

## 前 言

本标准是根据国家经贸委电力司《关于确认 1998 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力〔1999〕40 号文）下达任务而安排的项目。在编写格式和规则上以 DL/T600-2001《电力行业标准编写基本规定》为依据。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 为规范性附录。

本标准由电力行业水电站金属结构及启闭机标准化技术委员会提出并归口。

本标准由电力行业水电站金属结构及启闭机标准化技术委员会负责解释。

本标准起草单位：河海大学。

本标准主要起草人：原玉琴、郑圣义、江泉、叶华顺、杨光明、郭建斌、夏仕锋、卜现港。

# 水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程

## 1 范围

本规程规定了在役的水利水电工程钢闸门（含拦污栅，下同）和启闭机安全检测的内容和保证检测质量的技术要求，适用于水利水电大、中型工程的钢闸门和启闭机。小型工程的钢闸门和启闭机可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T1172 黑色金属硬度及强度换算值
- GB/T3323 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级
- GB/T5972 起重机械用钢丝绳检验和报废实用规范
- GB/T6920 水质 pH 值的测定 玻璃电极法
- GB/T8538 饮用天然矿泉水检验方法
- GB/T11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级
- GB/T11897 水质 游离氯和总氯的测定 N, N-二乙基-1, 4-苯二胺滴定法
- GB/T11899 水质 硫酸盐的测定 重量法
- GB/T11913 水质 溶解氧的测定 电化学探头法
- GB/T12336 腐蚀数据统计分析标准方法
- GB/T12998 水质 采样技术指导
- DL/T12999 水质采样样品保存和管理技术
- DL/T5018 水利水电工程钢闸门制造安装及验收规范
- DL/T5019 水利水电工程启闭机制造、安装及验收规范
- DL/T5039 水利水电工程钢闸门设计规范
- DL/T5167 水电水利工程启闭机设计规范
- JB4730 压力容器无损检测

## 3 基本规定

3.1 安全检测应包括以下内容：

- a) 闸门和启闭机检测及成果分析；
- b) 根据检测结果进行分析并对水工钢闸门和启闭机进行安全复核计算；
- c) 安全评估。

3.2 安全检测负责人员应全面了解水工钢闸门和启闭机的设计、制造、安装、运行情况。检测人员应持有上岗证书。

无损探伤人员应持有由主管部门批准的技术资格鉴定考试委员会签发的与其工作相适应的技术资格证书。探伤结果应由持有Ⅱ级或Ⅱ级以上证书的探伤人员进行评定。

3.3 安全检测必须选用满足精度要求并经计量检定机构检定合格的仪器设备。

3.4 水工钢闸门和启闭机安全检测应按以下项目进行：

- a) 巡视检查；
- b) 闸门外观检测；
- c) 启闭机性能状态检测；
- d) 腐蚀检测；
- e) 材料检测；
- f) 无损探伤；
- g) 应力检测；
- h) 结构振动检测；
- i) 启闭力检测；
- j) 启闭机考核；
- k) 特殊项目检测。

3.5 3.4 中的 a)、b)、c) 项为必检项目，应逐孔进行检测，d) ~ i) 项为抽检项目。抽检项目应根据同类型闸门孔数和同类型启闭机台数，按比例抽样检测。抽样比例按表 1 执行。选择时应考虑闸门和启闭机运行状况及布置位置等因素。

表 1 抽样比例表

闸门孔数	抽样比例 %
1~5	100~50
6~10	50~30
11~20	30~20
20 以上	20

3.6 安全检测应定期进行，检测周期可根据水工钢闸门和启闭机的运行时间及运行状况确定。

- a) 水工钢闸门和启闭机安装完毕蓄水运行，闸门承受水头达到或接近设计水头时，应进行第一次安全检测。如未达到设计水头，则应在运行 5 年以内，进行第一次安全检测。检测应按 3.4 逐项进行。
- b) 第一次安全检测后，根据工程实际运行情况，应每隔 10~15 年对水工钢闸门和启闭机进行一次定期安全检测。检测按 3.4 规定进行，项目可有所侧重。
- c) 凡投入运行超过 5 年未进行安全检测的水工钢闸门和启闭机，应立即进行一次全面的安全检测。以后应按本条 b) 执行。

3.7 特殊情况的安全检测

遇地震烈度为 7 度及 7 度以上地震、超设计标准洪水或发生相关事故之后，必须对水工钢闸门和启闭机进行一次安全检测。检测时先进行 3.4 的 a)、b) 项，必要时，再进行其他项目检测。

3.8 安全检测前工程管理单位应提供以下技术资料：

- a) 设计及竣工图，包括总布置图、装配图、部件图及必需的零件图等；
- b) 主要材料出厂牌号证明及质量证明书；
- c) 设计计算书的有关部分；
- d) 制造质量合格证；
- e) 制造安装最终检查、试验记录及有关资料；
- f) 重大缺陷处理记录；
- g) 焊缝探伤报告；
- h) 制造、安装、运行使用说明书（设计单位编制的）；

- i) 制造质量等级证书;
- j) 安装质量等级证书及竣工资料及文件;
- k) 有关水工建筑物变形观测资料分析报告;
- l) 操作规程(工程管理部门编制的)及运行操作、维修保养记录;
- m) 事故记录;
- n) 前次安全检测报告及安全鉴定资料;
- o) 最新水力学原型观测报告。

#### 4 巡视检查

- 4.1 巡视检查是安全检测必检项目,属于目测检查项目。主要检查与水工钢闸门和启闭机相关的水流条件、水工建筑物、附属设施等。
- 4.2 巡视检查前应详细了解与水工钢闸门和启闭机相关水工建筑物的维修、养护、观测情况。
- 4.3 巡视检查时,应做好现场检查记录,记录表见附录 A。
- 4.4 巡视检查的主要内容如下:
- a) 观察闸门、启闭机运行情况;
  - b) 泄水时,闸门所在水道及闸槽前后的水流流态;
  - c) 闸门关闭时的漏水状况;
  - d) 闸墩、胸墙、牛腿等部位裂缝、剥蚀、老化等;
  - e) 门槽及附近区域空蚀、冲刷、淘空等;
  - f) 闸墩及底板伸缩缝的开合错动,对闸门和启闭机的影响;
  - g) 通气孔坍塌、堵塞或排气不畅等;
  - h) 启闭机室裂缝、漏水、漏雨等异常现象;
  - i) 寒冷地区闸门的防冻设施是否有效;
  - j) 液压系统及其控制保护是否完整;
  - k) 电气控制及保护系统设备及备用电源是否能正常工作。

#### 5 闸门外观检测

- 5.1 外观检测是安全检测必检项目。以目测为主,配合必要的量测工具及仪器。
- 5.2 外观检测前应详细了解闸门和启闭机制造、安装、运行、保养、检修情况。
- 5.3 外观检测时,应做现场记录,记录表见附录 B。
- 5.4 门体外观检测应记录以下内容:
- a) 闸门体明显变形、扭曲;
  - b) 主梁、支臂、纵梁等构件的直线度、局部不平度、碰撞变形、位置偏差等;
  - c) 面板的局部不平度;
  - d) 吊耳变形、开裂及轴孔磨损等;
  - e) 焊缝及其热影响区状况。
- 5.5 闸门止水外观检测应记录以下内容:
- a) 柔性止水的磨损、老化、龟裂、破损;
  - b) 刚性止水的压痕、擦痕、磨蚀;
  - c) 止水垫板、压板、挡板的腐蚀及缺件;
  - d) 螺栓的腐蚀及缺件。
- 5.6 闸门的支承行走装置外观检测应记录以下内容:
- a) 主轮(滑道)、侧向支承、反向支承的腐蚀、转动、润滑、缺件等;

- b) 弧形闸门支铰的铰链、铰座的缺陷，轴及轴承的润滑等。
- 5.7 闸门锁定装置外观检测应记录以下内容：
  - a) 整体运用可靠性和操作方便性；
  - b) 零件的腐蚀和破损。
- 5.8 平压设备及连接件外观检测应记录以下内容：
  - a) 吊杆的变形、腐蚀、开裂、轴孔压溃及磨损；
  - b) 平压设备（充水阀或旁通阀）的完整性及可靠性。
- 5.9 闸门槽外观检测应记录以下内容：
  - a) 门槽混凝土的剥蚀及对闸门运行影响；
  - b) 主轨、侧轨、反轨、止水座板及闸槽护角的磨损、腐蚀、脱落、缺件、错位；
  - c) 钢胸墙的腐蚀、裂缝及妨碍闸门运行的突起等，一、二期混凝土接缝的渗漏。

## 6 启闭机性能状态检测

### 6.1 固定卷扬式启闭机

#### 6.1.1 机架

机架腐蚀、损伤及焊缝状况。

#### 6.1.2 电动机

- a) 电动机电压、电流、绝缘电阻、温升等；
- b) 运转噪声。

#### 6.1.3 制动器

- a) 制动器装配正常，无缺件；
- b) 电磁铁温升；
- c) 液压式制动器油液外渗；
- d) 摩擦片磨损剩余厚度；
- e) 制动轮腐蚀、磨损、圆度等；
- f) 运转噪声。

#### 6.1.4 联轴器

- a) 联轴器的同轴度；
- b) 腐蚀、漏油、噪声等。

#### 6.1.5 减速器

- a) 减速器的油质、油量、渗漏等；
- b) 轴承磨损、破损、润滑；
- c) 齿轮啮合状况，齿面腐蚀、磨损、胶合，必要时测齿面硬度；
- d) 运转噪声。

#### 6.1.6 传动轴

- a) 传动轴腐蚀、裂纹及磨损；
- b) 明显的变形。

#### 6.1.7 卷筒及开式齿轮

- a) 卷筒表面、卷筒辐板、轮缘、轮毂的损伤和裂纹缺陷等；
- b) 轴及轴承的润滑及磨损等；
- c) 开式齿轮的润滑状况，轮齿的断折、崩裂，必要时测齿面硬度；
- d) 齿面的腐蚀、磨损等。

#### 6.1.8 滑轮组及钢丝绳

- a) 滑轮组总体完整性;
- b) 轮架及滑轮的腐蚀、磨损及变形等;
- c) 轴及轴承的润滑及磨损;
- d) 钢丝绳在卷筒上的固定、排列状况;
- e) 钢丝绳应按 GB/T5972 的规定使用、报废。

## 6.2 移动式启闭机

### 6.2.1 卷扬式起重机构

按 6.1 规定检测。

### 6.2.2 行走机构的传动部分

按 6.1.1~6.1.6 检测。

### 6.2.3 行走轮与轨道

- a) 同一端梁下行走轮同位差;
- b) 啃轨、起皮状况;
- c) 必要时检测行走轮及轨道硬度。

### 6.2.4 门架、桥架

- a) 焊缝及热影响区状况;
- b) 门架的高强度螺栓完整性及扭紧程度;
- c) 门架、桥架明显的变形及损伤;
- d) 夹轨器的有效性。

## 6.3 螺杆启闭机

### 6.3.1 传动部分

按 6.1.1~6.1.6 检测。

### 6.3.2 螺母螺杆

- a) 螺母螺杆磨损、裂纹、腐蚀;
- b) 螺杆的直线度。

## 6.4 液压启闭机

### 6.4.1 液压缸

- a) 缸体、端盖、支承凸台、支座等损伤和裂纹;
- b) 活塞杆的磨损和变形;
- c) 泄漏状况。

### 6.4.2 液压系统

- a) 油箱、油泵、阀件、管路等腐蚀、泄漏;
- b) 液压系统中的仪表灵敏度, 准确度。

## 6.5 钢闸门沉降量

因液压缸及液压系统的渗漏引起闸门沉降, 在 48h 内不得大于 200mm。

## 6.6 电气控制设备、保护装置及电路

### 6.6.1 电气控制设备

- a) 操作盘(台)光线明亮, 便于操作;
- b) 操作按钮排列合理, 标志明显;
- c) 启动设备应有警示、联络信号装置、措施。

### 6.6.2 保护装置

- a) 闸门高度指示器;
- b) 限位开关;

c) 负荷指示器, 终点(行程)开关。

### 6.6.3 电路

启闭机室或工作桥上的动力线路、控制保护系统及操作系统线路排列及老化状况。

### 6.7 检测记录

检测应做现场记录, 记录表见附录 C。

## 7 腐蚀检测

7.1 腐蚀检测可采用各种型式的测厚仪或其他量测工具进行。

7.2 腐蚀检测内容如下:

- a) 腐蚀部位及其分布状况, 蚀坑(或蚀孔)的深度、大小、发生部位密度。
- b) 严重腐蚀面积占闸门和启闭机构件表面积的百分比。
- c) 腐蚀构件的蚀余截面尺寸。

7.3 腐蚀程度评定标准如下:

- a) A 级, 轻微腐蚀。表面涂层基本完好, 局部有少量蚀斑或不太明显的蚀迹, 金属表面无麻面现象或只有少量浅而分散的蚀坑。一般在  $300\text{mm} \times 300\text{mm}$  范围内只有 1~2 个蚀坑, 密集处不超过 4 个。
- b) B 级, 一般腐蚀。涂层局部脱落, 有明显的蚀斑、蚀坑, 蚀坑深小于 0.5mm, 或虽有较深的蚀坑, 深度在 1.0mm~2.0mm 之间, 但较分散。一般在  $300\text{mm} \times 300\text{mm}$  范围内不超过 30 个蚀坑, 密集处不超过 60 个。构件尚未明显削弱。
- c) C 级, 较重腐蚀。表面涂层大片脱落, 脱落面积不小于  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ , 或涂层与金属分离且中间夹有腐蚀皮, 有密集成片的蚀坑, 深度在 1.0mm~2.0mm 范围, 一般在  $300\text{mm} \times 300\text{mm}$  范围内超过 60 个; 或麻面现象较重, 在  $300\text{mm} \times 300\text{mm}$  范围内虽不超过 60 个蚀坑, 但深度在 2.5mm 以上。构件已有一定程度的削弱。
- d) D 级, 严重腐蚀。蚀坑较深且密集成片, 构件局部有很深的蚀坑, 深度在 3.0mm 以上, 并有蚀损, 出现孔洞、缺肉等现象。构件已严重削弱。

7.4 构件蚀余尺寸的测量应遵循下列原则:

根据闸门和启闭机结构型式划分若干测量单元, 每单元检测截面测点不少于 2 个。

- a) 施测截面应位于构件的腐蚀严重部位。
- b) 每根构件的检测截面应不少于 2 个。
- c) 每块节点板的测点应不少于 2 点。
- d) 闸门面板应根据板厚及腐蚀状况划分为若干个测量单元, 每个测量单元的测点应不少于 5 点。
- e) 测量构件蚀余尺寸时, 应除去构件表面涂层; 如带涂层测量, 必须扣除涂层厚度。

7.5 根据构件腐蚀的严重程度, 应适当增加隐蔽部位或严重部位的检测截面和测点。

7.6 检测数据应遵照腐蚀数据统计分析标准方法 GB/T12336 进行分析处理。

## 8 材料检测

8.1 工程管理单位出具的材料出厂牌号证明及质量证明书和工程验收等文件, 足以证明水工钢闸门的启闭机所用材料牌号和性能符合设计图样要求时, 不再进行材料牌号检测。

8.2 当主要材料牌号不清或对主要材料牌号有疑问时, 应做材质检测并确定材料牌号。

8.3 水工钢闸门和启闭机发生破坏事故, 应对失效构件、零件的材料进行机械性能试验及金相分析, 同时做失效分析。

8.4 材料牌号鉴别检测方法应符合以下要求:

- a) 设备允许取样时, 按金属材料化学分析和机械性能试验试件标准要求取样试验, 确定材料牌号。

b) 设备不允许取机械性能试验试样时,应在非受力部位取干净的(不含油漆、渗碳层、脱碳层等)屑样进行化学分析,同时测量其材料硬度,按 GB/T1172 换算出抗拉强度 $\sigma_b$ 的近似值,综合分析确定材料牌号。

c) 允许用其他无损检测方法鉴别材料牌号。

8.5 对于冰冻地区运行多年的工作、事故闸门钢材,有可能和必要时还应作低温冲击试验,以鉴定材料脆化程度。

## 9 无损探伤

9.1 对 DL/T5018、DL/T5019 规定的一、二类焊缝,外观检测怀疑有裂纹但难以确定时,应采用渗透或磁粉探伤方法进行表面或近表面裂纹检查。渗透探伤方法及磁粉探伤方法按 JB4730 执行。

9.2 对水工钢闸门主要受力焊缝内部缺陷应进行射线探伤或超声波探伤,两种方法任选一种。射线探伤方法按 GB/T3323 进行,超声波探伤方法按 GB/T11345 执行。

9.3 焊缝探伤长度占焊缝全长的百分比按下列原则确定:

a) 一类焊缝,超声波探伤应不少于 20%,射线探伤应不少于 10%。

b) 二类焊缝,超声波探伤应不少于 10%,射线探伤应不少于 5%。

9.4 裂纹是焊缝的危险缺陷,发现裂纹时,应根据具体情况在裂纹的延伸方向增加探伤长度,直至焊缝全长。

9.5 对于受力复杂、易于产生疲劳裂纹的零部件,应采用渗透探伤或磁粉探伤方法进行表面裂纹检查,发现裂纹时,应进行射线探伤或超声波探伤,以确定裂纹走向、长度及深度。

9.6 对于探伤中发现的裂纹,必须分析其产生原因,判断发展趋势,并提出处理意见。

## 10 应力检测

### 10.1 结构静应力检测

10.1.1 水工钢闸门的主梁、边梁、支臂、面板、吊耳及启闭机的门架结构、支承梁柱、机座、吊板等受力构件应进行应力检测。

10.1.2 应力检测前,应根据材料特性、结构参数、荷载条件等,按 DL/T5039 和 DL/T5167 对水工钢闸门和启闭机主要结构进行应力计算分析,了解应力分布状况,据此布置检测点。

10.1.3 对称结构如在一侧布置检测点外,还应在对称侧布置适当数量的比照测点。

10.1.4 检测结果应与计算结果进行分析比较,并推算设计荷载与校核荷载时的应力应变。

10.1.5 水工钢闸门和启闭机结构静应力检测宜在实际水头接近设计水头时进行,需要外加荷载时,荷载的传力方式和作用点应明确,固定方式必须安全可靠。

10.1.6 测点布置应遵循以下基本原则:

a) 在满足检测项目的前提下,测点宜少不宜多。

b) 测点必须有代表性,应选择高应力区布点,便于分析和计算。

c) 为了保证检测数据的可靠性,应布置适量的校核测点。

10.1.7 对电阻应变片应预先筛选分档,按有关变量测技术的要求将应变片及接线片粘贴在测量部位,然后焊接引线并做好绝缘防潮处理。处于水下时,必须做好防水处理。当测量导线电阻对测定结果产生影响时,应对测定结果进行导线电阻修正。连接测量导线时,应保证连接处接触电阻稳定,并将导线妥善固定。检测仪器应置于安全且便于操作的位置。

10.1.8 结构静应力检测应根据实际荷载情况确定加载程序,并应符合以下要求:

a) 荷载可以分级时,应分级加载,以确定各级荷载下的结构应力。

b) 荷载不能分级时,一次加载检测。

10.1.9 在应力检测中,每一级荷载应重复检测 2 遍,每次检测数据采集应不少于 3 次。



10.1.10 检测数据应及时整理，各次数据相差超过 5% 时，应找出原因并重新检测。检测数据应根据单向、双向、三向电阻应变片的实测值分析计算。

10.1.11 重要的或超大型或有严重制造缺陷的水工钢闸门和启闭机，应测定其主要受力构件的残余应力，并分析对结构安全产生的影响。

## 10.2 运动状态结构应力检测

10.2.1 闸门开启、关闭过程中，主要受力构件产生附加应力。为此，应测定运动状态主要受力构件的应力应变过程线。

10.2.2 运动状态应力检测，应选择附加应力作用影响大的主要受力构件、危险构件或具有特殊要求的构件布置测点。

10.2.3 运动状态应力检测必须重复进行 3 次。

## 11 结构振动检测

11.1 结构振动检测是为结构系统的振动特性分析评价、减振消振及结构动态优化设计等提供实测依据。在运行过程中发生剧烈振动并影响结构安全的水工钢闸门、启闭机或有专门要求的结构，应进行振动检测。

11.2 振动检测内容：

- a) 结构振动量检测，包括位移、速度、加速度、动应力等；
- b) 结构自振特性检测，包括结构自振频率、阻尼比、振型等。

检测时可视水工钢闸门、启闭机实际振动情况确定具体检测内容。

11.3 结构振动检测可采用位移传感器、速度传感器、加速度传感器和电阻应变片等，所用传感器及二次仪表的频率响应特性应满足测量频率范围的要求，并且有足够的灵敏度和较低的噪声，使测量系统的信噪比能满足动态范围的要求，动应力检测还应满足应力检测的相关技术要求。

11.4 同一结构在不同的边界条件下，将有不同的自振特性，检测应选择在符合其实际工作状态的边界条件下进行。

11.5 振动检测的测点应布置在振动反应较大的位置，测振传感器的测振方向应与结构的振动方向一致。振型检测时，测点布置视结构形式而定，如杆件结构，测点应沿长度方向布置，平面结构，测点应按平面布置，即选择几条竖向或水平向测线。

11.6 自振特性的检测，可用电磁激励器、冲击激励法等使结构产生振动，用测振传感器测出振动位移或振动加速度响应，通过适调放大器将激励和响应信号放大后，经由动态信号采集系统进行振动数据采集、显示和存储。

11.7 测振传感器必须与结构连接牢固，在振动过程中不能松动，电缆应夹紧或黏结固定，避免产生“颤动噪声”。

11.8 对实测数据做必要的预处理后，应进行时间域和频率域分析处理。

## 12 闸门启闭力检测

### 12.1 一般规定

12.1.1 闸门启闭力检测必须在完成 4、5、6 章所规定的检测工作后进行。

12.1.2 检测工作开始前，应满足下列条件：

- a) 门槽状况良好，槽内无异物卡阻；
- b) 闸门整体能正常运行；
- c) 启闭机能正常运转。

12.1.3 闸门启闭力检测前，应按 DL/T5039 计算检测条件下的理论启闭力。

12.1.4 闸门启闭力检测宜在设计水位下进行。如检测水位达不到设计水位，则可在不同水位下测得

若干个启闭力，推算设计水位时的启闭力。

12.1.5 检测时闸门应从全关到全开、从全开到全关重复进行 3 次，并做检测记录。

## 12.2 检测内容

12.2.1 对工作闸门必须检测闸门启闭全过程，获得启闭力过程线，确定最大启闭力，对事故闸门还应检测动水闭门的持住力及其过程线。

12.2.2 根据检测数据，推算设计工况下的启门力、持住力、闭门力。推算时，应考虑止水装置和支承装置局部损坏对启闭力的影响。

## 12.3 检测方法

12.3.1 闸门启闭力检测可采用传感器法、应变片法或其他方法。

12.3.2 当采用应变片法时，应注意测点位置，测点应布置在启闭机吊具、吊杆、闸门吊耳等构件的受力均匀部位。闸门每个吊点上的测点不应少于 4 个。

12.3.3 闸门启闭力检测各次检测数据相差较大时，应找出原因，重新进行检测。

## 12.4 检测注意事项

12.4.1 检测快速闸门启闭力时，应做好手动停机的准备，以防闸门过速下降。

12.4.2 闸门启闭力检测完毕，应全面检查闸门的支承装置、止水装置、起吊装置及启闭机传动系统的零部件、机架、电气设备等，有无明显的异常现象和残余变形，并做好记录。

## 13 启闭机考核

启闭机考核主要对象为门式启闭机及液压式启闭机。有加载条件的固定卷扬式及台车式启闭机也可进行考核。

### 13.1 一般规定

13.1.1 启闭机考核，必须在完成 12 章检测工作和必要的维修后进行。

13.1.2 启闭机的电气装置应接线正确，接地可靠，绝缘电阻符合有关电力规程的要求。

13.1.3 启闭机的过负荷保护装置、负荷指示器、限位开关、终点（极限）行程开关、信号装置等零部件完好，动作正确、可靠。

13.1.4 启闭机的所有机械部件、连接装置、润滑系统等都必须处于能正常工作状态。

13.1.5 移动式启闭机的轨道两旁无影响运行的杂物，制动器动作正确、可靠。

13.1.6 门式启闭机门架的高强度螺栓紧固可靠。

13.1.7 液压式启闭机液压系统工作正确，液压缸密封和活塞杆密封的泄漏不超过允许值；液压缸的支撑或悬挂装置牢固可靠。

13.1.8 考核时，应做好考核记录。考核记录表见附录 D。

### 13.2 考核荷载

13.2.1 以启闭机设计文件或图样中规定的静载或动载试验值作为其考核荷载。若无规定则按下列规定考核：

- a) 对卷扬式启闭机构，以额定容量的 1.25 倍作为静载试验考核荷载；以额定容量的 1.10 倍作为动载试验的考核荷载。
- b) 对液压启闭机，液压系统的试验压力应为额定工作压力的 1.50 倍，当额定工作压力超过 16MPa 时，试验压力为额定工作压力的 1.25 倍。

13.2.2 静载试验的荷载可分 2~3 级，动载试验的荷载不分级。

### 13.3 静载试验

13.3.1 静载试验的荷载应逐级增加，荷载离开地面 100mm~200mm，保持时间不得少于 10min。双向移动式启闭机试验时，小车应位于设计规定的最不利位置。试验应重复三次，必要时应对机架应力变形进行检测。

13.3.2 试验结束，未见到各部件有裂纹、永久变形、油漆剥落，连接处无松动或破坏，则认为试验结果合格。

#### 13.4 动载试验

13.4.1 动载试验应在全扬程范围内进行 3 次。双向移动式启闭机试验时，小车应位于设计规定的最不利位置。

13.4.2 试验中，各部件能完成其功能，试验结束后，未发现零部件或结构构件损坏，连接处无松动或破坏，则认为试验结果合格。

#### 13.5 行走试验

13.5.1 对移动式启闭机应进行行走试验，试验荷载为 1.10 倍设计行走荷载。试验时应按实际使用情况使启闭机处于最不利运行工况。试验应往返进行 3 次。

13.5.2 试验时，应检查下列内容：

- a) 启闭机运行时门架或台车架的摆动情况，是否有碍正常运行，记录最大摆幅。
- b) 行走机构的制动装置是否灵活，车轮与轨道的配合是否正常，有无啃轨现象。

#### 13.6 电气设备检测

电气设备检测，应按有关电力规程要求执行。

#### 13.7 考核注意事项

13.7.1 在启闭机考核过程中和考核结束后，应对结构和零部件及各系统的连接情况、变形和损伤情况、振动情况、有无不正常的声响等进行仔细的观察。

13.7.2 其他型式的启闭机可参照本章的有关规定进行考核。

### 14 特殊项目检测

必要时，应对以下项目进行检测。

#### 14.1 水质与底质检测

14.1.1 按照国家标准 GB/T12998 方法进行水质采样。水质水样应取自闸间状态下闸门的上、下游，上、下游水样数应分别不少于 3 个。采样后应按照 GB/T12999 中的规定填写采样记录和采样标签。水样应用无菌桶盛装并固定处理，以保护被测定成分在保存和运输过程中不发生分解、挥发、氧化等变化。

14.1.2 水质分析应按照国家标准 GB/T6920 规定采用玻璃电极法（即电位测定法）测定 pH 值；总碱度采用强酸（如盐酸）标准液滴定法测定；总酸度及 CO<sub>2</sub> 用 GB/T8538 规定方法测定；游离氯和总氯的测定采用 GB/T11897 规定方法进行；SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 盐的测定按照 GB/T11899 的方法；溶解氧测定采用 GB/T11913 电化学探头法。

14.1.3 底质取样应取自闸门梁格上的淤积物，岸坡淤积物及闸底淤积物，应尽量滤干水分，每扇闸门取样数不得少于 3 个，取样后做好采样记录和采样标签。

14.1.4 测定底质中有关成分及各成分含量，分析其对闸门腐蚀的影响，给出相应的防腐蚀措施。

#### 14.2 闸门槽水下部分检测

根据需要确定检测内容。

### 15 安全复核计算

15.1.1 安全复核计算应包括以下项目：

- a) 检测工况下闸门结构的强度、刚度、稳定计算与分析；
- b) 设计、校核条件下闸门结构的强度、刚度、稳定计算与分析；
- c) 检测工况下启闭机结构的强度、刚度、稳定计算与分析。

#### 15.2 荷载的确定：

荷载的确定，除遵照 DL/T5039 及 DL/T5167 的规定外，还应结合工程实际情况确定。

- a) 运行期出现超设计条件的特殊工况，则应对荷载重新组合；
- b) 改变设计规定运行条件的闸门及启闭机，应按改变的运行条件对荷载重新组合。

### 15.3 容许应力的确定：

容许应力除按照 DL/T5039 及 DL/T5167 的规定外，还应根据闸门运行时间增加运行时间系数。

- a) 运行时间不足 10 年的闸门、启闭机，时间系数为 1.00；
- b) 中型工程的闸门和启闭机运行 10 年~20 年、大型工程的闸门和启闭机运行 10 年~30 年，时间系数为 0.95~0.90；
- c) 中型工程的闸门和启闭机运行 20 年以上、大型工程的闸门和启闭机运行 30 年以上时，时间系数为 0.90。

### 15.4 材料标号及构件尺寸的确定：

- a) 在闸门及启闭机安全复核计算时，材料的牌号应采用实测牌号；
- b) 在复核计算结构的强度、刚度、稳定时，构件厚度及截面应采用实测尺寸。

## 16 检测报告

检测报告应包括以下内容：

- a) 工程概况及启闭机设计特性。
- b) 闸门和启闭机的运行。
- c) 闸门和启闭机安全检测成果。
- d) 闸门和启闭机安全复核计算成果。
- e) 闸门和启闭机的安全评估结论。
- f) 对运行管理、加固补强、技术改造、设备更新等提出意见及建议。

附 录 A  
(规范性附录)  
巡 视 检 查 记 录 表

枢纽名称:

工程名称:

闸门编号:

检查项目	检查情况记录
闸门启闭机运行	
水流状态	
闸门漏水状况	
门 槽	
闸 墩	
胸 墙	
牛 腿	
通 气 孔	
启闭机室	
防冻设施	
液压启闭机控制保护状况	
电气设备与控制保护系统	
备用电源	

检测单位:

检测人员:

检测时间:

年 月 日

气象及温度:

校核人员:

**附录 B**  
(规范性附录)  
**闸门外观检测记录表**

枢纽名称:

工程名称:

闸门编号:

检查项目		检查情况记录	记录内容提示
门 体	闸门体		变形、扭曲等
	主梁、支臂、纵梁		直线度、局部不平整、碰撞硬伤、位置差等
	次梁		
	面板		局部不平整
	吊耳		变形、开裂、轴孔磨损
	焊缝		焊缝及热影响区裂纹
止 水	柔性止水		老化、破损、龟裂
	刚性止水		压痕、擦痕、磨损
	垫板、压板		腐蚀、缺损、缺件
	螺栓		腐蚀、缺件
支 承 行 走	主轮(滑道)		腐蚀、转动、磨损、缺件、润滑等
	侧向支承		
	反向支承		
	弧门支铰		铰座、铰链、轴、润滑
锁定装置	整体		可靠性、操作方便性
	零件		腐蚀、破损
平压设备及 连接件	吊杆		变形、腐蚀、开裂、轴孔压溃及磨损
	平压阀(旁通阀)		完整性、可靠性
闸 门 槽	主轨、护角		腐蚀、脱落、缺件
	反轨、护角		
	侧轨		
	止水座板		腐蚀、磨损、错位、缺件
	钢胸墙及门槽混凝土状况, 一、二期混凝土之间漏水		腐蚀、平面度、运行障碍、剥蚀状况

检测单位:

检测人员:

检测时间:

年 月 日

气象及温度:

核校人员:

**附录 C**  
**(规范性附录)**  
**启闭机性能状态检测记录表**

枢纽名称:

工程名称:

启闭机编号:

检查项目		检查情况记录	记录内容提示	
固定卷扬式启闭机	启闭机外观检查	机架	局部明显变形、损伤、焊缝	
		整机润滑状况	维护保养状况	
		运行、正反转	噪声、异常	
	传动系统	电动机		电流、电压、绝缘电阻、温升等
		制动器		电磁铁温升、液压油外渗、腐蚀、磨损、圆度、噪声
		联轴器		同轴度、漏油、磨损、噪声
		减速器		漏油、齿轮啮合状况、齿面磨损、胶合、断裂、齿面硬度、噪声
		开式齿轮		
		传动轴		裂纹、磨损、变形
		卷筒		开裂、磨损、损伤、变形、钢丝绳固定、轴及轴承润滑
	滑轮组	架体		破损、变形
		滑轮		转动、破裂、磨损
		轴套		完整、轴动
吊具	吊钩(吊板)		吊板平整度、吊孔变形、开裂	
移动式启闭机	轮及轨道		啃轨、磨损、行走机构状况、行走晃动、行走限位、起升限位	
螺杆启闭机	螺杆付		磨损、弯曲、润滑、缺件	
液压启闭机	液压系统		漏油、腐蚀、损伤	
	作用缸		磨损、油封失效、活塞杆	
	摇摆支座		灵活性	
保护系统			完整性、缺项	
动力系统			导线排列、老化、备用电源	

检测单位:

检测人员:

检测时间:

年 月 日

气象及温度:

校核人员:

**附录 D**  
**(规范性附录)**  
**启闭机考核记录表**

枢纽名称:

工程名称

启闭机编号:

项目	试验次数	荷载	历时	加载位置	检查情况
静载试验	1				
	2				
	3				
动载试验	1				
	2				
	3				
行走试验	1				
	2				
	3				

检测单位:

检测人员:

检测时间:

气象及温度:

校核人员: