

# 新型升卧式钢闸门悬臂轮的设计及应用

冯建荣

(常州市长江堤防工程管理处, 江苏 常州 213000)

**摘要:** 水工闸门的行走机构普遍采用悬臂轮式, 因其结构简单沿用至今。但这种结构型式存在传动副易磨损的常见问题, 一直未能得到很好解决。通过结合实际探讨解决方案, 设计出更好的结构型式作为替代。目前, 通过技术攻关, 一种新型水工闸门悬臂轮已经投入实际应用, 效果显著。

**关键词:** 新型悬臂轮; 技术背景; 密封腔油润滑; 陶瓷涂层

**中图分类号:** TV743      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1007-7839(2020)03-0066-04

## Design and application of a new type of horizontal steel gate cantilever wheel

Feng Jianrong

(The Yangtze River Levee Project Management Office of Changzhou, Changzhou 213000, Jiangsu)

**Abstract:** The cantilevered wheel type is commonly used in the walking mechanism of hydraulic gates, and it is still used today because of its simple structure. However, the common problem that the transmission pair was easy to wear in this type of structure, which had not been solved very well. Better structural forms should be designed as alternatives by exploring the solution in combination with the actual situation. At present, through technical tackling, a new type of hydraulic gate cantilever wheel had been put into practical application, and the effect was remarkable.

**Key words:** new type cantilever wheel; technical background; sealing chamber oil lubrication; ceramic coating

## 1 概 况

闸门是水工建筑物的重要组成部分之一, 它的作用是通断水工建筑物的通水孔口, 并能按需要通过控制闸门的开度, 调节过水流量, 起到引水、排水、挡水的作用。完整的闸门系统一般由活动的门叶结构、门槽埋件结构和启闭闸门的机械设备三大部分组成。通常所谓的闸门也可单独理解成门叶结构, 它由面板、梁格、纵向垂直联结系、行走支承装置、导向装置、止水装置、吊耳等组成<sup>[1]</sup>。常州市长江堤防工程管理处所辖各个闸站普遍采用直升式或升卧式平面钢闸门, 闸门的行走支承装置为悬臂轮结构。

## 2 技术背景分析

悬臂轮结构型式的优化效果, 需要通过长期摸索改进设计以及实际应用周期的检验, 方能体现出来。

图1是目前还在应用的最常见的水工闸门悬臂轮结构示意图。

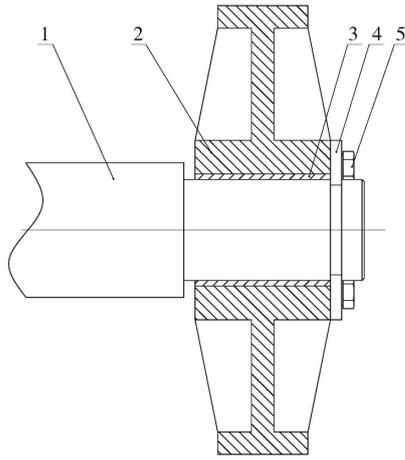
此类结构型式的悬臂轮, 通常用在重载、运转低速、无需用油、脂润滑的场合。水工闸门的实际运行工况是长期在水中运行, 用油脂润滑基本无效, 比较符合应用这种装置。

### 2.1 工作原理

装置无轮的轴端连接固定在闸门的端柱上, 有

收稿日期: 2019-11-27

作者简介: 冯建荣(1979—), 男, 工程师, 主要从事水利工程运行管理工作。E-mail: 846160900@qq.com。



1-主轴 2-滚轮 3-滑动轴承(SF-1) 4-限位卡板  
5-紧固螺栓

图1 水工闸门悬臂轮结构

轮的轴端悬在闸门两侧,上下各1对。闸门移动时,滚轮、滑动轴承(SF-1)、限位卡板、紧固螺栓一起绕主轴转动行走。中型水工闸门一般有几十吨的重量,加上水位差形成的水压力,载荷更大,靠悬臂轮(通常采用上下左右对称共4个轮子)承载,将荷载传给闸墩。同时传动副轴承与主轴承受相对滑动的摩擦力,摩擦力造成轴承磨损,轴承磨损到一定程度需进行维修,一般情况是更换易磨损的轴承。为了保护主轴,确保其使用期限,主轴的表面通常经镀铬或喷涂不锈钢的传统加工工艺处理,目的是防腐蚀和增加耐磨性,延长使用寿命。

## 2.2 存在问题

此类结构简单,图1中的滑动轴承可用品种多样,有采用铜套、无油轴承、油尼龙、华龙套等。此类结构属敞开式,在水上运行,轴承和轴产生干摩擦,不顺滑,会引发门体振动,发出噪音;长期在含沙量高的水中运行,污水和泥沙容易进入轴承和轴的间隙,会加剧轴承和轴的腐蚀磨损,轴承间隙过大后,滚轮行走摇摆,间隙越磨越大,会使闸门走偏,出现卡阻。而且滚轮还会轴向游走,限位卡板容易被磨损掉,会出现掉轮事故。这种情况在常州市长江堤防工程管理处溧港节制闸升卧式闸门上发生过,因检查发现及时,避免了事故发生。管理处下属单位魏村水利枢纽和溧港水利枢纽的闸门悬臂轮刚开始都是采用此类结构型式,第一次维修都是因无油轴承磨损,间隙过大。

图1中无油轴承SF-1,是一种无需加油润滑的滑动轴承,该轴承中间以钢板为骨架,在钢板的两面烧结一层青铜粉再轧制聚四氟乙烯和铅的混合物,根据实际需要尺寸卷制而成。我处使用的轴

承厚为2.5 mm,属易损件。尽管该产品的宣传称耐磨性能强,但在恶劣的工况环境下使用,这种轴承的性能会大打折扣。如水污染严重,水中泥沙含量大,也会大大缩短轴承的使用寿命。而管理处的水利工程都处在长江边,江水泥沙含量大,溧港水利枢纽又在常州市化工区,水质有所污染。如果不及时更换损坏的轴承,一旦无油轴承外层起润滑作用的青铜粉和混合物这些相对较软的材料被磨掉,骨架钢板就会硬碰硬对主轴和滚轮轴孔造成磨损损坏,这种情况下,仅更换同样的轴承已经失效,需对主轴和滚轮进行技术加工处理,工程维修成本因此会大大增加。事实上,闸门制造厂多年来进行过改进,常用办法是在轴承两端设置防尘圈,对防止泥沙的浸入有一定效果,但阻挡不了污水和细沙,还是没能解决根本问题。

总结一下常见悬臂轮结构型式的缺点:一是传动副为敞开式,轴承、主轴、滚轮间隙中易进入污水和泥沙造成磨损损坏,需经常维修;二是会发生掉轮事故,因此为保证闸门安全正常运行,须解决原型结构存在的缺陷,设计人员需思考出一种新型悬臂轮结构来替代。

## 3 设计方案说明

新型悬臂轮结构设计目的是提供一种实用新型水工闸门悬臂轮,解决现有技术中存在滚轮轴承易磨损和滚轮轴向游走掉轮的问题,减少工程维修成本,使维护保养简单方便,确保闸门安全运行。

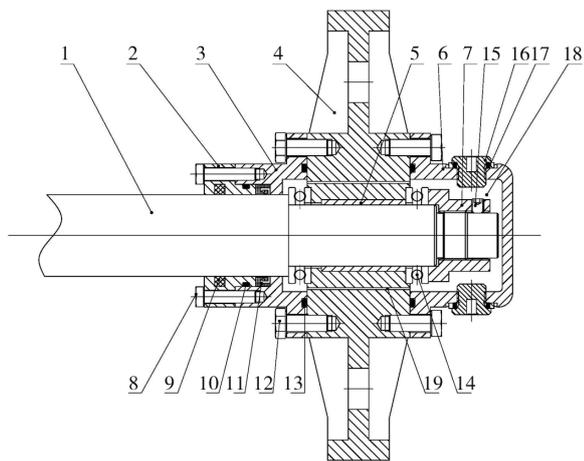
所采用的技术方案是采用密封腔油润滑,减少推力轴承和滑动轴承的磨损,提高使用寿命,同时改进滚轮限位结构,限制滚轮轴向游走。通过改进,轴承一直处在不缺润滑油的腔内,润滑充分,保证轴承运行工况良好,减少轴承磨损,使滚轮运行平稳、无振动、无噪音,滚轮限位有保障,不会有掉轮的事故风险。

图2是经过改进设计后的新型水工闸门悬臂轮结构示意图<sup>[2-4]</sup>。

### 3.1 设计思路

(1)根据设备现状,设计方案要切实可行,尽量减少工程量,保留可用部件,避免对原设备的过度破坏,决定闸门门体不更改,设计的悬臂轮结构需与原土建尺寸配套。

(2)新的设计必须能解决原型结构存在的缺陷,将传动副由敞开式改成密封式,有效阻止泥沙和污水进入。



1-主轴 2-水封座 3-油封座 4-滚轮 5-滑动轴承  
6-密封盖 7-锁紧螺母 8-紧固螺栓① 9-水封圈  
10-O型密封圈① 11-骨架密封圈 12-紧固螺栓②  
13-O型密封圈② 14-推力轴承 15-紧定螺钉  
16-油塞 17-密封组合垫 18-密封油腔 19-油道

图2 改进后的新型水工闸门悬臂轮结构

(3)易磨损的部位都设计在密封腔内,密封腔内注有润滑油,为摩擦面提供润滑,避免干摩擦,以提高零部件的使用寿命。

(4)用推力轴承限制滚轮轴向游走,采用滚动轴承,优点是滚动摩擦阻力小,滚动灵活。

(5)为保证新型结构8 a 以上的使用寿命,尽量采用耐用材料和新工艺。

### 3.2 改进原理

新型悬臂轮结构的工作原理是:除主轴、锁紧螺母、推力轴承的定圈、紧定螺钉不动外,其余零部件合成一个整体绕主轴转动,从而完成闸门上下行走。

根据设计的要求,改进设计的关键是保证密封腔密封可靠,这就要求主轴和轴承加工精度要高,零部件配合要紧密,选用的密封件质量要好。密封件设计采用水封圈、骨架密封圈、O型密封圈、密封组合垫进行密封。跟滑动轴承摩擦的主轴的轴面采用喷涂金属陶瓷层这种新的成熟的加工工艺,替代普通的电镀涂层,以增加耐腐蚀和耐磨性,金属陶瓷层的寿命通常可达30 a,其优异的性能特别适合于工作环境恶劣、腐蚀性强的条件下使用,对于澡港水利枢纽所处的化工区环境来说,完全满足使用要求,而原来采用的镀铬层在室外的正常使用寿命较短,一般3~5 a后表面出现腐蚀性锈斑、麻点、凹坑等老化现象,一旦出现这种情况就会漏油,影响密封性能。密封部位的加工精度是长期保持密封性能的主要指标。为增加润滑油的流动性,考虑

在滚轮上设4个通孔作为过油通道,如图2油道,同时在滑动轴承(材料为韧性强、质地较硬的铜合金CuZn)内圈上加工油槽,改善轴承与轴之间隙的润滑条件。

### 3.3 新型悬臂轮结构的优点

(1)有稳定、洁净、充足的润滑油,润滑条件好,磨损小,轴承使用寿命长,维修率低,节约运行成本。

(2)采用先进的金属陶瓷工艺,在闸门正常报废前,作为大件的滚轮主轴基本不会磨损更换。

(3)此结构避免了滚轮内圈受损,作为大件的滚轮也无需维修更换。

(4)可通过调节锁紧螺母从而调节滚轮轴向间隙,避免推力轴承因长期使用产生过大间隙。

(5)滚轮运行灵活、平稳、无噪音,运行安全可靠。

## 4 项目实施

技改方案经上级主管部门组织专业技术人员进行论证后,准予本项目在澡港水利枢纽节制闸上实施,笔者作为部门负责人,组织图纸设计,监督零部件加工,指导拆装,参与调试,并对其他参与方也提出了具体要求<sup>[5]</sup>。

### 4.1 加工制作注意事项

零件加工须保证精度,关键配件推力轴承和密封圈须正品质量,轴与轴承之间间隙配合为 $+0.15 \sim 0.20$  mm,易形成油膜,间隙配合适当,紧固螺栓采用不锈钢抗松动螺栓加填螺纹胶<sup>[4]</sup>。

### 4.2 保养维护注意事项

定期检查油腔内油量,考虑到热胀冷缩因素,油量保持在2/3腔为宜,不够时添加,定期换油,打开油塞排出污油,注入新油,拧紧油塞。

通过技术人员与安装单位共同努力,零配件加工及安装施工满足设计要求,本次技术改造项目顺利完成,调试正常后正式投入运行。其后,这种技改成果在管理处其它闸站上得到推广应用。

## 5 结语

新型水工闸门悬臂轮已在常州市长江堤防工程管理处的魏村水利枢纽船闸,澡港水利枢纽船闸和节制闸的升卧式闸门上投入应用,经过几年时间的运行检验,闸门滚轮运行灵活、平稳、无振动、无噪音,维护保养简单方便,实际使用效果良好。

笔者认为,从事水利工程运行管理的专业技术人员在运行管理工程中发现机电设备、金属结构、

水工建筑物等工程设施存在设计缺陷时,应当主动思考技改方案,优化设计,注重实际效果,将技改成果用于解决实质问题。笔者将基础理论与实际相联系,借助长期的技术经验积累,解决生产一线的实质问题,使闸门运行安全正常,该技术创新经实际使用验证后发现效果显著。

#### 参考文献:

[1] 王韵京. 闸门运行工[M]. 郑州:黄河水利出版社,

1996.

[2] 蔡春源. 新编机械设计手册[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1996.

[3] 陈启松. 液压传动与控制手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,2006.

[4] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京:机械工业出版社,2007.

[5] 王文生. SL75—2014 水闸技术管理规程[S]. 北京:中国水利水电出版社,2014.