

文章编号: 1002-5855 (2001) 02-0018-04

# 大口径蝶阀动水关闭试验与分析

高欣<sup>1</sup>, 袁冰滨<sup>2</sup>, 姚粤虹<sup>1</sup>, 张延宾<sup>1</sup>

(1. 哈尔滨电机厂有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨广播器材厂, 黑龙江 哈尔滨 150046)

**摘要** 介绍了南水电厂  $\Phi 2500\text{mm}$  蝶阀的动水关闭试验方法和过程, 分析了试验中各种现象产生的原因。

**关键词** 蝶阀; 动水关闭试验; 现象; 分析

**中图分类号**: TK730.4 **文献标识码**: A

## Dynamic water closing test of butterfly valve and analysis

GAO Xin<sup>1</sup>, YUAN Bing-bin<sup>2</sup>, YAO Yue-hong<sup>1</sup>, ZHANG Yan-bin<sup>1</sup>

(1. Haerbin Electric Machinery Company Limited, Harbin 150040, China;

2. Harbin Broadcasting Equipment Factory, Haerbin 150046, China)

**Abstract**: Introducing the method and procedure of  $\Phi 2500\text{mm}$  butterfly valve dynamic water closing test in Nanshui Project, describing various of phenomenon that happened during the test, and Analysing the causes of phenomenon theoretically.

**Key words**: butterfly valve; dynamic water closing test; phenomenon; analyse

### 1 概述

水轮机及大型泵站等机组设备进水管道上一般都装有阀门。在进水管道或机组检修时, 关闭阀门以切断水流。在机组长期停机时, 关闭阀门以减少水流损失。在机组发生事故, 而导水机构失灵不能关闭, 或阀门操作机构失电, 或油源突然消失时, 在动水情况下紧急关闭阀门以防止事故扩大。GB/T 14478-93 第 4.2 款中规定, 机组在任何工况下, 进水阀门应能动水关闭。因为进水阀门能否在紧急特殊情况下实现动水关闭, 是水轮发电机组或泵站能否安全可靠运行的保证。

哈尔滨电机厂有限责任公司在南水发电厂  $\Phi 2500\text{mm}$  蝶阀的改造项目中, 对设计、制造

和安装调试后的阀门进行了动水关闭试验。现将试验方法、试验现象以及试验数据作系统地理论分析。

### 2 参数

南水发电厂属一管三机机组, 即有一总管, 其后分三根叉管。总管前设有快速闸门, 叉管上主机前分别装有 3 台  $\Phi 2500\text{mm}$  立轴式蝶阀, 阀后各装有一台 HL638-LJ-200 水轮机, 总装机容量 7.5 万 kW。

改造后, 蝶阀为卧轴、双平板、双偏心及无重锤自关闭式, 其主要技术性能如下。

型号 PDF200-WY-250

公称直径 2500mm

工作水头 150m

作者简介: 高欣 (1968-), 男, 河北临榆人, 工程师, 从事水轮机及蝶阀的设计研究工作。

升压水头 200m  
 水轮机最大流量  $27.5\text{m}^3/\text{s}$   
 静水开启的最大压差 0.1MPa (合同规定)

接力器  $\Phi 500\text{mm}$  摇摆直缸接力器  
 接力器额定操作油压 2.5MPa  
 接力器最低操作油压 1.8MPa  
 正常启闭时间 90s  
 动水关闭时间 120s (合同规定)

### 3 蝶阀动水关闭试验

#### 3.1 目的

阀门动水关闭试验是为了验证新蝶阀能否在任何运行工况下的规定时间内完成动水关闭操作。观测新蝶阀在动水关闭过程中, 伸缩节、下游钢管、阀体、基础墩以及整个机组是否出现超过允许值的振动和位移等异常现象。检查蝶阀设计计算参数, 为蝶阀的设计提供精确的数据。

#### 3.2 试验准备

首先做好蝶阀远程控制 and 现场操作的准备。在静水中 (水轮机活动导叶全关), 测得蝶阀开启时间 95s, 关闭时间 125s, 开启过程中开腔和闭腔压差为 0.4MPa。试验前上游水位 213.318m, 水轮机安装中心高程 84.5m, 求得试验时最大静水压力 1.29MPa。为保证试验安全, 试验时 2 号机和 3 号机并入系统空转作备用。对旁通管路等刚性较薄弱的通流部件进行支撑加固处理。并采取措施, 防止可能发生的泄漏。

#### 3.3 方法

试验时蝶阀处于全开位置, 水轮机导叶开度保持不变, 而机组将分别在空载、12.5MW (50% 负荷) 及 25MW (100% 负荷) 情况下操作蝶阀关闭按钮, 蝶阀即动水关闭。

从蝶阀开度指示灯确认蝶阀已全关时, 应立即将导叶关闭使机组进入调相运行或停机。

在蝶阀关闭过程中, 当蝶阀开度为  $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $88^\circ$  及  $90^\circ$  时, 记录蝶阀动作到预定开度的时间、接力器开闭两腔油压、蝶阀上下游钢管水压、蝶阀上下游钢管垂

直与水平振动和变形、机组出力、阀体位移和变形及振动、阀体基础墩位移、接力器基础墩位移、发电机上机架及机组各导向轴承的摆度与振动。

试验时共使用 11 块千分表 (图 1), 其中 (8)、(9)、(10) 和 (11) 原定采用 4 块千分表, 右侧 (接力器侧) 阀体支墩由于蝶阀改造后接力器布置紧凑而被削弱, 在空载状态下, 位移振动较大, 故此将千分表改为百分表。

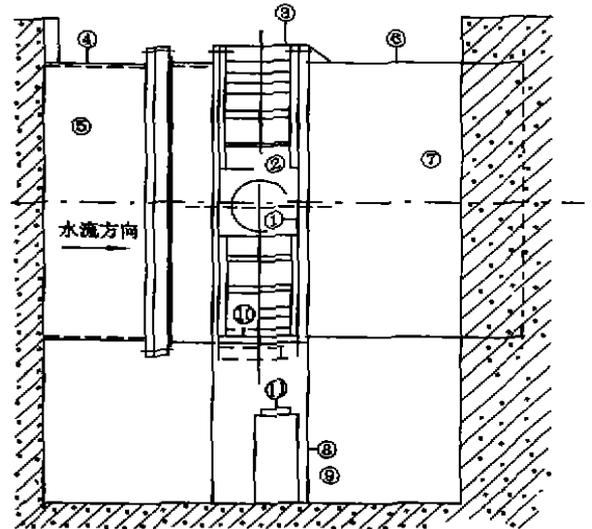


图 1 测点布置

## 4 结果

#### 4.1 空载状态 (活动导叶开度 14%)

空载状态下, 蝶阀由全开到全关时间为 119s。当蝶阀由全开转过  $15^\circ$  时, 接力器两腔压差最大, 开腔 0.16MPa, 关腔 0.42MPa, 压差为 0.26MPa。蝶阀关闭约  $70^\circ$  时, 阀体内发出的振动和噪声较大, 由于旁通阀处于全开位置, 旁通管路过流引起的振动和噪声也较大。蝶阀关闭约  $90^\circ$  时, 上游钢管压力为 1.31MPa, 计算压力上升为 0.02MPa。

#### 4.2 负荷状态

(1) 12.5MW, 活动导叶开度 48%

12.5MW 负荷状态下, 蝶阀由全开到全关时间为 105s。从表 1 中可以看出随着开度和负荷的增加, 阀体和上下游连接管的振动和

变形加大。当蝶阀关闭约 90°时,上游钢管压力为 1.7MPa,计算压力上升为 0.41MPa。当蝶阀由全开转 15°时,接力器两腔压差最大。接力器关腔油压 0.21MPa,接力器开腔油压 0.16MPa,压差 0.05MPa(蝶阀由 30°~75°过程中两腔为负压差)。蝶阀接力器一侧阀轴轴

头密封有水渗出,关闭动作结束后,无水泄漏。当蝶阀关闭 70°~90°时,噪声比空载时更加强,旁通管路内出现强烈的水锤现象,并伴随着强烈声响。阀体垂直方向变形达 0.70mm。

表 1 试验数据

负荷 MW	导叶 开度 /%	蝶阀 全关 时间 /s	蝶阀 90° 时阀前水 压/MPa		阀体						阀前钢管						最大操作油压 /MPa			阀体 轴向 位移 /mm
			最大	蝶阀 角度 /°	变形		垂直振动		水平振动		变形		垂直振动		水平振动		关侧	开侧	蝶阀 角度 /°	
					/mm	/°	/mm	/°	/mm	/°	/mm	/°	/mm	/°	/mm	/°				
0	14	119	1.31	90	-0.3	90	0.1	60 ~80	(0.04) 0.1	88	0.1	90	0.05	75	0.05	88	0.42	0.16	15	-0.3/90°
12.5	48	105	1.70	90	-0.7	88	0.06	88	(0.04) 0.15	75	0.16	90	0.15	60 ~88	0.06	88	0.21	0.15	15	-0.32/90°
25	73	95	1.70	90	-0.6	88	0.15		(0.08) 0.2	75	0.33	90	0.2	75 ~88	0.18	88	0.1	0.3	15	-0.32/90°

括号内数值为变形值

## (2) 25MW, 活动导叶开度 73%

在 25MW 负荷状态下,蝶阀由全开到全关时间为 95s,随着开度和负荷的进一步增加,尤其在蝶阀由 70°~90°时,阀体和上下游连接管的振动和变形加大。当蝶阀关闭约 90°时,上游钢管压力为 1.7MPa,计算压力上升为 0.41MPa。当蝶阀由全开转过 15°时,接力器两腔负压差最大(压差绝对值最小),接力器关腔油压 0.1MPa,接力器开腔油压 0.3MPa,压差 ~0.2MPa。当蝶阀关闭 70°~90°时,噪声和水锤现象更加剧烈,并呈现短时间周期震荡。接力器一侧轴头密封无水渗出。空气阀有水雾和少量泄漏。

## 5 分析

### 5.1 动水力矩

动水关闭是在 3 种状态下(空载、12.5MW 负荷及 25MW 负荷)完成的。根据动水力矩的公式

$$M_S = \frac{2g\mu(\alpha)HD^3}{\zeta(\alpha) - \zeta(0) + 2gH/V_0^2} \quad (1)$$

式中  $\mu(\alpha)$ ——动水力矩系数  
 $\zeta(\alpha)$ ——水力阻力系数  
 $D$ ——蝶阀公称直径, mm

$H$ ——计算水头, m

从式(1)中可看出,  $2gH/V_0^2 \gg \zeta(\alpha) - \zeta(0)$ , 且  $V = 4Q/\pi d^2$ , 故式(1)可简化为

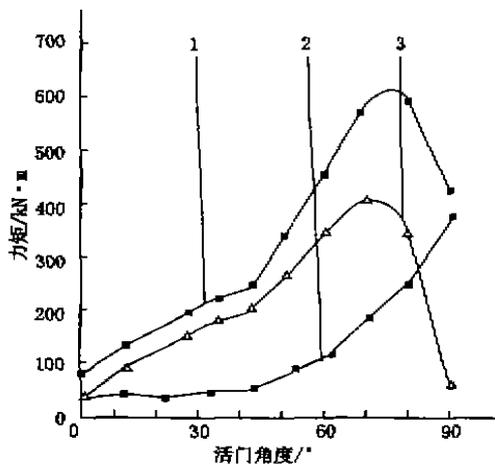
$$M_S = 1.6\mu(\alpha)Q^2/D \quad (2)$$

从式(2)中可看出,随着机组流量逐渐增加,动水力矩  $M_S$  也逐渐增大,在 25MW 负荷即活动导叶开度达 73%时,  $M_S$  达到本次试验的最大值(此负荷下动水关闭时间最短)。在编制的蝶阀动水关闭 Excel 程序中可发现,在各种负荷下,即空载、12.5MW 负荷和 25MW 负荷下,蝶阀转到 70°~80°范围时,动水力矩  $M_S$  分别达到最大值(图 2)。试验验证了蝶阀设计计算是可行的。

在 3 个不同状态下的动水关闭试验中,接力器均带油压操作,但可看出在 12.5MW 负荷(活动导叶开度 48%)及 25MW 负荷(活动导叶开度 73%)下,接力器两腔压力均出现负压差,证明在大出力和大流量情况下蝶阀可实现动水关闭,确保机组运行安全。

当蝶阀由全开转过 15°时,接力器两腔正压差较大,这是由于蝶阀刚刚开始转动时,在活门全开位置的动水力矩系数接近于 0 和蝶阀

偏重力矩较小,而各种阻力矩较大。从试验数据看,蝶阀在小开度及小流量时,缺乏足够的动水力矩。如果加装重锤,将有利于动水关闭的顺利实现。



1. 动水力矩 2. 阻力矩 3. 动水力矩与阻力矩之差

图2 动水关闭力矩与蝶阀转角的关系

## 5.2 动水关闭时间

动水关闭时间在3个状态下均小于120s,满足规范和合同要求。这样机组在发生事故而导水机构失灵不能关闭时,在动水情况下能够快速紧急关闭蝶阀,对机组的安全具有良好的保护作用。

## 5.3 动水关闭压力

上游钢管压力在蝶阀关到90°时,在3个状态下均产生了不同程度的压力上升,这是产生水锤现象发出巨大噪声的主要原因。但压力上升最大值仅为0.05MPa,从表1的实测数字可看出,各部件的变形及位移值除个别点由于蝶阀安装偏差(蝶阀安装时上游侧和下游侧钢管不在一条直线上)有较大变形以外均较小,而且一般属弹性变形。从试验完成后,测量所用仪表指针基本回到原位可看出,动水关闭时压力上升值不大。因此,较短的关闭时间有利于机组的安全。试验结果表明,将蝶阀动水关闭时间整定为60~90s较为合理。

## 5.4 噪声与振动

当蝶阀关到70°~80°时,噪声和振动逐渐加剧的另一重要原因是由于蝶阀在关至小开度时,由于通流面积减少,水流速度突然加快,产生射流,水流扰动大。在蝶阀达到或接近全关时,突然的水流脱流,势必在下游钢管靠近蝶阀一侧形成一个负压腔,而在25MW负荷状态下明显加强,迫使空气阀快速打开,当水流急速通过空气阀时形成水雾,并有少量水漏出。

## 6 结语

①阀门在静水中(活动导叶全关)开启时,开腔和闭腔压差仅为0.4MPa,由此可看出,接力器容量的选择偏大。当采用静水开启状态选择接力器容量时,摩擦力的求解将对接力器直径的选择起到关键作用。而摩擦力只能通过大量的试验及对试验数据的采集分析才能得到较准确的求解。

②虽然该蝶阀为双偏心自关闭形式,但蝶阀在小开度及小流量时,缺乏足够的动力矩。如果合理选择重锤,将有效增加动力矩,有利于动水关闭的顺利实现。由此可以看出,选择合理的接力器容量及安装适当的重锤,使之合理匹配,可有效弥补动力矩的不足,实现机组在任何工况下,进水阀门能动水关闭。

③从南水电站蝶阀的动水关闭试验结果可看出,现行的蝶阀设计计算方法是可行的,能够满足电站安全运行的要求。但也应看到在蝶阀的设计过程中还存在许多难点,如摩擦力的求解等,还需从更多其他电站的蝶阀现场试验数据中获得并加以分析,以便运用到蝶阀的设计中,为电厂提供更优良的蝶阀产品。

## 参考文献

- [1] 水轮机设计手册[M]. 哈尔滨:哈尔滨大电机研究所,1976.
- [2] GB/T 14478-93,大中型水轮机进水阀门基本技术条件[S].

(收稿日期 2001.1.4)