

中华人民共和国行业标准

船闸启闭机设计规范

JTS 309—2026

主编单位：中交水运规划设计院有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：2026年5月1日

人民交通出版社

2026·北京

交通运输部关于发布 《船闸启闭机设计规范》的公告

2026 年第 11 号

现发布《〈船闸启闭机设计规范〉(JTS 309—2026)》(以下简称《规范》),作为水运工程建设强制性行业标准,自 2026 年 5 月 1 日起施行。原《船闸启闭机设计规范》(JTJ 309—2005)同时废止。

《规范》由交通运输部水运局负责管理和解释,实施过程中具体使用问题的咨询,由主编单位中交水运规划设计院有限公司答复。《规范》文本可在交通运输部政府网站水路运输建设综合管理信息系统“水运工程行业标准”专栏(mwtis.mot.gov.cn/syportal/sybz)查询和下载。

《规范》第 3.1.6 条、第 3.3.2 条、第 7.2.8 条、第 8.4.6 条的黑体字部分为强制性条文,必须严格执行。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部

2026 年 2 月 6 日

修 订 说 明

本规范是根据水运工程标准编制计划要求,由交通运输部水运局组织有关单位,经深入调查研究、广泛征求意见、反复修改完善编制而成。

《船闸启闭机设计规范》(JTJ 309—2005)自发布实施以来,对提高我国船闸工程的设计水平起到了重要指导作用,取得了良好的社会效益和经济效益。随着我国船闸工程建设技术的发展,大量新技术、新材料、新工艺、新设备得到广泛应用,为适应船闸启闭机大型化、高效化、智能化、绿色化功能需求,提升船闸启闭机的适用性、可靠性、安全性、检修便利性,在总结多年来我国船闸启闭机工程的设计、建设、检验、调试、维护、管理经验和创新成果的基础上,修订本规范。

本规范共分9章2个附录,并附条文说明,主要包括荷载,材料,启闭机设计参数,液压启闭机,机械启闭机,电气、检测及保护等技术内容。本次修订的主要内容有:

1. “总则”章,完善了规范适用范围。
2. 新增“术语”章,对规范中出现的启闭机专用术语和名词作出解释和说明。
3. “基本规定”章,完善了启闭机选型、检修、节能等要求,新增无级变速、下压闭门、吊杆分节、启闭力参数等要求。
4. 新增“荷载”章,对启闭机设计、制作、安装等的荷载进行规定。
5. 新增“材料”章,对启闭机铸件、锻件、轧件、金属结构件、管道、连接、防腐材料进行规定。
6. “启闭机设计参数”章,新增启闭力选用、快速启闭的规定。
7. “液压启闭机”章,新增液压系统计算、液压组件、油缸、液压油的规定。
8. “机械启闭机”章,新增零部件计算、钢丝绳、制动器的规定。
9. 新增“电气、检测及保护”章,对启闭机的相关电气、检测及保护进行规定。
10. 附录A,优化活塞杆长细比计算公式,补充阀门启闭机吊杆稳定性计算内容。

本规范的第3.1.6条、第3.3.2条、第7.2.8条、第8.4.6条的黑体字部分为强制性条文,必须严格执行。

本规范的主编单位为中交水运规划设计院有限公司,参编单位为四川省交通勘察设计院有限公司、华设设计集团股份有限公司、长江三峡通航管理局、水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院。本规范编写人员分工如下:

- 1 总则:潘海涛 陶书东
- 2 术语:潘海涛 刘晓光
- 3 基本规定:刘晓光 黄 珑
- 4 荷载:陶书东 冯学刚

- 5 材料:刘晓光 李 然
- 6 启闭机设计参数:陶书东 关炎培 王 新 孙 鹏
- 7 液压启闭机:潘海涛 刘晓光 陶书东 刘成鑫 王 震
- 8 机械启闭机:关炎培 杨 勇 孙 鹏 李树海 李 然
- 9 电气、检测及保护:徐爱彬 马慧卿

附录 A:陶书东 冯学刚

附录 B:王 震

本规范于 2025 年 6 月 13 日通过部审,2026 年 2 月 6 日发布,自 2026 年 5 月 1 日起施行。

本规范由交通运输部水运局负责管理和解释。各单位在执行过程中发现的问题和意见,请及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街 11 号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:北京市东城区国子监街 28 号,中交水运规划设计院有限公司,邮政编码:100007,电话:010-84199292),以便再修订时参考。

关于发布《船闸启闭机设计规范》 (JTJ 309—2005)的通知

交水发[2005]477号

各省、自治区、直辖市交通厅(局、委),上海市港口管理局,长江、珠江航务管理局,长江口航道管理局,有关企事业单位:

由我部组织中交水运规划设计院等单位修订完成的《船闸启闭机设计规范》,业经审查通过,现批准为强制性行业标准,编号为JTJ 309—2005,自2006年3月1日起施行。《船闸设计规范 第五篇:启闭机设计》(JTJ 265—87)(试行)同时废止。

本规范的第2.1.2条、第2.1.3条、第2.1.6条、第2.1.7条、第2.1.10条、第2.3.2条、第2.4.2条、第4.3.3条、第4.3.5条、第4.4.6条、第5.1.1条和第5.2.7条的黑体字部分为强制性条文,与建设部发布的《工程建设标准强制性条文》(水运工程部分)(建标[2002]273号)具有同等效力。

本规范由交通部水运司负责管理和解释,由人民交通出版社出版发行。

中华人民共和国交通部
二〇〇五年十月十七日

《船闸启闭机设计规范》(JTJ 309—2005) 修订说明

本规范是在《船闸设计规范第五篇:启闭机设计》(JTJ 265—87)(试行)的基础上修订而成。主要包括启闭机设计参数、机械传动启闭机设计和液压传动启闭机设计等技术内容。

本规范的主编单位为中交水运规划设计院,参加单位为江苏省交通规划设计院和四川省交通厅交通勘察设计研究院。

《船闸设计规范第五篇:启闭机设计》(JTJ 265—87)(试行)自 1987 年颁布实施以来对提高船闸设计水平起到了积极的促进作用,取得了良好的社会效益和经济效益。随着我国船闸工程建设技术的发展,该规范难以满足船闸工程建设发展的需要,迫切需要进行修订。

本规范是在总结建国 50 多年来船闸建设的实践经验,特别是在总结近 10 年来船闸工程建设中的科研、设计、制作安装、施工和运行等方面的成功经验,吸取国外先进技术和经验的基础上,通过大量的调研、收集资料和广泛征求意见,经反复修改、补充、完善而成。本次修订的主要内容包括原规范与船闸工程建设发展不相协调的内容以及近年来在船闸工程中应用的新技术和新工艺等内容。

由于船闸启闭机设计条件及结构较复杂,采用分项系数法进行修订需要对大量资料进行统计分析,目前条件尚不成熟。同时考虑与相关部门的标准相协调,因此,本规范仍采用定值单一安全系数法。

本规范应与船闸工程设计的其他规范配套使用。

本规范的第 2.1.2 条、第 2.1.3 条、第 2.1.6 条、第 2.1.7 条、第 2.1.10 条、第 2.3.2 条、第 2.4.2 条、第 4.3.3 条、第 4.3.5 条、第 4.4.6 条、第 5.1.1 条和第 5.2.7 条的黑体字部分为强制性条文,与建设部发布的《工程建设标准强制性条文》(水运工程部分)(建标[2002]273 号)具有同等效力,必须严格执行。

本规范共分 5 章 15 节和 2 个附录,并附条文说明。本规范编写组人员分工如下:

- 1 总则:张国维
 - 2 基本规定:张国维 黄 潼
 - 3 启闭机设计参数:黄 潼
 - 4 机械传动启闭机设计:袁克忠 陈银锋
 - 5 液压传动启闭机设计:王志成
- 附录 A:王志成 袁克忠
附录 B:张国维

本规范于 2005 年 8 月 24 日通过部审,于 2005 年 10 月 17 日发布,自 2006 年 3 月 1

日起实施。

本规范由交通部水运司负责管理和解释。请各有关单位在执行过程中,注意总结经验和积累资料,并将发现的问题和意见及时函告交通部水运司(地址:北京市建国门内大街 11 号交通部水运司工程技术处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:北京市东城区安定门内国子监街 28 号中交水运规划设计院,邮政编码:100007),以便再修订时参考。

目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	基本规定	(3)
3.1	一般规定	(3)
3.2	启闭机型式	(3)
3.3	启闭机布置	(4)
3.4	启闭机机房	(4)
4	荷载	(5)
5	材料	(6)
5.1	铸件	(6)
5.2	锻件和轧件	(6)
5.3	金属结构件及管道	(6)
5.4	连接材料	(7)
5.5	防腐材料	(7)
6	启闭机设计参数	(8)
6.1	启闭力	(8)
6.2	启闭机行程	(8)
6.3	启闭时间和速度	(8)
7	液压启闭机	(9)
7.1	液压系统	(9)
7.2	液压组件	(9)
7.3	油缸	(11)
8	机械启闭机	(13)
8.1	启闭机的工作级别	(13)
8.2	电动机	(13)
8.3	零部件	(13)
8.4	钢丝绳、卷筒和滑轮	(14)
9	电气、检测及保护	(16)
	附录 A 推拉杆、活塞杆强度和稳定性计算	(17)
	附录 B 本规范用词说明	(20)
	引用标准名录	(21)

附加说明	本规范主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员 和管理组人员名单	(23)
	《船闸启闭机设计规范》(JTJ 309—2005)主编单位、参加单位、 主要起草人名单	(25)
条文说明	(27)

1 总 则

1.0.1 为统一船闸启闭机设计的技术要求,做到技术先进、经济实用、运行可靠和便于检修,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、扩建和改建船闸的工作闸门、工作阀门启闭机设计及检修闸门、事故闸门、检修阀门固定式启闭机设计。

1.0.3 本规范应与船闸工程设计的其他规范配套使用。

1.0.4 启闭机设计除应符合本规范规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 启门力 Opening Force

为开启闸门或阀门,启闭机施加于闸门或阀门的力。

2.0.2 闭门力 Closing Force

为关闭闸门或阀门,启闭机施加于闸门或阀门的力。

2.0.3 持住力 Holding Force

闸门或阀门启闭过程中,为控制闸门或阀门能够稳定地保持在特定状态或位置,启闭机所承受的力。

2.0.4 机械启闭机 Mechanical Hoist

用于启闭闸门或阀门,由电机驱动,通过机械传动的设备。

2.0.5 液压启闭机 Hydraulic Hoist

应用液压传动原理,驱动闸门或阀门开启或关闭的设备。

3 基本规定

3.1 一般规定

- 3.1.1 启闭机设计在遵循运行可靠、经济合理、检修方便、节能环保的原则下,应积极采用新材料、新工艺和新技术。
- 3.1.2 启闭机设计采用定值单一安全系数法。
- 3.1.3 启闭机设计应考虑节能、环保和美观要求。
- 3.1.4 移动式启闭机设计应符合国家现行标准《水利水电工程启闭机设计规范》(SL 41)和《起重机设计规范》(GB/T 3811)的有关规定。
- 3.1.5 同一航道上水头相近、门型相同的启闭机宜采用同一种型式,同一种型式启闭机的零部件宜采用统一技术规格。
- 3.1.6 启闭机应设置备用动力设备。
- 3.1.7 当启闭机采用电动和手动两种驱动方式时,应设置互锁装置。手动驱动装置应装设安全把手。
- 3.1.8 多于单吊点的启闭机应设置同步装置。
- 3.1.9 启闭机应运转平稳。工作闸门和工作阀门开关门运行至终点位置时,不得发生撞击现象。
- 3.1.10 机械启闭机应设置安全制动装置。液压启闭机应具有锁定功能。
- 3.1.11 启闭机应设置行程检测装置、行程限位装置和超负荷保护装置,机械启闭机宜设置荷载检测装置。
- 3.1.12 启闭机液压油的选择应考虑环境温度对油液性能的影响。
- 3.1.13 工作闸门启闭机设计,应考虑水位波动和泥沙淤积对启闭机的影响。
- 3.1.14 弧型闸门启闭机设计应符合现行行业标准《水利水电工程启闭机设计规范》(SL 41)的有关规定。
- 3.1.15 启闭机的易损易耗件宜配置适量的备件。
- 3.1.16 工作闸门液压启闭机宜采用无级变速运行方式。
- 3.1.17 工作阀门启闭机有下压闭门要求时,启闭机的吊杆应核算下压力工况的强度、刚度和稳定性,采用多节吊杆时宜设置导向装置。
- 3.1.18 工作阀门吊杆分节高度应综合考虑工作阀门检修、维护、安装要求。

3.2 启闭机型式

- 3.2.1 启闭机应根据门型、船闸布置条件、使用要求和加工制造等因素选用液压启闭机

或机械启闭机。

3.2.2 人字闸门、三角闸门和一字闸门启闭机宜选用液压启闭机。

3.2.3 小行程平面闸门启闭机宜选用液压启闭机；大行程平面闸门启闭机和横拉闸门启闭机宜选用机械启闭机。

3.2.4 工作阀门启闭机宜选用液压启闭机。

3.3 启闭机布置

3.3.1 启闭机布置应综合考虑工作闸门和工作阀门型式、启闭机型式、启闭力、启闭行程、特征水位、闸首布置、检修需要等因素确定。

3.3.2 启闭机布置应满足船闸的通航净空尺度要求。

3.3.3 启闭机宜安装在设计最高通航水位以上，并应考虑启闭机检修方便。

3.3.4 工作闸门启闭机洞口底高程应结合船闸总体布置合理确定，应避免启闭机房进水。

3.3.5 工作阀门启闭机检修平台宜设置在检修水位以上，平台空间尺度应满足检修作业要求。

3.3.6 反弧门液压启闭机的吊杆、导轮、导槽装置应便于检修。

3.4 启闭机机房

3.4.1 启闭机宜设置机房。机房的平面尺寸和净空高度应满足启闭机和电控设备布置、安装、检修、吊运要求，并应考虑机房的通风、照明、给排水和消防要求。

3.4.2 寒冷地区启闭机机房宜采取保温或供暖措施，湿热地区启闭机机房宜采取除湿和降温措施。

3.4.3 启闭机机房外应设置设备进出和检修通道。机房内宜设置起重设备或检修吊环。启闭机机房应综合考虑设备安装、更换、防振等要求。

4 荷 载

- 4.0.1 启闭机设计荷载应包括启闭荷载、安装荷载、自重荷载、温度荷载、试验荷载、地震荷载。
- 4.0.2 启闭荷载应包括最大启门力、最大闭门力和持住力。
- 4.0.3 启闭机基础设计应考虑安装荷载。
- 4.0.4 自重荷载应包括启闭机的结构、液压管道及附件、机械及液压设备、电气设备和液压油等的重力。
- 4.0.5 启闭机设计应考虑温度荷载的影响。机械启闭机安装与运行温度差异大时,应考虑部件膨胀或收缩受到的约束所引起的荷载。
- 4.0.6 启闭机设计应按试验荷载进行强度校核。
- 4.0.7 当启闭机工作地区的地震基本烈度大于或等于7度时,设计应按地震附加荷载与额定荷载的最不利组合校核启闭机支承结构、支承结构与基础连接部件的强度。悬伸布置的机构应考虑地震水平荷载和垂直荷载的综合作用。
- 4.0.8 启闭机强度复核计算应考虑超灌超泄、往复流波动、事故工况等引起的非常荷载。

5 材 料

5.1 铸 件

- 5.1.1 铸造碳钢件应根据受力和加工制造要求,按现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》(GB/T 11352)选取。
- 5.1.2 低合金铸钢件应根据受力和加工制造要求,按现行行业标准《大型低合金钢铸件 技术条件》(JB/T 6402)选取。
- 5.1.3 灰铸铁件应根据受力和加工制造要求,按现行国家标准《灰铸铁件》(GB/T 9439)选取。
- 5.1.4 球墨铸铁件应根据受力和加工制造要求,按现行国家标准《球墨铸铁件》(GB/T 1348)选取。
- 5.1.5 铜合金铸件应根据受力和加工制造要求,按现行国家标准《铸造铜及铜合金》(GB/T 1176)选取。
- 5.1.6 焊接结构用铸钢件应根据受力和加工制造要求,按现行国家标准《焊接结构用铸钢件》(GB/T 7659)选取。

5.2 锻件和轧件

- 5.2.1 碳素钢锻件和轧制件应根据受力和加工制造要求,按现行国家标准《优质碳素结构钢》(GB/T 699)和《大型碳素结构钢锻件 技术条件》(GB/T 33083)选取。
- 5.2.2 低合金钢锻件和轧制件应根据受力和加工制造要求,按现行国家标准《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)选取。
- 5.2.3 合金钢锻件和轧制件应根据受力和加工制造要求,按现行国家标准《合金结构钢》(GB/T 3077)和《大型合金结构钢锻件 技术条件》(GB/T 33084)选取。
- 5.2.4 不锈钢锻件和轧制件应根据受力和加工制造要求,按国家现行标准《不锈钢棒》(GB/T 1220)和《大型不锈、耐酸、耐热钢锻件 技术条件》(JB/T 6398)选取。

5.3 金属结构件及管道

- 5.3.1 金属结构件应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700)和《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)的有关规定。
- 5.3.2 用于金属结构件和液压管道的不锈钢材料应符合现行国家标准《不锈钢 牌号及化学成分》(GB/T 20878)的有关规定。
- 5.3.3 液压管道应符合现行国家标准《流体输送用不锈钢无缝钢管》(GB/T 14976)和

《结构用无缝钢管》(GB/T 8162)的有关规定。

5.3.4 阀组集成块体材料应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》(GB/T 699)的有关规定。

5.3.5 活塞与缸体之间、活塞杆与端盖之间的导向件宜选择青铜或非金属材料。

5.4 连接材料

5.4.1 焊接材料应符合下列规定。

5.4.1.1 手工焊接的焊条应根据主体金属力学性能,按现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》(GB/T 5117)、《热强钢焊条》(GB/T 5118)和《不锈钢焊条》(GB/T 983)选取。

5.4.1.2 自动焊和半自动焊焊丝应根据主体金属力学性能,按现行国家标准《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》(GB/T 5293)和《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》(GB/T 8110)选取。

5.4.2 螺纹连接材料应符合下列规定。

5.4.2.1 螺纹连接用碳钢、合金钢螺栓、螺钉、螺柱和螺母机械性能及材料应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》(GB/T 3098.1)、《紧固件机械性能 螺母》(GB/T 3098.2)和《紧固件机械性能 紧定螺钉》(GB/T 3098.3)的有关规定。

5.4.2.2 螺纹连接用不锈钢螺栓、螺钉、螺柱和螺母机械性能及材料应符合现行国家标准《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》(GB/T 3098.6)、《紧固件机械性能 不锈钢螺母》(GB/T 3098.15)和《紧固件机械性能 不锈钢紧定螺钉》(GB/T 3098.16)的有关规定。

5.4.2.3 高强度螺栓副应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓连接副》(GB/T 1231)和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》(GB/T 3632)的规定。大于 M24 的扭剪型高强度螺栓副和大于 M30 的高强度螺栓副,应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》(GB/T 3098.1)和《紧固件机械性能 螺母》(GB/T 3098.2)等的有关规定。

5.4.3 连接销轴的材料应根据设计技术要求,在现行国家标准《优质碳素结构钢》(GB/T 699)和《合金结构钢》(GB/T 3077)中选取。

5.5 防腐材料

5.5.1 防腐材料应根据启闭机工作环境、使用工况、使用年限、环保要求等选用。

5.5.2 防腐材料选用应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)和《水工金属结构防腐蚀规范》(SL 105)的有关规定。

6 启闭机设计参数

6.1 启闭力

6.1.1 启闭机的额定启闭力应根据工作闸门和工作阀门启闭所需的最大启闭力矩或最大启闭力确定,启闭机的额定启闭力应大于闸门或阀门计算启闭力。

6.1.2 启闭机启闭力,应按现行行业标准《船闸闸阀门设计规范》(JTJ 308)的有关规定计算。

6.1.3 启闭力系列参数宜按表 6.1.3 选取。

表 6.1.3 启闭力系列参数(kN)

63	80	100	125	160	200	250	320	400
500	630	800	1000	1250	1400	1600	1800	2000
2500	2800	3200	3600	4000	4500	5000	5600	6300
7100	8000	9000	11000	12500	16000	—	—	—

6.2 启闭机行程

6.2.1 启闭机行程除应满足工作闸门和工作阀门的运行要求外,尚应留有富裕度。

6.2.2 启闭机行程应满足闸门和阀门安装、检修要求。

6.3 启闭时间和速度

6.3.1 人字闸门、三角闸门和一字闸门的启闭时间可按表 6.3.1 选取。

表 6.3.1 人字闸门、三角闸门和一字闸门的启闭时间

船闸口门宽度 L (m)	$L < 16$	$16 \leq L < 23$	$23 \leq L < 34$	$L \geq 34$
启闭时间(min)	1.0~2.0	1.5~3.0	2.0~4.5	4.0~6.0

6.3.2 工作阀门启闭机的启闭时间,应满足船闸输水系统设计的有关要求。

6.3.3 平面闸门的机械启闭机,升降速度不宜大于 6m/min,横移速度不宜大于 12m/min,速度大于上述数值时应进行专项研究。

6.3.4 液压启闭机启闭速度不宜大于 4m/min,速度大于上述数值时应进行专项研究。

7 液压启闭机

7.1 液压系统

7.1.1 液压系统配置与布置设计应符合下列规定。

- 7.1.1.1 液压系统的油路设计应满足启闭机运行的要求,并经过技术经济比较后确定。
- 7.1.1.2 液压系统应进行油管尺寸、油缸壁厚计算,活塞杆应进行强度和稳定性计算。
- 7.1.1.3 液压系统应设置安全、锁定、卸荷和补油等基本回路。
- 7.1.1.4 液压系统宜采用溢流阀或平衡阀。
- 7.1.1.5 锁定阀组宜靠近油缸出油口处设置。
- 7.1.1.6 应设置备用电机和油泵,备用电机和油泵宜采用旁置式布置。
- 7.1.1.7 油泵电机组应设置减振装置,距油泵电机组 1m 处噪声不应大于 85dB。
- 7.1.1.8 泵站应采用集成化阀块设计。
- 7.1.1.9 油路宜设置排气装置。

7.1.2 液压系统最高工作压力宜取 16MPa ~ 20MPa。

7.1.3 液压缸、液压阀组和压力管路的试验压力应满足下列要求:

- (1) 系统最高工作压力不大于 16MPa 时,系统试验压力取 1.5 倍的系统最高工作压力;
- (2) 系统最高工作压力在 16MPa ~ 19.2MPa 时,系统试验压力取 24MPa;
- (3) 系统最高工作压力大于 19.2MPa 时,系统试验压力取 1.25 倍的系统最高工作压力。

7.1.4 液压系统应进行压力损失验算。压力损失应包括沿程压力损失、局部压力损失和阀件压力损失。

7.1.5 液压油应根据液压泵的类型、工作压力和工作温度等选用。液压油应具有良好的黏温特性、润滑性、抗氧化性和抗燃性,应无毒、无腐蚀作用、无杂质、无水分、不易乳化,且具有一定的消泡能力。

7.1.6 低温环境运行的液压启闭机宜选用适合低温运行的液压油,并设置油液加热装置。

7.1.7 液压启闭机出厂前应进行机、电、液联合调试。

7.2 液压组件

7.2.1 油泵型式应根据系统对油泵的工作性能要求选择,油泵规格和驱动油泵功率应根据油泵最高工作压力和最大工作流量确定。

7.2.2 油泵最高工作压力应按下列公式计算:

$$P_p \geq K_1 P_s \quad (7.2.2-1)$$

$$P_s = P + \sum \Delta P \quad (7.2.2-2)$$

式中 P_p ——油泵最高工作压力(MPa)；
 K_1 ——富裕系数,取 1.25；
 P_s ——液压系统最高工作压力(MPa)；
 P ——油缸最高工作压力(MPa)；
 $\sum \Delta P$ ——管路系统各项压力损失总和(MPa)。

7.2.3 油泵最大工作流量应按下列公式计算：

$$Q_p \geq K_2 Q_s \quad (7.2.3-1)$$

$$Q_s = \sum Q \quad (7.2.3-2)$$

式中 Q_p ——油泵最大工作流量(L/min)；
 K_2 ——系统泄漏系数,取 1.1 ~ 1.3；
 Q_s ——液压系统最大工作流量(L/min)；
 $\sum Q$ ——系统同时动作的油缸最大总工作流量(L/min)。

7.2.4 驱动油泵功率应按下列公式计算：

$$N = \frac{P_s Q_s}{60\eta} \quad (7.2.4)$$

式中 N ——驱动油泵功率(kW)；
 P_s ——液压系统最高工作压力(MPa)；
 Q_s ——液压系统最大工作流量(L/min)；
 η ——油泵总效率,按油泵产品样本或表 7.2.4 选用,定量泵取大值,变量泵取小值。

表 7.2.4 油泵总效率

油泵名称	齿轮泵	叶片泵	柱塞泵
总效率	0.60 ~ 0.80	0.75 ~ 0.85	0.75 ~ 0.90

7.2.5 阀件应满足液压系统运行要求。阀件的压力和流量应留有一定的富裕量。方向控制阀应具备阀芯位置信号反馈功能。

7.2.6 管道设计应符合下列规定。

7.2.6.1 管道尺寸应根据液压系统最高工作压力、液压油通过管道的最大流量和允许流速确定,并按下列公式计算：

$$d = 4.61 \sqrt{\frac{Q}{V}} \quad (7.2.6-1)$$

$$\delta \geq \frac{P_s d}{2[\sigma]} \quad (7.2.6-2)$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{K_b} \quad (7.2.6-3)$$

- 式中 d ——油管内径(mm);
 Q ——液压油通过管道的最大流量(L/min);
 V ——液压油通过管道的允许流速(m/s),按表 7.2.6 选取;
 δ ——油管壁厚(mm);
 P_s ——液压系统最高工作压力(MPa);
 $[\sigma]$ ——油管材料容许应力(MPa),铜管容许应力不大于 25MPa;
 σ_b ——油管材料抗拉强度(MPa);
 K_b ——安全系数, $P_s \leq 7\text{MPa}$ 时,取 8; $7\text{MPa} < P_s \leq 17.5\text{MPa}$ 时,取 6; $P_s > 17.5\text{MPa}$ 时,取 4。

表 7.2.6 管道允许流速

管道种类	允许流速 $V(\text{m/s})$	备注
吸油管道	0.6~1.2	流量大时取大值
压油管道	2.5~5.0	油的黏度小时取大值
总回油管道	1.5~2.5	
短管道和管道局部收缩处	5.0~7.0	

7.2.6.2 管路布置应短捷,管子弯曲处角度不得小于 90° ,最小弯曲半径应大于管外径的 3 倍。

7.2.6.3 软管不应拉紧、扭转和摩擦。软管接头至起弯点的直线段长度不得小于软管外径的 6 倍,弯曲半径不得小于软管外径的 10 倍。

7.2.7 油箱设计应满足储油、散热、过滤、防尘、维修和换油等要求,并应符合下列规定。

7.2.7.1 油箱有效容积应根据启闭机检修状态下的最大回油量综合确定。

7.2.7.2 过滤器应按使用要求设置,过滤能力应大于通过流量的 2 倍,过滤精度应按液压元件的要求确定,过滤器应带有压差发讯装置。

7.2.7.3 吸油腔与回油腔之间应设置隔板。隔板应避免妨碍油箱的清理,且不造成吸油区与回油区的液位差。

7.2.7.4 油箱宜设置除湿空气过滤器、油位计、温度计和积水报警器等,寒冷地区油箱应设置加热装置,炎热地区油箱应设置散热装置。

7.2.7.5 油箱应设置检修孔和排油孔。

7.2.8 油箱内壁严禁涂刷油漆。

7.2.9 油箱宜采用不锈钢材料。

7.3 油 缸

7.3.1 油缸壁厚可按下列公式计算:

$$\delta \geq \frac{PD}{2[\sigma]} \quad (7.3.1-1)$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{K_k} \quad (7.3.1-2)$$

式中 δ ——油缸壁厚(mm);
 P ——油缸最高工作压力(MPa);
 D ——油缸内径(mm);
 $[\sigma]$ ——油缸材料容许应力(MPa);
 σ_b ——油缸材料抗拉强度(MPa);
 K_k ——安全系数,取5。

7.3.2 油缸的主要尺度应符合下列规定。

7.3.2.1 油缸的最小导向长度(图7.3.2)宜按式(7.3.2)计算。油缸行程较长时,宜适当增大导向长度。

$$H_{\min} = \frac{1}{2} \left(\frac{S}{10} + D \right) \quad (7.3.2)$$

式中 H_{\min} ——最小导向长度(mm),即活塞杆外伸至最大行程时,活塞支承中点至导向套滑动面中点的距离;
 S ——活塞最大行程(mm);
 D ——油缸内径(mm)。

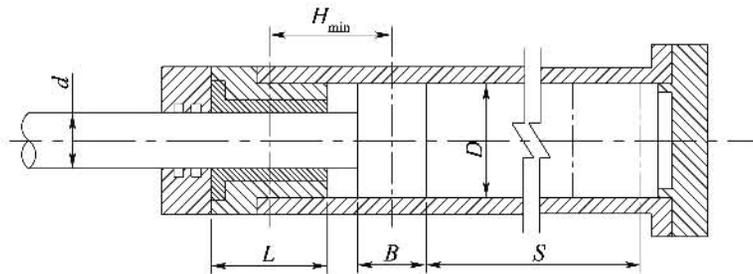


图 7.3.2 油缸导向结构简图

H_{\min} —最小导向长度; d —活塞杆直径; D —油缸内径; L —活塞杆导向套的长度; B —活塞宽度; S —活塞最大行程

- 7.3.2.2 初选活塞杆直径时,可取油缸内径的0.5倍~0.6倍。
 7.3.2.3 活塞杆导向套的长度可取活塞杆直径的0.8倍~1.0倍。
 7.3.2.4 活塞宽度可取油缸内径的0.6倍~1.0倍。
 7.3.3 活塞杆强度和稳定性计算可按附录A进行。
 7.3.4 大中型卧式油缸活塞杆设计应控制初始挠度。
 7.3.5 油缸和活塞杆的材料宜选用35、45优质碳素结构钢,活塞杆表面应采用防腐、耐磨性能良好的涂层保护。受力焊缝应按现行行业标准《承压设备无损检测》(NB/T 47013.1~13)进行100%无损检测,质量应达到Ⅱ级要求。
 7.3.6 启闭机与工作闸门或工作阀门宜采用球铰联接或十字铰联接。
 7.3.7 液压缸应设置动、静密封装置及防水防尘装置,并根据工作压力、密封部位选择相应的密封件。陶瓷活塞杆应采用专用密封。

8 机械启闭机

8.1 启闭机的工作级别

8.1.1 启闭机的工作级别应根据设计工作时间和荷载状态划分为四级,见表 8.1.1。

表 8.1.1 启闭机的工作级别

工作级别	设计工作时间(h)	荷载状态
Q ₁ —轻	800	经常启闭轻的荷载,很少启闭额定荷载
Q ₂ —轻	1600	
Q ₃ —中	3200	有时启闭额定荷载,一般启闭中等荷载
Q ₄ —重	6300	经常启闭额定荷载

8.2 电动机

8.2.1 启闭机的驱动装置宜选用交流电动机。选用直流电动机时,应经技术经济论证。

8.2.2 电动机的额定功率应按电动机静功率和负荷持续率确定。

8.2.3 电动机静功率应按下列式计算:

$$N_j = K \frac{FV}{1000\eta} \quad (8.2.3)$$

式中 N_j ——电动机静功率(kW);

K ——克服惯性的功率增大系数,平面闸门和工作阀门取 1.0,人字闸门、三角闸门、一字闸门和横拉闸门取 1.1~1.2;

F ——最大工作荷载(N);

V ——平面闸门的升降速度或人字闸门、三角闸门、一字闸门、横拉闸门启闭机推拉杆的速度(m/s);

η ——机构的总传动效率。

8.3 零部件

8.3.1 启闭机零部件应按正常工作时的最大荷载,并考虑工作级别进行设计。

8.3.2 零部件的强度计算应进行静强度计算,必要时还应进行疲劳强度计算。

8.3.3 启闭机的齿轮、齿条、蜗轮和蜗杆设计应符合现行国家标准《圆柱齿轮 ISO 齿面公差分级制》(GB/T 10095.1~2)、《齿条精度》(GB/Z 10096)、《圆柱蜗杆传动基本参数》

(GB/T 10085)的有关规定。

8.3.4 启闭机应设置工作制动器和安全制动器。

8.3.5 启闭机的制动器可选用电磁式或电液式。制动力矩应满足下列要求：

- (1) 平面闸门和工作阀门取制动轴静力矩的 1.75 倍~2.25 倍；
- (2) 人字闸门、三角闸门、一字闸门和横拉闸门取制动轴静力矩的 1.2 倍~1.5 倍。

8.3.6 启闭机推拉杆强度和稳定性可按附录 A 的有关规定进行计算,推拉杆的长细比不宜大于 120。

8.3.7 启闭机平衡重的配置应遵循下列原则：

- (1) 减少启闭力；
- (2) 具有足够的闭门力；
- (3) 降低能耗。

8.3.8 人字闸门和三角闸门启闭机推拉杆应设置缓冲装置。缓冲装置应按推拉杆最大工作荷载的 1.2 倍设计。

8.4 钢丝绳、卷筒和滑轮

8.4.1 启闭机宜选用交绕线接触或面接触钢丝绳。出入水的钢丝绳宜选用镀锌金属芯钢丝绳,双吊点启闭机宜选用预拉钢丝绳。

8.4.2 钢丝绳破断拉力应满足下式要求：

$$F_0 \geq n \cdot S \quad (8.4.2)$$

式中 F_0 ——钢丝绳破断拉力(N)；

n ——钢丝绳最小安全系数,见表 8.4.2；

S ——钢丝绳最大工作静拉力(N)。

表 8.4.2 钢丝绳最小安全系数

工作级别	安全系数 n
Q_1 —轻	5
Q_2 —轻	5.5
Q_3 —中、 Q_4 —重	6

8.4.3 卷扬式启闭机卷筒和滑轮最小缠绕直径可按式(8.4.3)计算。平衡滑轮直径不应小于滑轮最小缠绕直径的 0.6 倍。

$$D_{0min} = e \cdot d \quad (8.4.3)$$

式中 D_{0min} ——卷筒和滑轮最小缠绕直径(mm)；

e ——卷筒和滑轮系数,见表 8.4.3；

d ——钢丝绳直径(mm)。

表 8.4.3 卷筒和滑轮系数

工作级别	卷筒和滑轮系数
Q_1 —轻、 Q_2 —轻	20
Q_3 —中	25
Q_4 —重	30

8.4.4 卷筒的强度和稳定性验算应符合现行行业标准《水利水电工程启闭机设计规范》(SL 41)的有关规定。

8.4.5 钢丝绳的偏斜角(图 8.4.5)的允许值应符合下列规定。

8.4.5.1 钢丝绳在滑轮上的偏斜角不应大于 5° 。

8.4.5.2 卷筒上钢丝绳偏斜方向与绳槽螺纹方向相同时,钢丝绳与卷筒轴的垂直平面的夹角不应大于 5° 。

8.4.5.3 卷筒上钢丝绳偏斜方向与绳槽螺纹方向相反时,钢丝绳与卷筒轴的垂直平面的夹角不应大于 2° 。

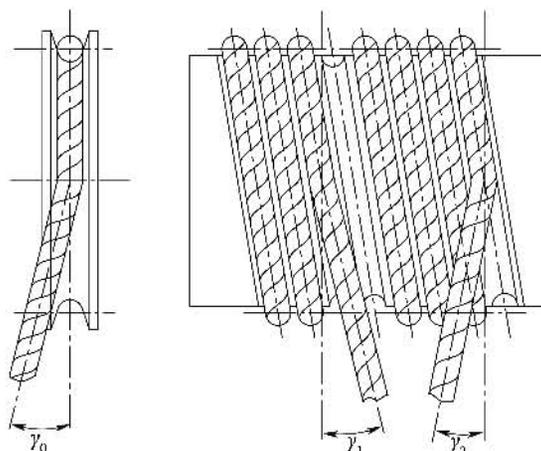


图 8.4.5 钢丝绳在滑轮和卷筒上的偏斜角

γ_0 -钢丝绳在滑轮上的偏斜角($^\circ$); γ_1 -卷筒上钢丝绳偏斜方向与绳槽螺纹方向相同时,钢丝绳与卷筒轴的垂直平面的夹角($^\circ$); γ_2 -卷筒上钢丝绳偏斜方向与绳槽螺纹方向相反时,钢丝绳与卷筒轴的垂直平面的夹角($^\circ$)

8.4.6 滑轮应设置防止钢丝绳脱槽的装置。

9 电气、检测及保护

- 9.0.1 启闭机电气设备和设施应根据启闭机运行要求和环境条件进行设计。
- 9.0.2 启闭机电动机接线端子处的电压偏差不应超过 $\pm 5\%$ 额定电压。电动机直接启动引起的电压降超过规定值时,应采用降压启动或不致降低电机输出扭矩的其他启动方式。
- 9.0.3 机械启闭机采用电动机进行调速时,宜采用变频调速。
- 9.0.4 启闭机上外露活动部件处应设置防护设施。
- 9.0.5 控制系统应具备失压保护、自动复位和同步纠偏功能,宜具备接收压力、流量和温度信号的功能。
- 9.0.6 控制系统应采用可编程控制器(PLC)控制,现地控制设备应设置相应的远程控制通信接口。
- 9.0.7 现地控制屏宜配置用于运行参数设置、显示和控制命令操作的触摸屏。
- 9.0.8 液压启闭机行程检测装置应符合下列规定。
 - 9.0.8.1 行程检测装置应具有抗外界干扰性能。
 - 9.0.8.2 行程检测装置宜采用绝对型输出信号的传感器。
 - 9.0.8.3 传感器的输出信号应连续、可靠和优良。
 - 9.0.8.4 行程检测精度不宜低于 1mm,并具有良好的重复精度。
- 9.0.9 油箱应设置液位和液温监测装置。
- 9.0.10 液压系统应具备油缸的油压检测和保护功能,液压泵站应设置压力、温度和流量检测接口。

附录 A 推拉杆、活塞杆强度和稳定性计算

A.0.1 推拉杆和活塞杆强度应按式(A.0.1)计算。

$$\sigma = \frac{F}{A_1} \leq [\sigma] \quad (\text{A.0.1})$$

式中 σ ——推拉杆和活塞杆轴心压杆应力(MPa)；

F ——推拉杆和活塞杆承受的最大轴向荷载(N)；

A_1 ——推拉杆和活塞杆截面净面积(mm²)；

$[\sigma]$ ——材料的容许应力(MPa),按现行行业标准《船闸闸阀门设计规范》(JTJ 308)的有关规定选用。

A.0.2 推拉杆稳定性验算应按式(A.0.2)计算。

$$\sigma = \frac{F}{A_2} \leq \varphi [\sigma] \quad (\text{A.0.2})$$

式中 σ ——推拉杆轴心压杆应力(MPa)；

F ——推拉杆承受的最大轴向荷载(N)；

A_2 ——推拉杆截面毛面积(mm²)；

φ ——推拉杆轴心压杆稳定系数,按现行行业标准《水利水电工程启闭机设计规范》(SL 41)的有关规定选用；

$[\sigma]$ ——材料的容许应力(MPa),按现行行业标准《船闸闸阀门设计规范》(JTJ 308)的有关规定选用。

A.0.3 活塞杆的稳定性验算应满足式(A.0.3)的要求。

$$n_w = \frac{P_k}{P} \geq [n_w] \quad (\text{A.0.3})$$

式中 n_w ——活塞杆的稳定安全系数；

P_k ——活塞杆临界荷载(N)；

P ——活塞杆承受的最大轴向荷载(N)；

$[n_w]$ ——活塞杆容许稳定安全系数,见表 A.0.3。

表 A.0.3 容许稳定安全系数

$L_1/(L-L_1)$	<0.5	0.5~0.6	0.7~0.8	0.9~1.0
$[n_w]$	6	5	4.5	4

注:L-油缸两铰点最远工作距离(mm); L_1 -油缸有杆腔端面与支铰中心的距离(mm),见图 A.0.3。

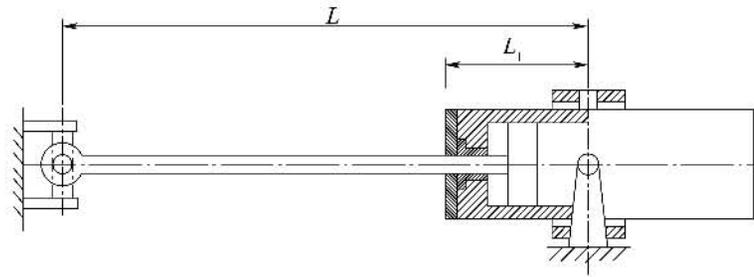


图 A.0.3 活塞杆稳定验算简图

L -油缸两铰点最远工作距离(mm); L_1 -油缸有杆腔端面与支铰中心的距离(mm)

A.0.4 活塞杆的临界荷载计算应满足下列要求:

(1) 当 $\lambda > \lambda_c$ 时, 临界荷载按下列公式计算:

$$P_k = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A_2 \quad (\text{A.0.4-1})$$

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} \quad (\text{A.0.4-2})$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A_2}} \quad (\text{A.0.4-3})$$

$$\lambda_c = 1.33 \lambda_s \quad (\text{A.0.4-4})$$

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_s}} \quad (\text{A.0.4-5})$$

式中 λ ——活塞杆长细比;

λ_c ——欧拉公式曲线与试验公式抛物线相交点的长细比;

P_k ——活塞杆临界荷载(N);

E ——活塞杆材料的弹性模量(MPa);

A_2 ——活塞杆截面毛面积(mm^2);

μ ——活塞杆长度系数, 根据活塞杆支承约束条件确定, 当两端支承为铰接时取 1.0; 当一端支承固定、一端支承铰接时取 0.7;

l ——活塞杆计算长度(mm);

i_{\min} ——活塞杆截面最小回转半径(mm);

J_{\min} ——活塞杆截面最小惯矩(mm^4);

λ_s ——临界应力等于活塞杆材料屈服极限时, 按欧拉公式计算的长细比;

σ_s ——材料的屈服极限(MPa);

(2) 当 $\lambda \leq \lambda_c$ 时, 临界荷载按下式计算:

$$P_k = \left[1 - 0.43 \left(\frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^2 \right] \sigma_s A_2 \quad (\text{A.0.4-6})$$

- 式中 λ ——活塞杆长细比；
 λ_c ——欧拉公式曲线与试验公式抛物线相交点的长细比；
 P_k ——活塞杆临界荷载(N)；
 σ_s ——材料的屈服极限(MPa)；
 A_2 ——活塞杆截面毛面积(mm²)。

附录 B 本规范用词说明

为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

- (1) 表示很严格,非这样做不可的,正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- (2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的,正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- (3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的,正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- (4) 表示允许选择,在一定条件下可以这样做的采用“可”。

引用标准名录

1. 《优质碳素结构钢》(GB/T 699)
2. 《碳素结构钢》(GB/T 700)
3. 《不锈钢焊条》(GB/T 983)
4. 《铸造铜及铜合金》(GB/T 1176)
5. 《不锈钢棒》(GB/T 1220)
6. 《钢结构用高强度大六角头螺栓连接副》(GB/T 1231)
7. 《球墨铸铁件》(GB/T 1348)
8. 《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)
9. 《合金结构钢》(GB/T 3077)
10. 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》(GB/T 3098.1)
11. 《紧固件机械性能 螺母》(GB/T 3098.2)
12. 《紧固件机械性能 紧定螺钉》(GB/T 3098.3)
13. 《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》(GB/T 3098.6)
14. 《紧固件机械性能 不锈钢螺母》(GB/T 3098.15)
15. 《紧固件机械性能 不锈钢紧定螺钉》(GB/T 3098.16)
16. 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》(GB/T 3632)
17. 《起重机设计规范》(GB/T 3811)
18. 《非合金钢及细晶粒钢焊条》(GB/T 5117)
19. 《热强钢焊条》(GB/T 5118)
20. 《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》(GB/T 5293)
21. 《焊接结构用铸钢件》(GB/T 7659)
22. 《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》(GB/T 8110)
23. 《结构用无缝钢管》(GB/T 8162)
24. 《灰铸铁件》(GB/T 9439)
25. 《圆柱蜗杆传动基本参数》(GB/T 10085)
26. 《圆柱齿轮 ISO 齿面公差分级制》(GB/T 10095.1~2)
27. 《齿条精度》(GB/Z 10096)
28. 《一般工程用铸造碳钢件》(GB/T 11352)
29. 《流体输送用不锈钢无缝钢管》(GB/T 14976)
30. 《不锈钢 牌号及化学成分》(GB/T 20878)

31. 《大型碳素结构钢锻件 技术条件》(GB/T 33083)
32. 《大型合金结构钢锻件 技术条件》(GB/T 33084)
33. 《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
34. 《船闸闸阀门设计规范》(JTJ 308)
35. 《大型低合金钢铸件 技术条件》(JB/T 6402)
36. 《大型不锈、耐酸、耐热钢锻件 技术条件》(JB/T 6398)
37. 《水利水电工程启闭机设计规范》(SL 41)
38. 《水工金属结构防腐蚀规范》(SL 105)
39. 《承压设备无损检测》(NB/T 47013.1 ~ 13)

附加说明

本规范主编单位、参编单位、主要起草人、
主要审查人、总校人员和管理组人员名单

主编单位:中交水运规划设计院有限公司

参编单位:四川省交通勘察设计研究院有限公司

华设设计集团股份有限公司

长江三峡通航管理局

水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院

主要起草人:潘海涛(中交水运规划设计院有限公司)

陶书东(中交水运规划设计院有限公司)

刘晓光(中交水运规划设计院有限公司)

(以下按姓氏笔画为序)

马慧卿(中交水运规划设计院有限公司)

王 新(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

王 震(中交水运规划设计院有限公司)

冯学刚(四川省交通勘察设计研究院有限公司)

刘成鑫(中交水运规划设计院有限公司)

孙 鹏(中交水运规划设计院有限公司)

杨 勇(中交水运规划设计院有限公司)

李 然(长江三峡通航管理局)

李树海(中交水运规划设计院有限公司)

关炎培(中交水运规划设计院有限公司)

徐爱彬(中交水运规划设计院有限公司)

黄 珑(华设设计集团股份有限公司)

主要审查人:李天碧、徐 光

(以下按姓氏笔画为序)

王荣明、宁 武、刘立华、李伟忠、吴 澎、周一松、解曼莹、

魏文炜

总校人员:马 跃、刘连生、董 方、王荣明、魏文炜、檀会春、陶书东、

刘晓光、曹凤帅、冯学刚、李 然、关炎培

管理组人员:陈际丰(中交水运规划设计院有限公司)
陶书东(中交水运规划设计院有限公司)
刘晓光(中交水运规划设计院有限公司)
曹凤帅(中交水运规划设计院有限公司)

《船闸启闭机设计规范》(JTJ 309—2005) 主编单位、参加单位、主要起草人名单

主编单位:中交水运规划设计院

参加单位:江苏省交通规划设计院

四川省交通厅交通勘察设计研究院

主要起草人:张国维、黄 潼

(以下按姓氏笔画为序)

王志成、陈银锋、袁克忠

中华人民共和国行业标准

船闸启闭机设计规范

JTS 309—2026

条文说明

目 次

1	总则	(31)
3	基本规定	(32)
3.1	一般规定	(32)
3.2	启闭机型式	(32)
3.3	启闭机布置	(33)
4	荷载	(34)
5	材料	(35)
5.1	铸件	(35)
5.2	锻件和轧件	(35)
5.3	金属结构件及管道	(35)
5.4	连接材料	(35)
6	启闭机设计参数	(36)
6.2	启闭机行程	(36)
6.3	启闭时间和速度	(36)
7	液压启闭机	(37)
7.1	液压系统	(37)
7.2	液压组件	(37)
7.3	油缸	(37)
8	机械启闭机	(38)
8.1	启闭机的工作级别	(38)
8.2	电动机	(38)
8.3	零部件	(38)
8.4	钢丝绳、卷筒和滑轮	(39)

1 总 则

1.0.2 船闸工作闸门包括人字闸门、三角闸门、一字闸门、下沉闸门；工作阀门包括平面阀门、弧形阀门。

3 基本规定

3.1 一般规定

- 3.1.5** 同一航道上水头相近、门型相同推荐采用同一种型式启闭机,增强零部件互换性,减少备件储备,降低维护使用成本,为管理和维修保养提供便利。
- 3.1.6** 启闭机设一台动力设备时,一旦发生故障,可能导致船闸无法正常运行,因此要求设置备用动力设备。
- 3.1.8** 设置同步装置是为了保证工作闸门和工作阀门在运行过程中不致歪斜和卡住,保证闸门和阀门止水正常工作。多于单吊点的启闭机要求设置同步装置。
- 3.1.9** 要求启闭机运转平稳是为了保证工作闸门和工作阀门运转平稳,防止闸门和阀门在运行过程中产生间断或跳跃式的运动现象。工作闸门和工作阀门开关门运行至终点位置规定不发生撞击,是为了防止撞坏闸门、阀门、活塞杆和止水。
- 3.1.10** 启闭机设置制动装置,主要是为了能控制工作闸门、工作阀门的运行位置和保证闸门和阀门的运行安全。提升闸门在开启位置时要求采取制动措施,以防止闸门下滑;人字闸门需在开启位置长期停留,也需要将闸门锁定,以防风浪推动闸门。
- 3.1.11** 工作闸门和工作阀门启闭机设置行程限位装置,是为了保证工作闸门和工作阀门在设计行程范围内运行,防止工作闸门和工作阀门在运行到终了位置时产生撞击,避免启闭机的传动部件由于撞击而损坏。设置超负荷保护装置,是为了保护闸门和阀门及启闭机的安全,避免事故的发生。检测装置具备监测功能。
- 3.1.12** 由于常用液压油的黏度随着温度的降低而升高、随着温度的升高而降低,所以在选择液压油时要考虑环境温度对油液性能的影响。
- 3.1.13** 水利枢纽的运行或船闸充泄水过程中超灌超泄产生的反向水位差对闸门造成较大影响时,可能会使油缸活塞杆扭曲、变形,启闭机损坏,影响船闸的正常运行,因此在启闭机设计时要求考虑水位波动影响。

3.2 启闭机型式

- 3.2.2** 液压启闭机加工件较少,选用的标准件较多,且油缸的加工已形成规模,加工技术成熟,因此人字闸门、三角闸门和一字闸门推荐采用液压启闭机。
- 3.2.3** 大行程平面闸门和横拉闸门,开关门行程较长,当超过油缸长度的加工范围时,液压启闭机就难以满足要求,故推荐采用机械启闭机。

3.3 启闭机布置

3.3.2 本条规定是为了保证启闭机布置不存在碍航风险。

3.3.3 本条规定是为了保证启闭机主要电气设备不至于没在水中。

4 荷 载

4.0.3 安装荷载指液压启闭机设备在安装过程中产生的荷载,具体取值根据启闭机安装工艺确定。

5 材 料

5.1 铸 件

5.1.1 铸造碳钢件一般用于启闭机中间支铰、U型架等外形复杂零部件制造。常用牌号包括 ZG270-500、ZG310-570 等。

5.1.2 低合金铸钢件一般用于启闭机中间支铰、U型架等外形复杂零部件制造。常用牌号包括 ZG35CrMo、ZG42CrMo 等。

5.1.3 灰铸铁件常用牌号包括 HT200、HT250、HT300、HT350 等。

5.1.4 球墨铸铁件常用牌号包括 QT450-10、QT500-7、QT600-3 等。

5.1.5 铜合金铸件通常用于启闭机活塞导向套、活塞杆导向套、缓冲环等零部件制造。常用牌号包括 ZCuAl10Fe3、ZCuAl10Fe3Mn2、ZCuZn38Mn2Pb2、ZCuZn25Al6Fe3Mn3 等。

5.1.6 焊接结构用铸钢件常用牌号包括 ZG270-480H、ZG300-500H、ZG340-500H。

5.2 锻件和轧件

5.2.1 碳素钢锻件和轧制件为启闭机缸筒、活塞杆、活塞、活塞杆吊头、上下端盖等零部件常用材料。常用牌号包括 35、45 号钢。

5.2.2 低合金钢锻件和轧制件常用牌号包括 Q355(B、C、D)、Q390(B、C、D)、Q460(B、C、D)等。

5.2.3 合金钢锻件和轧制件常用牌号包括 40Cr、42CrMo、35CrMo、30Cr2Ni2Mo 等。

5.3 金属结构件及管道

5.3.1 金属结构件常用牌号包括 Q235B 和 Q355B。

5.3.2 不锈钢材料常用牌号包括 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2。

5.4 连接材料

5.4.3 常用牌号包括 45 钢、40Cr、35CrMo、42CrMo。

6 启闭机设计参数

6.2 启闭机行程

6.2.1 本条规定启闭机行程留有适当的富裕度是为了适应闸门的门体变形、位移和安装调整对行程的影响。

6.3 启闭时间和速度

6.3.1 根据船闸大型化和高效运行的要求,对现有大型船闸进行调研,工作闸门启闭时间基本满足《船闸启闭机设计规范》(JTJ 309—2005)表 3.1.1 的要求,在此基础上新增 $23\text{m} \leq L < 34\text{m}$ 和 $L \geq 34\text{m}$ 两档的启闭时间建议数值。

7 液压启闭机

7.1 液压系统

7.1.1.3 本款提出启闭机液压系统设计应设置安全、锁定、卸荷和补油回路,主要是考虑门体变形、意外情况超载或出现反向荷载等对闸门、阀门及启闭机造成不利的影

7.1.1.4 为抵御闸门浪涌、超灌超泄、往复流波动等额外荷载,推荐液压系统采用溢流阀或平衡阀。

7.1.1.6~7.1.1.9 为保证船闸安全运行,提高船闸通行保证率,减少噪声污染和环境污染,结合国内外启闭机设计、使用方面的经验,提出设置备用电机、设置减振装置、油路设置排气装置和泵站集成化等要求。

7.1.3 对系统试验压力和液压缸试验压力的要求是参考《水利水电工程启闭机设计规范》(SL 41—2018)和《机械设计手册》(第七版)的有关规定提出的。

7.2 液压组件

7.2.2、7.2.3 油泵的最高工作压力是由油缸或液压马达的工作压力确定的,富裕系数 K_1 是考虑油泵的压力储备和使用寿命;油泵的最大工作流量由同时动作的油缸最大总工作流量确定;泄漏系数 K_2 是考虑油路系统的泄漏和元件磨损造成容积效率的下降。

7.2.7.5 本条文参照国内已建船闸的使用经验,并参考机械工业出版社出版的《液压工程手册》(第三版)和《机械设计手册》(第七版)的相关规定制定。

7.2.8 考虑材料相容性问题,当油漆与液压油长期接触时,有机溶剂会逐渐溶解漆膜,溶解生成的胶状物会增大油液黏度,剥落的固体颗粒形成硬质磨料。这些污染物经油泵循环后,会导致精密阀芯卡滞、油泵磨损以及过滤器提前堵塞等问题。所以规定油箱内壁严禁涂刷油漆。

7.3 油 缸

7.3.1 一般油缸壁厚的计算分为薄壁、中厚壁与厚壁三种。缸径与壁厚之比小于2为厚壁,缸径与壁厚之比大于2小于16为中厚壁,缸径与壁厚之比大于16为薄壁。根据国内外相关资料,启闭机油缸多采用薄壁和中厚壁。由于中厚壁计算公式中强度系数目前尚无确切数据,因此本规范统一按薄壁计算,偏于安全。

7.3.5 油缸和活塞杆的加工材料宜选用35、45优质碳素结构钢,主要是考虑采用优质碳素结构钢加工油缸和活塞杆可以获得较好的加工质量。

8 机械启闭机

8.1 启闭机的工作级别

8.1.1 启闭机用于不同门型、机型和航道,彼此工作状况差异很大。通航水位的变化使启闭机在实际工作过程中承受的荷载也是变化的。对启闭机的工作级别进行划分,给启闭机机构设计提供一个合理的基础,也为用户和制造厂家进行协商时提供一个参考范围。本条文给出的是机构的工作级别,为简化工作级别,把工作级别和荷载状态、设计工作时间联系起来,对于机构一般不考虑疲劳强度,所以机构的工作级别即为启闭机的工作级别。荷载状态表明启闭机受载的轻重程度。表 8.1.1 中“经常启闭轻的荷载,很少启闭额定荷载”是指船闸设计最高通航水位在一年内出现的天数很少,经常在较低通航水位下工作。“有时启闭额定荷载,一般启闭中等荷载”是指船闸在一年内,设计最高通航水位出现的天数较少,经常在中等通航水位下工作。“经常启闭额定荷载”是指船闸在一年内经常出现设计最高通航水位,常受最大的工作荷载。启闭机设计工作时间只是理论上的规定,不作为寿命的保证。

8.2 电动机

8.2.2 电动机的负荷持续率为 10min 内启闭机工作时间所占的百分比。

8.2.3 平面闸门和工作阀门的启闭机主要是重力负载,起升为阻力,下降为动力,类似起重机的起升机构,因此,计算电动机静功率时,克服惯性的功率增大系数 K 取 1.0;人字闸门、三角闸门、一字闸门和横拉闸门的启闭机主要是阻力负载,类似起重机的运行机构,计算时要考虑惯性力,参考有关资料,克服惯性的功率增大系数 K 取 1.1~1.2。机构的总传动效率是传动系统中所有运动副的效率,包括绳索卷绕效率。

8.3 零部件

8.3.2 静强度计算对于大多数启闭机零部件来说是需要的,但由于启闭机的部分零部件为高速传动(如高速轴),其总循环应力次数往往超过疲劳循环次数的 10^7 倍,所以对某些零部件来说要进行疲劳计算。

8.3.5 本条规定是根据启闭机工作情况并参照国内外有关资料制定的。对平面闸门和工作阀门,考虑到启闭机的实际使用情况和闸门下过船、过人的安全要求,规定平面闸门和工作阀门取制动轴静力矩的 1.75 倍~2.25 倍;对横拉闸门,考虑运行机构的制动器在不工作时能“持住”,规定人字闸门、三角闸门、一字闸门和横拉闸门取制动轴静力矩的 1.2 倍~1.5 倍。

8.3.6 为保证推拉杆的正常工作,参考国内有关资料制定本条文。为避免杆件柔度太大,在自重下较大的挠度和在运输、安装中发生变形,降低安全度,参考《水运工程钢结构设计规范》(JTS 152—2012)和《水利水电工程钢闸门设计规范》(SL 74—2019)的规定,本条对推拉杆的长细比规定为不宜大于 120。

8.3.8 本条规定 1.2 倍是为了适应闸门运行中的门体和杆件变形。

8.4 钢丝绳、卷筒和滑轮

8.4.1 在相同直径、相同材料条件下,线接触钢丝绳比点接触钢丝绳寿命可提高 1.5 倍~2.0 倍,故宜选用交绕线接触钢丝绳;启闭机钢丝绳多处于水下或接近水面工作,锈蚀成为影响钢丝绳寿命的主要因素,因此出入水钢丝绳宜选用镀锌金属芯钢丝绳;双吊点启闭机宜采用预拉钢丝绳,是为了更好地实现同步。

8.4.5 限制钢丝绳偏斜角的目的,是防止偏斜角过大时,造成钢丝绳与卷筒或滑轮边缘相互摩擦,损坏钢丝绳。参照《起重机设计规范》(GB/T 3811—2008)的相关规定制定本条文。

8.4.6 脱槽后的钢丝绳容易发生缠绕、打结等情况,可能引发钢丝绳断裂的情况,对现场人员的生命安全构成巨大威胁,还可能对启闭机的结构造成损伤,影响其整体的稳定性和可靠性,增加了后续维修和保养的难度与成本,因此制定本条文。