

# 机械自动控制阀门的设计及控制原理研究

吴立贤

杭州和利时自动化系统工程有限公司, 浙江 杭州 310000

**[摘要]** 流体系统中阀门的重要性极高, 其负责控制流体流动的压力、方向及流量, 相关理论研究和实践探索向来受到业界重视。基于此, 文中将简单分析机械自动控制阀门的设计, 并深入探讨机械自动控制阀门的控制原理, 希望研究内容能够给相关从业人员带来一定程度的启发。

**[关键词]** 机械; 自动控制阀门; 弹簧

DOI: 10.33142/sca.v4i1.3538

中图分类号: TH138.52; TH122.5

文献标识码: A

## Design and Control Principle of Mechanical Automatic Control Valve

WU Lixian

Hangzhou HollySys Automation System Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

**Abstract:** The importance of valve in fluid system is very high. It is responsible for controlling the pressure, direction and flow of fluid flow. The relevant theoretical research and practical exploration have always been paid attention to by the industry. Based on this, this paper will simply analyze the design of mechanical automatic control valve and deeply discuss the control principle of mechanical automatic control valve, hoping that the research content can bring some inspiration to the relevant practitioners.

**Keywords:** machinery; automatic control valve; spring

### 引言

有源控制属于自动控制阀门的主要方式, 现阶段无源控制的研究较少。无源控制的机械自动控制阀门具备节能效果好、自动化程度高、工艺简单、使用方便等优势。为深入了解机械自动控制阀门并保证其优势的充分发挥, 正是本文研究的目标所在。

### 1 机械自动控制阀门概述

为深入了解机械自动控制阀门, 首先需要了解自动控制阀门的概念, 本文将其视作能够自动控制流入、流出气体(液体)量的阀门, 这类阀门在运行过程中无需人为操控。进一步围绕机械自动控制阀门进行分析可以发现, 其在自动控制调节的过程中无需外部能量供应, 属于典型的无源控制阀门, 早在上世纪 80 年代, 机械自动控制阀门便成为业界研究焦点, 最初的研究多结合农业生产开展, 如基于农业的自动化的水流量控制。机械自动控制阀门具备多方面优势, 如省时省力、安装简便、生产成本低、运行效率高、使用寿命长、操作难度低等, 可满足多方面生产需要。基于微电子线路等技术的自动控制阀门近年来广泛应用于我国工业生产, 但这类阀门的成本较高且容易出现干扰等问题, 在小型工业企业等场景的应用价值不高, 存在适用性和经济性方面的不足, 机械自动控制阀门则不具备相关不足, 在很多特定场景下具备较高实用价值。

### 2 机械自动控制阀门的具体设计及控制原理

#### 2.1 设计一

为直观展示机械自动控制阀门的设计, 本节将围绕一种用于工业生产的机械自动控制阀门进行探讨, 该阀门主要用于生产用水的自动控制, 可基于生产需要设置出水时间, 如设置出水时间为 4min, 阀门会在 4min 后自动切断, 之后需人为操作后再次使用。具体设计需要将立方体空腔装置设置于管件进水端处, 切断水流时阀门的封闭能够通过该装置实现, 同时设置折板于立方体空腔的下前端, 具体采用焊接方式设置, 实现传动销固定, 最后设置细长管形连通器于出水口附近, 同样采用焊接方式设置。基于图 1 所示的立方体空腔剖视图进行分析可以发现, 有细长方形槽存在于空腔上端, 负责固定关闭阀门, 圆柱形孔设置于下端, 计时装置与阀门间的圆柱细杆能够通过其固定连接。

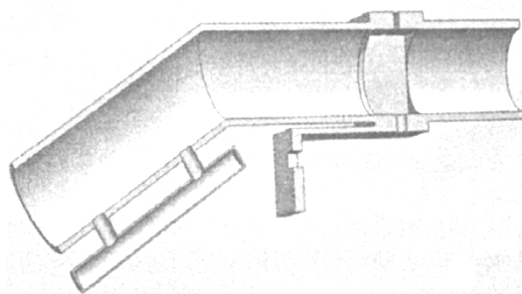


图1 立方体空腔剖视图

采用由细方杆、宽方杆、阀门、手柄、连接用细杆焊接成的阀门，计时用的销通过细方杆、宽方杆卡住，采用铁材质的折线形传动销，管件上的折线形板孔与传动销前端配合。采用圆柱空腔的计时器设计，高磁性磁铁设置于前端，以此实现对折线形销的吸引，折线形销可由此运动于细长管连通器内，其位于管件下方。

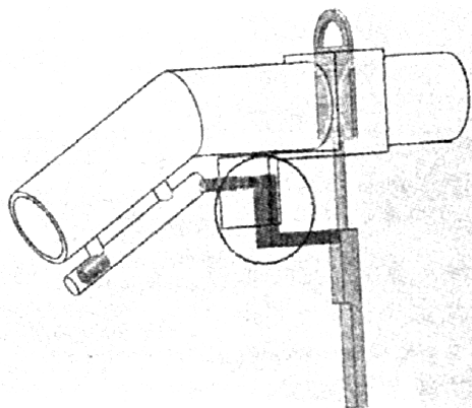


图2 整体装配示意图

图2为整体装配示意图，该图为上述机械自动控制阀门设计的计时状态，压缩的弹簧固定于折线销与折板之间，即图中的圆圈部分，折线销能够通过弹簧将闸门顶住。在需要开展计时放水时，可将人工将闸门上半圆环提起，闸门由此带动并进行放水，满足工业生产需要。在到达最高处时，管体会由粗长方体杆在闸门下端顶住，压缩弹簧压力作用下的折线形销会陷入台阶型槽内，台阶型槽内设置于粗细长方形杆间，此时能够听到清脆的声响，由此闸门会被卡组并保持开放状态，此时计时正式开始。由于存在较快的水流，且存在充满水的水管前端，因此可认为水对管壁的压力在一定范围内处处相等，同时连通器瞬间充满。通过连接连通器与水管的两端，基于相等面积的两个联通口，可认为存在水流静止的连通器细管，因此水压偏差受到的海拔不同影响可忽略，计时准确性将更好得到保障。由于细管内充水，且计时器同时受到自身重力、浮力、管壁带来的摩擦阻力影响，结合具体设计保障三者的共同作用下计时器运动到细管后端需要耗时4min，机械自动控制阀门的功能即可由此实现。基于上升到最后端的计时器，高磁性磁铁会通过计时器位置变动吸引折线形销，折线形销通过对弹簧压力的克服而进行位移，闸门因此释放，放水会随之停止。之后细管内的水将通过下端慢慢排出，落到最下方的计时器可用于下一次计时。

## 2.2 设计二

基于湿敏材料的机械自动控制阀门也可用于工业生产，通过将湿敏材料设置于相应管道、装置中，湿敏材料在与水接触后将发生吸水膨胀，随之施加压力给缓冲弹簧，压力作用下的缓冲弹簧会移动并将阀芯和复位弹簧推动，阀芯锥形面会在运动过程中逐渐将进水口封住，阀门的自动关闭能够由此实现，这对于工业生产中进、出水的机械自动化控制存在较高应用价值。基于吸水膨胀的湿敏材料特性进行分析可以发现，如阀芯封堵进水口移动量小于湿敏材料膨胀量，较大压力可能导致阀芯锥形头损坏，此时缓冲弹簧的缓冲作用发挥极为关键，通过降低阀芯锥形头受到的压力，即可实现对它的保护，机械自动控制阀门的使用寿命能够由此延长，图3为具体设计示意图。

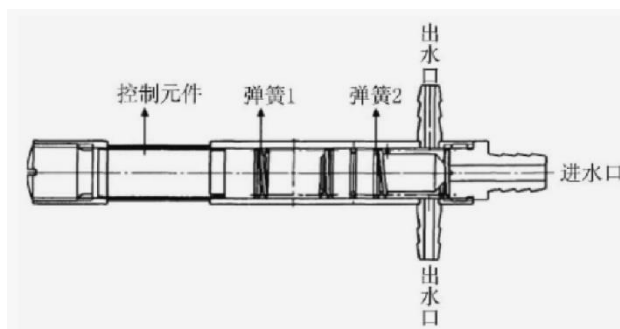


图3 基于湿敏材料的机械自动控制阀门设计

缓冲弹簧负责保护阀芯，其缓冲保护作用在本文研究的机械自动控制阀门中极为关键，开启阀门则主要由复位弹簧负责，弹簧属于机械自动控制阀门的核心所在，因此必须做好弹簧的设计与参数设定。在弹簧参数设定过程中，本文涉及的机械自动控制阀门采用参数相同的缓冲弹簧1和复位弹簧2，具体参数涉及中径、外径、内径、弹簧丝的直径、螺旋升角、节间距，由于对弹簧旋转方向不存在特殊要求，因此选择右侧旋转设计。不受压力时，弹簧存在为一定值的弹簧圈间距，而在压力作用下，收缩变形的弹簧会随之出现。具体设计需关注极限荷载情况带来的影响，保证极限荷载下弹簧圈间距处于合理范围内。在具体的弹簧设计过程中，需基于机械自动控制阀门正常使用需要明确弹簧的圈数要求和尺寸要求，弹簧的可靠性和稳定性也需要设法控制，因此需针对性开展弹簧强度、稳定性及刚度的针对性计算和确定。

在计算弹簧刚度的过程中，弹簧变形量的要求确定需结合机械自动控制阀门正常工作需要，以此对具体的弹簧参数进行计算，在弹簧材质和弹簧丝直径相同前提下，弹簧的刚度会因圈数增加而减小，弹簧的圈数减少则会使其刚度增大；在计算弹簧强度过程中，本文研究采用拥有 $5^{\circ}-9^{\circ}$ 间升角的弹簧丝，为计算弹簧截面应力，可采用式(1)。

$$\frac{4F}{\pi d^2}(1+2c) \quad (1)$$

式中的 $F$ 、 $d$ 、 $c$ 分别为剪力、弹簧丝的直径、弹簧中径与弹簧丝直径比值，如存在过大的弹簧中径与弹簧丝直径比值，弹簧的稳定性可能受到负面影响，而如果该比值过小，弹簧丝则可能在卷绕的过程中出现弯曲，因此必须科学控制其比值，本文设计基于4-16控制弹簧中径与弹簧丝直径比值范围。

在计算弹簧稳定性的过程中，考虑到弹簧不稳定会表现为弹簧侧向弯曲。圈数较多弹簧在受到较大压力时容易出现稳定性问题，侧向弯曲也很容易同时出现，此时存在超过上限的弹簧高径比。为保证弹簧的稳定性，本文研究的机械自动控制阀门设计需要取不同的弹簧两端长细比值，以此适应弹簧两端状态变化。对于处于固定状态的弹簧两端，应保证存在5.3以下的弹簧长细比取值，而对于处于固定状态的弹簧一端，且存在处于自由状态的另一端，应保证存在3.7以下的弹簧长细比，而如果存在处于自由状态的弹簧两端，需保证存在2.6以下的弹簧长细比。

### 3 结论

综上所述，机械自动控制阀门的设计需关注多方面因素影响。在此基础上，本文涉及的控制原理、具体设计路径、自动控制单元设计等内容，则直观展示了可行性较高的机械自动控制阀门设计方法。为更好优化机械自动控制阀门设计，计算机模拟的针对性开展、新型材料的科学应用同样需要得到重视。

#### [参考文献]

- [1] 蔡振宇. 可编程序控制器在自动控制阀门多功能试验平台中的应用[J]. 仪器仪表用户, 2020, 27(12): 16-20.  
[2] 张定三. 纯机械自动控制阀门的设计及控制原理探讨[J]. 时代报告, 2016(28): 252.

作者简介: 吴立贤 (1982.4-) 男, 内蒙古呼和浩特市人, 汉族, 大学本科学历, 主要从事工业自控阀门应用工作。