ICS 编号
CCS 编号

团 体 标 准

T/CWEC XXX—20XX

水利水电工程闸门开度监测装置技术规范

Technical Specification for gate opening monitoring device of water conservancy and hydropower engineering

（征求意见稿）

20XX-XX-XX 发布 20XX-XX-XX 实施

中国水利企业协会 发 布

目　次

前　　言

本标准按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国水利企业协会提出并归口。

本标准起草单位：水利部水工金属结构质量检验测试中心、武汉静磁栅机电制造有限公司、江苏武进液压启闭机有限公司、常州液压成套设备厂有限公司、黄河水利水电开发集团有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、四川省交通勘察设计研究院有限公司、武汉力地液压设备有限公司、武汉宇锐电气有限公司、湖北省汉江兴隆水利枢纽管理局、中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司、中水淮河规划设计研究有限公司、云南省水利水电勘测设计研究院、常州步科自动化科技有限公司。

本标准主要起草人：耿红磊 于跃 原国智 王启行 郭朋彦 钟全胜 王梦 刘良 向浩 余代广 杨世杰 王鹏飞 韦仕龙 徐强 汤云 花晓阳 周宜松 陈玉东 张涛 陈若炜 吴德新 刘浩 陈照 石超 冯学刚 彭茂军 查智慧 王娟 杨艳娟 周金波 方超群 张兵 涂从刚 张宇 伍卫平 胡锟 曹亚超 史清坤。

水利水电工程闸门开度监测装置技术规范

1　范围

本文件规定了水利、水电和水运工程闸门开度监测装置的技术指标、质量检验、验收、包装与存放等技术要求。

本文件适用于水利水电工程静磁栅式、陶瓷活塞杆专用绝对式、磁致伸缩式、霍尔直接式和拉绳式闸门开度监测装置制造安装技术指标、质量检验、包装与存放。

2　规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191　包装储运图示标志

GB/T 2423.1　电工电子产品环境试验　第2部分：试验方法　试验A：低温

GB/T 2423.2　电工电子产品环境试验　第2部分：试验方法　试验B：高温

GB/T 2423.3　环境试验　第2部分：试验方法　试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.5　电工电子产品环境试验　第2部分：试验方法　试验Ea和导则：冲击

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验　第2部分：试验方法　试验Fc：振动（正弦）

GB/T 4208　外壳防护等级(IP代码)

GB/T 7665　传感器通用术语

GB/T 13306　标牌

GB/T 13384　机电产品包装通用技术条件

GB/T 14173　水利水电工程钢闸门制造安装及验收规范

GB 50150　电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

GB 50168　电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准

GB 50254　电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范

SL 41　水利水电工程启闭机设计规范

SL 74　水利水电工程钢闸门设计规范

SL 101　水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程

SL/T 381　水利水电工程启闭机制造安装及验收规范

SL 582　水工金属结构制造安装质量检验规程

SL/T 722　水工钢闸门和启闭机安全运行规程

3　术语和定义

3.1

开度监测装置　opening monitoring device

将闸门开度转换成电信号输出的装置。

3.2

静磁栅开度监测装置　magnetostatic grid opening monitoring device

由静磁栅源（按照特定规律分布的永磁体）、磁敏元件（如霍尔元件、磁阻元件、隧道磁阻等）及信号处理器组成，利用特殊编码技术感应磁场变化来准确测量位移的非接触式绝对编码开度监测装置。

3.3

磁致伸缩开度监测装置　magnetostrictive opening monitoring device

由特殊的磁致伸缩材料制成的波导管、磁环、信号处理器组成的利用磁致伸缩原理产生应变脉冲信号来准确地测量位置的开度监测装置。

3.4

陶瓷活塞杆专用绝对式开度监测装置 absolute opening monitoring device for ceramic piston rod

与液压启闭机陶瓷活塞杆匹配的，通过传感器读取在磁钢上开设标记，感应位移变化量并处理成响应的模拟电信号输出传递给控制模块的开度监测装置。

3.5

拉绳开度监测装置　pulling rope opening monitoring device

由编码器、钢丝线绳、弹簧、减速齿轮、铝合金外壳、弹性体材料等组成的利用机械运行转换成电信号进行测量位置的开度监测装置。

3.6

传感器　transducer

能感受被测量并按照一定的规律转换成可用于输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。

注1：敏感元件（sensing element），指传感器中能直接感受或影响被测量的部分。

注2：转换元件（transducing element），指传感器中能将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于传输或测量的电子信号部分。

[来源：GB/T 7665—2005，3.1.1]

3.7

分辨率　resolution

传感器在规定测量范围内可能检测出的被测量位移的最小细分单位。

3.8

测量精度　measuring accuracy

传感器测量值与标称值的接近程度。

3.9

量程　range

传感器的测量范围上、下限制之间的代数差。

示例1：范围为0℃～100℃时，量程为100℃；

示例2：范围为20℃～100℃时，量程为80℃；

示例3：范围为-20℃～100℃时，量程为120℃。

[来源：GB/T 7665—2005，3.5.1.8]

3.10

最大测量速度　maximum measuring speed

传感器能够正常读取数据的最大速度。

3.11

非线性误差　nonlinear error

最大误差除以量程。

3.12

回差 hysteresis error of instrument

测量范围内，上行测量值与下行测量值的最大偏差。

3.13

零位 null

使输出的绝对值为最小的状态。

[来源：GB/T 7665—2005，3.5.1.34]

3.14

校准（标定） callbration

在规定的条件下，通过一定的试验方法记录相应的输入——输出数据，以确定传感器性能的过程。

[来源：GB/T 7665—2005，3.5.1.37]

4 总则

4.1 开度监测装置选择应符合GB/T 14173、SL 41、SL 74和SL/T 381的规定。

4.2 开度监测装置选择应综合考虑闸门及启闭机的工作环境和使用年限，有泄洪功能和运行频繁的工作闸门启闭机宜设置两种开度装置。

4.3 开度监测装置制造、安装、试验、验收和储运应满足安全可靠、技术先进、经济合理、维修方便、操作智能、绿色环保的要求，并应符合相关规定。

4.4 开度监测装置的零部件宜系列化、通用化和标准化。

4.5 开度监测装置不应与腐蚀性物品混合储运。

4.6 开度监测装置应在以下条件下使用：

1） 环境温度： -40℃～85℃；

2） 相对湿度：≤90%；

3） 不应置于强电磁污染、超量污染物和强振动环境。

4.7 开度监测装置投入运行后应符合SL 101和SL/T 722的规定。运行期间如果发生下列情况之一，应及时进行维护、改造或更新：

1）超设计工况运行；

2）误操作引发的开度监测设备事故；

3）外观表面出现明显的机械损伤、变形等缺陷；

4）出现明显示值异常，影响闸门安全运行。

5　通用技术要求

5.1　资料

5.1.1　开度监测装置制造应具备下列资料：

1）设计图样，包括总图、装配图及零件图；

2）制造工艺文件。

5.1.2　开度监测装置出厂前，应具备下列资料：

1）出厂合格证及使用维护说明书；

2）出厂检验报告；

3）校准报告；

4）出厂前应在其显著位置标明其型号、名称、生产厂家等。

5.1.3　开度监测装置安装前，除5.1.2外，还应具备下列资料：

1）安装图样；

2）发货清单；

3）现场到货交接文件；

4）安装技术文件；

5）安装用控制点位置图。

5.2　电气

5.2.1　开度监测装置电气设备应符合GB 5226.1的规定。电气设备组装应符合GB 50171和GB 50254的规定。电气设备现场安装应符合GB/T 3811、GB 50168、GB 50171和GB 50256的规定。电气设备现场检测与试验应符合GB 50150的规定。

5.2.2　电气元器件的型号、规格应符合设计要求并具有合格证明书。

5.3　防护等级

5.3.1　各类开度监测装置防护等级应满足所在环境长期使用的要求。

5.3.2　开度监测装置防护等级应符合GB/T 4208的规定。室外使用时防护等级应不低于IP68，室内使用时防护等级应不低于IP54。

5.4　安装

5.4.1　开度监测装置安装施工不应对闸门的正常运行产生不良影响，现场电气元器件应做好密封措施。

5.4.2　开度监测装置各组成单元组装应坚固，各部件连接应可靠，安装维护应方便。安装位置应不影响数据的稳定采集及传输，并应留有检修空间。

5.5　通信

5.5.1　通信线路应具备良好的抗干扰能力，保证数据传输的准确性。

5.5.2　开度监测装置应支持足够高的通信速率,保证数据传输的实时性。

5.5.3　开度监测装置应根据PLC的通信能力、接口类型等实际情况选用不同的信号输出方式，输出方式应覆盖以下类型：

1） RS-485；

2） SSI；

3） CANbus。

5.6　测试

5.6.1　开度监测装置厂内集成完毕后，应进行出厂前测试，包括下列项目：

1 传感器应进行100h老化试验，老化试验应符合GB 50150和GB 50054的规定。老化试验后应对单通道传感器逐一进行性能校准测试。

2 开度装置的产品环境试验应符合GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.5和GB/T 2423.10的规定。

5.6.2 开度监测装置现场安装完毕后应进行现地联调试验，现地测试应包括下列项目：

1 随机资料完整性检查。

2 系统网络安全隔离检查。

3 系统网络通信测试。

4 系统初始状态调试。

6　静磁栅开度监测装置

6.1　技术指标

6.1.1　静磁栅开度监测装置的技术指标应包括分辨率、测量精度、量程、最大测量速度、非线性误差、回差、防护等级、耐腐蚀性、感应面测量间隙和输出方式等。

6.1.2　开度监测装置分辨率应不低于0.1 mm。

6.1.3　开度监测装置测量精度应不低于1 mm。

6.1.4　开度监测装置量程应满足闸门最大开度的要求，且裕量应不少于100mm。

6.1.5　开度监测装置不间断最大测量速度应满足启闭机运行速度要求，且应不低于5 m/s。

6.1.6　开度监测装置非线性误差允许偏差应为±0.1 %F.S. ，计算方法见附录A。

6.1.7　开度监测装置回差允许偏差应为±0.2 %，计算方法见附录B。

6.1.8　开度监测装置外壳防护等级应不低于IP68。

6.1.9　开度监测装置耐腐蚀性能应不低于WF2。

6.1.10 开度监测装置无接触式测量，感应面的测量间隙可达15mm，适用户外复杂工业环境。

6.1.11 开度监测装置属于绝对编码传感器，断电后各种运行状态被记忆锁定，通电后系统能自动识别关机（断电）前状态。

6.1.12　开度监测装置信号输出方式应符合5.5.3规定。

6.2　质量检验

6.2.1　开度监测装置出厂前应进行外观和性能检验。

6.2.2　外观表面应平整、光滑，无明显的机械损伤等缺陷，静磁栅尺应无变形、折弯。

6.2.3　开度监测装置质量检验方法应符合SL 582的规定，静磁栅开度监测装置应依据技术指标进行逐项检测。

6.2.4　开度监测装置出厂前应进行全量程动态测试和环境适应性测试,数据采集频率应满足设计及使用要求。

6.2.5　开度监测装置出厂时应出具详细的质量检验报告。

7　陶瓷活塞杆专用绝对开度监测装置

7.1　技术指标

7.1.1　陶瓷活塞杆专用绝对开度监测装置的技术指标应包括分辨率、测量精度、不间断测量速度、非线性误差、安装间隙、输出方式。

7.1.2　开度监测装置分辨率应不低于0.1 mm。

7.1.3　开度监测装置测量精度应不低于0.5 mm。

7.1.4　开度监测装置不间断测量速度应满足启闭机运行速度要求，且应不低于3 m/s。

7.1.5　开度监测装置非线性误差允许偏差应为±0.1 %F.S.。

7.1.6　开度监测装置回差允许偏差应为±0.2 %。

7.1.7　开度监测装置传感器与活塞杆之间安装间隙宜为0.2～0.5mm。

7.1.8　开度监测装置传感器防护等级应达到IP 68。

7.1.9　陶瓷活塞杆专用绝对开度监测装置断电后各种运行状态应能被记忆锁定，通电后系统应能自动

识别关机（断电）前状态。

7.1.10　开度监测装置信号输出方式应符合5.5.3规定。

7.2　质量检验

7.2.1　开度监测装置出厂前应配合液压启闭机油缸进行性能检验。

7.2.2　外观表面应无表面损伤。

7.2.3　开度监测装置质量检验方法应符合SL 582的规定，陶瓷活塞杆专用绝对开度监测装置应依据技术指标进行逐项检测。

7.2.4　开度监测装置出厂前应进行全量程动态测试和环境适应性测试,数据采集频率应满足设计及使用要求。

7.2.5　开度监测装置出厂时应出具详细的质量检验报告。

8　磁致伸缩开度监测装置

8.1　技术指标

8.1.1　磁致伸缩开度监测装置的技术指标应包括分辨率、测量精度、不间断测量速度、非线性误差、重复性误差和输出方式。

8.1.2　开度监测装置分辨率应不低于0.1 mm。

8.1.3　开度监测装置测量精度应不低于0.5 mm。

8.1.4　开度监测装置不间断测量速度应满足启闭机运行速度要求，且应不低于3 m/s。

8.1.5　开度监测装置非线性误差允许偏差应为±0.1 %F.S.。

8.1.6　开度监测装置重复性误差允许偏差应为±0.2 %F.S. ，计算方法见附录C。

8.1.7　开度监测装置信号输出方式应符合 5.5.3 规定。

8.2　质量检验

8.2.1　开度监测装置出厂前应进行外观和性能检验。

8.2.2　外观表面应平整、光滑，无明显的机械损伤等缺陷，波导管应无变形、折弯。

8.2.3　开度监测装置质量检验方法应符合SL 582的规定，磁致伸缩开度监测装置应依据技术指标进行逐项检测。

8.2.4　开度监测装置出厂前应进行全量程动态测试和环境适应性测试,数据采集频率应满足设计及使用要求。

8.2.5　开度监测装置出厂时应出具详细的质量检验报告。

9　霍尔直接式开度监测装置

9.1　技术指标

9.1.1　霍尔直接式开度监测装置的技术指标应包括分辨率、测量精度、不间断测量速度、非线性误差、安装间隙、输出方式。

9.1.2　开度监测装置分辨率应不低于0.1 mm。

9.1.3　开度监测装置测量精度应不低于1 mm。

9.1.4　开度监测装置不间断测量速度应满足闸门运行速度要求，且应不低于3 m/s。

9.1.5　开度监测装置非线性误差允许偏差应为±0.2 %F.S.。

9.1.6　开度监测装置回差允许偏差应为±0.4 %。

9.1.7　开度监测装置传感器与闸门之间安装间隙宜为1～5mm。

9.1.8　开度监测装置传感器防护等级应达到IP68。

9.1.9　霍尔直接式开度监测装置断电后各种运行状态应能被记忆锁定，通电后系统应能自动识别关机（断电）前状态。

9.1.10　开度监测装置信号输出方式应符合5.5.3规定。

9.2　质量检验

9.2.1　开度监测装置出厂前应进行外观和性能检验。

9.2.2　外观表面应无表面损伤和折弯现象。

9.2.3　性能检验质量指标应符合7.1规定。

9.2.4　开度监测装置传感器防护等级应提供证明资料。

9.2.5　开度监测装置出厂前应进行全量程动态测试和环境适应性测试，数据采集频率应满足设计及使用要求。

9.2.6　开度监测装置出厂时应出具详细的质量检验报告。

10　拉绳开度监测装置

10.1　技术指标

10.1.1　拉绳开度监测装置的技术指标应包括分辨率、测量精度、量程、拉绳速度、非线性误差、重复性误差、出线口拉力和输出方式。

10.1.2　开度监测装置分辨率应不低于0.1 mm。

10.1.3　开度监测装置测量精度应不低于0.5 mm。

10.1.4　开度监测装置量程应满足闸门最大开度的要求，且裕量应不少于500mm。

10.1.5　开度监测装置拉绳速度应满足启闭机运行速度要求，且应不低于5 m/s。

10.1.6　开度监测装置非线性误差允许偏差应为±0.1 %F.S.。

10.1.7　开度监测装置重复性误差允许偏差应为±0.2 % F.S.。

10.1.8　开度监测装置出线口拉力应不小于4 N。

10.1.9　开度监测装置信号输出方式应符合5.5.3规定。

10.2　质量检验

10.2.1　开度监测装置出厂前应进行外观和性能检验。

10.2.2　外观表面应平整、光滑，无明显的机械损伤等缺陷，钢丝绳应无变形、折弯。

10.2.3　性能检验质量指标应符合10.1规定。

10.2.4　开度监测装置出厂前应进行全量程动态测试和环境适应性测试,数据采集频率应满足设计及使用要求。

10.2.5　开度监测装置出厂时应出具详细的质量检验报告。

11　验收

11.1　出厂验收

11.1.1　出厂验收前应编制出厂验收大纲。对验收设备进行检查，填写检验记录，检查合格后应按出厂验收大纲进行验收。

11.1.2　验收时，制造厂应提供下列技术资料：

a）　制造总图、原理图、装配图及产品维护使用说明书；

b）　预组装检测记录和出厂试验报告；

c）　主要材料的材质证明文件；

d）　主要外购件合格证或质量证明文件；

e）　进口件产品使用维护说明书，包括英文原件及中文译本；

f）　装置质量检验报告。

11.2　安装验收

11.2.1　安装验收前应编制安装验收大纲。对验收设备进行检查，检查合格后应按安装验收大纲进行验收。

11.2.2　安装单位除移交制造厂提供的全部资料外，还应提供下列资料：

a）　安装竣工图；

b）　安装尺寸的最后测定记录和调试记录；

c）　现场试验记录和试验报告。

12　标识、包装与存放

12.1 标识

12.1.1 开度监测装置应在明显处设置标牌，标牌应符合GB/T 13306的规定，其主要内容应包括：

a） 产品名称、规格及型号；

b） 出厂编号；

c） 主要技术参数；

d） 制造日期和制造商名称。

12.1.2 开度监测装置的易损部位和工作区域应设置警示标识。

12.2 包装

12.2.1 装置出厂时的包装应符合GB/T 13384的规定。

12.2.2 随机文件应齐全，宜采用塑料袋封装，随机文件袋应放置在1号箱中。

12.2.3 传感器及仪表等的包装应采取防潮和防震措施。

12.3 存放

12.3.1 开度监测装置的存放图示标志应符合GB/T 191的规定。

12.3.2 所有设备及附件应室内存放，存放时应注意防潮、防碰撞。

12.3.3 长期存放时，应按产品说明书进行维护保养。

13 运行维护

13.1 闸门启闭机运行期间，应对开度监测装置进行定期维护。维护时，装置表面灰尘、污垢或生物应及时清除。

13.2 开度装置维护周期可按下列要求执行：

a） 一般环境下，应与闸门启闭机同周期维护；

b） 工作环境为海淡水、海水环境时，宜每半年维护一次。

13.3 开度装置出现有锈蚀、折弯、破损等异常时，应更换或返厂处理。

附　录　A
（规范性）
非线性误差计算方法

A.1　测量方法

在传感器输出范围内大致均匀分布取11个测量点（包括上、下限值），按顺序分别读出长度标准器给出的位移值Y_i 和各测量点的输出值y_i ，以正、反两个行程为一个测量循环，共测量三个循环。

A.2　非线性误差应按公式（A.1）进行计算：

（A.1）

式中：

δ —— 非线性误差；

—— 传感器的实际特性曲线对参比直线的最大偏差；

Y_{FS} —— 满量程输出。

满量程输出应按公式（A.2）进行计算：

$$\mathbf{Y_{FS} = Ymax \mid Ymin} \tag{A.2}$$

式中：

Ymax —— 位移至上限值时三个循环正、反行程输出量的平均值；

Ymin —— 位移至下限值时三个循环正、反行程输出量的平均值；

最大偏差应按公式（A.3）进行计算：

（A.3）

式中：

$\overline{y}_i$ —— 传感器在第i个测量点三个循环正、反行程输出量的平均值。

附　录　B

（规范性）

回差计算方法

B.1　测量方法

在传感器输出范围内大致均匀分布取11个测量点（包括上、下限值），按顺序分别读出长度标准器给出的位移值Y_i 和各测量点的输出值y_i ，以正、反两个行程为一个测量循环，共测量三个循环。

B.2　回差应按公式（B.1）进行计算：

（B.1）

$$\Delta Y_{H\max} = \max|\overline{g_i} - \overline{b_i}| \qquad (B.2)$$

式中：

h_i—— 回差；

$\overline{g_i}$ —— 传感器在第i个测量点三个循环正行程输出量的平均值；

$\overline{b_i}$ —— 传感器在第i个测量点三个循环反行程输出量的平均值。

附 录 C
（规范性）
重复性误差计算方法

C.1 测量方法

在传感器输出范围内大致均匀分布取11个测量点（包括上、下限值），按顺序分别读出长度标准器给出的位移值Y_i 和各测量点的输出值y_i ，以正、反两个行程为一个测量循环，共测量三个循环。

C.2 重复性误差应按公式（C.1）进行计算：

$$\xi_R = \frac{cS_{max}}{Y_{FS}} \times 100\% \tag{C.1}$$

式中：

ξ_R—— 重复性误差；

c —— 包含因子，$c = t_{0.95}$，本标准中取$t_{0.95}$=4.303；

S_{max} —— 最大的样本标准偏差，从11个测量点的22个标准偏差中选取最大者。