

球阀阀杆断裂失效分析

西安泵阀总厂有限公司 （陕西 710025） 邵宏智 杨永良 康永圣

管线球阀是输油输气管线中不可缺少的控制介质元件。某单位使用的一台进口管线球阀，在项目现场发生了阀杆断裂事故，导致此台阀门无法正常使用，委托我公司进行维修。为了找到阀杆断裂的主要原因，特此进行了以下分析。

阀杆断口位于O形圈槽与台阶的过渡处，断口面比较平整（见图1）。阀门经解体后发现：球面有明显的划痕，并且有多处坑窝（见图2）；阀座上的O形圈已损坏，存在长约8mm的缺口（见图3）。



图1 阀杆断口形貌



图2 球体损伤部位



图3 阀座组件

1. 过程分析

经解体后得知：此阀门结构为双向阀座密封固定式球阀，主要由阀体、左右连接体、阀杆、上下支撑板、球体、密封圈、执行机构等组成；密封副由阀座组件上的O形圈与球体球面构成；球体由上下两个支撑板支撑，通过旋转执行机构带动阀杆转动，从而实现球体的90° 旋转，并通过进出口两端阀座与球体的密封，实现接通和截断介质的目的。

这种结构形式的阀门特点是：阀门为筒状体、固定球结构，阀座采用双座双向自密封结构，同时有预紧弹簧，保证密封可靠和自动泄放腔中过高压力的功能；阀门内置有支撑板，球体通过上下支撑板固定于阀腔之中，大大减小阀杆的受力情况。当阀门在正常工作时，介质的密封力通过支撑板作用到连接体上，使得阀杆承受扭矩很小。

2. 理化分析及无损检测

（1）化学成分 用光谱分析仪进行光谱分析，结果参见表1。

表1 阀杆材料化学成分（质量分数）（%）							
项目	C	Mo	Cr	Mn	Si	P	S
标准值	0.28~0.33	0.15~0.25	0.8~1.10	0.4~0.6	0.15~0.35	≤0.035	≤0.040
检测值	0.303	0.17	0.92	0.48	0.17	0.018	0.011

从以上数据分析可以得知：阀杆的材质符合ASTM A322对4130材料的要求。

（2）力学性能试验 断裂阀杆加工成拉伸试样，在WE—60型万能材料试验机上进行拉伸试验，试验结果见表2。

从以上试验数据可以得知：阀杆的力学性能是不达标的。为了探究力学性能偏低的原因，特此进

表2 阀杆材料力学性能试验数据

项目	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 A (%)
标准要求	≥ 1145	≥ 1110	≥ 26
试验值	660	465	9

行了微观组织分析。

(3) 微观组织分析 取样部位为阀杆断裂面, 金相观察纵截面金相组织为珠光体与铁素体(见图4), 而且呈连续带状分布, 带状组织达到5级(按GB/T13299—1991 C系列评级标准)。组织中铁素体晶界清晰可见, 珠光体带宽窄不一, 见图5。

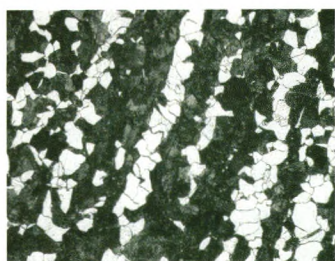


图4 阀杆截面金相组织 100×



图5 淬火+回火后试件金相形貌 500×

从图4明显看出：铁素体和珠光体呈带状交替分布，呈现出较为明显的带状组织，内部组织极不均匀。低合金钢经调质处理后，内部应分布较为均匀的回火索氏体组织。图5为试样经合理工艺进行调质处理的金相组织。

(4) 表面硬度检测 阀杆在HB—3000型布氏硬度试验机上检测硬度, 其表面硬度190~207HBW, 明显偏低。

(5) 无损检测 分别对断裂阀杆按JB/T4730—2005的规定进行了磁粉和超声波无损检测,结果显示:表面及内部无超标缺陷。

3. 扭矩及零件尺寸检测

(1) 扭矩检测 重新加工阀杆并组装后, 对事故阀门进行了扭矩测试, 结果见表3。

阀门的启闭扭矩是随着压力的增加而不断增大的，当压力达到公称压力时，阀门的启闭扭矩为

表3 阀门扭矩测试数据

项目	单面进压, 检测阀门执行机构输出轴的扭矩						
压力 p/MPa	0.5	1.0	1.8	3.0	4.0	5.0	6.3
扭矩 $T/\text{N}\cdot\text{m}$	40	80	100	140	170	250	300

300N·m, 折算到阀杆上的扭矩值为2704N·m。经计算, 设计扭矩应为270N·m左右, 实际操作扭矩远大于设计扭矩。为了进一步找到扭矩剧增的其他原因, 特此对此阀门的关键零件进行了尺寸检测。

(2) 零件尺寸检测 阀门解体后,用三坐标测量仪分别对支撑板、阀体与连接体组件等关键零部件进行尺寸检测,数据见表4。

表4 阀门关键零部件尺寸检测数据

检测部位	支撑板两端面到轴孔中心尺寸	阀体止口端面至阀体轴孔中心尺寸
检测值/mm	上支撑板: 62.770 (右), 62.223 (左)	左边: 63.750
	下支撑板: 62.626 (右), 62.392 (左)	右边: 64.800

对检测数据进行分析得知, 支撑板端面与连体端面存在较大间隙。上支撑板左边间隙为1.53mm, 右边间隙为2.03mm; 下支撑板左边间隙为1.36mm, 右边间隙为2.17mm。

若支撑板端面与连接体止口端面间隙过大,则在介质力的作用下,支撑板会发生移动,将压紧力传递到阀杆上,这样会使阀杆承受很大的扭矩和剪切力。实践证明:支撑板端面与连接体止口端面之间间隙为 $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 时较为适宜。而此台阀门支撑板与连接体止口端面的间隙远超过 0.5mm ,在介质力的作用下,阀杆会承受较大的扭矩。

4. 结语

造成此台管线球阀阀杆断裂的主要原因有：支撑板端面与连接体止口端面之间存在过大的间隙，尺寸超差；阀杆材料的热处理工艺不当，导致阀杆的强度、硬度均低于标准值。**MW** (20131115)

更正

2014年第3期《纯水淬火及其应用》一文中，第35页右栏标题17处：“退火爆火”应为“退火爆水”，特此更正！

本刊编辑部