

文章编号: 1002-5855 (2008) 01-0001-03

CARR 堆自然循环瓣阀的结构设计

李晓钟¹, 罗志远¹, 周缘¹, 王广金¹, 刘燕², 张建伟², 刘江燕²

(1. 中国核动力研究设计院, 成都 610041; 2. 中国原子能科学研究院, 北京 102413)

摘要 介绍了瓣阀的功能要求和主要技术指标, 对瓣阀的总体设计、结构特点和零部件材料的选择等进行了描述。

关键词 瓣阀; 自然循环; 结构设计

中图分类号: TH134 **文献标识码**: A

The structural design of flap valve for natural circulation in CARR

LI Xiao-zhong¹, LUO Zhi-yuan¹, ZHOU Yuan¹, WANG Guang-jin¹,LIU Yan², ZHANG Jian-wei², LIU Jiang-Yan²

(1. Nuclear Power Institute of China, Chengdu, 610041, China; 2. China Institute of Atomic Energy, Beijing, 102413)

Abstract: The natural circulation flap valve was designed for the passive residual heat removal system of CARR (Chinese Advanced Research Reactor). The function and the principle of the flap valve were introduced in this paper. The structural components and the material selection of the flap valve were also described.

Key words: flap valve; natural circulation; design

1 概述

自然循环瓣阀是中国先进研究堆工程(CARR)堆芯非能动余热排出系统的关键设备, 对保证反应堆的安全具有重要意义。根据总体设计要求, 该设备为非能动型阀门, 即阀门的开启或关闭由系统内的压力变化来控制, 不需要外界提供能源来驱动。瓣阀在结构形式上与旋启式止回阀类似, 但二者的使用工况显著不同。止回阀的功能主要是防止管路中的流体介质发生倒流, 而瓣阀内的流体介质无反向流动。瓣阀作为新型反应堆的专用部件, 是一种特殊类型的自动阀门, 需要专门研制。

2 功能要求和主要技术指标

瓣阀安装在反应堆水池内约 5.3m 标高处的导流箱上。瓣阀浸没在反应堆水池的水面以下。按照 CARR 系统总体设计要求, 对瓣阀的功能也提出了相应的要求。在反应堆强迫循环工况下(即主泵或应急泵运行情况下), 瓣阀保持关闭状态。在反应堆自然循环工况下, 必须维持开启状态。当

上述两种工况改变时, 瓣阀的开启和关闭动作应正确、灵活、可靠。瓣阀在安装调试时应具有一定的调节能力, 可通过粗调和微调机构, 调整瓣阀关闭和开启时的所需压差值。

根据规定, 瓣阀安全等级为 SC-2 级, 质保等级为 QA1, 规范级, 适用规范为 GB/T 16702-1996 C 篇, 抗震类别为 Ⅰ类(表 1)。

表 1 瓣阀主要技术指标

性能指标	参数值	性能指标	参数值
公称直径	DN300	工作介质	去离子水
有效流通直径	100mm	开关寿命	2 000 次
工作压力	0.857MPa	自然循环最大流量	35.5t/h
工作温度	90	开启压差	2 000Pa
设计压力	1.5MPa	关闭压差	823Pa
设计温度	100	自振频率	>33Hz
瓣瓣开启角度	30°	设计寿命	30a
		驱动形式	非能动式, 自动开启与关闭

3 工作原理

瓣阀由阀体部件、阻尼臂部件、重锤部件和支座 4 部分组成(图 1), 另外还设置了阀位指示器。

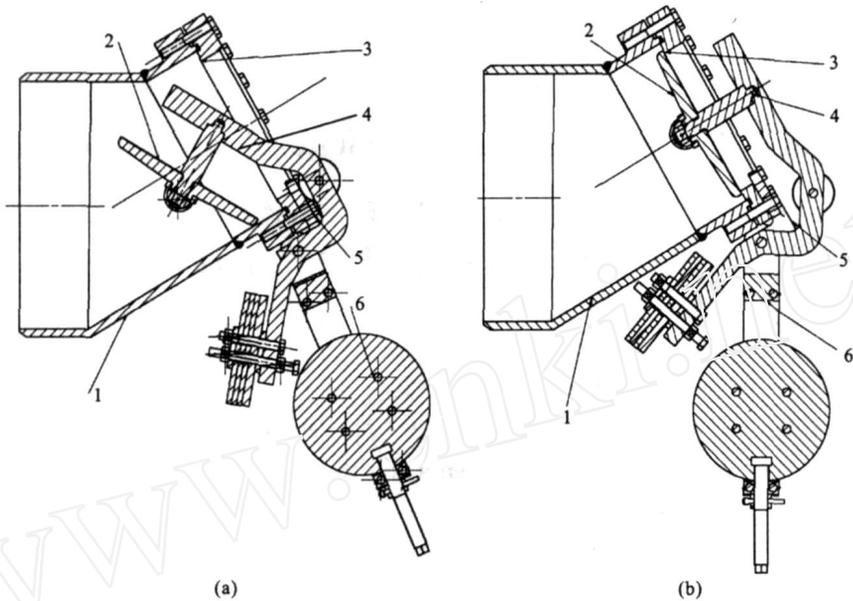
作者简介: 李晓钟(1968-), 男, 河南省济源市人, 副研究员。现从事反应堆通用设备的研究与开发设计工作。

阀体部件和支座为瓣阀的固定部分，阻尼臂部件和重锤部件为瓣阀的转动部分。瓣阀的阀座类似于一个法兰盘固定在阀体上。阀瓣安装于阻尼臂上，随阻尼臂部件转动。

阻尼臂部件的重力对支座转轴中心线的力矩为逆时针方向，促使瓣阀开启。重锤部件的重力对支座转轴中心线的力矩为顺时针方向，促使瓣阀关闭。按照瓣阀的功能和技术要求，需经过一系列的

设计计算工作，逐步调整阻尼臂和重锤的结构和几何位置，改变瓣阀两大转动部件的力矩平衡关系，使得瓣阀在非能动条件下的启闭动作正确可靠。

为了在安装调试时使瓣阀具有一定的调节能力，将阻尼臂部件与重锤部件的结构设计为可调形式，这样就可以在一定范围内调整瓣阀关闭和开启时的所需压差值。



1. 阀体部件 2. 阀瓣 3. 阀座 4. 阻尼臂部件 5. 支座 6. 重锤部件
(a) 开启状态 (b) 关闭状态

图 1 瓣阀

4 结构设计

瓣阀的结构设计在三维 CAD 软件 Unigraphics NX2.0 环境下完成，阻尼臂和重锤等转动部件的重心、重量及运动轨迹等参数可以由 CAD 软件求解得到。借助于三维 CAD 软件，针对瓣阀所处的几个极限位置进行力矩平衡计算和分析。为了使阀瓣在规定的参数条件下开启和关闭，必须通过反复试算，逐步确定出瓣阀转动部件的位置和尺寸。设计计算中，针对承受压力、强剪切力和应力比较集中的零件进行了强度计算和校核。

4.1 阀体部件

阀体部件由阀体、下法兰、密封垫圈和阀座等组成。下法兰焊接在阀体上，阀座与下法兰之间采用螺栓连接，中间安装石墨缠绕垫圈保持密封。

4.2 阻尼臂部件

阻尼臂部件由阻尼臂、阻尼轴、阻尼片、挡片和阀瓣等零件组成。

阻尼臂部件安装在支座转轴上。阀瓣通过阻尼轴与阻尼臂连接在一起，可随阻尼臂绕支座转轴转动，从而达到开启或关闭的目的。

阻尼片通过螺栓固定在阻尼臂的下端，其大小和数量可以调整，以此来调整阻尼臂部件的质量和重心位置，使得瓣阀关闭和开启的压差可以调节。另外，阻尼片在关闭运动过程中受到流体阻力作用，在一定程度上可减轻瓣阀关闭时的水锤效应。

挡片与阻尼臂通过销轴连接在一起。当挡片与阀体上表面接触时，通过挡片可阻止阻尼臂部件继续朝开启方向旋转，确保瓣阀在最大开启状态时的角度为 30°。

阀瓣与阻尼轴之间采用球铰连接，这样使得阀瓣与阀座接触时，有一定的自由度，可以进行微小的调整，使阀瓣与阀座接触良好，保持密封性能。

4.3 重锤部件

重锤部件主要由重锤、调整连杆、重锤支架及

定位挡块等零件组成。重锤部件的作用是当系统压差达到一定值时,重锤与压差对转轴的力矩将会大于瓣阀自重对转轴的力矩,达到在较小的压差下关闭。当瓣阀旋转到某一角度后,重锤与阻尼臂脱离,减小瓣阀重量,从而减小阀瓣与阀体的冲击力,提高关闭的可靠性。重锤直径的大小可调整阻尼臂自由行程。重锤支架对重锤起到支撑作用。重锤连杆可调整重锤在支架的相对位置,从而达到微调目的。为方便调整,将支架作成可拆卸结构。

4.4 防松和定位

由于瓣阀放置在堆内,必须考虑螺栓及调整机构的防松和定位问题。阀座与下法兰之间的连接螺栓全部采用防松垫片,以防止螺栓的松弛脱落。起连接和固定作用的螺栓、螺柱、螺母以及转轴,采用开口销的方式固定。对于具有调整作用的螺栓和螺母,必须在瓣阀调整完毕后,再采用开口销的方式固定。

4.5 位置指示器

由于瓣阀安装在反应堆水池水面以下,在瓣阀上需要设置阀位指示器,以实时监测瓣阀的开启或关闭状态。瓣阀的位置指示器为干簧管式。永磁铁安装在阻尼臂部件的其中一块阻尼片上,随阻尼臂转动,内装干簧管的指示器传感装置固定在阀体上。当阻尼臂运动时,阻尼片中的永磁铁随之运动,经过相应的干簧管时电路接通,从而监测瓣阀所处的位置。

4.6 接口设计

瓣阀与导流箱之间的连接形式为焊接。接口下端面尺寸为 500mm,与导流箱焊接。上端面尺寸为 348mm,与下法兰焊接。同时为了降低整体制造难度,便于瓣阀安装,阀体为异形结构。要求下端面直径从 500mm 逐渐过渡到上端面直径

348mm,上、下两端面均为圆形,并且上、下两端面间的转角为 30°。

5 材料选择

瓣阀的关闭件采用金属硬密封结构。金属硬密封一般是通过在阀瓣和阀座的基体材料上堆焊硬质合金材料(如 CoCrW 合金)实现。由于瓣阀在关闭时,密封面容易受到大的冲击,所以,高硬度的脆性堆焊材料可能会因为受到冲击而与基体材料之间产生裂纹甚至剥离而使密封失效。为保证密封可靠,阀座和阀瓣材料都选用 0Cr17Ni4Cu4Nb (17-4PH) 整体锻件材料制造,而不需要堆焊硬质合金。0Cr17Ni4Cu4Nb 材料是一种沉淀硬化不锈钢,可方便地通过不同的热处理工艺,分别使阀瓣和阀座达到不同的硬度值。该材料的耐腐蚀性能与 18-8 奥氏体不锈钢接近,而常温和高温度学性能均高于 18-8 奥氏体不锈钢,在核级阀门中得到了广泛的应用。

重锤连杆和支座转轴是支撑重锤部件与阻尼臂部件的主要零件,同时,还要求其转动灵活,要求此材料具有较高硬度和良好的耐磨性能,因此也选用 0Cr17Ni4Cu4Nb 制造。其余零、部件一般都选用 0Cr18Ni10Ti 材料制造。

6 结语

瓣阀工程样机现已通过了各项试验验证,其性能试验结果表明,瓣阀的开始关闭压差、开启压差、关闭前阀门流量和关闭后阀门泄漏流量等主要性能指标均符合设计要求。

参 考 文 献

- [1] 杨源泉. 阀门设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [2] 陆培文. 实用阀门设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.

(收稿日期: 2007. 08. 21)

书讯

《阀门手册(第二版)》——本书由中国石化出版社 2005 年出版发行, [美] Philip

L. Skousen 著, 孙家孔译。本书全面系统地介绍了阀门的基础知识、阀门种类和阀门应用等方面内容。具体内容包括: 阀门介绍、阀门选用准则、手动阀门、控制阀、手动控制器和执行机构、灵活阀门及定位器、确定阀门尺寸、确定执行机构尺寸和常见阀门问题等。本书可作为阀门使用维修人员以及设备管理和工程技术人员的工具书, 也可作为阀门设计人员和从事压力容器、管道设计人员的参考书。书号 ISBN 7-80164-896-X, 定价 55.00 元/册。

每册加收书价 10% 的邮寄包装费。需要者, 请与沈阳经济技术开发区开发大路 15 号沈阳阀门研究所科技开发信息中心的尹玉杰联系, 邮编: 110142, 电话: 024-25653780。

E-mail: sfskxz@china valveinfo.net http://www.china valveinfo.net