

# 浅析双密封大型蝶阀制造工艺难点及改善措施

董峰

(河北钢铁建设集团有限责任公司 河北 唐山 063000)

**摘要:** 随着大型蝶阀在水电站行业越来越得到良好的应用, 目前国内已建立完备的生产制造体系, 但是在制造工艺方面也存在诸多难点, 从焊接要求、精度控制、水压试验、现场组装等都面临着诸多挑战。本文以某水电站该工程为例, 简单分析了制造工艺难点, 并提出了相应的改善措施。

**关键词:** 水电站; 大型蝶阀; 制造工艺; 难点; 改善措施

## 0 引言

本文就以某水电站工程为例, 单机容量为 150MW 混流式机组, 额定水头 89m, 机组流量  $188\text{m}^3/\text{s}$ 。采用一台 DN5780 双密封结构蝶阀, 阀门设置一道工作密封和一道检修密封, 工作密封应具有  $360^\circ$  的密封面, 设有合成橡胶弹性座, 更换时无需拆卸阀门、活门或阀门接力器, 密封的配合表面应为不锈钢。密封采用不锈钢机械紧固件固定, 当检修密封投入无渗漏时, 可在活门的下游侧对密封进行调整。活门为双平板偏心结构, 蝶阀采用双重锤式, 接力器采用双直缸摇摆式。

## 1 双密封大型蝶阀结构

图 1 为双密封大型蝶阀装配示意, 图 2 为双密封剖面。

## 2 制造工艺难点分析

### 2.1 焊接工艺要求

DN5780 超大型左右分半式阀体, 直径  $\phi 6140\text{mm}$ 、厚 40mm 薄壁筒体式阀体密封座, 移动密封环密封面滑动面耐蚀层堆焊的焊接变形和圆度的控制要求高。

解决方案: 分析焊接应力, 辅以大型专用焊接工装, 用应力检测仪监控焊接应力, 制定了最优化的装配及焊接顺序, 采用了分段退焊法、跳焊法、交替焊法等焊接工艺。

#### 2.1.1 分瓣阀体焊接工艺难点

阀门阀体为左右分半式的特殊结构, 整体装焊的阀体如何在分半后还能保证分毫不差的尺寸精度是焊接工程师首当其冲要考虑的问题。阀体主要焊接制造工序为整体装配焊接到切割分半为左、右阀体, 而阀体由近百个钢制零件组装焊接而成, 重量达 85t, 焊接量巨大, 错综复杂的焊接应力会导致阀体产生不可预控的焊接变形, 但该口径为 5780mm 的阀体椭圆度变形量仅允许

8mm, 为了保证尺寸精度, 从以下三个方面来优化控制。

(1) 分析焊接应力, 控制焊接变形。前期通过软件模拟, 摸熟阀体在焊接及分半过程中焊接变形的情况, 从而制定最优化的装配及焊接顺序, 同时辅以大型专用焊接工装, 将焊接变形量调整在可控范围之内。

(2) 消除焊接应力, 减少焊接变形。采用效果最好的整体热处理去应力的方法, 最大限度的消除焊接应力以减少焊接变形, 在分半前、分半后两次整体热处理获取最理想焊接变形效果。焊接件残余应力去除不彻底, 不仅大大影响焊接件的承载能力, 而且会导致焊接件在

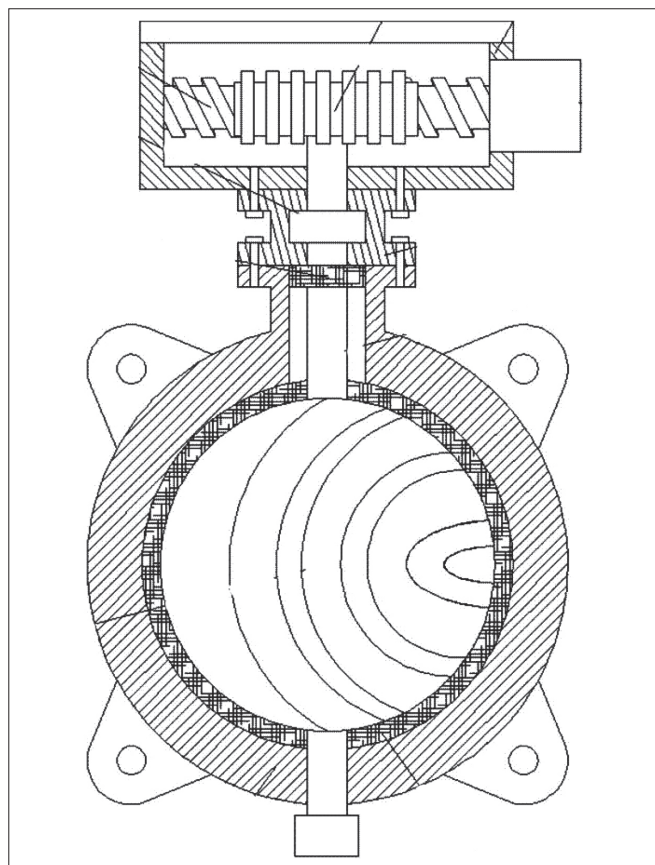


图 1 大型蝶阀装配图

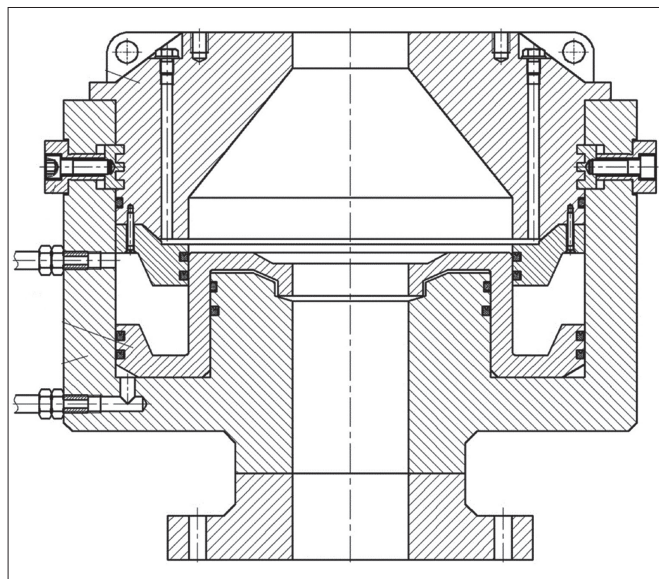


图2 双密封剖面图

后续使用过程中出现变形甚至开裂,从而丧失几何精度或者报废,严重影响产品的使用性能和寿命。

(3) 科学数据化监控焊接应力。焊接制造过程中使用应力检测仪监控焊接应力大小及变化,为制造提供数据基础,同时为以后的制造工艺提供参考数据。

经以上工艺手段的控制,阀体分半后合拢椭圆度焊接变形量仅为4mm,为后序工作提供了保证。

#### 2.1.2 阀门移动密封环焊接工艺难点

阀门密封重要部件移动密封环耐蚀耐磨层堆焊的质量关乎着密封效果,针眼大的焊接缺陷会导致阀门泄漏量超标。如何保证堆焊层的焊接质量是至关重要的问题。全部质量为8.134t的移动密封环,堆焊消耗的焊条就达到了0.443t,堆焊位置多、堆焊层厚度厚,自动化堆焊设备由于受到工件尺寸的精度及较差的工件刚性两个方面的制约而不能使用,繁重的堆焊任务只能依靠焊工手工操作,为了保证堆焊层的质量,从以下三个方面来优化控制。

(1) 可焊性试验。对堆焊工艺进行了多方面的焊接工艺验证,从四种焊接堆焊工艺方案中选取了质量最高的手工电弧焊堆焊,并取得了欧盟EN标准和美国ASME标准的双重认证。

(2) 焊工培训取证。聘请焊接专家教授和高级焊接技师对公司焊工和焊接操作工进行技术指导,进行焊接实际操作技能和焊接理论知识的培训,取得了中国压力容器、欧盟EN和美国ASME的三重认证证书。

(3) 利用分段退焊法、跳焊法、交替焊法等焊接工艺方法。使得可使局部焊缝变形适当减小或相互抵消,大大降低了裂纹等焊接缺陷的发生机率,利用多块焊接工艺法兰保证了移动密封环的尺寸精度。通过以上工艺手段的保证,使堆焊层的无损检测合格率达到100%,

为阀门的密封性能夯实了基础。

## 2.2 机加工工艺要求

直径6140mm、厚40mm、高625mm薄壁筒体式阀体密封座刚性很差,圆度、粗糙度、尺寸精度要求高,蝶板与阀轴连接的柱销孔直径150mm、深1000mm,作为传力部件,精度要求高。

解决方案:大直径薄壁件加工时制作专用夹具,合理调整加工顺序,严控加工温度,确保加工后工件内应力足够小,采用磨头抛磨提高表面粗糙度。大直径柱销孔加工采用了一整套专用大直径钻扩孔刀具,加装定位导向套,采取多级多道分层钻扩,从而保证加工柱销孔的尺寸、圆度及直线度要求。

### 2.2.1 大直径薄壁密封件加工工艺难点

直径6140mm、厚40mm、高625mm的大型薄壁不锈钢密封座,内圆与活塞配合,外圆与阀体配合,都需要密封,刚性很差,如何控制变形是关键。通过制作专用夹具,分多次粗加工,调整好切削三要素,严控加工温度,特别是精加工时控制更加严格,确保加工后工件内应力足够小,车加工后再采用磨头抛磨提高表面粗糙度,保证加工精度。

### 2.2.2 柱销孔加工工艺难点

DN5780大口径蝶阀的蝶板与阀轴连接的柱销孔为 $4 \times \phi 150H7$ 、深1000mm,孔径大、孔深大、精度高,且为盲孔,加工时排屑困难。蝶阀活门的动作完全靠这4根柱销传递力矩的,因此销孔加工精度将直接影响阀门的使用性能,如果销孔加工精度达不到要求,将会导致后期阀门在使用过程中蝶板抖动,剪切圆柱销,缩短了阀门的使用寿命。针对大口径蝶阀DN5780的蝶板与阀轴连接的柱销孔加工,设计并定做了一整套专用大直径扩孔刀具,采取多级多道分层钻扩,采用加装定位导向套,调整好切削参数,从而保证了加工柱销孔的尺寸、圆度及直线度要求,满足了大口径蝶阀蝶板与阀轴连接的柱销装配要求,保证蝶阀的蝶板与阀轴用柱销连接后的使用要求。

## 2.3 加工精度要求

阀体、蝶板轴孔同轴度及对称度要求高,加工精度达不到要求,将会使阀门开闭力矩增大、主轴轴承磨损严重、严重缩短阀门的使用寿命。

解决方案:采用API激光追踪仪在线检测阀体、蝶板轴孔的同轴度和对称度以及尺寸精度。

大口径蝶阀的机加工过程中,阀体、蝶板两轴孔的加工精度是非常重要的。轴孔加工精度的高低将直接影响阀门的使用性能,如果轴孔加工精度达不到要求,将会导致后期阀门在使用过程中的开闭力矩增大、主轴轴承磨损严重、以及阀门密封性能降低,缩短了阀门的使用寿命。因此,必须提高轴孔加工精度。但对于大口径

蝶阀轴孔的加工精度控制是很难的,传统的保证蝶阀轴孔同轴度和对称度的工艺主要是靠机床自身精度以及校调工件来实现,机床经过一段时间的使用,其精度是否在许可范围内,要通过重新检测才能得知,而且经过校正工件来保证同轴度和对称度,其校正过程本来就存在误差,因此工件加工完后很难保证产品的同轴度和对称度达到要求,而且加工完后工件的同轴度和对称度的数值到底是多少也无法测量。

针对此类阀体、蝶板的轴孔加工,由 TK6926B 数控落地镗进行加工,为了保证蝶阀两轴孔的加工精度达到要求,引进了美国进口的 API 激光追踪仪,可以在落地镗加工过程中,在线检测阀体、蝶板轴孔的同轴度和对称度以及尺寸精度,半精加工时进行检测并进行微调,确认同轴度、对称度达到要求后再精加工到位,确保了大型工件的加工精度,并测量出实际数值。该激光追踪仪在 10m 以内检测精度误差小于 0.015mm,保证了大口径蝶阀的形位公差精度要求,提高了阀门的使用性能。

#### 2.4 装配工艺要求

大型分瓣式双密封阀门结构复杂,装配工艺要求高。装配好,在工厂试验完成后,因超大超重无法整体运输,需全部分解零件,工地现场重新装配成台。

解决方案:设计制作现场装配所需专用工具,记录工厂组装的各种数据,制定详细地吊装、运输方案控制变形和损伤,现场装配严格执行装配工艺,达到工厂组装的各种数据。

因分半蝶阀的特殊结构,左右阀体半面之间的密封圈的处理尤为重要,分半面上的密封圈与法兰面上的密封圈垂直相交,若分半面密封圈接头处理不好,则装配完后,分半面接头位置就会漏水,这样整个阀门需要重新拆装。针对该类型左右阀体连接面处的密封圈处理,通过模拟承压后橡胶圈的收缩变形,预算出接头部位截面高出底平面高度尺寸,逐步优化结构,从设计源头将密封槽的结构、密封圈的性能匹配,再通过实际的验证,已经获得该结构的成熟设计及制造和装配工艺,大大的保证了产品质量。

#### 2.5 性能检测要求

双密封蝶阀压力试验时,不了解高应力区的应力应变情况,无法判断阀门强度的安全裕度,加大了设备在现场工作的不确定性及危险因素。

解决方案:设计制作的阀门性能测试中心将试验时间、压力曲线和应力曲线集成到一起,可以得到阀门承压部件高应力区的应力变化的实际数值,确保大口径阀门产品的安全性和可靠性。

压力试验是产品制造的关键工序,由于口径大,试验时,主阀和试压封头连在一起注水量高达 140t,再加

上阀体主阀、试压封头质量可达 425t,高度达到 7m。随着试验压力的升高,阀门承压部件如果不能随时了解高应力区的应力应变情况,就不能对阀门的强度作出准确的判断,尽管此次试验合格,也无法判断阀门安全裕度,使阀门在工况现场的使用存在着安全隐患,很大程度加大了设备在现场工作的不确定性及危险因素。

针对此类问题,测试中心一次可同时测试 4 台阀门,测试压力可达 30MPa。它将试验时间、压力曲线和应力曲线集成到一起,并具备可视监控系统,在控制室内就可以了解现场试验结果,不仅可以得到泄漏量的测试数据,还可以得到阀门在压力逐步升高的过程中,阀门承压部件高应力区的应力变化的实际数值,通过对设计时有限元分析的理论数值进行对比、验证,不仅能够优化设计结构,同时也确保了大口径阀门产品在工况使用过程中的安全性和可靠性。还可将阀门立起来,连接上游管,模拟工况的要求进行试压,这样试验的效果更好。此套设备还配备有快速进、排水系统,设施完善,能模拟工况状态下进行水压试验。

### 3 结语

水电站大型蝶阀制造的工艺难点的解决,大大提高了蝶阀的质量和生产周期。结合项目特点,从初始焊接变形控制到安装投运均得到业内人士的一致好评,可供类似工程参考借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 潘永军,雷威,李罡,等.高温冲击下三偏心蝶阀的密封性能[J].计算机辅助工程,2021,30(01):71-74.
- [2] 李树勋,杨玲霞,雒相垚,等.快关蝶阀密封副瞬态热及碰撞冲击研究[J].振动与冲击,2022,41(05):75-82.
- [3] 廖建山,吴云荐,陈胜成.工业用耐高温三偏心硬密封蝶阀密封结构改进设计[J].机械工程与自动化,2022(01):132-133.
- [4] 彭婷,陈时健,任利杰,等.三偏心蝶阀密封面在位测量的点云数据处理方法[J].仪器仪表学报,2021,42(12):30-38.
- [5] 郝文明,潘建达,张其清,等.多偏心金属密封蝶阀密封面加工工艺改进[J].阀门,2021(06):311-314.
- [6] 杨恒虎,郝娇山,王伟波,等.三偏心蝶阀密封压力影响因素分析[J].液压与气动,2021,45(06):178-182.

作者简介:董峰(1987.02-),男,汉族,河北唐山人,本科,助理工程师,研究方向:机械设计制造及其自动化。