

水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材

机械设计及制造

水利部综合事业局 组织编写

盛旭军 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材

机械设计及制造

水利部综合事业局 组织编写

盛旭军 主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统地介绍了水利工程启闭机械的设计、施工与运行,全书共分为五章。第一章介绍了水利工程启闭机技术特征、水利工程启闭机生产制造的相关标准,以及启闭机所采取的生产模式与技术;第二章介绍了水利工程启闭机的设计理论与方法,其中包括启闭机结构选型、载荷分析、确定零件和结构的计算,并详细说明了卷扬式启闭机设计和液压式启闭机设计;第三章介绍了水利工程启闭机加工制造技术,提出了加工与检测设备的配置要求,对启闭机设备中典型零部件的加工工艺和主要外协零部件的验收标准提出了要求;第四章介绍了启闭机安装质量,以及生产前、生产中的质量控制与管理;第五章介绍了启闭机在金属结构的有限元静力学分析、结构和部件的动力学分析、虚拟样机技术原理等现代设计中的应用。通过系统学习,使水利工程启闭机专业技术人员的知识得到更新、补充、拓展,提高专业技能和管理水平,增强创新能力。

本书既可作为启闭机生产专业技术人员的培训教材,也可供启闭机专业及广大科技技术人员参考借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计及制造 / 盛旭军主编 ; 水利部综合事业局
组织编写. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2015.6
水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材
ISBN 978-7-5170-3342-4

I. ①机… II. ①盛… ②水… III. ①机械设计—技
术培训—教材②机械制造—技术培训—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第148687号

书 名	水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材 机械设计及制造
作 者	水利部综合事业局 组织编写 盛旭军 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 9.5印张 225千字
版 次	2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	48.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会

主 审：李兰奇

副 主 审：李文明 曹树林

主 编：盛旭军

编写人员：盛旭军 胡木生 李海涛 董小涛

孔垂雨 刘 彬

序

水利工程启闭机是水利工程中用于实现闸门开启和关闭、拦污栅起吊和安放的专用设备，其质量与安全直接关系到水利工程的安全运行，关系到国家和人民生命财产安全。

国家历来重视启闭机的产品质量管理工作，水利部自 1992 年起对启闭机实行使用许可证管理制度。2004 年，“启闭机使用许可证核发”被国务院作为确需保留的行政审批项目设定行政许可（国务院 412 号令第 166 项）。2010 年 10 月和 2011 年 3 月，水利部分别颁布了《水利工程启闭机使用许可管理办法》（水利部 41 号令）和《水利工程启闭机使用许可管理办法实施细则》（水事业〔2011〕77 号），以进一步加强启闭机使用许可管理。部领导对此项工作高度重视，2007 年 12 月和 2012 年 11 月，陈雷部长和李国英副部长分别就启闭机使用许可管理工作做出重要批示：加强水利工程启闭机质量管理，关系到水利工程的运行安全和人民生命财产安全；要加强制度建设，完善有关管理办法，加强全过程监督管理，确保质量和运行安全。多年来，严格的管理大大提高了启闭机产品质量，有效地保护了水利工程的安全。经过多年的共同努力，我们可以看到行业管理力度不断加强，市场准入制度逐步完善；行业企业规模逐步壮大，产品质量不断提升；产品技术创新能力有所提高，新产品新技术不断涌现，市场竞争力不断提升。

2009 年，水利部综合事业局编写了《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》，以进一步提升启闭机制造企业专业技术人员的业务素质，使其全面掌握启闭机制造技术，保障企业生产出合格的启闭机产品。近年来，随着我国现代化工业的飞速发展和进步，启闭机生产技术和工艺水平也得到了相应的蓬勃发展，尤其是新技术、新工艺和新材料在启闭机制造过程中的大量应用，使启闭机生产技术提升到另一个高度，同时，涉及启闭机生产过程的相关技术标准和规范也进行了修订。因此，在原教材的基础上，综合事业局精心策划、组织相关专家对原教材进行了修订，将理论与实际相结合，力求

更加严谨，更加通俗易懂，从而打造一套更加适合启闭机行业企业技术人员水平的优秀教材。

希望本套教材的出版可以更好地帮助水利工程启闭机生产企业及相关单位技术人员全面了解、掌握启闭机的设计制造技术，为推动企业技术进步，强化质量管理，提升产品科技含量，提高产品现代化水平，保障启闭机的安全运行做出更大贡献。

水利部综合事业局局长

郑通汉

2015 年 3 月

前 言

为了不断提高水利工程专业技术人员素质,促进社会生产力发展,根据《全国专业技术人员继续教育暂行规定》,编写了《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材(机械设计及制造)》,以期通过学习先进理论、技术和方法,以更新、补充、完善和拓展在职人员的知识结构,提升创新能力和综合素质。

为了达到上述要求,本教材由以下五章组成:第一章简述了水利工程启闭机技术特征、水利工程启闭机生产制造的相关标准,在分析一般新产品研发风险的基础上,提出启闭机产品应采取的生产模式与技术,以适应启闭机单件或小批量生产特征;第二章为水利工程启闭机设计理论与方法,包括启闭机结构选型、载荷分析、零件和结构的计算原则,详述了卷扬式启闭机设计和液压式启闭机设计,并通过案例进行了说明;第三章为水利工程启闭机加工制造技术,提出了加工与检测设备的配置要求,介绍典型零部件的加工工艺和主要外协零部件的验收要求,对卷扬启闭机和液压启闭机的制造过程分别进行了分析讨论;第四章为启闭机制造安装质量控制,明确启闭机的生产前、生产中的质量控制与管理,介绍了启闭机安装与验收要求;第五章为先进技术及其在启闭机中的应用,分别介绍了金属结构的有限元静力学分析、结构和部件的动力学分析、虚拟样机技术原理和工业工程技术等现代设计技术在启闭机设计中的应用,重点说明它们的基本概念、主要功能、应用步骤以及在启闭机生产中的应用实例,使技术人员了解现代设计与先进制造技术方面的相关知识,期望在启闭机生产中推广应用,不断地提高水利机械产品质量,增强企业的竞争力。

希望通过本教材的学习,使得启闭机行业机械专业在岗技术人员的知识得到更新、补充、拓展,提高专业技能和管理水平,增强创新能力;同时能够对在岗未达到岗位专业技能要求的专业技术人员进行相应的专业知识和技能起到培训作用。

本书可作为启闭机生产企业专业技术人员在启闭机机械设计、制造与管理技术方面进行培训的教材,也可供启闭机科研、设计、施工、运行单位的广大技术人员参考借鉴。

由于作者水平有限，教材中难免有不少缺点与错误，敬请读者批评指正。

作者

2015 年 3 月

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 水利工程启闭机技术特征与应用	1
第二节 水利工程启闭机生产制造的相关标准	3
第三节 水利工程启闭机的设计和开发	8
第二章 水利工程启闭机设计计算	21
第一节 启闭机设计基本规定及选型	21
第二节 卷扬式启闭机设计	29
第三节 卷扬式启闭机设计实例	36
第四节 液压式启闭机设计	44
第五节 液压式启闭机设计实例	56
第三章 水利工程启闭机加工制造技术	62
第一节 加工与检测设备的配置要求	62
第二节 典型零部件的加工工艺	63
第三节 主要零部件的验收	76
第四节 卷扬式启闭机制造	81
第五节 液压式启闭机制造	84
第四章 启闭机制造质量与控制	90
第一节 启闭机生产的质量控制体系	90
第二节 启闭机生产准备阶段的质量控制	92
第三节 启闭机制造阶段的质量控制	93
第四节 启闭机安装与验收阶段的质量控制	96
第五章 先进技术及其在启闭机中的应用	103
第一节 启闭机金属结构的有限元静力学分析	103
第二节 启闭机结构和部件的动力学分析	113
第三节 虚拟样机技术	118
第四节 生产率与工业工程	131
参考文献	143

第一章 绪 论

水利工程启闭机是用来开启和关闭水工闸门、拦污栅和清污装置的机械设备,属于循环间歇式使用的专用起重机械,也称闸门操作设备或者启闭设备。本教材是水利工程启闭机系列教程中机械部分教材,涉及水工闸门启闭机的设计、制造和质量控制方面的内容,介绍新知识、新理论、新技术、新方法及其在启闭机上的应用。

本章概述水利工程启闭机的技术特征、启闭机设计制造应遵循的标准,在分析一般新产品研发风险的基础上,提出启闭机产品应采取的生产技术,以适应启闭机单件或小批量生产特征,提高生产企业的效益、增加市场竞争力。

第一节 水利工程启闭机技术特征与应用

近年来,随着水利水电工程建设的快速发展,水工启闭机的制造技术也取得了长足的进步,起升高度和启闭力不断增大,材料和结构形式不断改善,目前水工启闭机的生产与应用具有以下特征。

1. 向大型化和专用化发展

水利水电工程规模的增大促进了大型启闭机的生产,启闭机的技术参数不断创下新高,更加注重专用启闭机的研制。例如应用在锦屏二级水电站,用来启闭上游调压室事故闸门的8台固定卷扬式启闭机,持住力达9000kN,启门力为2000kN,扬程118m,采用单卷筒多层缠绕折线式绳槽卷筒。云南漫湾水电站使用的QM500/40坝顶门机为大型水电站坝顶专用的大型移动式启闭机,其最大起重量5000kN,起升高度120m,大车轨距12m,轮距14.5m,自重达9000kN,配有4根液压式自动抓梁,可独自承担漫湾水电站坝顶全部检修闸门、事故闸门和拦污栅的启闭工作。

2. 广泛采用液压技术

近年来,由于液压技术的迅速发展,尤其是现代控制理论和计算机技术的引入,液压启闭机在水利水电工程中的运用十分广泛,完全适应大型水电工程的需要。如三峡工程共用液压启闭机135套,其中左岸电站厂房进水口快速门液压启闭机的启门力达4000kN,持住力达8000kN,行程达15m;船闸人字闸门共24扇,闸门最大高度为38.5m,单扇门最大质量达850t,配备的启闭机最大启闭力达2700kN,油缸长8668mm,内径580mm,活塞杆行程7276mm。广西岩滩水电站快速闸门启闭用8000/6000kN超大型液压启闭机,其油缸直径720mm,长16m,总质量达64t。

液压启闭机发展的特点是新技术、新元件的大量应用。如电液比例控制技术、活塞杆表面防护技术、液压缸位移和速度的测控技术等已进入实用,力士乐公司的CERAMAX



(谢拉马赫斯) 液压缸, 不仅具有较好的耐腐蚀和耐磨损性能, 还将行程测量系统与陶瓷保护层结合在一起, 其累积同步精度可达 $\pm 1\text{mm}$ 。

3. 新材料的广泛应用

水利工程启闭机制造中钢材成本最大, 约占总成本的 $1/3$ 。由于水利工程启闭机的金属结构要承受复杂多变的周期载荷, 要求制造材料具有较高的屈服强度和疲劳极限、良好的冲击韧性及冷成形性和优良的焊接性能。随着启闭机向大型化、轻量化发展, 对上述性能的要求更为突出。目前卷扬式启闭机的金属结构的材料主要为碳素结构钢和低合金结构钢, 采用轻质高强材料可有效减轻启闭机自重、提高使用寿命和降低原材料消耗。在国外, 如美国 A514 (T-1) 系列钢 (抗拉强度为 $690\sim 895\text{MPa}$); 日本 Wehen 系列高强度钢 (抗拉强度为 $590\sim 980\text{MPa}$) 的钢号有 30 多个; 德国的代表钢种为 Ste460 和 Ste690 等。这些钢材的抗拉强度都很高, 一般为 $590\sim 1270\text{MPa}$, 具有很好的韧性、可焊接性和可成形性, 板厚范围广, 可满足启闭机用钢的需要。

国内开发的低合金高强度结构钢已有多个强度级别的产品可应用于启闭机的结构中, 如液压启闭机支撑结构件、卷筒等, 以屈服强度为 $460\sim 960\text{MPa}$ 级的不同等级高强度钢板为主。尼龙滑轮目前已广泛使用, 碳纤维强化塑料也应用于启闭机桁架、吊臂等制造。

4. 采用先进的结构形式

目前国内卷扬式启闭机的基本组成是: 普通不带制动的 YZ (YZR) 系列电动机为动力源, ZQ (QJ) 系列软齿面 (中硬齿面) 减速器和一级开式齿轮组成减速传动机构, 减速器的高速轴采用电磁铁或液压制动器作为安全制动系统, 通过钢丝绳卷扬装置和滑轮组开启和关闭闸门。这种结构具有体积庞大、单一的高速制动器工作安全系数低、使用维修麻烦、环境污染大等缺点。随着水利水电启闭机行业的发展和科学技术的进步, 对启闭机设备的安全性、外形结构、使用维护和环保提出了新的要求。湖北省咸宁三合机电制业有限责任公司研制的一种新型闭式卷扬启闭机开始应用于水利水电工程, 该启闭机的结构特点是取消了开式齿轮传动, 采用承载能力大、速比大、体积小的减速器直接通过渐开线花键副与卷筒连接, 制动系统采用高、低速双保险制动, 提高了整机的安全性能。

5. 先进计算和仿真手段的应用

水工启闭机种类不同, 其复杂程度相差较大, 例如门式启闭机的门架结构是一个空间结构体系, 结构形式复杂多样, 作用荷载各异, 受力计算十分困难。目前对于启闭机的设计一般采用现有的启闭机设计规范进行, 对于固定卷扬式启闭机的机架、移动式启闭机的门架和液压启闭机的支撑结构等金属结构件的设计计算, 多数是按平面结构体系设计方法进行简化, 应用结构力学和容许应力方法进行的。即对这些结构进行了一定程度的简化, 把整个结构体系分割成相互独立的构件, 忽略了各个构件的整体协调性, 将外载荷按照经验分配给各个构件, 然后再对每个构件按平面受力进行分析, 进行强度、刚度及稳定性计算, 其结构计算只限于在主框架平面内, 而平面外的内力或应力的影响却未考虑。平面体系分析方法虽然计算简便、便于应用, 但不能准确地反映整个支撑结构间的相互联系和变形协调关系以及非计算构件在整体结构中的作用, 导致计算结果与实际状态存在一定偏差, 需要应用先进的计算和仿真手段来解决, 近年来, 计算机技术的快速发展促进了对固定卷扬式启闭机的机架、移动式启闭机的门架和液压启闭机的支撑结构以及结构的强度、



刚度和稳定性进行有限元数值分析计算,启闭机起吊闸门过程中的运动情况进行运动仿真分析,深入了解各运动构件间的运动是否会产生干涉、起吊物件的运动轨迹、运动过程中的速度、加速度、各支撑约束的反力等,进行优化设计,为启闭机的生产制造提供指导,具有重大实用价值。例如门式启闭机的运动特性分析,可以采用 Pro/ENGINEER 和 Adams 等仿真分析软件,对启闭机各个运动部件在各种运动状态下的位移、速度、加速度等各种参数进行仿真,为门机的设计和使用提供参考。

第二节 水利工程启闭机生产制造的相关标准

一、《水利水电工程启闭机设计规范》(SL 41—2011)

1. 适用范围

该规范适用于水利水电工程以电力驱动为主,用以启闭闸门、拦污栅的卷扬式启闭机、液压启闭机、螺杆启闭机和链式启闭机的设计,其中卷扬式启闭机包括固定卷扬式启闭机和门式、台车式、桥式等移动式启闭机。

2. 主要技术内容

该规范共 9 章、15 个附录,主要技术内容包括:

- 启闭机的选型布置;
- 启闭机的材料要求;
- 启闭机的荷载分析;
- 启闭机的设计计算、零部件选型及结构分析;
- 启闭机的电气传动控制要求等。

3. 标准的修订概况

湖南省水利水电勘测设计研究总院和黄河勘测规划设计有限公司作为该标准主编单位,根据 2001 年水利部规划设计管理局科技处《关于修订水利水电工程启闭机设计规范(SL 41—1993)的通知》和《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002)对原标准进行了修订。

对 SL 41—1993 进行的修改主要包括以下几个方面:

- 将原规范的机构、结构章节改为按启闭机类型分章节叙述,条理更清晰,使用更方便;
- 将原规范按电气元件的排列模式改为从“传动、控制方式—电气元件”的结构编排,突出了传动、控制方式的整体作用;
- 根据《起重机设计规范》(GB 3811—1983)对启闭机的工作级别进行了细化;
- 增加了该规范主要引用的规范细目;
- 调整了结构计算的许用应力数据;
- 调整了吊板孔壁承压许用应力取值方法;
- 明确了液压油清洁度要求,补充了油的过滤、油管清洗、油管和油箱材料等新的要求;



- 补充了有关折线绳槽卷筒的设计要求条款;
- 修正了卷筒稳定性计算中卷筒壁单位压应力计算公式;
- 更正了原规范中的印刷错误和附录中部分计算公式的错误;
- 增加了启闭机的控制方式的条款和行程检测精度要求;
- 增加了启闭机的安全措施及安全保护要求条款;
- 增加了消防和电气防雷的要求条款;
- 由于其他标准的修订,相应调整了关联部分的内容。

该规范所替代标准的历次版本为 SL 41—1993。该规范批准部门为中华人民共和国水利部。

二、《水电水利工程启闭机设计规范》(DL/T 5167—2002)

1. 适用范围

该规范规定了水利水电工程启闭机的设计原则、荷载、材料、机构等要素。

该规范适用于水利水电工程以电力驱动为主,用以启闭闸门、拦污栅的固定式启闭机和移动式启闭机。固定式启闭机包括卷扬式启闭机、螺杆启闭机、液压启闭机和链式启闭机,移动式启闭机包括门式启闭机,台车式启闭机和桥式启闭机等。

2. 主要技术内容

该规范共 10 章、15 个附录。主要包括范围、规范性引用文件、基本符号、总则、设计原则和要求、荷载、材料、机构、结构、电气等 10 章。该规范的 15 个附录全部为资料性附录。

该规范切实总结和吸取了国内近 10 年来液压启闭机快速发展的经验,使规范的内容更加充实。例如总结液压启闭机运行中大量故障产生的原因,是由于液压油的污染引起的,因此提出防止液压油污染的措施,明确规定液压油清洁度要求,油的过滤、油管清洗、油管和油箱材料等一系列新的要求。对表孔弧门双缸液压启闭机提出根据不同具体情况采取相应同步措施。为了加强条文的系统性和完整性,把原来分散在各条款中的同一类内容进行合并和调整,例如将各条中有关油管的内容集中到 8.4.7。

3. 标准的修订概况

国家电力公司西北勘测设计研究院、国家电力公司成都勘测设计研究院、国家电力公司中南勘测设计研究院、武进液压启闭机有限公司作为本标准起草单位,根据原电力工业部《关于下达 1997 年制定、修订电力行业标准计划项目的通知》的要求,对原《水利水电工程启闭机设计规范》(SL 41—1993)液压启闭机部分内容进行修订,修订格式符合《电力标准编写的基本规定》(DL/T 600—2001)。

该规范在广泛征求意见的基础上,通过调查、总结和研究,充分反映近 10 年来各大、中型水利水电工程启闭机设计、制造、安装及运行的新经验。通过本规范的修订和实施将使本行业有一个新的统一的设计准则,进一步提高设计水平。

此次修订原规范液压启闭机部分的条文共 18 条,其中取消 2 条,新增 4 条,补充修改 14 条,修订后的液压启闭机部分共 20 条 36 款,修订条文达 90% 以上。同时对液压启闭机部分相关的条文,或者虽不属本次修订范围,但原条文明显过时部分也作了相应修



订,共12条。

该规范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。

该规范首次发布日期为1993年10月1日。

三、《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》(SL 381—2007)

1. 适用范围

该规范规定了固定卷扬式启闭机、螺杆启闭机、液压启闭机、移动式启闭机的技术要求,试验方法,验收规则和标志、包装、运输与存放的有关要求。适用于水利水电工程启闭机制造、安装及验收过程中的产品质量评价,并适用于启闭机产品使用许可证、型式试验和水利水电工程安全评价的产品质量检测。

2. 主要技术内容

规范内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、固定卷扬式启闭机、螺杆启闭机、液压启闭机、移动式启闭机、验收规则、标志、包装、运输与存放等10章和两个规范性附录。

该标准系根据水利部国科(2001年)150号文“关于发布《水利技术标准体系表》”的安排,按照《标准化工作导则 第1部分:标准的结构和编写》(GB/T 1.1—2000)的要求而编写的。

近年来,我国水利工程建设事业得到快速发展,为了满足水利水电工程启闭机的制造安装技术要求和质量要求的需要,按照水利部水利技术标准体系的规划要求,制定水利水电工程启闭机制造、安装及验收制定的产品标准。该标准编写工作中,参照并借鉴了水利水电行业启闭机制造、安装及验收中的产品质量控制的成熟经验,总结了制造、安装企业的科学创新、技术进步及其经验成果。

四、《液压式启闭机》(GB/T 14627—2011)

1. 适用范围

该标准规定了液压式启闭机的型式、基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、储运要求。

该标准适用于以矿物油为工作介质,采用液压传动方式,启闭水利水电工程闸门和闸门的启闭机的制造、验收。

2. 主要技术内容

该标准共9章和1个附录。主要包括范围、规范性引用文件、术语和定义、型式、基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志包装和储运。附录A启闭机出厂试验装置液压原理图为资料性附录。

3. 标准的修订概况

该标准代替《大型液压式启闭机》(GB/T 14627—1993)。与GB/T 14627—1993相比,主要变化如下:

——增加了“前言”;

——取消原标准名称,改为“液压式启闭机”,适用小型、中型、大型和超大型液压



式启闭机；

- 产品的分类方式，由原按用途分类改为按油缸结构和安装形式分类；
- 删除了型号表示方法；
- 对工作环境条件进行了补充和完善；
- 新增液压控制系统、电气设备的技术要求和启闭机出厂的机、液、电联机试验

要求；

- 根据启闭机使用的特殊性，规定产品的试验、检验分出厂和工地两个部分进行。

该标准的附录 A 为资料性附录。

该标准由中国机械工业联合会提出。

该标准由全国起重机械标准化技术委员会（SAC/TC 227）归口。

该标准起草单位为湖北省咸宁三合机电制业有限责任公司。

五、《起重机设计规范》(GB/T 3811—2008)

1. 适用范围

该规范确立了起重机总体、结构、机械、电气与安全等部分设计应共同遵守的必要准则，规定了设计、计算要求和方法，并可作为对设计进行分析和评价的技术依据。

该规范适用于桥架型起重机、臂架型起重机和缆索型起重机，但不涉及上述起重机设计的特殊问题。该标准也可供其他起重机参照使用。

2. 主要内容

该规范的章节包括范围、规范性引用文件、分级、起重机设计的计算载荷与载荷组合、结构、机械、电气、整体抗倾覆稳定性和抗风防滑安全性、安全等 9 章，以及 23 个附录。其中附录 D、附录 F、附录 G、附录 H、附录 J、附录 K、附录 L、附录 N、附录 O、附录 P、附录 R、附录 S、附录 T 为规范性附录。标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 E、附录 I、附录 M、附录 Q、附录 U、附录 V、附录 W 为资料性附录。

《起重机设计规范》是起重机设计领域的唯一基础标准，是起重机设计的基本准则和共同遵守的技术依据，同时也是特种设备法规、规范制定的重要依据。该规范是在总结我国几十年起重机设计和生产实践经验基础上，积极采用国际标准化组织 ISO/TC96 起重机械技术委员会和国外先进工业国家颁布的有关起重机设计的重要规范，继承了《起重机设计规范》(GB/T 3811—1983) 的合理部分修订编写而成，实现了与国际标准、国外先进标准的接轨，反映了当前国际起重机设计的最新成果。通过引入高危险度系数概念，研究确定其取值范围；引入结构件或机械零件的分级；采用了先进的设计理念和现代设计方法——引入受拉构件材料的抗脆性破坏的评价，并列采用许用应力设计法和极限状态设计法，打破了传统单一采用许用应力法的设计模式；总结国内外实践经验，形成变频调速设计方法；增设独立“安全”章节，突出以人为本，系统化本质安全技术。为提高我国起重机产品设计和制造质量，推动我国起重机行业的科技进步，跻身国际市场，奠定了重要的技术基础。《起重机设计规范》(GB/T 3811—2008) 总体技术水平达到国际先进水平。

3. 标准的修订概况

《起重机设计规范》(GB/T 3811—1983) 的修订工作是 2003 年 3 月开始启动的，负



责修订单位是北京起重运输机械设计研究院，共成立了总则、结构、机械、电气和安全 5 个起草工作组，在起草工作组 30 多位专家及标委会秘书处的共同努力下，在起重机械行业 20 多个企业的大力支持下，历经 4 年多时间的工作，于 2007 年年底完成了标准的修订。

该标准与 GB/T 3811—1983 相比主要变化如下：

(a) 增加了“前言”。

(b) 修改了“引言”。

(c) 将起重机划分为桥架型起重机、臂架型起重机和缆索型起重机，在“范围”中取消了只适用于电力驱动起重机的限制。

(d) 将 GB/T 3811—1983 第 2 章“总则”的内容调整为本标准的：

——第 3 章“分级”，并增加了结构件或机械零件分级的规定；

——第 4 章“计算载荷与载荷组合”；

——第 8 章“整体抗倾覆稳定性和抗风防滑安全性”；

——第 9 章“安全”。

(e) 将 GB/T 3811—1983 第 3 章“结构”改为本标准的第 5 章，其主要变化：

——增加了对钢材脆性破坏评价的内容；

——简化了压弯构件整体稳定性计算；

——修改了结构疲劳强度校验计算的有关内容；

——适当调整与修改了对起重机刚性的要求；

——补充了对结构设计的构造要求。

(f) 将 GB/T 3811—1983 第 4 章“机构”改为本标准的第 6 章“机械”，其内容的变化如下：

——机构计算充实了电动机容量初选及验算，引入了机构设计的基本内容和机构性能的简要计算等；

——对机械零部件计算进行了修改。

(g) 将 GB/T 3811—1983 第 5 章“电气”改为本标准的第 7 章，增加了关于起重机电气调速与控制等内容。

该规范代替《起重机设计规范》(GB/T 3811—1983)。该规范于 2008 年 4 月 30 日批准发布，2009 年 6 月 1 日开始实施。

六、《起重机械安全规程 第 1 部分：总则》(GB 6067.1—2010)

1. 适用范围

GB 6067 的该部分规定了起重机械的设计、制造、安装、改造、维修、使用、报废、检查等方面的基本安全要求。

该部分适用于桥式和门式起重机、流动式起重机、塔式起重机、臂架起重机、缆索起重机及轻小型起重设备的通用要求。对特定型式起重机械的特殊要求在 GB 6067 的其他部分中给出。

该部分不适用于浮式起重机、甲板起重机及载人等起重设备。如不涉及基本安全的特



殊问题,该部分也可供其他起重机械参考。

2. 主要技术内容

《起重机械安全规程 第1部分:总则》(GB 6067.1—2010)是起重机械行业的强制性国家标准,根据《中华人民共和国标准化法》的有关规定,不符合强制性标准的产品,禁止生产、销售和进口。GB 6067.1—2010实现了与国际标准、国外先进标准的接轨,反映了世界起重机有关安全方面的要求。

《起重机械安全规程 第1部分:总则》包括范围、规范性引用文件、金属结构、机构及零部件、液压系统、电气、控制与操作系统、电气保护、安全防护装置、起重机械的标记标牌安全标志界限尺寸与净距、起重机操作管理、人员的选择职责和基本要求、安全性、起重机械的选用、起重机的设置、安装与拆卸、起重机械的操作、检查试验维护与修理、起重机械使用状态的安全评估等19章。附录A安全防护装置在典型起重机械上的设置为规范性附录。条文中3.1、3.3.3~3.3.11、3.4、3.5、3.6.4、3.6.5、3.7.1.2、3.7.1.4、3.7.2.3、3.8、3.9、4.1、4.2.1~4.2.5、4.2.6.1~4.2.6.4、4.2.6.6、5.1、5.5、5.6、5.8、5.9、5.11~5.13、6.2、7.6~7.8、8、9、10.1.4、10.1.5、13.3~13.5、13.7.1、13.7.2、15.3.3、16~18为强制性条文,其他为推荐性条文。

3. 标准的修订概况

2006年6月—2009年1月,《起重机械安全规程 第1部分:总则》修订起草单位辽宁省安全科学研究院、北京起重运输机械设计研究院及全国起重机械标准化技术委员会秘书处人员历经3年多的共同努力,在全国起重机械行业几十位专家和有关单位的支持下,于2009年1月形成《起重机械安全规程 第1部分:总则》(报批稿)并上报国家标准化管理委员会。

该部分与GB/T 6067—1985相比主要变化如下:

——本部分对起重机械及各零部件的安全要求均进行了细化,将原标准中有些属于产品技术要求的内容删除;

——增加了起重机械的标记、标牌、安全标志、界限尺寸与净距的安全要求;

——增加了起重机械操作管理要求;

——增加了起重机械人员的选择、职责和基本要求;

——增加了起重机械的安全性、选用、设置、安装与拆卸、操作、检查、试验、维护与修理、使用状态安全评估等的要求;

——删除了“为吊运各类物品而设的专用辅具”、“常用简易起重设备”的有关要求。

该部分代替《起重机械安全规程》(GB/T 6067—1985),于2010年9月26日正式批准发布,并于2011年6月1日正式实施。

第三节 水利工程启闭机的设计和开发

包括水利工程启闭机在内的机械产品设计开发是一项非常复杂细致的工作,要提供性能好、质量高、成本低、有市场竞争力、受用户欢迎的产品设备,必须遵循科学的工作程序和方法。