

# 提高旋转活塞式水表抗磨损性能的研究与应用

张亚君

(宁波水表股份有限公司 宁波 315032)

**摘要:** 本文从旋转活塞式水表的计量原理着手, 分析其磨损特点, 从几个方面改善旋转活塞式水表计量机构的磨损条件, 提高该类水表的计量精度和使用寿命; 并用典型实例验证可行性。

**关键词:** 旋转活塞式水表; 磨损; 计量精度; 使用寿命

## 0 引言

旋转活塞式水表以其优良的计量性能广泛应用于自来水的计量, 特别被水资源缺乏的国家和地区所青睐。而水表磨损性能的好坏是水表综合性能中一个重要的技术指标, 关系到水表的计量性能和使用寿命。

旋转活塞式水表主要由计数机构、计量机构及水表壳体等部件组成。其中计数机构和计量机构作为二个重要部件影响水表的计量性能和使用寿命。本文从计量机构方面阐述提高旋转活塞式水表抗磨损性能的研究和应用。

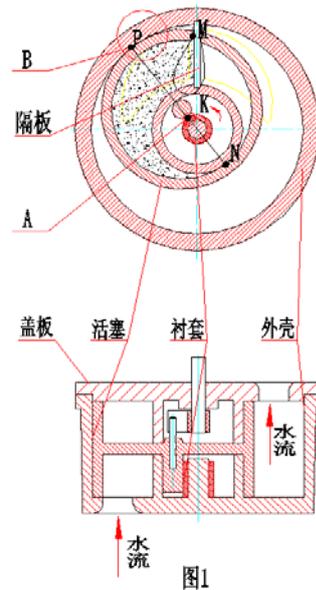
## 1 旋转活塞式水表的工作原理和磨损原理

### 1.1 计量原理

如图 1 所示, 活塞式水表中的计量机构(计量室)由盖板、外壳、活塞和隔板等零件组成, 它们将进出水口隔开, 形成二个互不相通的测量室; 当流入水表的水充满标准计量室后, 由于进出水口存在一个压力差, 在压力差的作用下, 使活塞旋转将计量室内的水推向出水口, 通过记录活塞旋转的圈数指示出通过水表的水量。

### 1.2 磨损原理

如图 1 活塞运动过程是液体压力迫使活塞内曲线 M 点与隔板始终保持接触, 而活塞外径上的 P 点、内径 N 点、中心轴 K 点分别与计量室外壳上相应点始终保持接触, 形成偏心运动, 可看作曲柄滑块机构; 曲柄滑块机构在运动过程中存在一个拐点, 即活塞在旋转过程中会有速度突变过程, 另外由于进出水口的非均匀分布使活塞的受力也不均匀, 因此其磨损比较严重的部位主要体现在如图 1 所示的 A、B 区域。



## 2 提高旋转活塞式水表计量机构磨损性能的途径

### 2.1 设计合适的计量室容积腔

活塞计量部件是一个相对运动的机构, 活塞转速高低直接影响其使用寿命, 在一定的流量下, 计量室容积腔大, 活塞的转速相对较低; 活塞与其它零件的磨损量就小; 反之计量室的容积腔小, 活塞的转速相对较高, 活塞与其它零件的磨损量就大。但是过大的计量室容积腔不但影响水表的计量性能和灵敏度, 而且也是不经济的; 所以设计一个合适的计量室容积

腔是提高旋转活塞式水表磨损性能的前提。

## 2.2 材料的选用及互配

计量室零件材料的选用首先考虑其材料本身的密度、强度、硬度、韧性、摩擦系数、耐磨性及制造工艺性等综合性能以适用计量零件的使用性能；同时应充分考虑两互相运动部件间材料的互配，使其磨损更趋合理。

## 2.3 改善转动件间的磨损状态

### 2.3.1

如图 1 所示在活塞轴与外壳中心轴间增加一个衬套以改变相互间的摩擦性质，减少磨损。

从上述计量室磨损原理的描述可见，活塞与外壳以相对较高的速度运动造成如图 1 中 A 区域外壳中心轴的局部磨损现象，使计量性能下降；而在此增加一个能相对转动的衬套后(如图 1 所示)，改善了两转动件间的摩擦状态，减少了摩擦阻力；而且由于衬套能绕外壳中心轴转动，将外壳中心轴上的局部磨损转嫁到衬套在圆周上的均匀磨损，从根本上改善了磨损性能；提高水表的计量精度和使用寿命。

### 2.3.2 在活塞外圆周面上设置凹槽以改善磨损性能

旋转活塞式水表采用实测量原理，构成计量室的外壳、盖板、隔板与活塞之间既有相对运动，又相互配合紧密，间隙很小；当水中微小砂粒等杂物进入计量室，不仅会加剧零件的磨损，甚至会“卡死”活塞的旋转，导致水表停止工作。如果在活塞外圆周面上设置凹槽，使其形成了负压区，因此就在活塞凹槽表面产生小漩涡（见图 2），形成的小漩涡改善活塞与外壳的接触状态，减缓磨损，延长水表的使用寿命；同时凹槽增加计量室纳污的空间，促使微小砂粒悬浮在水中，在水表计量过程中通过出水口排出表外，减少水表“卡死”的概率，确保水表的正常计量；另外在活塞外圆周面上设置凹槽能减少微小砂粒等杂物与零件接触面积，减少相关零件的磨损。

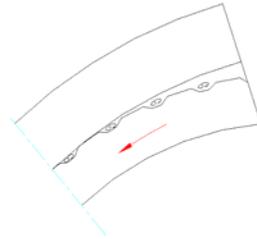


图1中P点放大图

图2

## 3 典型实验

### 3.1

以笔者设计的口径 15mm 的旋转活塞式水表为例。在水表计量机构活塞轴与外壳中心轴间安装一个耐磨衬套，对水表进行加速磨损试验；下表是整表在其它零部件均相同情况下观察有无衬套在最大流量（ $Q_4$ ）下经 300 小时加速磨损试验前后示值误差(计量性能)测试数据的变化：

表 1

流量点 表号	水表起始 示值误差测试值 (%)				水表在 $Q_4$ 流量下经 300 小时磨损后 示值误差测试值 (%)				备注
	$Q_4$ 3T/h	$Q_3$ 2.5T/h	$Q_2$ 22.5l/h	$Q_1$ 15l/h	$Q_4$ 3T/h	$Q_3$ 2.5T/h	$Q_2$ 22.5l/h	$Q_1$ 15l/h	
1	-1.15	-0.9	-0.65	-2.3	-2.8	-2.1	-2.3	-5.3	计量室 内无衬 套
2	-1.05	-0.82	-0.55	-2	-2.7	-2.05	-2.1	-4.9	
3	-1.1	-0.85	-0.3	-1.8	-2.75	-2	-2.2	-5	
平均值	-1.1	-0.86	-0.5	-2.03	-2.78	-2.05	-2.2	-5.06	
4	-1.2	-0.95	-0.5	-2.2	-1.9	-1.25	-1.75	-4.2	计量室 内有衬 套
5	-1.05	-0.8	-0.35	-1.8	-1.85	-1.1	-1.6	-3.9	
6	-1	-0.85	-0.2	-1.7	-1.85	-1.15	-1.4	-3.6	
平均值	-1.08	-0.87	-0.35	-1.9	-1.86	-1.28	-1.58	-3.9	

从上表可见旋转活塞式水表在其它零部件相同的条件下在计量室内增加衬套后水表加速磨损试验后的计量精度有明显提高。

### 3.2

同样以笔者设计的口径 15mm 的旋转活塞式水表为例。对水表计量机构内的活塞外圆周面上设置凹槽与否进行性能对比试验；下表是整表在其它零部件均相同的条件下观察活塞外圆周面设置凹槽前后在最大流量（ $Q_4$ ）下经 300 小时加速磨损试验前后示值误差(计量性能)测试数据的变化：

表 2

流量点 表号	水表起始 示值误差测试值 (%)				水表在 $Q_4$ 流量下经 300 小时磨损后 示值误差测试值 (%)				备注
	$Q_4$ 3T/h	$Q_3$ 2.5T/h	$Q_2$ 22.5l/h	$Q_1$ 15l/h	$Q_4$ 3T/h	$Q_3$ 2.5T/h	$Q_2$ 22.5l/h	$Q_1$ 15l/h	
1	-1.2	-0.95	-0.7	-2.7	-2.5	-2.05	-1.9	-4.9	活塞外 径为普 通型
2	-1.05	-0.82	-0.6	-2.2	-2.3	-1.95	-1.8	-4.8	
3	-1.3	-1	-0.62	-1.8	-2.4	-2	-2.1	-5.1	
平均	-1.18	-0.92	-0.58	-2.23	-2.4	-2	-1.93	-4.93	
4	-1.25	-1	-0.5	-2.1	-1.9	-1.5	-1.2	-4.1	活塞外 径为凹 槽型
5	-1.15	-0.85	-0.8	-2.4	-1.85	-1.35	-1.3	-4.3	
6	-1.3	-0.95	-0.5	-2.2	-1.85	-1.3	-1.05	-3.9	
平均值	-1.23	-0.93	-0.6	-2.23	-1.87	-1.38	-1.18	-4.1	

从上表可见旋转活塞式水表在其它零部件相同的条件下采用凹槽型活塞后水表加速磨损试验后的计量精度有明显提高。

### 3.3

下面是 LYH-8B 水表几组典型的计量室材料选配的试验数据。

计量室中外壳与盖板---活塞---衬套材料分别为：

（略）

表 3、表 4 分别是同一水表的零部件分别与 A、B、C、D、E、F 组计量室相配后在  $Q_4$ （2T/H）流量下进行 100 小时连续磨损试验的性能测试数据和计量室主要零件的磨损量。

从表 3 和表 4 可见 B 组和 D 组匹配的计量室零件抗磨损性能比较优越。

## 4 结论

通过对旋转活塞式水表计量原理及磨损机理的分析，提高该类水表计量机构耐磨性能的关键是设计一个容积合理的计量室、改善运动部件间的磨损状态、选用合适的零件材料和互配。计量室体积是设计的前提条件，零件材料的选用及改善转动件间的磨损状态是设计制造旋转活塞式水表减少磨损的关键所在；而采用凹槽型活塞设计可以在另一方面改善水表计量机构的磨损性能，提高水表的计量精度和使用寿命。经典型实验和小批生产结果使上述结论得以充分证明。

表 3

流量点 表号	水表起始 示值误差测试值 (%)				水表在 $Q_4$ 流量下经 100 小时磨损后 示值误差测试值 (%)				计量室 材料 匹配组
	$Q_4$ 2T/h	$Q_x$ 100l/h	$Q_2$ 12.8l/h	$Q_1$ 8l/h	$Q_4$ 2T/h	$Q_x$ 100l/h	$Q_2$ 12.8l/h	$Q_1$ 8l/h	
1	-1	1.5	-1.3	-3.6	-1.2	1.4	-2.8	-6.5	A 组
2	-0.8	1.3	-1.2	-3.7	-1	1.3	-3	-7	
3	-0.9	1.2	-1.3	-4	-1	1.1	-3.3	-7.5	
平均值	-0.9	1.33	-1.26	-3.77	-1.07	1.27	-3.03	-7	
4	-0.7	1.2	-0.5	-2.1	-0.8	1.1	-1	-3.1	B 组
5	-0.8	1.4	-0.6	-2.5	-1	1.3	-1.2	-3.3	
6	-1.1	1.2	-0.7	-2.8	-1.1	1.2	-1.4	-3.3	
平均值	-0.83	1.27	-0.6	-2.47	-0.97	1.2	-1.2	-3.2	
7	-1	1.5	-0.3	-2.5	-1.2	1.6	-1.9	-5.3	C 组
8	-1.05	1.4	0	-2	-1.25	1.5	-1.5	-4.3	
9	-0.8	1.2	0.4	-1.8	-1	1.3	-1.6	-4.6	
平均值	-0.95	1.37	0.03	-2.1	-1.15	1.47	-1.67	-4.73	
10	-1.1	1.5	0	-2.1	-1.2	-1.4	-0.3	-2	D 组
11	-0.7	1.6	0.4	-1.5	-1	-1.4	0	-1.5	
12	-1	1.5	0.3	-1.5	-1	-1.5	-0.4	-1.9	
平均值	-0.93	1.53	0.23	-1.7	-1.06	-1.43	-0.23	-1.47	
13	-1	1.3	-0.7	-2.7	-1.1	1.2	-2	-4.8	E 组
14	-0.85	1.1	-0.8	-3	-1	1.1	-2.4	-5.3	
15	-0.9	1.3	-0.55	-2.6	-1.1	1.2	-2.2	-4.6	
平均值	-0.92	1.23	-0.68	-2.53	-1.06	1.16	-2.2	-4.9	
16	-0.9	1.2	-0.5	-2.1	-1.1	1.1	-2.2	-5	F 组
17	-1.15	1.3	-0.9	-2.7	-1.1	1.1	-2.5	-5.5	
18	-0.85	1.3	-1	-3.2	-1	1.2	-2.7	-6	
平均值	-0.97	1.27	-0.8	-2.67	-1.06	1.06	-2.47	-5.5	

表 4

表号	外壳内径磨 损量(mm)	外壳中心轴 磨损量 (mm)	活塞外径磨 损量(mm)	活塞中心轴磨 损量(mm)	衬套外径磨 损量(mm)	计量室 材料匹配组
1	0	0.02	0.01	0.88	0	A 组
2	0	0.03	0	0.9	0	
3	0	0.04	0.01	0.9	0	
平均值	0	0.03	0.01	0.89	0	
4	0	0	0	0.18	0	B 组
5	0	0	0.01	0.16	0	
6	0	0	0.01	0.18	0	
平均值	0	0	0.01	0.17	0	
7	0	0	0.01	0.28	0	C 组
8	0	0	0.01	0.26	0	
9	0	0	0.01	0.26	0	
平均值	0	0	0.01	0.27	0	
10	0	0.01	0	0.05	0.03	D 组
11	0	0.01	0	0.06	0.02	
12	0	0.01	0	0.07	0.02	
平均值	0	0.01	0	0.06	0.02	
13	0	0.02	0.01	0.31	0	E 组
14	0	0.03	0	0.30	0	
15	0	0.03	0.01	0.31	0	
平均值	0	0.03	0.01	0.31	0	
16	0	0.01	0.01	0.25	0	F 组
17	0	0.02	0	0.26	0	
18	0	0.01	0.01	0.28	0	
平均值	0	0.01	0.01	0.26	0	

### 参考文献

- [1] 《机构与机械零件》 上海机器制造学校编 人民教育出版社  
 [2] ISO4064—1-2-3: 2005 封闭满管道中水流量的测量—饮用冷水水表和热水水表  
 [3] GB/T778.1.2.3—1996 冷水水表

此文发表于《中国仪器仪表》中国仪器仪表杂志社出版