

核电常规岛抽汽止回阀的结构与模块化设计

Structure Comparison and Modular Design of Extraction Check Valve for Nuclear Power Conventional Island

刘宝军¹ 李锦² 岳阳³ 刘平³ 洪雪娇³

Baojun Liu¹ Jin Li² Yang Yue³ Ping Liu³ Xuejiao Hong³

1. 国家电力投资集团 中国·北京 100094

2. 国核电力规划设计研究院有限公司 中国·北京 100094

3. 中核苏阀科技实业股份有限公司 中国·江苏 苏州 215129

1.State Power Investment Group, Beijing, 100094, China

2.State Nuclear Electric Power Planning Design & Research Institute Co., Ltd., Beijing, 100094, China

3.SUFA Technology Industry Co., Ltd. CNNC, Suzhou, Jiangsu, 215129, China

摘要: 大型先进压水堆常规岛抽汽止回阀是核电站中的关键设备之一, 通常有气动旋启式和斜瓣式两种结构形式, 对汽轮机设备起着安全保护作用。首先, 论文对现役的两种结构进行对比和分析; 其次, 提出一种模块化设计思路; 最后, 从核电的诸多参数中选取了一个难度较高的规格, 并将两种结构进行模块化的优化设计, 具备组装成不同结构的抽汽止回阀, 为实现国产常规岛抽汽止回阀的批量化生产, 降低阀门采购成本和核电站造价提供保障。

Abstract: Conventional island extraction check valve of large-scale advanced pressurized water reactor is one of the key equipment in nuclear power plant, it usually has two types of structure: pneumatic swing type and inclined flap type, which plays a safety protection role for steam turbine equipment. First of all, this paper compares and analyzes the two structures in service; secondly, it proposes a modular design idea; finally, it selects a more difficult specification from many parameters of nuclear power plant, and optimizes the modular design of the two structures, which can be assembled into different structures of extraction check valves, so as to realize the mass production of domestic conventional island extraction check valves, and reduce the cost Valve procurement cost and nuclear power plant cost guarantee.

关键词: 核电厂常规岛; 抽汽止回阀; 模块化

Keyword: nuclear power plant conventional island; steam extraction check; modularity

DOI: 10.12346/etr.v4i3.5762

1 引言

常规岛大口径抽汽止回阀是核电站热力系统关键阀门之一, 一般需要设置气动辅助功能实现快关作用, 其结构形式多样, 用量较少。对于核电站的正常、安全和稳定运行具有极为重要的作用, 是核电站可靠运行的保障。目前, 在役止回阀的主要分为旋启式和斜瓣式两种结构, 然而核电系统设计中并未对该阀门的结构作具体要求, 仅提出阀门相关的性能参数(见表1)。因此, 论文在当前相关研究^[1,4]的基础

上, 对两种结构进行对比和分析, 并提出一种模块化设计思路和方法, 支撑实现国产常规岛大口径抽汽止回阀的制造及试验。

表 1 阀门主要参数

阀门公称通径 DN1200	DN300~1200
阀门公称压力	CLASS 150~900
阀门的快速关闭时间	小于 0.5s
工作介质	蒸汽
执行机构	气动

【作者简介】刘宝军(1988-), 男, 中国山东寿光人, 本科, 工程师, 从事热能工程研究。

2 结构的对比

常规岛气动斜瓣式止回阀(见图1)采用的是顶置气动辅助装置,偏心锥面密封结构,具有以下优点:旋转重心距轴心较短,阀瓣启动力矩小;阀瓣行程小,关闭时间短;动作平缓、噪音低、反向冲击力低;缺点:重量较重、结构长度较长、阀座缩颈比大、口径越大、制造难度越大、密封副维修难度较大,空间位置上对布管的长和高方向有影响。

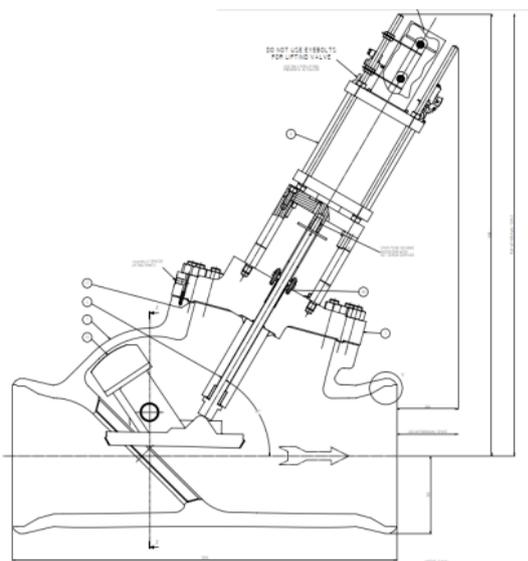


图1 某国外气动斜瓣式止回阀结构

常规岛气动旋启式止回阀多采用侧置气动辅助装置(见图2),平面密封、带平衡重锤结构。具有以下优点:结构长度较短,重量较轻,可全通径,密封副维修难度方便。缺点:旋转重心距轴心较长,增加1~2个气动装置,辅助减小阀瓣启动力矩和反向冲击力,降低关闭时间,空间位置上对布管的两侧宽度有影响。

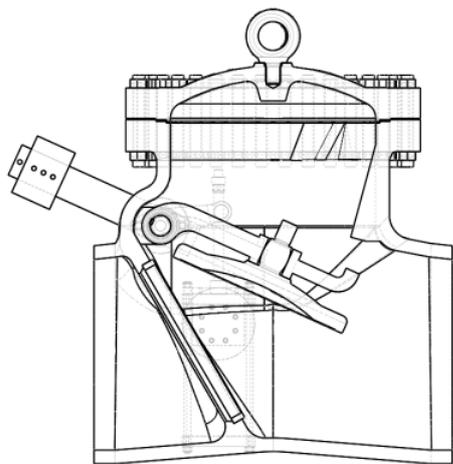


图2 某国外气动旋启式止回阀结构

3 模块化思路

由于结构的不同,往往需要分别设计和制造。这样也就额外增加了设计和制造成本。因此,采用了模块化的集成设计思路,同时对这两种结构进行优化,并有机地结合在一起。一方面,把阀门的每个零件进行拆分后区别分类,并赋予每个零件独特的功能和定义(见表2);另一方面,通过通用零件——模块零件——拓展零件——其他零件分别集成出不同结构的产品,这样便实现了两种结构的过渡。这个过程需要设计优化—校核—优化的循环进行,直到产品都满足性能要求。

表2 零件分类定义表

分类名称	零件名称	特征定义
通用零件	阀体	主要成本零件,作为不同结构的通用零件使用
	阀盖	
	阀座	
	中法兰密封垫	
模块零件	中法兰紧固件	取决于结构特征的零件,作为搭建不同结构的功能使用
	阀瓣(旋启式)	
	摇杆(旋启式)	
	销轴(旋启式)	
	重锤附件(旋启式)	
	阀瓣(斜瓣式)	
拓展零件	销轴(斜瓣式)	额外功能
	气动执行器	
	定位器	
其他零件	开位指示器	零件成本比重极少
	销轴、外设紧固件等	

4 模块化设计简述

从表1的参数中选择口径较大的规格, DN1200、150lb 进行模块化的优化设计。

4.1 流线型的低流阻流道设计

流通能力是阀门的关键,所以整个阀体内腔表面要平滑过渡,尽可能地减少介质紊流。如图3红色线条,阀体流道设计呈流线型结构,并去除了出现小于90° 涡流死角。当流体进入阀体入口时,由于阀体平滑过渡,顺势将所有的流体都推向阀瓣,并和阀瓣呈一个向上的仰角,这样更有利于阀瓣的开启。

4.2 阀门通道无积液结构设计

由于核电站抽汽系统有别于火电,核电站抽汽系统存在含有饱和湿度的蒸汽的工况,因此阀门腔体优化成呈倒锥型的自疏水结构(见图3),可有效解决阀腔底部积液的问题,这样就无需在止回阀腔体内底部设置疏水点。

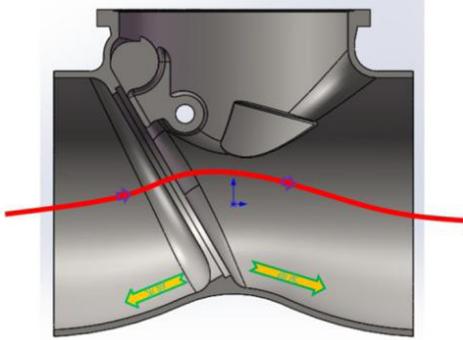


图3 流线型和自疏水阀体

4.3 阀座结构

两种结构止回阀动作原理不同，决定了阀座的结构形式也不相同。为了模块化，需要对阀座设计进行了优化。

主要特点如下：

①倾斜阀座结构设计，压降低，密封可靠。

阀体座圈孔都采用 30° 倾角设计，与阀座最大开启夹角为 45° ，相对传统的止回阀 5° 倾角设计，不仅压降低，而且能够提供更加可靠的初始密封比压，阀门密封性能可靠。

②倾斜阀座设计，满足阀门快速启闭要求。

斜阀座设计在保证阀门流量的同时，可适当减小阀瓣开启和关闭行程，加快阀门开启、关闭速度，可完全满足阀门快速关闭的要求。

③两种结构的阀座采用同一规格的坯料加工，区别在于旋启式结构选择平面密封；斜瓣式结构选择锥面密封。

4.4 阀体中空优化

一般的旋启式或斜瓣式都采用的是“大肚皮”的体型，主要目的是为了安装阀瓣及阀瓣开启到最大位置不会与阀体干涉。本次设计优化成紧凑型，即阀体的中空内径尺寸小于等于通道内径，当然，这样就会出现阀瓣全开时与阀体干涉，因此需要在阀体中空干涉的位置上偏心两个凸面体，如图4所示。这样便解决了干涉问题，同时也满足了两种结构需求。

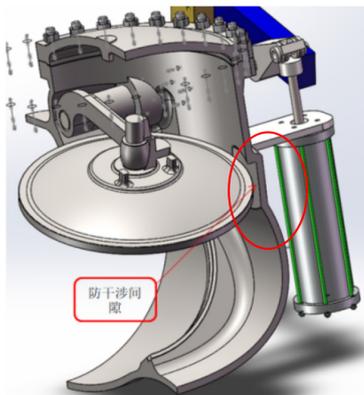


图4 全启干涉凸面设计

4.5 阀体短结构长度设计

采用较短结构长度，也是充分考虑到以往常规岛系统设计上，进口抽汽止回阀的结构长度较长，造成布管等一系列问题进行的优化。

4.6 阀盖中空密封结构

旋启式和斜瓣式的阀体与阀盖连接都采用同规格的螺栓、中空缠绕式密封垫片连接，密封结构成熟可靠。

4.7 阀体内外表面布置的优化

阀体的内外表面的优化主要考虑的是两种结构止回阀辅助动力装置的安装。由于旋启式与斜瓣式止回阀在阀体的旋转中心不在一处，为了能在同一台阀体上加工不同的旋转中心，并且有位置安装辅助动力或拓展功能模块，对阀体进行优化，在同一阀体上设置了两个旋转中心，不仅适用于旋启式，也适用斜瓣式结构；其中，斜瓣式旋转中心可以作为旋启式气动装置安装凸台如图8，也可分别作为铸造用浇冒口，具备了多功能作用，如图5所示。

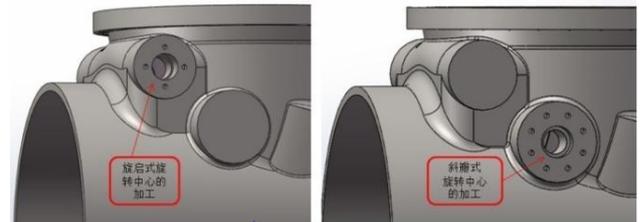


图5 阀体旋转中心的加工

4.8 其他通用零件的设计

按照上述阀体的设计思路，循环反复地计算，同样可以把阀盖、阀座等优化为通用的零部件坯料，可以有效地降低产品的规格数量。

4.9 结构的模块化搭建

通过通用零件、模块零件、拓展零件及其他零件的模块化组成，从而实现旋启式和斜瓣式两种结构，如图6、图7所示。该止回阀设计思路尚属国际首例。

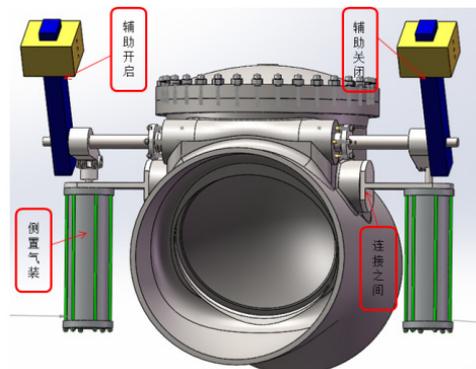


图6 模块化的旋启式结构

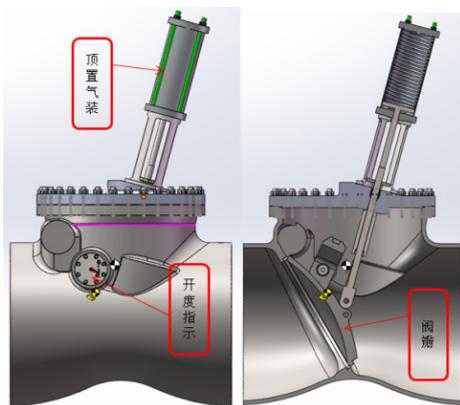


图7 模块化的斜瓣式结构

5 结语

通过论文所述的模块化集成设计优化方法，可以实现旋

启式与斜瓣式两种止回阀结构的过渡，设计出的抽汽止回阀不仅适用于核电工程也适用于火电工程，具有流通能力好、结构紧凑、强度好等诸多特点，也可有效地降低阀门的制造成本，并能继续在阀门本体上拓展出其他功能，具有一定普适性和广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 王峰,赵桃,孙强.抽汽止回阀用气动执行机构的设计和改制[J].通用机械,2017(7):54-55.
- [2] 周玉.高排与抽汽止回阀设计[J].阀门,2016(5):78-79.
- [3] 张夏夏.浅谈火电厂抽汽止回阀的选用[J].科学技术创新,2015(34):141-142.
- [4] 庄会涛,周志宏.斜瓣倾转式止回阀的研究与设计[J].科技信息,2013(6):167-168.