

提升农用灌溉水表性能的研究

宁波水表股份有限公司

杨进意

摘要 主要根据静平衡原理,对农用灌溉水表的叶轮进行结构改进,使叶轮成为潜体,达到减小摩擦副之间摩擦系数的目的,从而获得较低的始动流量,提升水表的性能即获得大量程比R,并且为进一步研究叶轮平衡技术奠定了良好的基础。

关键词 农用灌溉水表;叶轮;静平衡;始动流量

0 引言

目前,国内没有针对农用灌溉水表的相关标准,国内各生产厂家也只是自定各自的测量流量,没有统一性。2012年,宁波水表股份有限公司提出了为农用灌溉水表制定行业标准的项目建议书,但还未获批准,所以本文暂借国家标准《GB/T 778-2007 封闭满管道中水流量的测量 饮用冷水水表和热水水表》进行相关研究。

新实施的水表国家标准,流量特性由自定的 Q_3 和量程比 $R=Q_3/Q_1$ 两个数值来表示,同时缩小了低区流量测量范围。它的实施充分体现了水表技术进步、水计量管理、市场竞争的发展趋势,有利于提升水表的性能水平,扩大产品适用性,但也对水表设计带来了新的挑战。对水表生产厂家来说,既是商机也是危机,促使他们加快技术改革的步伐。

对于特定的一款表,在常用流量 Q_3 确定的情况下,要想提升水表的性能即获得大量程比,就要使最小流量 Q_1 尽量小,而始动流量在某种程度上决定了它的最小流量测量特性。基于低设计成本、低开模费用的设计理念,本研究将在原有农用灌溉水表的基础上,利用静平衡原理对叶轮结构进行改进,从而获得较低的始动流量提升水表的性能,达到新国家标准的要求。

1 原农用表的叶轮及流量特性

1.1 叶轮结构及特点

不锈钢叶轮轴作为嵌件与叶片一次注塑成型成为一体,将叶轮放入水中后会下沉到底,说明它的综合密度大于1,是沉体。当把综合密度大于1的叶轮装入水表后,因为受到轴承的约束,使叶轮轴处于水平状态,此时叶轮受到的重力 W 和浮力 F_b 构成一倾倒地力偶,使叶轮倾斜,增大了叶轮轴与轴承的摩擦副之间的摩擦系数。这个摩擦系数越大,使叶轮开始慢慢转动并带动灵敏指针平稳、均匀地转动所需的最小流量值越大,这个最小流量值就是始动流量。

1.2 流量特性

水表的流量特性可以体现在它的流量误差特性曲线上,该曲线是以流量为横坐标,以示值误差为纵坐标绘制而成。原农用表的流量误差特性曲线见图1,其中 q_{\min} 、 q_1 、 q_p 、 q_s 分别为老标准的最小流量、分界流量、常用流量和最大流量, q_1 、 q_2 、 q_3 、 q_4 分别为新标准的最小流量、分界流量、常用流量和最大流量。

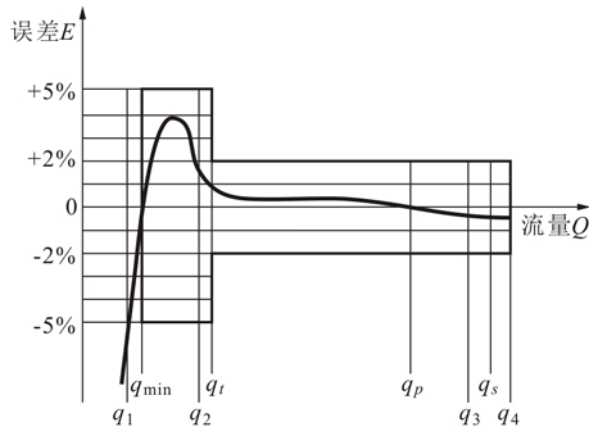


图 1 原农用表的流量误差特性曲线

该流量误差特性曲线的特征是：在小流量时误差急剧偏负；随着流量增至分界流量附近，误差曲线快速向正向移动，并达到一个峰值；当流量继续增大时，误差曲线又向负方向偏移。根据现行水表的误差标准：包括分界流量点在内到最大流量的误差范围为-2%~+2%，小于分界流量点误差范围为-5%~+5%，从图 1 中可知，符合老标准要求的农用表，做新标准流量测试时，因为量程比的扩大，最小流量点从 q_{\min} 左移到 q_1 点，此时曲线在 q_1 点的误差就超过-5%~+5%范围，达不到新标准的要求。

2 新叶轮设计及流量特性

要让最小流量 q_1 的误差达到新标准的要求，必须让水表有较高的测量灵敏阈（即有很小的始动流量值），因为始动流量在某种程度上决定了它的最小流量测量特性。降低水表始动流量值的方法有很多，主要有尽量减少机械阻力和水力阻抗、增加水对叶轮的冲击力。本研究主要利用静平衡原理对叶轮结构进行改进，减小摩擦副之间的摩擦系数来实现减少机械阻力的目的（轴孔间的摩擦力）。

2.1 静平衡原理

浸入静止水中的叶轮，当重力等于浮力时，它将悬浮在水中，成为潜体；如果要求叶轮在水中不发生转动，还必须满足重力和浮力对任何一点的力矩的代数和为零，即重心和浮心在同一条铅直线上。设计水表时，为了使转动的不平衡量减小到最小，叶轮的形状是呈中心对称，因此叶轮轴水平放置后，叶轮的重心和浮心是在同一条水平线上。所以，要想达到静平衡，新设计的农用表叶轮必须满足：1) 重力等于浮力，2) 重心和浮心重合。

2.2 结构设计

基于低设计成本、低开模费用的设计理念，在保留原有农用灌溉水表的大部分零部件的前提下，只对叶轮作结构改进，这在一定程度上限制了叶轮的形状和大小。

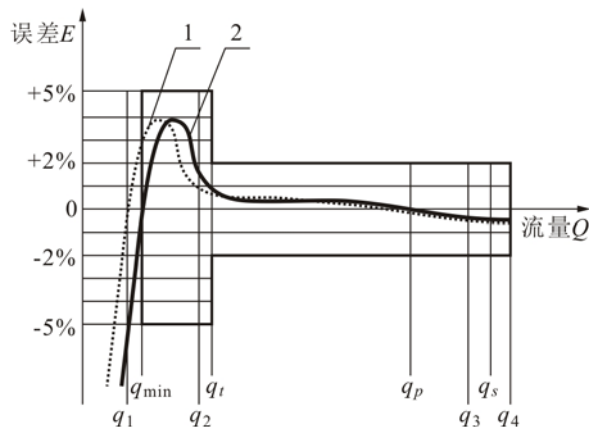
重力等于浮力，就是要求新设计的叶轮综合密度几乎等于 1。因为不锈钢轴密度过大，这时我们可以采用无轴叶轮，即把带轴叶轮改成带孔叶轮，把两端的叶轮轴固定在下支架上。去除叶轮轴后，接下来再考虑叶轮材料，可采用与水密度接近的工程塑料，如尼龙。

叶轮式水表的传统设计方法是建立在实验科学基础之上，在研发人员工作经验积累和现有设计思想指导下，通过对样机的大量反复试验和调整，经历长时间的修正和改进，来实现相对较好的水表性能。但传统设计存在研制周期过长的问题，因此新叶轮的设计，我们采用现代设计方法，应用三维设计软件

SolidWorks 构建农用灌溉水表的叶轮三维模型，在属性栏中添加各零件的密度，即可方便找到各零件的重心位置，大大缩短产品研发周期。具体操作过程，这里不作详细阐述。

2.3 流量特性和试验结果分析

针对老叶轮结构的农用表和新叶轮结构的农用表，各取样机 20 只进行下列流量点误差测试，取 3 次测试结果的平均值作为检测结果绘制流量误差特性曲线，如图 2 所示。



曲线 1: 新叶轮结构的流量误差特性曲线

曲线 2: 老叶轮结构的流量误差特性曲线

图 2

对曲线进行分析可知，根据静平衡原理对叶轮结构进行改进后， q_1 点的误差已经符合 $-5\% \sim +5\%$ 范围的要求，而其他各流量点误差基本保持不变。

3 结语

通过对农用灌溉水表叶轮的改进和分析，获得较低的始动流量，不仅提升水表的性能即获得大量程比 R ，而且为进一步研究叶轮平衡技术奠定了良好的基础。

参考文献

- [1] GB/T778.1-2007 封闭满管道中水流量的测量 饮用冷水水表和热水水表
- [2] 詹志杰.水表技术手册.北京：中国计量出版社，2004