信号正常。接线无误的情况下再进行线缆防护固定,避免出现无信号后又重新打开所有防护措施的返工情况。

传感器采用专用集成线缆,是一种特制电缆,内部集成了通信所需的60根线缆,可以满足传感器的常规供电和通信要求,同时集成线缆通过安放在闸顶混凝土上的专用电缆收放装置,实现随闸门同步启闭动作。

3 结语

闸门在线监测研究一直是水工金属结构研究领域的 热点问题,近年来实时在线监测系统在多行业都取得了 显著成果。通过在泄水闸工作闸设备上布置实时在线监 测系统,能够在最大限度上对设备的运行情况进行全 方位的检测。通过这一监测能够对设备的运行进行管 理,促进设备更好地使用和发挥作用。通过以上方式 能够促进水利水电工程金属结构设备更好地发挥作用,有利于水利水电工程金属结构设备的稳定。除此之外,对设备进行时时全方位的检测还能够为技术的革新提供广阔的平台和基础,有利于设备在完成其经济效益的同时,兼顾设备本身的社会效益。本文设计的在线监测系统实现了对泄水闸工作闸的自动化、智能化、科学化的全天候监测,准确发现和判别缺陷、故障现象和原因,不但代替了常规的人工检查而大大缩减了人力成本,而且在第一时间提供预警、报警和安全评价报告,将安全管理提高到一个新的水平。

参考文献:

- [1] 夏念凌. 水工闸门事故实例分析 [M]. 北京:水利电力出版社,1994.
- [2] 刘礼华, 欧珠光, 陈五一. 水工钢闸门检测理论与 实践 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2008.

作者简介:卢毓颖(1974.10-),男,本科,高级工程师, 研究方向:水利水电机电及金属结构设计。