

控制阀知识

标准分享网 整理提供下载

www.valveinfo.cn

一、控制阀的发展历史

1. 控制阀的发展历史

控制阀的发展与工业生产过程的发​​展密切相关。远古时期，人们为了调节河流或小溪的水流量，采用大石块或树干来阻止水的流动或改变水的流动方向。埃及和希腊文明发明了几种原始的阀门类型，用于农作物灌溉等。但是，普遍公认是古罗马人为了农作物灌溉而开发了相当复杂的水系统，采用旋塞阀和柱塞阀，并使用止逆阀防止水的逆流。文艺复兴时期，在艺术家和发明家达·芬奇(LeonardodaVinc)设计的沟渠、灌溉项目和其他大型水力系统项目中使用了阀门，他的许多技术方案现在仍实际存在。阀门工业的现代历史与工业革命并行，随着工业革命的深入，1705年，纽康曼(ThomasNewcomen)发明第一台工业蒸汽发动机，对蒸汽发动机的运行提出了控制要求，瓦特(JamesWatt)发明了第一台调节转速的控制器，其后，对流体流量的控制越来越被人们重视。最早的控制阀是1880年由WilliamFisher制造的泵调节器，这是一种带重锤的自力式控制阀，当阀后压力增大时，在重锤作用下，使控制阀开度减小，从而达到稳定压力的控制效果。

在20世纪20~30年代，控制阀以阀体形状为球形的球形阀(ball valve)为主，其后，以V形缺口(V-notch)的单座(single—port)和双座(double—ported)控制阀(globevalve)问世。40年代相继出现适用于高压介质的角形控制阀(anglevalve)、用于腐蚀性介质的隔膜控制阀(barrierdiaphragmvalve)和用于大流量应用的蝶阀(butterflyvalve)等，并研制了阀门定位器(valve positioner)等产品。1949年在德国Leverkusen成立了化学和石化工业的第一个专业协会——测量与控制标准协会NAMUR(Normen Arbeitsgemein—schaftMeb—UndRegeltechnik)，并开展标准的制定工作。50~60年代出现了三通控制阀(three—wayvalve)，用于配比控制和旁路控制，也进一步展开对球阀的研究，出现了适用于大压差和降低噪声的套筒控制阀(cagevalve)。70年代套筒控制阀被广泛应用于工业生产过程的控制，研制的偏心旋转阀(eccentricplugvalve)成为角行程控制阀的佼佼者。偏心旋转阀具有良好的密封性、大的流通能力，可应用于较大压差场合。80年代开始，各种精小型控制阀诞生，它对控制阀执行机构进行的改革使控制阀的重量和高度下降，流通能力提高。90年代开始，随着计算机控制装置的广泛应用，对智能控制阀的要求也越来越强烈，相继诞生各种智能电气阀门定位器和带智能阀门定位器的现场总线控制阀。21世纪初，现场总线控制阀得到应用，随着控制功能的下移，对控制阀的要求也越来越高。

控制阀与工业生产过程的发​​展同步进行。为提高控制系统的控制品质，对组成控制

系统各组成环节提出了更高要求。例如，对检测元件和变送器要求有更高的检测和变送精确度，要有更快的响应和更高的数据稳定性；对控制阀等执行器要求有更小的死区和摩擦，有更好的复现性和更短的响应时间，并能够提供补偿对象非线性的流量特性等。同时，由于工业生产过程的大型化和精细化，对控制阀等也提出了更高要求。

2. 我国控制阀的现状

我国控制阀工业生产的起步较晚。在 20 世纪 60 年代开始研制单座阀、双座阀等产品，主要是仿制前苏联的产品。由于机械工业落后，机械加工精度低，因此，产品泄漏量较大，但尚能满足当时工业生产过程的一般控制要求。70 年代开始，随着工业生产规模的扩大，工业过程控制要求的提高，一些控制阀产品已不能适应生产过程控制的要求，例如对高压、高压降、低温、高温和腐蚀等介质的控制要求。为此，一些大型石油化工企业在引进设备的同时，也引进了一些控制阀，例如带平衡阀芯的套筒阀、偏心旋转阀等，为国内的控制阀制造厂商指明了开发方向。因此，70 年代后期，一些制造厂已开始仿制偏心旋转阀等产品。80 年代开始，随着我国改革开放政策的贯彻和落实，一些控制阀制造厂引进了国外著名控制阀厂商的技术和产品，使我国控制阀产品的品种和质量得到明显提高。例如，生产出各种类型的套筒阀、偏心旋转阀，并开始研制精小型控制阀。随着大型电站等工业项目的进行，也研制了各种电液执行机构、长行程执行机构等执行机构，以适应大推力和大推力矩、长行程等控制要求。90 年代开始，我国的控制阀工业也在引进和消化国外的先进技术后开始飞速发展，一些合资和外资的控制阀生产厂相继生产有特色的产品，填补了一些特殊工业控制的空白，使我国控制阀工业的水平大大提高，缩短了与国外的差距。随着现场总线技术的应用，在 21 世纪初，采用现场总线技术的控制阀产品问世，国外一些现场总线的控制阀和相关的产品，例如智能阀门定位器等，开始在国内一些新建工程中应用，国内一些厂商也开始研制有关产品。

3. 控制阀发展的特点

回顾控制阀发展历史，控制阀发展特点如下。

①控制阀的发展与工业生产过程控制的发展密切相关。例如，：单座阀的不平衡力大，不能适应工业生产过程高压差的控制要求，为此，研制了带平衡阀芯的套筒阀；当控制阀噪声已成重要环境污染时，不少具有降噪功能的控制阀和降噪的阀内件应运而生；当工业生产过程对高温、低温和泄漏等有一定要求时，诞生了适应高温和低温的伸长型阀盖和用波纹管密封的阀盖等。

②控制阀的发展与提高产品质量，降低原材料消耗等紧密结合，使控制阀产品的品种更

新和增加，功能扩展，适应面越来越广。例如，控制阀的品种有单座阀、双座阀、三通阀、角形阀、套筒阀、阀体分离阀、隔膜阀、高压阀、偏心旋转阀、偏心阀板阀、蝶阀、闸阀等；执行机构有气动薄膜执行机构、气动活塞执行机构、气动精小型薄膜执行机构、气动长行程执行机构、电动执行机构、电液执行机构、齿轮执行机构等；阀门定位器有气动阀门定位器、电气阀门定位器、智能电气阀门定位器等。

③控制阀的发展使工业应用更方便、灵活、可靠。控制阀设计计算采用更适合的计算公式；控制阀的安装和维护变得更方便；控制阀阀内件设计，例如流路设计、材质选用、降噪设计等，使工业应用面更广泛，使用更可靠。

二、控制阀的发展方向

1. 控制阀应用中存在的问题

①控制阀的品种多，规格多，参数多。控制阀为适应不同工业生产过程的控制要求，例如温度、压力、介质特性等，有近千种不同规格、不同类型的产品，使控制阀的选型不方便、安装应用不方便、维护不方便、管理不方便。

②控制阀的可靠性差。控制阀在出厂时的特性与运行一段时间后的特性有很大差异，例如，泄漏量增加、噪声增大、阀门复现性变差等，给长期稳定运行带来困难。

③控制阀笨重，给控制阀的运输、安装、维护带来不便。通常，控制阀重量比一般的仪表重量要重几倍到上百倍，例如，一台 DN200 的控制阀重达 700kg，运输、安装和维护都需要动用一些机械设备才能完成，给控制阀的应用带来不便。

④控制阀的流量特性与工业过程被控对象特性不匹配，造成控制系统品质变差。控制阀的理想流量特性已在产品出厂时确定，但工业过程被控对象特性各不相同，力口上压降比变化，使控制阀工作流量特性不能与被控对象特性匹配，并使控制系统控制品质变差。

⑤控制阀噪声过大。工业应用中，控制阀噪声已成为工业设备的主要噪声源，因此，降低控制阀噪声成为当前重要的研究课题，并得到各国政府的重视。

⑥控制阀是耗能设备，在能源越来越紧缺的当前，更应采用节能技术，降低控制阀的能耗，提高能源的利用率。

2. 控制阀的发展方向

控制阀的发展方向主要为智能化、标准化、精小化、旋转化和安全化。

(1) **智能化和标准化**。控制阀的智能化和标准化已经提到议事日程。智能化主要采用智能阀门定位器。智能化化表现在下列方面。

①控制阀的自诊断，运行状态的远程通信等智能功能，使控制阀的管理方便，故障诊断变得容易，也降低了对维护人员的技能要求。

②减少产品类型，简化生产流程。采用智能阀门定位器不仅可方便地改变控制阀的流量特性，也可提高控制系统的控制品质。因此，对控制阀流量特性的要求可简化及标准化(例如，仅生产线性特性控制阀)。用智能化功能模块实现与被控对象特性的匹配，使控制阀产品的类型和品种大大减少，使控制阀的制造过程得到简化，并在生产和市场中经受考验和认可。

③数字通信。数字通信将在控制阀中获得广泛应用，以 HART 通信协议为基础，一些控制阀的阀门定位器将输入信号和阀位信号在同一传输线实现；以现场总线技术为基础，控制阀与阀门定位器、PID 控制功能模块结合，使控制功能在现场级实现，使危险分散，使控制更及时、更迅速。

④智能阀门定位器。智能阀门定位器具有阀门定位器的所有功能，同时能够改善控制阀的动态和静态特性，提高控制阀的控制精度，因此，智能阀门定位器将在今后一段时间内成为重要的控制阀辅助设备被广泛应用。

控制阀的标准化表现在下列方面。

①为了实现互换性，使同样尺寸和规格的不同厂商生产的控制阀能够互换，使用户不必为选择制造商而花费大量时间。

②为了实现互操作性，不同制造商生产的控制阀应能够与其他制造商的产品协同工作，不会发生信号的不匹配或阻抗的不匹配等现象。

③标准化的诊断软件和其他辅助软件，使不同制造商的控制阀可进行运行状态的诊断，运行数据的分析等。

④标准化的选型程序。控制阀选型仍是自控设计人员十分关心的问题，采用标准化的计算程序，根据工艺所提供数据，能够正确计算所需控制阀的流量系数，确定配管及选用合适的阀体、阀芯及阀内件材质等，使设计过程标准化，提高设计质量。

(2)精小化.为降低控制阀的重量，便于运输、安装和维护，控制阀的精小化采用了下列措施。

①采用精小型执行机构。采用轻质材料，采用多组弹簧替代一组弹簧，降低执行机构高度，通常，精小型气动薄膜执行机构组成的控制阀比同类型气动薄膜执行机构组成的控制阀高度要降低约 30%，重量降低约 30%，而流通能力可提高约 30%。

②改变流路结构。例如，将阀芯的移动改变为阀座的移动，将直线位移改变为角位移

等，使控制阀体积缩小，重量减轻。

③采用电动执行机构。不仅可减少采用气动执行机构所需的气源装置和辅助设备，也可减少执行机构的重量。例如，Fisher 公司的 9000 系列电动执行机构，其 20 型的高度小于 330mm，使整个控制阀(带数字控制器和执行机构)质量降低到 20~32kg。

(3) 旋转化 由于旋转类控制阀，例如球阀等，有相对体积较小、流路阻力较小、可调比较大、密封性较好、防堵性能较好、流通能力较大等优点，因此，在控制阀新品种中，旋转阀的比重增大。特别是大口径管道中，普遍采用球阀、蝶阀等类型控制阀，从国外近年的产品看，旋转阀应用的比例正逐年增长。

(4) 安全化 仪表控制系统的安全性已经得到各方面的重视，安全仪表系统(SIS)对控制阀的要求也越来越高，表现在以下几方面。

①对控制阀故障信息诊断和处理要求提高，不仅要控制阀进行故障发生后的被动性维护，而且要进行故障发生前的预防性维护和预见性维护。因此，对组成控制阀的有关组件进行统计和分析，及时提出维护建议等变得更重要。

②对用于紧急停车系统或安全连锁系统的控制阀，提出及时、可靠、安全动作的要求。确保这些控制阀能够反应灵敏、准确。

③对用于危险场所的控制阀，应简化认证程序。例如，对本安应用的现场总线仪表，可简化为采用 FISCO 现场总线本质安全概念，使对本安产品的认证过程简化。

④与其他现场仪表的安全性类似，对控制阀的安全性，可采用隔爆技术\防火技术、增安技术、本安技术、无火花技术等；对现场总线仪表，还可采用实体概念、本安概念、FISCO 概念和非易燃(FINCO)概念等。

(5) 节能 降低能源消耗，提高能源利用率是控制阀的一个发展方向。主要有以下几个发展方向。

①采用低压降比的控制阀。使控制阀在整个系统压降中占的比例减少，从而降低能耗，因此，设计低压降比的控制阀是发展方向之一；另一个发展方向是采用低阻抗控制阀，例如采用蝶阀、偏心旋转阀等。

②采用自力式控制阀。例如，直接采用阀后介质的压力组成自力式控制系统，用被控介质的能量实现阀后压力控制。

③采用电动执行机构的控制阀。气动执行机构在整个控制阀运行过程中都需要有一定的气压，虽然可采用消耗量小的放大器等，但日积月累，耗气量仍是巨大的。采用电动执行机构，在改变控制阀开度时，需要供电，在达到所需开度时就可不再供电，因此，从节能看，

电动执行机构比气动执行机构有明显节能优点。

④采用压电控制阀。在智能电气阀门定位器中采用压电控制阀，只有当输出信号增加时才耗用气源。

⑤采用带平衡结构的阀芯，降低执行机构推力或推力矩，缩小膜头气室，降低能源需要。⑥采用变频调速技术代替控制阀。对高压降比的应用场合，如果能量消耗很大，可采用变频调速技术，采用变频器改变有关运转设备的转速，降低能源消耗。

(6) 保护环境 环境污染已经成为公害，控制阀对环境的污染主要有控制阀噪声和控制阀的泄漏。其中，控制阀噪声对环境的污染更是十分严重。

①降低控制阀噪声。研制各种降低控制阀噪声的方法，包括从控制阀流路设计到控制阀内件的设计，从噪声源的分析到降低噪声的措施等。主要有设计降噪控制阀和降噪控制阀内件；合理分配压降，使用外部降噪措施，例如，增加隔离、采用消声器等。

②降低控制阀的大气污染。控制阀的大气污染指控制阀的“跑”、“冒”、“滴”、“漏”，这些泄漏物不仅造成物料或产品的浪费，而且对大气环境造成污染，有时，还会造成人员的伤亡或设备爆炸等事故。因此，研制控制阀填料结构和填料类型、研制控制阀的密封等将是控制阀今后一个重要的研究课题。

计算机科学、控制理论和自动化仪表等高新科学技术的发展推动了控制阀的发展，例如，现场总线控制阀和智能阀门定位器的研制、数字通信在控制阀的实现等。控制阀的发展也推动了其他科学技术的发展，例如，对防腐蚀材料的研究、对削弱和降低噪声方法的研究、对流体动力学的研究等。随着现场总线技术的发展，控制阀也将开放、智能和更可靠，它与其他工业自动化仪表和计算机控制装置一起，使工业生产过程控制的功能更完善，控制的精度更高，控制的效果更明显，并为我国现代化建设发挥更重要的作用。

三、过程控制阀术语

附件：一个安装在执行机构上补充执行机构的功能并使其成为一个完整的操作单元的装置。例子包括定位器、供气压力调节器、电磁阀和限位开关。

执行机构：一个提供力或运动去打开或关闭阀门的气动、液动或电动装置。

执行机构组件：一个包括所有相关附件使之成为一个完整的操作单元的执行机构。

空程：提供给一种死区的通用名词。这种死区是当一个装置的输入改变方向时由于装置输与输出之间的暂时中断引起的。一个机械连接的松弛或松动是空程的一个典型例子。

(阀门)流通能力：在规定条件下通过一个阀门的流量。

闭环回路(控制回路): 一种过程元件的相互连接方式: 有关过程变量的信息被连续不断地反馈给控制器的设定点, 以连续地、自动地纠正过程变量。

控制器: 一种通过使用某些既定的运算来调节控制变量的自动操作的装置。控制器的输入接受关于过程变量状态的信息, 然后提供一个相应的输出信号给终端控制元件。

控制范围: 控制阀能够把实际阀门增益保持在标准值 0, 5 和 2, 0 之间的阀门行程范围。

控制阀组件: 包括通常安装在阀门上的所有部件: 阀体组件、执行机构、定位器、调压器、转换器、限位开关等。

死区: 输入信号改变方向但不致于引起输出信号的可以观察到的变化时, 输入信号的可变化范围。死区是用来描述一种适用于任何装置的通用现象的名词。对于阀门组件, 控制器的输出(CO)是阀门组件的输入, 而过程变量(PV)是输出, 如图 1 所示。使用术语“死区”时, 有必要把输入和输出区分开来, 并确保测量死区的任何测试在全部负载条件下进行。死区典型地表示为百分比的输入量程。

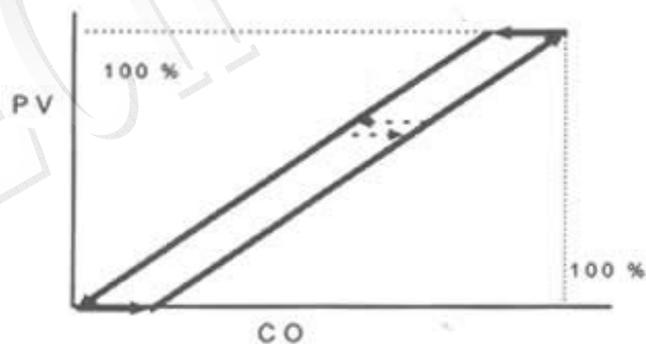


图 1 过程死区

时滞时间: 从一个小的阶跃输入(通常 0.25%—5%)起, 系统没有响应被检测到的时间长短(T_d)。它从阶跃输入开始的时间起测量, 一直到被测试系统产生第一个能检测到的响应的时间为止。时滞时间可用于阀门组件或整个工艺过程。

阀板: 带线性或旋转运动的、用来调节流量的阀内件元件, 也可指阀芯或截流元件。

终端控制元件: 执行由控制器的输出决定的控制策略的装置。终端控制元件可以是一个减振器、一个变速驱动泵或一个开关式切换装置, 但是过程控制工业里最常见的终端控制元件是控制阀组件。控制阀调节流动的流体, 如气体、蒸汽、水或化学混合物, 以补偿扰动并使得被控制的过程变量尽可能地靠近需要的设定点。

增益: 通用术语, 可用于许多情况。在它最常用的含义里, 增益是一个给定系统或装置的输出改变量相对于引起该输出改变量的输入改变量的比例。增益有两种: 静态增益和动态增益。静态增益是输入与输出之间的增益关系, 是系统或装置处于稳定状态时, 输入能够引起输出改变的程度的指标。

敏感性有时候用来说明静态增益。动态增益是时当系统处于运动或流动状态时的输入与输出之间的增益关系。动态增益是输入改变频率或比率的函数。

滞后： 在一个校验循环里，相对于任何单个输入值的输出值的最大差值，不包括由于死区引起的误差

固有特性（流量特性）： 在经过阀门的压力降恒定时，随着截流元件（阀板）从关闭位置运动到额定行程的过程中流量系数与截流元件（阀板）行程之间的关系。典型地，这些特性可以绘制在曲线图上，其水平轴用百分比行程表示，而垂直轴用百分比流量（或 Cv 值）表示。由于阀门流量是阀门行程和通过阀门的压力降的函数，在恒定的压力降下进行流量特性测试提供了一种比较阀门特性类型的系统方法。

用这种方法测得的典型的阀门特性

有线性、等百分比和快开(图 2)。

等百分比特性： 一种固有流量特性：额定行程的等量增加会理想地产生流量系数(Cv)的等百分比的改变(图 2)。

线性特性： 一种固有流量特性，可以用一条直线在流量系数(Cv 值)相对于额定行程的长方形图上表示出来。因此，行程的等量增加提供流量系数(Cv)的等量增加。

快开特性： 一种固有流量特性：在截流元件很小的行程下可以获得很大的流量系数(图 2)。

固有阀门增益： 在恒定的压力降条件下，通过阀门的流量改变量相对于阀门的行程改变量的比例。固有阀门增益是阀门结构的固有函数。它等于固有特性曲线在任意行程点上的斜率，也是阀门行程的函数。

安装特性： 当通过阀门的压力降受到变化的过程条件的影响时，随着截流元件（阀板）从关闭位置运动到额定行程的过程中流量与截流元件（阀板）行程之间的关系。

安装阀门增益： 在实际过程条件下，通过阀门的流量改变量相对于阀门行程改变量的比例。安装

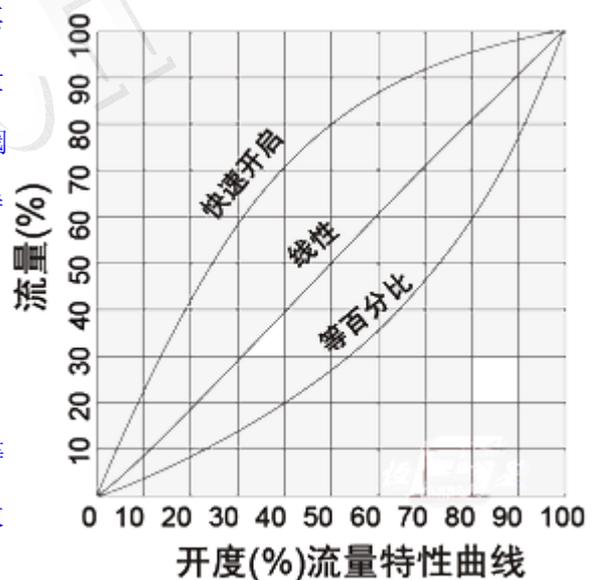


图 2

阀门增益是当阀门安装在一个特定的系统里，且压力降允许根据总系统的指令而自然改变时产生的阀门增益关系。安装阀门增益等于安装特性曲线的斜率，也是阀门行程的函数。

I/P: 电流—气压(旧 UP)的缩写。典型地用于输入转换器模块。

线性度:与两个变量有关的一条曲线与一条直线的接近程度 o(线性度也指的是相同的直线作用于向上和向下两个方向。这样，上面所定义的死区典型地会被认为是一种非线性度 o)

回路增益:所有回路元件被看作串联在回路里时的组合增益。有时候指的是开环增益，有时候必须清楚地说明指的是静态回路增益还是动态回路增益。

开环回路:这样一种情况：过程控制元件的连接被中断，这样，过程变量的信息不再反馈给控制器的设定点，所以对过程变量的纠正也不再进行。这种情况典型地是通过把控制器设置在手动操作状态来实现的。

填料:阀门组件的一个部件，用于防止阀板或阀杆周围的泄漏。

定位器:一个位置控制器(伺服机构)，它在机械上被连接到终端控制元件或其执行机构的一动部件上，自动调整向执行机构的输出，以保持一个需要的与输入信号成比例的阀门位置。

过程:控制回路里除了控制器之外的所有组合元件。过程典型地包括控制阀组件、被控制的压力容器或热交换器、以及传感器、泵和变送器。

过程增益:被控制的过程变量的改变量对于相应的控制器输出的改变量的比例。过程偏差度：关于过程是如何被紧密地控制在设定点周围的一种精确的统计学测量。过程偏差度典型地以百分比定义为 $(2\sigma / m)$ ，式中 m 是被测过程变量的设定点或平均值， σ 是过程变量的标准方差。

放大器:一个作用类似于功率放大器的装置。它接受电气、气动或机械输入信号，并提供大流量的空气或液压流体输出给执行机构。放大器可以是定位器的一个内部元件或者一个单独的阀门附件。

分辨率:当输入不改变方向时用来产生一个能检测到的输出变化所需要的最小可能的输入变化。分辨率典型地表示为百分比的输入量程。

响应时间:通常由一个包括时滞时间和时间常数的参数来测量。(见 T63、时滞时间和时间常数。)用于控制阀时，它包括整个阀门组件。

二阶:一个术语，指的是一个装置的输入与输出之间的动态关系。一个二阶系统或装置有两个能量储存装置。它们能够在它们自己之间来回传输动态和潜在能量，这样就引入了振荡行为或超调的可能性。

传感器:一个测量过程变量值并提供一个相应的输出信号给变送器的装置。传感器可以是变送器的集成部件，也可以是一个单独的元件。

设定点：一个参考值，代表需要的被控制的过程变量值。

阀轴扭转：一种现象，指的是阀轴的一端扭转而另一端不扭转。这种现象典型地发生在执行机构由一根相对长的阀轴连接到阀门截流元件上的旋转式阀门上。当阀门的密封摩擦力把阀轴的一端保持在某一个位置时，执行机构一端的阀轴的旋转被阀轴的扭转所吸收，直到执行机构的输入传递出足够的力来克服这个摩擦力。

(阀门)口径计算：一种经过设计的系统方法，用来确保阀门在一系列的过程工况条件下有正确的流通能力。

T63：设备响应时间的一种测量。它是通过把一个小的阶跃输入(通常下—5%)作用到系统上来测量的。从阶跃输入开始的时间起测量，一直到系统输出达到63%的最终稳态值的时间为止。它是系统时滞时间(T_d)和系统时间常数(t)的组合值。(见“滞后时间”和“时间常数”。)

时间常数：一个通常用于一阶元件的时间参数。它是从系统产生第一个相对于小阶跃输入(通常0.25%—5%)的能检测到的响应时起一直到系统输出达到63%的最终稳态值时测量得到的时间间隔。用于开放回路过程时，时间常数通常表示为 T_0 用于闭和回路系统时，时间常数通常表示为 τ 。

变送器：一个测量过程变量值并提供一个相应的输出信号给控制器以跟设定点进行比较的装置。

行程：截流元件从关闭位置到一个中间或额定全开位置的运动。

行程指示器：一个指针和标尺，用来从外部表示截流元件的位置，典型地以行程或旋转角度的百分比为单位。

阀内件：调节被控制流体的阀门内部部件。**流体增压器：**一个独立的放大器通常称为流体增压器或简单地增压器，因为它增力口或放大供应给执行机构的压缩空气量。(见“放大器”)

执行机构推力：执行机构提供的净力，用来对阀芯进行实际定位。

角形阀：一种阀门结构，它的一个口与阀杆或执行机构在同一直线上，另一个口则与阀杆成一垂直角度。

波纹管密封型阀盖：使用波纹管来防止截流元件连接杆周围泄漏的一种阀盖。

阀盖：阀门的包含填料函和阀杆密封并能对阀杆进行导向的部分。它为阀腔提供主要的开孔以安装内部零件，也可以是阀体的一个不可分割的部分。它把执行机构连接到阀体上。典型的阀盖与阀体是用螺栓连接的、用螺纹旋入的、用焊接连接的、用压力密封的、或者集成不可分隔的。(这个术语通常指的是阀盖及其包含的填料零件。更加准确地说，这一组零部件应该称为阀盖组件。)

阀盖组件：(通常称为阀盖，更加准确地称为阀盖组件)一个组件，包括阀杆可以在其中运动的零件以及防止阀杆周围泄漏的密封形式。它通常提供安装执行机构和装入填料组件的方法。

底法兰：一个封闭与阀盖开孔相对的阀体开孔的零件。它包括一个导向轴套或用来

阀笼：阀内件的一个零件，它包容截流元件并能规定流量特性或提供座合表面。它也提供了稳定性、导向、平衡和对中性，而且有助于其它阀内件零件的组装。阀笼壁包含通常决定控制阀流量特性的开孔。各种各样的阀笼形式示于下图



截流元件：阀门的可运动部件，它置于流体通道中，用来调节通过阀门的流量。截流元件导向面：截流元件的一部分，它使得截流元件在阀笼、阀座环、阀盖、底法兰或以上任意两个零件里运动。

气缸：活塞执行机构的气室，活塞在其中运气缸端盖密封：活塞执行机构气缸与支架的连接处的密封元件。

膜片：一个活动的把力传递给膜片支撑板和执行机构的压力响应元件。

薄膜执行机构：一个流体驱动的装置，在其中流体作用在一个活动的部件膜片上。

膜盖：包含上下两个部分的壳体，用来支撑膜片并建立一个或两个气压室。

膜片支撑板：与膜片同心的用来把力传递给执行机构推杆的板。

正作用执行机构：一种薄膜执行机构，它的推杆会随着膜片压力的增加而伸出来。**伸长型阀盖：**一种阀盖，填料函与阀盖法兰之间的距离较长，用于高温或低温工况。

直通阀：一种阀门，带线性运动的截流元件，有单阀座或多阀座，它的阀体因为阀座区域有一个球形的内腔而与众不同。直通阀可以进一步分为：二通单座阀、二通双座阀、角形、三通、不平衡阀笼导向和平衡阀笼导向。

下阀体：包含阀门内部零件，有一个流道连接口的阀体壳体的一半部分。在分体式阀体结构里，阀座环通常被压在上阀体和下阀体之间。

补偿式阀门：一种阀门结构，在不同的但互成 90° 的对立面上有入口和出口管线连接。

填料函(组件)：阀盖组件的一部分，用来防止截流元件连接杆周围的泄漏。包括在完整的填料函组

件里的是下列零部件的部分或全部的组合：填料、填料压盖、填料螺母、套环、填料弹簧、填料法兰、填料法兰双头螺栓或单头螺栓、填料法兰螺母、填料环、填料隔离圈环、毛毡隔离圈、Bellville 弹簧和抗挤压环。

活塞：一个可移动的把力传递给活塞执行机构推杆的压力响应元件。

活塞式执行机构：一个流体驱动的装置，在其中流体作用在一个可移动的活塞上使执行机构推杆产生运动。活塞式执行机构可以或者分为：双作用式，因此，在任一方向上都可产生最大的驱动力；或者分为弹簧复位式，因此在失去气源时，执行机构会使阀门沿着要求的行程方向移动。

反作用执行机构：一种薄膜执行机构，它的推杆会随着膜片压力的增加而退回来。反作用执行机构有一个密封轴套安装在支架的上端，以防止膜片压力沿着执行机构推杆泄放。

橡胶套：一个防止破坏性异物进入活塞执行机构的密封轴套的保护性装置。密封轴套：用来提供一种防止活塞执行机构气缸泄漏方式的上、下轴套。合成橡胶 O 形圈被用在轴套里，以密封气缸、执行机构推杆和执行机构推杆加长轴。

阀座：截流元件与它的配合表面相接触的区域，它实现阀座的关闭。

阀座负载：在规定的静态条件下，截流元件与阀座之间的净接触力。实际上，对于一个给定的控制阀，执行机构的选择就是以需要大的力来克服静态、阀杆和动态不平衡力，并留有一个余量给阀座负载为基础的。

阀座环：阀体组件的一个零件，它为截流元件提供座合表面，并成为流体控制口的

弹簧调整件：一个管件，通常旋在执行机构推杆上或旋入支架里面，以调整弹簧压缩量。

弹簧座：一块板，保持弹簧到位并提供一个让弹簧调整件接触的平面。

静态不平衡力：在规定的压力条件下，且流体处于静止状态时，由于流体压力作用在截流元件和阀杆上而产生的净力。阀杆连接件：把执行机构推杆连接到阀杆。

阀内件：调节被控流体的阀门内部部件。在直通阀体里，阀内件典型地包括截流元件、阀座环、阀笼、阀杆和阀杆销钉。阀内件，软阀座：带有弹性、塑性或其它易变形材料的阀内件，用在截流部件或者阀座环里，以用最小的执行机构力取得严密的关闭。

上阀体：包含阀门内部零件、有一个流道连接口的阀体壳体的一半部分。它通常包括一种防止阀杆周围泄漏的方式，并提供一种把执行机构安装在分体式阀体上的方法。阀体：阀门的主要的压力承受腔。它也提供管道连接端和流体流通通道，并支撑阀座表面和阀门截流元件。最常用的阀体结构有：a) 带一个阀座口和阀芯的单阀座阀体；b) 带二个阀座口和一个阀芯的双阀座阀体；c) 带一个入口和一个出口二个流体连接端的二通阀体；d) 带三个流体连接端的阀体，其中二个连接端可以是入

口，而一个是出口(用于混合流体)，或者一个连接端是入口，而二个是出口(用于分散流体)。术语
阀体经常用来指的是带有阀盖组件和包含阀内件零部件的阀体。更加准确地说，这一组部件应该称
为阀体组件。

阀体组件(通常称为阀体或阀门，更加准确地称为阀体组件)：一个阀体、阀盖组件、底法兰(如使
用)和阀内件元件的组合物。阀内件包括截流元件，它打开、关闭或部分地阻挡一个或多个阀座口。

阀芯：一个经常与阀塞交换使用的术语，指的是截流元件。

阀杆：直行程阀门里，连接执行机构推杆和截流元件的零件。

支架：把执行机构的动力单元刚性地连接到阀门上的结构。

执行机构杠杆：连接到旋转阀阀轴上的臂。它把执行机构推杆的线性运动转换成旋转力，以定位旋
转式阀门的阀板或球。这根杠杆正常地是通过间隙很小的花键或其它减小空隙和运动损失的方法连
接到旋转式阀轴上的。

全球：旋转式控制阀的流体控制元件。它使用一个完整的球并带有一个通过它的流体通道。流体通
道与管道直径相等或相一致。

部分球：旋转式控制阀的流体控制元件。它使用一个部分球并带有一个通过它的流。

V形切口球：最常见的部分球控制阀类型。V形切口球包括一个抛光的或涂层的部分球表面，它紧
靠阀座环在全行程范围内作旋转运动。在球上的V形切口可以实现很高的可调比，并提供一个等百
分比的流量特性。

传统阀板：用于最常见的各种各样的蝶阀里的对称的流体控制元件。在调节工况里，非常高的动态
力矩往往会把传统阀板限制在60度的最大转角里。动态设计的阀板：蝶阀阀板经过流线型轮廓处
理，可减小大旋转角度增量时的动态力矩，因此使得它适用于需要最大至90度的阀板旋转角的调
节工况。

偏心阀板：阀门结构常用名词，在这种阀门结构里，阀轴与阀板连接的位置会使得阀板在打开时沿
着一条很小的偏心路径运动。这使得阀板在被打开时能够尽可能快地偏离与密封的接触，这样可以
减少摩擦和磨损。

无法兰阀门：常见的旋转式控制阀类型。无法兰阀门用长螺栓夹在ANSI等级的法兰之间(有时候也
称为对夹式阀体)。

偏心球塞：带偏心旋转球塞的旋转式控制阀类型。偏心球塞会塞进或偏离阀座，可以减少摩擦和磨
损。此类阀门非常适合于冲刷性的应用场合。

反向流：流体从阀板、球或球塞背面的阀轴一侧流出。有些旋转式控制阀能够在任意一个方向上均

衡地处理流体。其它类型的旋转阀可能需要修改执行机构的连接件以处理反向流。

万向轴承：通常用于执行机构推杆与执行机构杠杆之间的连接。其目的是促进执行机构线性推力向旋转力转换，并尽可能减少运动损失。在旋转式阀体上配备一个标准的可互换作用方向的执行机构，通常需要使用两个万向轴承的连接件。然而，选择为旋转式阀门工况而特别设计的执行机构时只需要一个这样的轴承，因而减少了运动损失。

旋转式控制阀：一种阀门类型，它的流体截流元件（全球、部分球、阀板或球塞）在流体通道里旋转，以控制阀门流量。

密封环：旋转式控制阀的对应于直通阀阀座环的那个零件。阀板或球的相对于密封环的位置决定了在某个旋转行程增量时的流通面积和流通能力。正如以上说明的，有些密封结构允许双向流动。

阀轴：旋转式控制阀的对应于直通阀阀杆的那个零件。阀轴的旋转对流体通道里的阀板或球进行定位，因此可以控制阀门的流通能力。

滑动密封：气动活塞式执行机构气缸下面的密封，为旋转式阀门工况而设计。这个密封允许执行机构推杆垂直移动和周向旋转，而不会使得下气缸压力泄放。

标准流向：带有独立的密封环或流体环的那些旋转式控制阀的流动方向：流体通过与密封环相邻的管道进入阀体并从与密封环相对的另一端流出。有时候称为前向流。（也可见“反向流”。）

枢轴式安装：一种安装方式，用二个在直径方向相对的轴承把阀板或球安装在阀轴

四、控制阀的功能和特性术语

弹簧设定范围：控制阀执行机构弹簧调整范围，以平衡实际的过程力。

流通能力：在规定条件下通过阀门的额定流量。

间隙流：当截流元件没有座合时低于最小可控流量的那个流量。

膜片压力范围：膜片压力范围高低值之差。这可以认为是一种固有或安装特性。

双作用执行机构：在任意一个方向上都可以提供动力的执行机构。

动态不平衡力：由于过程流体压力的作用，在任何规定的开度下，在阀芯上产生

有效面积：在薄膜执行机构里，有效面积是有效地产生输出力的那部分膜片面积。膜片的有效面积可能会随着它的运动而改变，通常在行程的开始时为最大，而在行程的末尾时为最小。

模压膜片比平板膜片有较小的有效面积改变，因此推荐使用模压膜片。

失气—关闭：这样一种状态：当驱动能源失去时，阀门截流元件移至关闭位置。

失气—打开：这样一种状态：当驱动能源失去时，阀门截流元件移至打开位置。

失气—安全：阀门及其执行机构的一种特性：在驱动能源供应中断时，会使得阀门截流元件移至全闭、全开、或留在上次的位置，任何一种位置都被认为是保护工艺过程必需的。失效—安全作用方式可能需要采用连接到执行机构上的辅助控制。

流量特性：当百分比额定行程从 0 变化到 100% 时，流经阀门的流量与百分比额定行程之间的关系。这个术语应该总是表述为固有流量特性或安装流量特性。

流量系数(Cv 值)：一个与阀门的几何结构有关的、对于一个给定行程的常数(Cv 值)，用来衡量流通能力。它是在每平方英寸下磅的压力降下，每分钟流过阀门的 60°F 水的美国加仑数。

高压恢复阀门：一种阀门结构，由于流线型的内部轮廓和最小的流体紊流，它会分散相对少的流体能量。因此，在阀门缩流断面下游的压力会恢复到入口压力的一个很高的百分比值。直流通式阀门，如旋转式球阀是典型的高压恢复阀门。

固有膜片压力范围：阀体内压力为大气

压时，作用于膜片以产生额定阀芯行程的压力高和低值。这个范围通常指的是弹簧设定值范围，因为当阀门被设定在该工作范围上时，这个范围将是阀门的动作范围。

固有流量特性：在经过阀门的压力降恒定时，随着阀门从关闭位置运动到额定行程，流量与截流元件行程之间的关系。

安装膜片压力范围：在阀体承受规定的工况下，作用于膜片以产生额定阀芯行程的压力高和低值。由于作用在截流元件上的力，固有膜片压力范围可能会不同于安装膜片压力范围。

安装流量特性：当经过阀门的压力降受到变化的过程工况影响时，随着阀门从关闭位置运动到额定行程，流量与截流元件之间的关系。

低压恢复阀门：一种阀门结构，由于流体通道轮廓产生的紊流，它会分散很大一部分的流体能量。其结果是，在阀门缩流断面下游的压力会恢复到比带有更多流线型通道的阀门更小的一个入口压力百分比值。尽管每个阀门结构不尽相同，但是普通的直通阀通常有低的压力恢复能力。

修正的抛物线流量特性：一种流量特性，它在截流元件的低位行程处提供等百分比的特性，而在截流元件的高位行程处提供线性特性。

向下推关闭结构：一种直通式阀门结构，它的截流元件位于执行机构和阀座环之间，这样执行机构推杆的推出会将截流元件移向阀座环，最后关闭阀门。该术语也可用于旋转式阀门结构。在旋转式阀门结构里，执行机构推杆的线性伸出会将球或阀板移向关闭位置。也称为正作用。

向下推打开结构：一种直通式阀门结构。它的阀座环位于执行机构和截流元件之间，这样执行机构推杆的推出会将截流元件从阀座上移开，因此打开阀门。该术语也可用于旋转式阀门结构。在旋转式阀门结构里，执行机构推杆的线性伸出会将球或阀板移向打开位置。(也称为反作用)。

可调比：与指定的流量特性的偏差不超过规定的限制时，最大的流量系数(Cv 值)与最小的流量系数(Cv 值)之间的比例。当流量增加到下 00 倍最小可控制流量时，一个仍然能够很好地控制的阀门就有一个 100：1 的可调比。可调比也可表示为最大与最小可控制流量之间的比例。

额定行程：阀门截流元件从关闭位置运动至额定全开位置的距离。额定全开位置是由制造商推荐的最大开度。

相对流量系数：指定行程时的流量系数(Cv 值)与额定行程时的流量系数(Cv 值)之间的比例。

阀座泄漏量：当阀门在规定的压差和温度下处于全闭位置时，流经阀门的流体量 o

弹簧系数：弹簧长度每单位改变时弹簧力的改变。在薄膜执行机构控制阀里，弹簧系数通常用磅力 / 英寸压缩量来表示。

阀杆不平衡力：由于流体压力的作用，在任意位置的阀杆上产生的净力。

缩流断面：流速最大、流体静压和截面积最小处的那部分流束。在一个控制阀里，缩流断面通常位于实际的物理限制的下游。

ANSI：美国国家标准组织的缩写。

API：美国石油组织的缩写。

ASME：美国机械工程师学会的缩写。

ASTM：美国测试和材料学会的缩写。

自动控制系统：一种不需要人工干预就能工作的控制系统。

Bode 图：一幅转换函数的在对数基线上的对数幅度比例和相位角度值图。这是图形化表示频率响应数据的最常见形式。

校验曲线：校验结果的图形化表示。一个装置的稳态输出表示为它的稳态输入的函数。该曲线通常以百分比的输出量程对百分比的输入量程的形式来表示。

校验循环：在仪表的量程范围内，在上升然后下降的方向上，使用被测量变量的已知值，并记录相应的输出读数值校验循环曲线可以通过先增加然后减小装置的输入而获得。它通常以百分比的输出量程对百分比的输入量程的形式来表示。它提供回差的一种测量。

间隙流量：当截流元件没有座合时，低于最小可控制流量的那个流量。

控制器: 自动操作以调节被控变量的装置。

焓: 一个热动态量, 它是阀体的内部能量和其体积与压力之积的和: $H=U+pV_0$ (也称为热容量)。

熵: 在一个热动态系统里, 不能转化为机械功的能量的理论量度。

反馈信号: 测量直接的被控制变量而得到的返回信号。对于一个带定位器的控制阀, 反馈信号通常是反馈给定位器的截流元件连接杆位置的机械指示。

FCI: 流体控制组织的缩写。

频率响应特性: 以幅度和相位表示的稳态正弦输入及其引起的基本正弦输出之间的频率依赖关系。输出的幅度和相位移动可以被看作输入测试频率的函数, 并用来描述控制装置的动态行为。

硬度: 金属抵抗塑性变形(通常以凹陷形式)的能力。塑料和橡胶的抵抗尖头刺入其表面的能力。

振荡: 外部激励消失之后, 仍然存在的一种具有明显幅度的振动。振荡有时候被称为循环或极限循环。振荡是在或接近稳定极限处工作的证据。在控制阀里, 控制系统或阀门定位器的不稳定会引起执行机构加载压力的波动, 振荡会随之而出现。

ISA: 美国仪表学会的缩写。现在称为国际测量与控制学会。

仪表压力: 由一个自动控制器提供的用来使阀门工作的输出压力。

加载压力: 用来对气动执行机构进行定位的压力。这是实际作用在执行机构膜片或活塞上的压力。如果没有使用阀门定位器, 加载压力可以是仪表压力。

NACE: 用来代表美国腐蚀工程师协会。随着该组织的范围越来越国际化, 这个名词已经改为国际 NACE。NACE 已经不再是一个缩写。

OSHA: 职业安全和健康法令(美国)的缩写。

工作介质: 这是指流体, 通常为空气或气体, 用来为阀门定位器和自动控制器的工作提供动力。

工作极限: 一个装置能够承受而不会导致工作特性永久性损害的工作条件范围。

范围: 二个极限之间的区域, 其间距可以被测量、接受、或传递, 并用上下范围值来表示(如: 3 至 15Psi; -4 至 212°F , -40 至 100)。

可重复性: 在全行程范围内, 沿着相同的方向, 在相同的工作条件下, 对于相同的输入值, 一系列连续的输出测量值的接近程度。它通常是作为不可重复性来测量的, 但以百分比量程来表示。它不包括回差。

敏感性: 在达到稳定状态后, 输出幅度的改变与引起该改变的输入改变之间的

信号: 一个物理变量, 它的一个或多个参数携带关于该信号所代表的另外一个变量的信息。

信号幅度排序(分程): 一种动作方式, 其中有二个或更多个信号产生, 或者有二个或更多个终端控制元件被一个输入信号驱动, 每一个终端控制元件连续地、带或不带重叠对该输入信号的幅值作出响应。

量程: 上下范围值的算术差(如: 范围=0 至 150°F, 量程=150°F; 范围=3 至 15PSig, 量程=12PSig)。

气源压力: 一个装置供气口处的压力。常用的控制阀气源压力值对于 3 至 15 Psig 的弹簧设定范围为 20 Psig, 对于 6 至 30psig 的弹簧设定范围为 35Psig。

零误差: 当输入为低范围值时, 一个装置在规定的使用条件下的误差, 它通常表示为百分比的理想量程。

五、控制阀在工业生产过程控制中的作用

1. 控制系统的基本组成

工业生产过程的控制系统有各种不同类型, 例如简单控制系统、复杂控制系统等, 图 1 是两个简单控制系统的示例。图中, 每个控制系统都包括被控变量、操纵变量和相应的控制规律。被控变量是需要控制的过程变量, 例如, 换热器出口温度、泵出口压力等。要使被控变量与期望的设定值保持一致, 需要一种控制手段, 例如, 图中的蒸汽流量、泵的旁路流量等。被控变量偏离设定的原因是生产过程中存在干扰, 例如, 蒸汽压力的波动、泵转速的变化等。通常, 把用于调节的变量称为操纵变量。

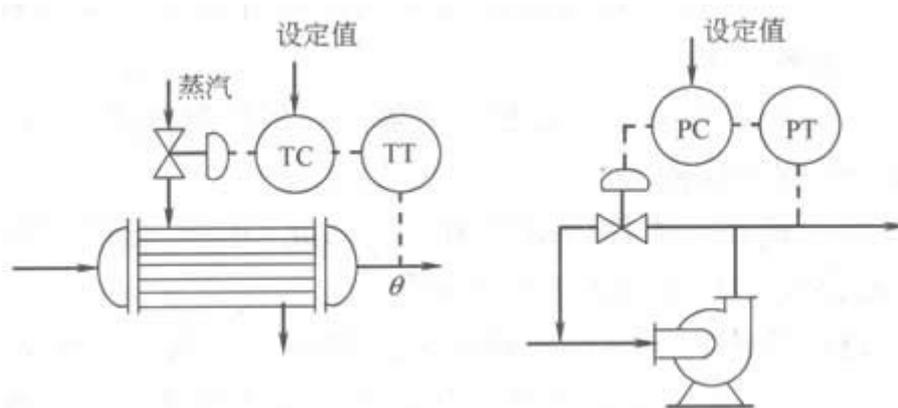


图 1 简单控制系统示例

(a) 温度控制系统

(b) 压力控制系统

一个简单控制系统由检测元件和变送器、控制器、执行器和被控对象组成。检测元件和变送器(sensor and transmitter)用于检测被控变量，将检测信号转换为标准信号。例如，热电阻将温度变化转换为电阻变化，温度变送器将电阻信号转换为标准的气压或电流、电压信号等。

控制器(controller)将检测变送环节输出的标准信号与设定值信号进行比较，获得偏差信号，按一定控制规律对偏差信号(error signal)进行运算，运算输出送执行器。控制器可用模拟仪表实现，也可用微处理器组成的数字控制器实现，例如 DCS 和 FCS 中采用的 PID 控制功能模块等。

执行器(actuator)处于控制环路的最终位置，因此也称为最终元件(final element)。执行器用于接收控制器的输出信号，并控制操纵变量变化。在大多数工业生产过程控制的应用中，执行器采用控制阀。近年来，随着变频调速技术的应用，一些控制系统已采用变频器和相应的电动机(泵)等设备组成执行器。本页介绍控制阀的有关内容，不讨论变频器和执行器。

生产过程的负荷变化或操作条件改变时，通过检测元件和变送器的检测和变送，将过程的被控变量送控制器，经控制规律运算后的输出送执行器，改变过程中相应的流体流量，使被控变量与设定值保持一致。可见，检测元件和变送器的作用类似于人的眼睛，控制器的作用类似于人的大脑，执行器的作用类似于人的手脚。一个控制系统的质量受到组成控制系统各组成部件的影响，主要取决于控制系统组成部件中最薄弱环节的影响。

2. 控制阀的重要性

控制阀(control valve)用于调节操纵变量的流量，因此，以前亦称调节阀。从控制系统整体看，一个控制系统控制得好不好，都要通过控制阀来实现。由于下列原因，控制阀变得十分重要。

①控制阀是节流装置，属于动部件，与检测元件和变送器、控制器比较，在控制过程中，控制阀需要不断改变节流件的流通面积，使操纵变量变化，以适应负荷变化或操作条件的改变。因此，对控制阀组件的密封、耐压、腐蚀等提出更高要求。例如，密封会使控制阀摩擦力增加，控制阀死区加大，造成控制系统控制品质变差等。

②控制阀的活动部件是造成“跑”、“冒”、“滴”、“漏”的主要原因，它不仅造成资源或物料的浪费，也污染环境，引发事故。

③控制阀的阀内件与过程介质直接接触，和检测元件与过程介质接触的不同之处如下

a. 控制阀组件的接触介质可能与检测元件的接触介质不同，对控制阀的耐腐蚀性、强度、刚度、材料等有更高要求。

b. 检测元件可采用隔离液等方法与过程介质隔离,但控制阀通常与过程介质直接接触,很难采用隔离的方法与过程介质隔离。

④控制阀的节流使能量在阀内件内部被消耗,因此,降低能耗,降低控制阀的压力损失,和保证较好的控制品质之间要合理选择和兼顾。

⑤控制阀对流体进行节流的同时也造成噪声。例如,当阀出口压力低于液体的蒸汽压力时,造成闪蒸;当阀下游压力高于液体蒸汽压力时,造成汽蚀。控制阀造成的噪声和控制阀流路的设计、操作压力、被控介质特性等有关,因此,降低噪声,降低压力损失等对控制阀提出更高要求。

⑥控制阀的适应性强。它被安装在各种不同的生产过程,生产过程的低温、高温、高压、大流量、微小流量等操作条件需要控制阀具有各种不同的功能,控制阀应能够适应不同应用的要求。

⑦检测元件和变送器、控制器等发展快,投入的人力和物力多。相对来看,通常认为控制阀结构简单,因此,对控制阀投入研究和开发的人力和物力相对不足。

六、控制阀的结构

执行机构

执行机构是将控制器输出信号转换为控制阀阀杆直线位移或阀轴角位移的装置。执行机构提供推动力或推动力矩,用于克服不平衡力、阀压紧力和摩擦力等,使位移量与输入信号成比例变化。

气动薄膜执行机构

气动薄膜执行机构是最常用的执行机构。气动薄膜执行机构的结构简单,动作可靠,维护方便,成本低廉,得到广泛应用。它分为正作用和反作用两种执行方式。正作用执行机构在输入信号增加时,推杆的位移向外;反作用执行机构在输入信号增加时,推杆的位移向内。

当输入信号增加时,在薄膜膜片上产生一个推力,克服弹簧的作用力后,推杆位移,位移方向向外。因此,称为正作用执行机构。反之,输入信号接口在下膜盖上,信号增加时,推杆位移向内,缩到膜盒里,称为反作用执行机构。气动薄膜执行机构的特点如下



气动薄膜直行程执行机构

1. 正、反作用执行机构的结构基本相同，由上膜盖、下膜盖、薄膜膜片、推杆、弹簧、调节件、支架和行程显示板等组成。

2. 正、反作用执行机构结构的主要区别是反作用执行机构的输入信号在膜盒下部，引出的推杆也在下部，因此，阀杆引出处要用密封套进行密封，而正作用执行机构的输入信号在膜盒上部，推杆引出处在膜盒下部，由于薄膜片的良好密封，因此，在阀杆引出处不需要进行密封。

3. 可通过调节件的调整，改变弹簧初始力，从而改变执行机构的推力。

4. 执行机构的输入输出特性呈现线性关系，即输出位移量与输入信号压力之间成线性关系。输出的位移称为行程，由行程显示板显示。一些反作用执行机构还在膜盒上部安装阀位显示器，用于显示阀位。国产气动薄膜执行机构的行程有 10mm、16mm、25mm、40mm、60mm 和 100mm 等六种规格。

5. 执行机构的膜片有效面积与推力成正比，有效面积越大，执行机构的推力也越大。

6. 可添加位移转换装置，使直线位移转换为角位移，用于旋转阀体。

7. 可添加阀门定位器，实现阀位检测和反馈，提高控制阀性能。

8. 可添加手轮机构，在自动控制失效时采用手轮进行降级操作，提高系统可靠性。

9. 可添加自锁装置，实现控制阀的自锁和保位。

精小型气动薄膜执行机构在机构上作了重要改进，它采用多个弹簧代替原来的一个弹簧，降低了执行机构的高度和重量，具有结构紧凑、节能、输出推力大等优点。与传统气动薄膜执行机构比较，高度和重量约可降低 30%。是采用四个弹簧结构的精小型气动薄膜执行机构示意图。

侧装式气动薄膜执行机构、也称为增力式执行机构，国外也称为 ΣF 系列执行机构。它采用增力装置将气动薄膜执行机构的水平推力经杠杆的放大，转换为垂直方向的推力。由于在增力装置上可方便地更换机件的连接关系来更换正反作用方式，改变放大倍数，例如，增力装置的放大倍数可达 5.2，国产产品也可达 3，因此，受到用户青睐。

滚动膜片执行机构采用滚动膜片，在相同有效面积下的位移量较大，与活塞执行机构比，有摩擦力较小、密封性好等特点。它通常与偏心旋转阀配套使用。

气动活塞执行机构

气动活塞执行机构采用活塞作为执行驱动元件，具有推力大、响应速度快的优点。气动活塞执行机构的特点如下。

1. 可采用较大的气源压力。例如，操作压力可高达 1MPa，国产活塞执行机构也可 0.5MPa，此外，它不需要气源的压力调节减压器。

2. 推力大。由于不需要克服弹簧的反作用力，因此提高操作压力和增大活塞有效面积就能获得较大推力。对采用弹簧返回的活塞执行机构，其推力计算与薄膜执行机构类似，其推力要小于同规格的无弹簧活塞执行机构。



ZSAB、ZSN 型气动活塞式执行机构

3. 适用于高压差、高静压和要求有大推力的应用场合。

4. 当作为节流控制时，输出位移量与输入信号成比例关系，但需要添加阀门定位器。

5. 当作为两位式开闭控制时，对无弹簧活塞的执行机构，活塞的一侧送输入信号，另一侧放空，或在另一侧送输入信号，一侧放空，实现开或关的功能；有弹簧返回活塞的执行机构只能够在侧送输入信号，其返回是由弹簧实现的。为实现两位式控制，通常采用电磁阀等两位式执行元件进行切换。采用一侧通恒压，另一侧通变化压力(大于或小于恒压)的方法实现两位控制，它使响应速度变慢；采用两侧通变化的压力(一侧增大，另一侧减小)实现两位控制，同样会使响应速度变慢，不拟采用。

6. 与薄膜执行机构类似，活塞执行机构分正作用和反作用两种类型。输入信号增加时，活塞杆外移的类型称为正作用式执行机构；输入信号增加时，活塞杆内缩的类型称为反作用式执行机构。作为节流控制，通常可采用阀门定位器来实现正反作用的转换，减少设备类型和备件数量。

7. 根据阀门定位器的类型，如果输入信号是标准 20~100kPa 气压信号，则可配气动阀门定位器；如果输入信号是标准 4~20mA 电流信号，则可配电气阀门定位器。

8. 可添加专用自锁装置，实现在气源中断时的保位。

9. 可添加手轮机构，实现自动操作发生故障时的降级操作，即手动操作。

10. 可添加位移转换装置使直线位移转换为角位移，有些活塞式执行机构采用横向安装，并经位移转换装置直接转换直线位移为角位移。

长行程执行机构是为适应行程长(可达 400mm)、推力矩大的应用而设计的执行机构，它可

将输入信号直接转换为角位移，因此，不需外加位移转换装置。

电动执行机构 动执行机构详细说明

电动执行器是一类以电作为能源的执行器，按结构可分为电动控制阀、电磁阀、电动调速泵和电动功率调整器及附件等。

电动控制阀是最常用的电动执行器，它由电动执行机构或电液执行机构和调节机构(控制阀体)组成。电动执行机构或电液执行机构根据控制器输出信号，转换为控制阀阀杆的直线位移或控制阀阀轴的角位移。其调节机构部分可采用直通单座阀、双座阀、角形阀、蝶阀、球阀等。

电磁阀是用电磁体为动力元件进行两位式控制的电动执行器。电动调速泵是通过改变泵电机的转速来调节泵流量的电动执行器，通常采用变频调速器将输入信号的变化转换电机供电频率的变化，实现电机的调速。由于与用控制阀节流调节流量的方法比较，它具有节能的优点，因而逐渐得到应用。电功率调整器是用电器元件控制电能的执行器，如常用的感应调压器、晶闸管调压器等，它通过改变流经负荷的电流或施加在负荷两端的电压来改变负荷的电功率，达到控制目的。例如，用晶闸管调压器来控制加热器电压，使加热器温度满足所需温度要求等。

(1)电动执行机构 电动执行机构是采用电动机和减速装置来移动阀门的执行机构。通常，电动执行机构的输入信号是标准的电流或电压信号，其输出信号是电动机的正、反转或停止的三位式开关信号。电动执行机构具有动作迅速、响应快、所用电源的取用方便、传输距离远等特点。

电动执行机构可按位移分为直行程、角行程和多转式等三类，也可按输入信号与输出性的关系分为比例式、积分式等两类。

电动执行机构的特点如下

1.电动执行机构一般有阀位检测装置来检测阀位(推杆位移或阀轴转角)，因此，电动执行机构与检测装置等组成位置反馈控制系统，具有良好的稳定性。

2.积分式电动执行机构的输出位移与输入信号对时间的积分成正比，比例式电动执行机构的输出位移与输入信号成正比。

3.通常设置电动力矩制动装置，使电动执行机构具有快速制动功能，可有效克服采用机械制动造成机件磨损的缺点。

4.结构复杂价格昂贵，不具有气动执行机构的本质安全性，当用于危险场所时，需考虑设置防爆、安全等措施。

5.电动执行机构需与电动伺服放大器配套使用，采用智能伺服放大器时，也可组成智能电动控制阀。通常，电动伺服放大器输入信号是控制器输出的标准4~20mA电流信号或相应的电压信号，经放大后转换为电动机的正转、反转或停止信号。放大的方法可采用继电器、晶体管、磁力放大器等，也可采用微处理器进行数字处理，通常，放大器输出的接通和断开时间与输入信号成比例

6.可设置阀位限制，防止设备损坏。

7.通常设置阀门位置开关，用于提供阀位开关信号。

8.适用于无气源供应的应用场所、环境温度会使供气管线中气体所含的水分凝结的场所和需要大推力的应用场所。近年来，电动执行机构也得到较大发展，主要是执行电动机的变化。由于计算机通信技术的发展，采用数字控制的电动执行机构也已问世，例如步进电动机的执行机构、数字式智能电动执行机构等。

(2)电磁阀 电磁阀是两位式阀，它，将电磁执行机构与阀体合为一体。按有无填料函可分为填料函型和无填料函型电磁阀；按动作方式分先导式和直接式两类；按结构分普通型、防水型、防爆型和防水防爆型等；按正常时的工作状态分常闭型(失电时关闭)和常开型(失电时打开)；按通路方式分为两通、三通、四通、五通等；按电磁阀的驱动方式分为单电控、双电控、弹簧返回和返回定位等。电磁阀常作为控制系统的气路切换阀，用于连锁控制系统和顺序控制系统。电磁阀一般不作为直接切断阀，少数小口径且无仪表气源的应用场合也用作切断阀。

先导式电磁阀作为控制阀的导向阀，用于控制活塞式执行机构控制阀的开闭或保位，也可作为控制系统的气路切换。通常，先导式电磁阀内的流体是压缩空气，在液压系统中采用液压油，应用先导式电磁阀时需要与其他设备，例如滑阀等配合来实现所需流路的切换。直接式电磁阀用于直接控制流体的通断。

电磁阀具有可远程控制、响应速度快、可严密关闭、被控流体无外泄等特点。需注意，电磁阀工作部件直接与被控流体接触，因此，选型时应根据流体性能确定电磁阀类型。电磁阀常用于位式控制或控制要求较低，但要求严格密封等应用场合。例如，加热炉燃料气进料、空气和水等介质。在防爆区域应用时，应选用合适的防爆电磁阀。

(3)电动调速泵 通常，电动调速泵指用交流调速技术对交流电动机进行调速，实现流量控制。交流电动机的调速方法有调频调速、调极对数调速和调转差率调速三种，同步交流电动机因不受转差率影响，只有调频调速、调极对数调速两种调速方法。

调速控制系统可直接采用开环控制，或组成速度反馈控制，也可添加电压、电流或位置

信号等，组成复杂控制系统。近二十几年来，由于矢量控制具有动态响应快、运行稳定等特点，因此，采用旋转矢量控制技术的交流电动机调速控制系统得到广泛应用。

电液执行机构

电液执行机构的输入信号是电信号，输出执行元件的动力源采用液压油，因此，特别适用于大推力、大行程和高精度控制的应用场合。在大型电站，为获得大推力，在主蒸汽门等控制系统中常采用电液执行机构。

电液执行机构与电动执行机构比较，由于采用液压机构，因此具有更大的推力或推力矩。但液压系统需要更复杂的油压管路和油路系统的控制，例如对液压油温度、压力等的控制，还需要补充油和油的循环。与气动活塞执行机构比较，电液执行机构采用液压缸代替气缸，由于液压油具有不可压缩性，因此，响应速度可达 100mm/s ，比气动活塞式执行机构快，行程的定位精确，控制精度高(可达 0.5 级)，它的行程可很长(可达 1m)，输出推力矩大(可达 60000Nm)，输出推力大(可达 25000N)。

电液执行机构将输入的标准电流信号转换为电动机的机械能，以液压油为工作介质，通过动力元件(例如液压泵)将电动机的机械能转换为液压油的压力能，并经管道和控制元件，借助执行元件使液压能转化为机械能，驱动阀杆完成直线或回转角度的运动。因此，它具有电动执行机构的快速响应性和活塞式执行机构的推力大等优点。但因使用液压油，带来油路系统的泄漏等问题。

基本的液压传动系统由方向控制回路、压力控制回路和流量控制回路等组成。方向控制回路可采用换向阀、单向阀等；压力控制回路可采用压力继电器、减压阀、j 顺序阀等；流量控制回路可采用节流阀、调速阀等。此外，还需要一些辅助控制回路，例如平衡控制回路、卸压控制回路、增压和增速控制回路等。为保证电液执行机构的正常运转，通常采用两套液压传动油系统，其中一套系统工作，另一套系统备用。

图 2—25 是某类电液执行机构的工作原理图。图中，当输入信号增加时，带动力矩马达的转子转动，使挡板靠近喷嘴，仪表波纹管压力和反馈波纹管压力都增加，仪表波纹管压力的增加使喷嘴管沿支点转动，喷嘴移到圆筒的接收口，它使液压缸的上部压力增加，液压缸的下部压力降低，液压缸的阀杆下移，直到反馈弹簧力与仪表波纹管压力平衡为止。而反馈波纹管压力的降低，使力矩马达转子返回平衡位置。

与电动执行机构类似，电液执行机构也采用位置反馈装置组成反馈控制系统。它提高了整个系统的控制精度，改善了系统的动态特性。但由于价格昂贵，管路系统复杂，只有在需要大推力和推力矩的应用场合才被采用。其特点如下。

1.相同输出功率条件下，液压传动装置的体积小、重量轻、结构紧凑、惯性小，响应快。

2.可大范围内实现无级调速，可输出较大推力和较大力矩。

3.传动无间隙，运动平稳，可实现频繁的换向操作。操作方便，易实现自动化，易实现复杂自动控制程序，易实现过载保护。

4.液压油黏度受环境温度影响大，也不适用于远距离传动控制。

5.对控制装置的要求高，要求设置反馈装置组成闭环控制。根据被控变量为位移、速度和力等机械量的不同，反馈检测装置也有位移检测反馈装置、速度反馈检测装置等，使整个系统变得复杂，价格上升，也提高了对维护人员的技能要求。

手动执行机构

手动执行机构仅在自动操作存在困难时才操作。例如，自动控制的输入信号故障或执行机构膜头漏气等，有时在工艺生产过程的开、停车阶段，由于控制系统还未切入自动操作，这时也需要用手动执行机构对控制阀进行操作。手动执行机构的主要用途如下。

1.与自动执行机构配合，用于自动控制失效时的降级操作，提高控制系统可靠性。

2.作为控制阀的限位装置，限制阀的开度，防止事故发生。例如，造纸浆料制备过程中有些阀要求正常时有一定开度，用于排放粗渣。

3.节省控制阀的旁路阀。在不重要的控制系统中，当管路直径较大时，可采用手动执行机构替代旁路阀的功能，降低投资成本，缩小安装空间。

4.用于开、停车时对过程的手动操作。

手动执行机构由手轮、传动装置和连接装置等组成。按安装位置可分为顶装式和侧装式两类。顶装式手动执行机构的手轮安装在自动执行机构的顶部，通过螺杆传动装置，与自动执行机构的推杆(或膜头板)连接。正常运行时，手轮退出，用紧固螺母锁定，可作为阀位最高位的限制装置。当需手动操作时，松开紧固螺母，转动手轮，使之与自动执行机构的推杆连接，从而可移动推杆，改变阀门开度。正作用和反作用的自动执行机构与手动执行机构的连接方式相同，但正作用执行机构需要考虑手动执行机构传动杆的密封。

侧装式手动执行机构的手轮安装在自动执行机构的侧面，可采用蜗轮蜗杆传动方式，也可采用杠杆传动方式。

选用顶装或侧装式手轮执行机构时，应从方便操作考虑。当控制阀安装位置较低，或阀侧没有空间时，可选用顶装式手轮执行机构，其他场合可选用侧装式手轮执行机构。为防止手轮被误操作而转动，可设置安全锁紧装置，例如，销轴固定手轮进行限位，或用小

锁紧轮顶紧手轮轴等。

为提供阀门位置的信息，手轮执行机构设置了刻度显示装置，用于提供阀门位置的显示等信息。

为方便进行手动操作和自动操作的切换，通常设置离合和切换装置。当手动位置时，手轮与自动执行机构的阀杆连接；当自动位置时，手轮与自动执行机构的阀杆脱钩，不影响自动执行机构的动作。

其他执行机构还有齿条齿轮执行机构，它常用于旋转控制阀，由于齿隙造成回差，因此用于位式控制和控制要求不高的场合。

调节机构控制阀的类型

调节机构是将执行机构的输出位移变化转换为控制阀阀芯和阀座间流通面积变化的装置。通常称调节机构为阀，例如直通单座阀、角形阀等。其结构特点可从下列几方面分析。

从结构看，调节机构由阀体、阀内件、上阀盖组件、下阀盖等组成。阀体是被控流体流过的设备，它用于连接管道和实现流体通路，并提供阀座等阀内件的支撑。阀内件是在阀内部直接与介质接触的组件，包括阀芯、阀座、阀杆、导向套、套筒、密封环等。通常，上阀盖组件包括上阀盖、填料腔、填料、上盖板和连接螺栓等。在一些调节机构中下阀盖作为阀体的一部分，并不分离。下阀盖用于带底导向的调节机构，它包括下阀盖、导向套和排放螺丝等。为安装和维护方便，一些调节机构的上阀盖与阀体合一，而下阀盖与阀体分离，称为阀体分离型阀，例如一些高压阀和阀体分离阀。

从阀体结构看，可分为带一个阀座和一个阀芯的单座阀阀体、带两个阀座和一个阀芯的双阀座阀体、带一个连接人口和一个连接出口的两通阀体、带三个连接口(一个人口和两个出口的分流或两个人口和一个出口的合流)的三通阀体。

从阀芯位移看，调节机构分为直线位移阀和角位移阀。它们分别与直线位移的执行机构和角位移执行机构配合使用。直通阀、角形阀、套筒阀等属于直线位移阀，也称为滑动阀杆阀(Sliding Stem Valve)。蝶阀、偏心旋转阀、球阀等属于角位移阀，也称为旋转阀(Rotary Valve)。近年也有一些制造厂商推出了移动阀座的控制阀，它与角行程执行机构配合，但从阀芯的相对位移看，仍是直线位移，例如 Nufflo 控制阀。

从阀芯导向看，可分为顶导向、顶底导向、套筒导向、阀杆导向和阀座导向等类型。对于流体的控制和关闭等，阀芯的导向十分重要，阀芯导向用于阀芯和阀座的对中配合。顶导向采用阀盖或阀体内的一个导向套或填料结构实现导向；顶底导向采用阀盖和下阀盖的导向套实现导向，对双座阀和需要精确导向的调节机构需采用顶底导向；套筒导向采用阀芯的

外表面与套筒的内表面进行导向,这种导向方式具有自对中性能,能够精确实现阀芯和阀座的对中;阀杆导向采用上阀盖上的导向套与阀座环对中,用轴套与阀杆实现导向;阀座导向在小流量控制阀中被采用,它用阀座直接进行对中。

从阀芯所受不平衡力看,调节机构的阀芯有不平衡和平衡两种类型。平衡式阀芯是在阀芯上开有平衡孔的阀芯,当阀芯移动时,阀芯上、下部因有平衡孔连接,因此,两侧压力差的绝大部分被抵消,大大减小不平衡力对阀芯的作用,平衡式阀芯需要平衡腔室,因此,需密封装置密封。根据流向不同,平衡阀芯所受的压力可以是阀前压力(中心向外流向),也可以是阀后压力(外部向中心流向)。平衡阀芯可用于套筒结构的阀芯,也可用于柱塞结构的阀芯。不平衡阀芯的两侧分别是控制阀阀前和阀后的压力,因此,阀芯所受不平衡力大,同样口径控制阀需要更大推力的执行机构才能操作。

从阀芯降压看,阀芯结构有单级降压和多级降压之分。单级降压结构因两端的压差大,因此,适用于噪声小、空化不严重的场合。在降噪要求高,空化严重的场合,应采用如图在多级降压结构中,控制阀两端的压差被分解为几个压差,使在各分级的压差较小,都不会发生空化和闪蒸现象,从而防止空化和闪蒸发生,也使噪声大大降低。

从流量特性看,根据流通面积的不同变化,可分为线性特、等百分比特性、快开特性、抛物线特性、双曲线特性及一些修正特性等。流量特、J 陛表示阀杆位移与流体流量之间的关系。通常,采用流量特性来补偿被控对象的非线性特性。阀芯的形状或套筒开孔形状决定控制阀的流量特性。直行,程阀芯可分为平板型(用于快开)、柱塞型、窗口型和套筒型等。图 2—30 是三种常用套筒控制阀的套筒示意图,由于开孔面积变化不同,阀芯移动时,流通面积也不同,从而实现所需流量特性。柱塞型阀和窗口型阀也可根据所需流量特性有不同形状。角行程阀的阀芯也有不同形状,例如,用于蝶阀的传统阀板、动态轮廓阀板;用于球阀的 0 形开孔、V 形开孔和修正型开孔等结构。



快开

线性

等百分比

图 1 三种常用套筒控制阀的套筒示意图

从阀内件的互换性看，一些调节机构的阀内件可方便地更换和维护，例如，套筒阀可方便地更换套筒实现不同流量特性；顶底导向的阀内件可方便地翻转阀芯和阀座来实现正体阀与反体阀的更换，从而实现气开和气关方式的更换；阀体分离阀可方便地拆卸，用于阀座更换和清洗。从上阀盖结构看，根据不同应用要求，可采用普通阀盖，也可采用长颈型阀盖或带散热或吸热片的长颈型阀盖，另外还有波纹管密封型阀盖。长颈型阀盖用于高温和低温的应用，保护阀杆填料，使之不受介质温度影响，防止黏结、咬卡、泄漏或降低润滑效果。除了通过把阀盖延伸，使填料处温度远离介质工作温度的长颈型阀盖外，也可增加散热或吸热片，制成带散热或吸热片的长颈型阀盖，使介质温度得到降低或提高。通常，铸造的长颈型阀盖具有较好的散热性和较高的高温适应性，被用于高温应用场合；不锈钢装配的长颈型阀盖具有较低的热传导性和较好的低温适应性，被用于低温应用场合。当不允许被控介质泄漏时，不能采用常用填料结构的上阀盖，必须采用带波纹管密封的上阀盖。这种结构采用波纹管密封，可使被控介质被密封在阀体内，不与填料接触，防止流体泄漏。在选用时需考虑波纹管的耐压和温度影响。

从调节机构与管道的连接看，有旋入式管螺纹连接、法兰连接、无法兰的夹接连接和焊接连接等几种。小型控制阀常采用旋入式管螺纹连接，阀体连接端是锥管阴螺纹，管道连接端为锥管阳螺纹。这种连接方式适用于口径小于 2” 的控制阀阀体与管道的连接，不适用于高温工况。由于维护、拆卸困难，因此，需要在控制阀的上下游安装活接头。法兰连接采用与控制阀配套的法兰，用螺栓和垫片进行连接，配套法兰焊接在管道上。根据控制阀连接法兰的不同，有不同的配套法兰，例如，有平法兰、凸面法兰、环形结合面法兰等。所用法兰应与控制阀额定工作压力和温度相适应。平法兰连接时，可在两片法兰面间安装垫片，适用于低压、铸铁和铜质控制阀的安装连接。凸面法兰上加工有扒紧线，它是一个与法兰同心的小槽，当两片法兰间安装的垫片在螺栓作用下压紧时，垫片会进入扒紧线的槽内，使连接处的密封更紧密，凸面法兰连接适用于大多数应用场合使用的铸钢、合金钢的控制阀。环形结合面法兰用于高压控制阀的连接，采用透镜垫片，当压紧垫片时，垫片被压入法兰凸面上的 U 形槽内，形成严密密封。夹接连接适用于闸阀、蝶阀等低压、大口径控制阀的连接，采用外部的法兰夹住控制阀，并在连接面安放垫片，用螺栓压紧法兰完成阀与管道的连接。焊接连接将控制阀直接与管道焊接，可采用套接焊接或对接焊接。焊接连接的优点是可实现严格密封，缺点是焊接连接需要阀体材质可焊接，而且不易从管道拆卸，因此，一般不采

用焊接连接。

填料函和填料结构

在控制阀中填料函的用途如下。

1. 提供阀杆或阀轴的密封。由于阀杆和阀轴是活动部件，它们在控制阀运行过程中不断改变位置，因此，需要用填料函进行密封。

2. 提供尽可能小的摩擦和尽可能长的使用寿命。由于阀杆或阀轴移动时有静摩擦力(力矩)和动摩擦力(力矩)，它们使控制阀的静态和动态性能变差，因此，要选用合适的填料函和填料结构使摩擦降低到最小，使用寿命最长。

控制阀选择通常考虑控制阀工作温度、压力、流量特性、流通能力和材质选择等，对填料函和填料结构的设计和选用考虑较少。随着对控制系统控制品质要求的提高，对环保要求的提高，对控制阀泄漏量的要求也不断提高，因此，填料函选用和结构设计变得越来越重要，对填料函和填料结构的考虑被提到议事日程。一些制造商对填料类型、填料结构等做了大量实验室试验取得了有用实验数据，并使填料函和填料结构更合理。

填料

过去，填料选择的主要考虑因素是填料工作温度。因此，当温度低于 200℃时选用聚四氟乙烯(PTFE)，当温度高于 200℃(2 时选用石墨。现在，选用填料时，不仅要考虑工作温度，还要考虑填料的摩擦对控制过程造成影响，例如，回差、密封质量和使用寿命等。不同应用过程，不同安装条件，这些变数很难用定量化方法来描述，因此，只能从不同填料的各种性能比较中选择较适合于实际过程和操作条件的填料函和填料结构。所选用填料可以是单一材质，例如聚四氟乙烯(PTFE)或石墨，也可以做成不同形状，例如 60° 和 90° V 形环状、丝状等，也可由几种材质混合，例如石墨—PTFE、丝状石墨—冲压成型石墨等。

填料结构

填料结构研究各种填料系统中填料的排列方式，达到在保证所需泄漏量等级的前提下尽可能减小摩擦力、延长使用寿命的目的。采用 PTFE 作为填料函或采用 PTFE 填料组件组成填料函填料系统。通常，PTFE 制成 V 形环状。

采用石墨填料的填料系统结构图。通常，石墨有丝状、片状和弯片状等几种。丝状石墨可制成编织丝带，它容易与阀杆紧密接触，并净化阀杆表面。但丝状石墨会造成空隙，使泄漏加大。因此，丝状石墨填料要冲压成型，增加其致密性。

采用石墨填料的系统，其摩擦要大于采用 PTFE 填料函的系统，因此，只要温度允许，应采用 PTFE 填料系统。

从图 2、图 3 可见，不同的填料排列方式，不同的填料结构对密封性、摩擦性能和使用寿命有不同的影响，因此，应合理选择。填料系统在满足密封性能要求的前提下，应尽量改善摩擦性能，减少维护工作，提高使用寿命。

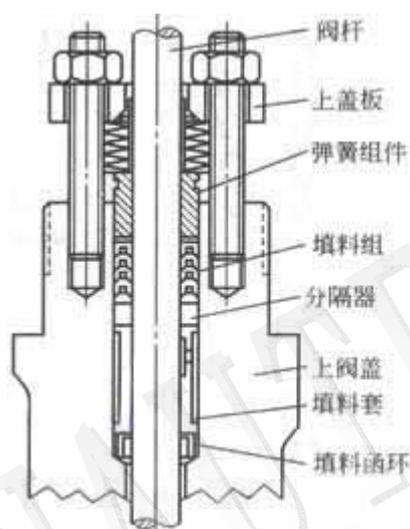
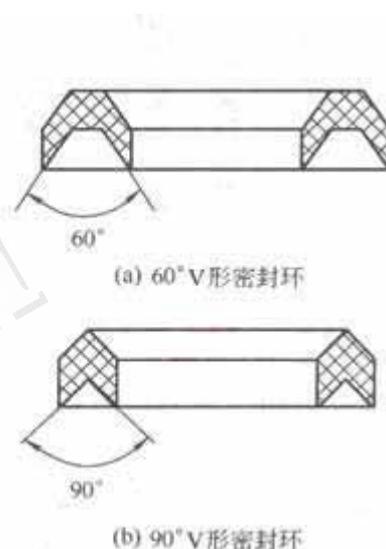


图 2 采用 PTFE 填料的结构



PTFE 制成的填料环形状

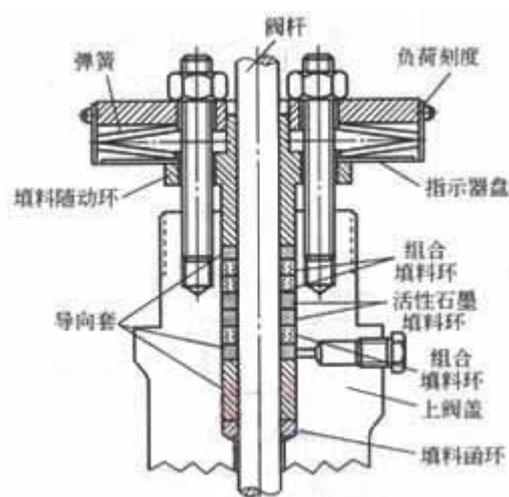
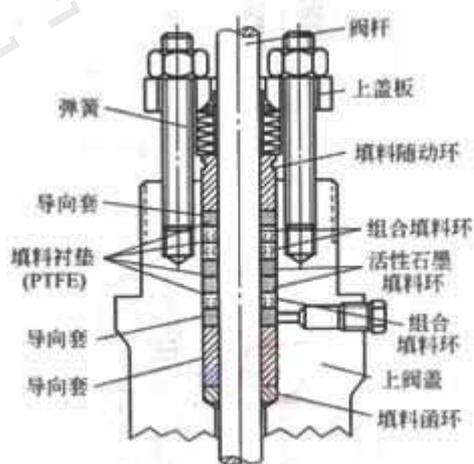


图 3 采用石墨填料的结构

填料系统结构确定后，仍有多种因素影响系统的密封和摩擦、寿命等性能，例如，安装不当，阀杆加工的光洁度，填料腔加工的光洁度，填料的质量等。

为了在一些不允许泄漏的场合使用，可采用波纹管密封，例如，采用波纹管密封的上阀盖，在核工业中应用时，也采用填料和波纹管组成双重密封系统，保证系统不发生泄漏。

角行程控制阀的填料系统与上述用于直行程控制阀的填料系统类似。由于上阀盖等组件

结构的变化使填料腔在阀体的位置有所变化，但基本结构不变。图 4 和图 5 是用于角行程控制阀的部分填料系统结构图。

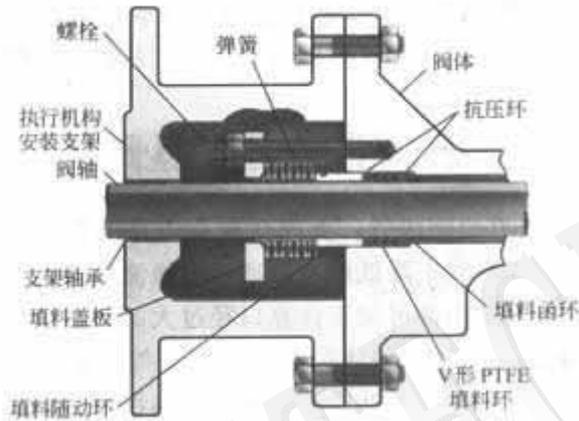


图 4 采用 PTFE 填料的结构

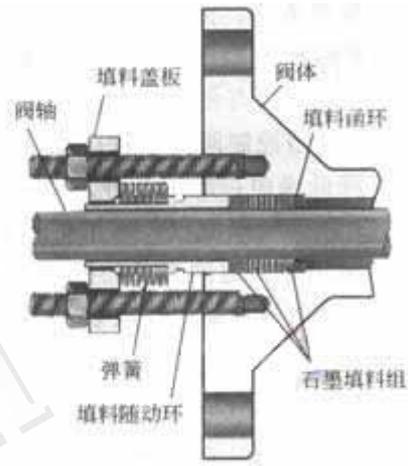


图 5 采用石墨填料的结构

在填料结构设计和应用时应注意下列事项。

1. 不同填料函和填料结构适用于不同的应用场合。合理选用填料函和填料结构可在达到所需密封条件下降低摩擦，延长使用寿命。

2. 填料结构中，填料层数和长度并不是越多越好，通常填料长度是阀杆直径的 1，5 倍。

3. 提高阀杆和填料腔的加工光洁度和表面精度十分重要，对 PTFE 填料，阀杆或填料腔光洁度不够会使密封下降，造成泄漏量增大。

4. 填料结构设计应能够自动调节压紧力，补偿由于磨损等造成压紧力的下降，要有利于现场维护和安装。

5. 控制阀的安装不当会造成摩擦不均，例如水平安装使阀杆自重对水平线下部的填料造成压力，增大摩擦，而水平线上部的填料因压紧力降低而使密封性能变差。

控制阀结构特点

从结构看，控制阀的特点如下。

1. 控制阀有各种不同类型，它们的适用场合不同，因此，应根据工艺生产过程的要求合理选择控制阀类型。

2. 控制阀分气开和气关两类。气开控制阀在故障状态时关闭，气关控制阀在故障状态时打开。可采用一些辅助设备组成保位阀或使控制阀自锁，即故障时控制阀保持故障前的阀

门开度。

3. 气开和气关的方式可通过正、反作用的执行机构类型和正体、反体阀的组合实现，在使用阀门定位器时，也可通过阀门定位器实现。

4. 各种控制阀结构不同，各有特色。从控制阀应用看，发展方向如下。

a. 精小型执行机构：可降低成本，提高流通能力。

b. 套筒导向：采用套筒导向，有利于对中，有利于降低摩擦，有利于降噪，有利于流量特性的互换。

c. 平衡式阀芯：为降低执行机构推力或推力矩，采用平衡式阀芯是重要的，它对系统的动态性能也有改善。

d. 一体化阀芯和阀座：为克服双座阀密封性差的缺点，采用相同材质的一体化阀芯和阀座组成阀内件，将泄漏量和不平衡力同时减到最小。

e. 简单流路：流路简单，流阻减小，不仅可使阀两端压损下降，而且可降低成本。L
密封和摩擦：密封性能和摩擦性能是矛盾的两方面，控制阀设计中不仅要解决密封问题，对摩擦和寿命等性能指标也必须重视。因此，近年来，填料函和填料结构的研究得到重视，旋转型控制阀得到较广泛应用。

g. 降低噪声：采用多种方式降低控制阀噪声，例如，采用降噪套筒和阀芯，采用多级阀芯，采用降噪限流板，采用扩展器等。

h. 采用与管道同直径的控制阀和限制流通能力的阀内件：大阀体有利于降低阀入口压力和出口流体流速，不需安装异径管等附加管件，有利于降低成本，通过更换流通能力大的阀内件，可扩展流通能力，通过选用限制流通能力阀内件可纠正计算口径过大的错误。

i 在数字化信息化时代，将较多采用智能阀门定位器或通过数字控制器等实现非线性规律，补偿被控对象非线性，将较少选用控制阀流量特性来补偿被控对象非线性。

5. 阀内件的材料随温度变化，因此，应考虑不同温度下热膨胀造成的影响，也要考虑在高温下耐压等级的变化等，应考虑材料的耐腐蚀性、抗疲劳性等性能。

七、控制阀的维修

1. 控制阀的故障分析

控制阀在正常运行过程中出现各种故障，它们可来自执行机构、调节机构或连接的附件装置。故障分析用于对故障的定位和处理方案的确定。

执行机构的故障分析

填料造成的故障

因填料原因造成的故障表现为外泄漏量增大、摩擦力增大及阀杆的跳动。分析如下。

1. 填料材质不合适。由于填料材质不合适造成的故障主要是外泄漏量增大及摩擦力增大例如，在高温应用场合，采用聚四氟乙烯填料。故障处理方法是更换填料。

2. 填料结构设计不当。○ 填料腔内，填料和有关附件的位置安装不合适，填料高度不合适故障处理方法是按产品说明书要求安装填料和有关附件。

3. 填料安装不合适。例如，石墨填料采用螺旋式安装造成填料压紧力不均匀，中心没有对准等。故障处理方法是按层安装，使压紧力均匀。

4. 填料有杂物。填料内的杂物造成阀杆划迹。故障处理方法是对填料进行清洁，除去杂物

5. 上阀盖安装不当。上阀盖安装不当使填料受力不均匀。故障处理方法是重新安装上阀盖的垫圈，并对上阀盖固紧螺栓平均地用对角方式压紧○

执行机构的气密性造成的故障

执行机构的气密性造成的故障表现为响应时间增大，阀杆动作呆滞。分析如下。

1. 气动薄膜执行机构的膜片未压紧。膜片未压紧或受力不均匀造成输入的气信号外漏，使执行机构对信号变化的响应变得呆滞，响应时间增大。如果安装了阀门定位器，则其影响会减小。故障处理方法是使用肥皂水涂刷检查，并消除泄漏点○

2. 气动活塞执行机构的活塞密封环磨损。造成控制阀不能快速响应，阀杆动作不灵敏。故障处理方法是更换密封环，并检查汽缸内壁有否磨损。

3. 气动薄膜执行机构的膜片破损。表现为阀杆动作不灵敏，可听到气体的泄漏声。故障处理方法是更换膜片，并应检查限位装置或托盘是否有毛刺等○

4. 连接管线漏气。造成阀杆动作不灵敏，响应时间增大。故障处理方法是使用肥皂水涂刷连接管线，检查泄漏点，并更换或焊接。

不平衡力造成的故障

不平衡力造成的故障表现为控制阀动作不稳定，关不严等。故障分析如下。

1. 流向不当。控制阀安装不当，造成实际流体流向与控制阀标记流向不一致，使不平衡力变化。例如，流关控制阀被安装为流开。故障处理方法是重新安装。

2. 执行机构不匹配。造成推力或推力矩不足，使控制阀动作不到位。故障处理方法是更换执行机构。

电动执行机构的故障

电动执行机构的故障除了常见的线路短路或断路外，还有伺服放大器和电动机等故障。常见故障分析如下。

1. 各接插件松动或接线断路或短路。造成接触不良，并增大或降低有关线路阻抗。故障处理方法是检查和拨动连接导线，重新插拔和插入各接插件。

2. 减速器机械传动部件。检查运转是否正常，齿轮啮合是否良好，故障处理方法是更换或修补残缺的齿轮，添加润滑剂。

3. 电源。检查保险丝是否熔断，伺服放大器位置反馈有无冒烟和特殊气味，如变压器外壳绝缘层及电阻烧焦发出糊味。故障处理方法是更换损坏的元器件。

调节机构的故障分析

流量特性不匹配造成的故障

控制阀的流量特性用于补偿被控对象的不同特性。如果选配的流量特性不合适，会使控制系统的控制品质变差。例如，在小流量和大流量时，控制系统的灵敏度不同。故障分析如下

1. 被控对象具有饱和非线性特性(例如，温度控制系统)小流量时，控制系统能够正常运行，但大流量时控制系统呆滞。或小流量时控制系统极灵敏，甚至出现振荡和不稳定，但在大流量时，控制系统能够正常运行。故障原因是选用了线性或快开流量特性控制阀。故障处理方法是更换控制阀的阀内件或控制阀，或安装阀 f 刁定位器，使控制阀满足等百分比或抛物线流量特性要求。

2. 被控对象具有线性特性(例如，流量随动控制系统)小流量时控制系统运行正常，大流量时控制系统出现振荡或不稳定现象。或小流量时控制系统呆滞，大流量时控制系统能够正常运行。故障原因是选用了等百分比或抛物线流量特性控制阀。故障处理方法是更换控制阀的阀内件或控制阀，或安装阀门定位器，使控制阀满足线性流量特性要求。

3. 控制阀额定流量系数选择不当。选用的额定流量系数过大或过小，使控制阀可调节的最小或最大流量变大或变小，不能满足工艺生产过程的操作要求。控制阀工作在小开度或大开度位置，控制品质变差。故障处理方法是重新核算控制阀流量系数，安装符合要求的控制阀。例如，直接根据工艺管道直径选配控制阀造成额定流量系数过大，由于生产规模扩大造成额定流量系数过小等。

流路设计和安装不当造成的故障

因控制阀流路设计或安装不当造成故障表现为噪声增大，污物容易积聚在阀体内部，使控制阀关闭不严，泄漏量增大或卡死等。故障分析如下。

1. 双座阀泄漏量增大。双座阀未采用一体化设计，造成温度变化时阀内件膨胀系数不同而使泄漏量增大。故障处理方法是选用一体化双座阀，或选用具有平衡功能的套筒阀。

2. 三通阀用于合流时，由于合流的两股流体温度不同造成泄漏量增大。故障处理方法是将流体的合流改为分流控制，安装三通阀在换热器前，从而保证流体温度一致。

3. 流向不当造成噪声增大。例如，流开控制阀用于流关场合，造成小流量时的噪声增大。故障处理方法是检查流向，重新安装。

4. 上、下游切断阀与旁路阀安装不当。造成污物、冷凝液或不凝性气体不能排放。故障处理方法是排污阀安装在控制阀组的最低处，放空阀安装在控制阀组的最高处。

5. 导向轴套安装不当。造成中心未对准，使摩擦增大，阀杆卡死。故障处理方法是重新安装导向轴套。

泄漏量造成的故障

内泄漏造成可调比下降，严重时使控制系统不能满足工艺操作和控制要求。外泄漏造成环境污染，使成本提高。故障分析如下。

1. 因空化和汽蚀造成泄漏量增大。由于空化、闪蒸和汽蚀造成阀芯和阀座损坏，使控制阀的泄漏量增大时表现为气体或液体动力学噪声的增大。故障处理方法是检查阀内件，更换或研磨阀芯、阀座、阀芯堆焊硬质合金，降低控制阀两端压降，消除噪声声源，采用低噪声控制阀等。

2. 因被控流体含有杂物造成泄漏量增大。在开车阶段常常因管道吹扫时未将控制阀拆下的不规范操作造成杂物进入控制阀，或在运行过程中，被控流体夹带的杂物积聚在阀体内部，这些杂物造成阀芯与阀座密封面损伤，使泄漏量增大。故障处理方法是研磨阀芯和阀座，在管道吹扫时拆下控制阀，对含颗粒的被控流体，可在控制阀上游安装过滤装置，将控制阀组安装在较高位置，并定期进行排污。

3. 执行机构与调节机构连接不合适。故障处理方法是重新安装，进行泄漏量测试。

4. 填料安装不当。由于填料安装不当，造成摩擦力增大或使阀杆变形。故障处理方法是重新安装填料，对变形的阀杆整形。

5. 法兰安装不当。造成受力不均引起外泄漏，故障处理方法是重新安装连接法兰和垫片，并均匀用力压紧连接法兰。

6. 流体流动对阀芯和阀座的磨损。故障处理方法是对阀芯和阀座进行研磨。

7. 填料安装不当造成摩擦增大，控制阀关不严造成外泄漏量增大。故障处理方法是重新安装填料，减小摩擦。

8. 流向不当造成泄漏量增大。流向选择不当使不平衡力增大，从而使泄漏量增大。故障处理方法是核对设计图纸，重新安装。

阀芯脱落造成的故障

阀芯脱落前，控制阀会呈现较大机械噪声。故障发生后，控制系统不能正常进行调节，被控变量出现突然的上升或下降。故障分析如下。

1. 控制阀流路设计不合理，造成阀芯振荡和受到剪切力，在长期运行过程中，使阀芯与阀杆的连接销钉断裂，从而使阀芯脱落。故障处理方法是检查控制阀流路，更换销钉。

2. 阀芯连接销钉安装不牢，造成阀芯脱落。故障处理方法是重新安装销钉，并紧固。

阀门定位器的故障

阀门定位器的故障使串级副环的特性变差。由于阀门定位器处于串级控制系统的副环，因此，有一定的适应能力。阀门定位器的故障表现为控制系统不稳定、卡死等。

阀门定位器凸轮不合适造成的故障

阀门定位器凸轮不合适造成的故障现象与控制阀流量特性不合适造成的故障现象类似，它使控制系统在不同工作点处出现不稳定或呆滞现象。故障处理方法是根据被控对象特性和控制阀流量特性选择合适的阀门定位器凸轮，安装凸轮后需进行调试。

阀门定位器放大器造成的故障

阀门定位器放大器的故障有节流孔堵塞、放大器增益过大等。前者使输出变化缓慢，后者使控制系统出现共振现象。因此，故障处理方法是检查和疏通放大器节流孔，当放大器增益过大时，可减小压紧钢珠的簧片弹力或更换放大器等。

阀门定位器检测杆不匹配造成的故障

阀门定位器检测杆不匹配造成死区增大，不能正确及时反映阀位的反馈信号。因此，控制系统的控制品质变差。故障处理方法是检查和重新安装反馈检测杆。

气动系统常见故障

气动控制阀的气源质量不良是最常见的气动系统故障。

水分造成的影响和故障分析

水分是压缩机吸入湿空气后，在冷却时形成的。水分使气动装置的元件生锈、影响气动元件动作。水分造成的影响如下。

1. 管道。造成管道内部生锈；管道腐蚀，造成空气漏损，容器破裂；管道底部滞留水分造成空气流量不足，压力损失增大。

2. 元器件。管道生锈，加速过滤器网眼堵塞，使过滤器不能工作；管内锈屑进入阀门内部，引起动作不良，空气泄漏；锈屑使元器件咬合，不能顺利运转；直接影响气动元器件的零部件，引起转换不良，空气泄漏和动作不稳定；水滴侵入阀体内部，造成动作不良；水滴进入元器件内部，使不能顺利运转；水滴冲洗润滑油，使润滑不良，阀门动作失灵，执行元件运转不稳定；阀内滞留水滴造成流量不足，压力损失增大；发生水击现象引起元器件损坏。

3. 环境。从排气口向外放出的泄放水，污染环境。水分造成的故障可采用的故障处理方法是除水，即压缩机出口温度下降到使所含水分析出水滴，并排除。为此，在压缩机后应设置和安装冷却器和分离器，在压缩机入口安装空气过滤器。水平管道有一定斜度，在低端安装排水阀。出口安装干燥器。可采用的除水措施如下。

- a. 吸附除水法：用吸附能力强的材料吸附水分，例如用硅胶、铝胶和分子筛等
- b. 压力除湿法：提高压力，使体积缩小，温度降低，从而析出水滴。
- c. 机械除水：用机械阻挡、旋风分离等除水。
- d. 冷冻除水：用制冷设备使空气冷却到露点以下，使水气凝结成水析出。

油分造成的影响和故障分析

压缩机润滑油呈现油雾状混入压缩空气，并经受热随压缩空气一起送出，是压缩空气含油的原因。油分的影响如下。

1. 密封圈变形。密封圈收缩，空气泄漏阀动作失灵，执行元件输出力不足；密封圈泡油发胀，摩擦力增大，阀不能动作或执行元件输出力不足；密封圈硬化，摩擦面磨损，空气泄漏量增大；摩擦增大，阀门和执行元件动作不良。

2. 环境。工业原料化学药品直接接触空气的场所使原料化学药品性质变化；工业炉等直接接触火焰场所引起火灾危险；使用空气的计量仪器因喷嘴的堵塞而失灵；要求极度忌油环境，由于阀门和执行元件密封部分的泄漏油造成环境污染，油分的清除方法是采用除油滤清器。例如，用离心式滤清器除油雾粒子，用活性炭吸附或用多孔滤芯除油。

粉尘造成的影响和故障分析

压缩机吸入有粉尘的空气而流入气动装置，造成气动元件摩擦，损坏和增大摩擦力。粉尘造成的影响如下。

1. 控制元件。控制元件摩擦并磨损和卡死，动作失灵和不能换向；影响调压的稳定。
2. 执行元件。执行元件摩擦并磨损和卡死，动作失灵；降低输出力。
3. 放大器等具有节流件的气动元器件。使喷嘴挡板的节流孔堵塞，因油污而失灵，粉尘的排除方法是在压缩机吸气口安装空气滤清器，进入气动装置前再用空气过滤器过滤，定期对过滤器进行清洗或更换。

控制阀的维护

控制阀正常运行后要进行维护和保养。控制阀作为自动化控制系统的一部分，其维护应与自动化仪表和其他设备同时进行。

控制阀的维护与一般仪表的维护类似，可分为被动性维护、预防性维护和预见性维护。被动性维护是当控制阀等设备出现故障时才进行维护的一种维护方法。由于设备发生故障才维护因此，常常造成生产过程停车，严重时甚至出现设备损坏或人员伤亡等。被动性维护是生产过程所不希望的维护，预防性维护是根据过去的运行经验，按时间进行维护的一种维护方法。例如，常用的定期维护就是预防性维护，它根据不同设备的运行情况制定相应的维护时间表，在设备还没有出现故障时就进行维护。由于故障没有发生就进行维护，因此，可大大降低故障发生概率。但这种维护方法并没有将当前使用的该控制阀实际情况进行分析，常常对还可以使用一定时间的控制阀进行拆装和检查，浪费了时间和资源。预见性维护从当前使用的控制阀数据分析出发，预见该控制阀的状态，从而使控制阀得到最大限度的利用。

控制阀的日常维护

控制阀维护人员的技能要求

控制阀维护人员与仪表维护人员的技能要求类似。维护人员应具备下列条件：

1. 熟知控制阀的维护规程和控制阀产品说明书的技术要求。
2. 熟悉控制阀结构、工作原理及拆装的技术要求。
3. 了解相应的控制阀在工艺生产过程中的作用，熟悉工艺生产过程对控制阀的要求。
4. 熟练掌握控制阀维护所需仪器仪表的使用方法。

控制阀日常维护工作内容

控制阀日常维护工作内容分为巡回检查和定期维护两部分，巡回检查工作内容如下。

1. 向当班工艺操作人员了解控制阀的运行情况。
2. 查看控制阀和有关附件的供给能源(气源、液压油或电源)
3. 检查液压油系统运行情况。
4. 检查控制阀的各静、动密封点有无泄漏。
5. 检查控制阀连接管线和接头有无松动或腐蚀。
6. 检查控制阀有无异常声口向和较大振动，检查供给情况。
7. 检查控制阀的动作是否灵活，在控制信号变化时是否及时变化
8. 侦听阀芯、阀座有无异常振动或杂音。
9. 发现问题及时联系处理。
10. 做好巡回检查的记录，并归档。

定期维护工作内容如下：

1. 定期对控制阀外部进行清洁工作。
2. 定期对控制阀填料函和其他密封部件进行调整，必要时更换密封部件，保持静动密封点的密封性。
3. 定期对需润滑的部件添加润滑油。
4. 定期对气源或液压过滤系统进行排污和清洁工作。
5. 定期检查各连接点的连接情况，腐蚀情况，必要时更换连接件。

控制阀的定期校验

控制阀预见性维护工作尚未开展的单位，应对控制阀进行定期校验。定期校验工作是预防性维护工作。

根据不同工艺生产过程，控制阀的定期校验应有不同的校验周期。可结合制造商提供的资料确定各控制阀定期校验的周期。通常可在工艺生产过程进行大修的同时进行。一些控制阀应用在高压、高压降或腐蚀性较强的场合时，检验周期要缩短。

检验的内容主要是控制阀静态性能测试，必要时可增加相应的测试项目，例如控制阀流量特性的测试等。定期校验需要有关测试设备和仪器，还需要有更换的部件，因此，通常可委托制造厂商完成。

控制阀的维修

控制阀维修分应急维修、定期维修和预见性维修。应急维修是控制阀出现故障，不能满足工艺操作要求时的维修。定期维修通常包括日常维修和与工艺停车大修同时进行的维修。预见性维修是根据预见性维护的分析结果，有针对性地对有关控制阀部件的维修。应急维修

是控制阀发生故障后的维修，定期维修和预见性维修是控制阀发生故障前的维修。

控制阀的定期维修

通常，控制阀的日常维修由仪表维修人员进行，与大修同时进行的定期维修由制造技术人员进行。

控制阀的日常维修

控制阀日常维修工作包括下列内容。

1. 消除应力。由于安装或组合不当造成各种应力。例如，高温介质产生热应力，安装时紧，固力不平衡造成应力等。应力的不平衡作用在控制阀上，使控制阀阀杆、导向件变形，不能正确与阀座对中造成泄漏，变差增大等。因此，在日常维修中应进行消除应力的维修工作。

2. 清除铁锈和污物。经常检查控制阀连接管道内有无铁锈、焊渣、污物等，发现后应及时清除。因为这些污物会造成控制阀阀芯和阀座的磨损，影响控制阀的正常运行。通常，可在控制阀前加装过滤网等过滤装置，并定期清洗。

3. 检查控制阀支撑。控制阀支撑使控制阀的各部件处于不受重力等影响的位置。如果支撑不当会造成控制阀阀杆与阀座不能对中，使变差增大，密封性能下降。因此，应检查控制阀支撑是否合适。

4. 清除气源、液压油等供应能源的污物。气源、液压源是控制阀运行的能量来源。仪用压缩空气、液压油中所含的杂质会堵塞节流孔和管道，造成故障。因此，定期检查气源、液压油，定期对过滤装置进行排污十分重要。

5. 齿轮传动装置的检查。对手轮机构、电动执行器和液动执行器的齿轮传动装置应定期检查，添加润滑剂，防止咬卡现象发生。应检查制动和限位装置是否灵活好用。

6. 填料函检查。应检查填料的磨损情况和压紧力，定期更换填料函，保证填料能够在起到密封的同时，减少其摩擦力的影响。对无油润滑的填料函不应添加润滑油。

7. 安全运行的检查。对在爆炸性危险场所使用的控制阀和有关附件应检查其安全运行情况例如，密封盖是否拧紧，安全栅的运行情况，电源供应情况等，保证控制阀及有关附件能够安全运行。

8. 运输和保管。控制阀在运输和保管期间，应用专用支架固定，防止松动；安装在控制阀上的有关附件，如阀门定位器、手轮机构等应牢固，应防止与控制阀连接的反馈杆等部件受到外力损伤；各连接接口应用塑料膜封套，防止外物侵入；控制阀的连接口可用配套法兰

和盲板密封，也可采用黏性纸密封，防止外物侵入。运输时应加装牢固的木箱，并采取防风沙、雨水和粉尘等恶劣运输环境条件的影响。运输和保管的环境条件应满足产品说明书要求。

日常维修的主要内容

控制阀和附件日常维修的主要内容如下。

1. 气动执行机构膜片的更换。气动薄膜执行机构的膜片在运行过程中受到伸缩，因此，容易疲劳损坏。更换时应采用同规格的橡胶膜片，固紧时应使膜片受力均匀，防止泄漏和压坏膜片。

2. 研磨。阀芯与阀座之间在运行一定时间后造成泄漏，汽缸的活塞与缸体之间也会造成内部泄漏，这时应进行研磨。可进行手工研磨、机械磨削、镀层处理和镶套等方法，研磨用的金刚砂粒度应合适，研磨力应均匀和合适。经研磨后，应进行抛光，并满足所需光洁度和精度要求，满足阀芯与阀座的对中要求等，在总装后需进行密封性测试。

3. 填料函更换。填料函更换时应采用同类型的填料函，更换时应小心将填料勾出，正确拆除填料，防止对阀杆造成损伤。新填料函的安装应按照说明书要求，切口应错位，防止阀杆的螺纹对填料的刮伤，填料的压紧力应均匀和合适，防止造成应力和增大摩擦力。

4. 传动部件的更换。控制阀和附件中的传动部件如果部分磨损可进行部件更换、修复等。在更换和修复后应保证传动灵活，传动间隙尽量小。

5. 气动放大器的清洗。因仪用压缩空气内的污物造成气动放大器的节流孔堵塞时应对节流孔进行清洗，可采用合适的钢丝进行疏通和清洗。回装时，放大器膜片应受力均匀，防止造成堵塞或泄漏。可通过调节钢珠的压紧力调整放大器增益，防止共振。

八、控制阀的安装

控制阀的正确安装与正确选型同样重要。安装质量关系到控制系统的操作性能、控制品质、安全性和成本等，因此应引起重视。

控制阀安装在现场，对防火、防爆、防泄漏等提出更高要求，控制阀的噪声污染也日益受到有关部门重视。安装施工的准备

安装施工的组织

为加强对建设工程质量的管理，保证建设工程质量，保护人民生命和财产安全，建设工程的施工组织单位实行资质管理制度。

建设工程施工单位应在其资质许可的范围内承揽建设工程的施工业务。禁止建设工程施工单位允许其他单位或个人以本单位名义承揽有关建设工程的施工业务。禁止建设工程施工单位超越本单位资质等级许可的业务范围或以其他施工单位名义承揽建设工程的施工业务。违反上述规定，应责令停业整顿，降低资质等级，直至吊销资质证书。

建设工程施工单位应对建设单位的工程施工质量负责，应保质保量在规定时间内完成建设工程的施工业务。主要工作如下。

- 1.建立施工工程质量责任制度,确定施工工程的项目经理,技术负责人和施工管理负责人。
- 2.遵循公开、公平、公正和诚实信用的原则参加施工工程的招投标活动。
- 3.在建设单位未取得施工许可证或开工报告未批准前，不得擅自施工。
- 4.不得擅自将所承揽的施工工程进行转包或分包。除承包合同规定的分包外，必须经发包方书面同意，才能进行其承包工程中部分次要工程的转包或分包。分包单位应具有相应的施工资质，并服从总承包单位的管理和协调。
- 5.不得与建设单位、工程监理单位等串通，弄虚作假，降低工程质量和安全标准。
- 6.必须按工程设计图纸和施工技术标准施工，不得擅自修改工程设计，发现工程设计图纸和文件有差错时，需及时提出意见和建议。
- 7.必须按工程设计要求，施工技术标准和合同约定，对施工所用设备、构件等进行检验，并完成有专人签字的检验书面记录，未经检验或检验不合格的不得使用，不得偷工减料。
- 8.坚持“安全第一、预防为主”的方针，安全施工，文明施工，组织好施工和安全管理。
- 9.应建立健全的施工检验制度，严格工序管理，做好隐蔽工程的质量检查和记录。隐蔽工程应在隐蔽前由有关质量监督部门进行质量检验。
- 10.建立和健全教育培训制度，加强对职工的教育培训，未经教育培训或考核不合格人员不得上岗作业。
- 11.施工图纸的会审。包括专业施工图纸、系统施工图纸和综合施工图纸的会审。
- 12.对施工中出现的质量问题应及时整改，验收不合格的应重新返修。
- 13.当发生问题，例如，建设单位或设计单位明示或暗示施工单位使用不合格施工材料和设备等时，有权向建设行政主管部门或有关部门检举、控告或投诉。
- 14.完成竣工验收报告、有关文件。
- 15.支持和配合建设单位、建设工程质量监督单位依法执行职务。
- 16.大力提倡采用先进科学技术和方法，不断提高施工质量。

施工合同是施工单位与建设单位之间签订的书面文件，施工合同应包括：工程范围、建设工期、中间交工工程的开工和竣工时间、工程质量、工程造价、技术资料交付时间、材料和设备供应责任、拨款和结算、竣工验收、质量保修范围和保证期、违约责任、双方相互协作、解决争议方法等。

安装施工的分工

安装工程可分为分项工程、分部工程和单位工程等。分项工程是按用途、种类、输送不同介质与物料及设备组别划分的工程。例如给水安装工程、排水安装工程、电力变压器安装工程、仪表盘安装工程、温度仪表安装工程等。分部工程是按安装工程种类划分的工程，例如管道安装工程、电气安装工程、自动化仪表安装工程、工艺窑炉安装工程等。单位工程是一个单位的工程。例如，工业建筑物的一个厂房安装工程是一个单位工程，厂区内室外给水、排水、热力和煤气管道安装是一个单位工程等。单位工程可由多个分部工程或分项工程组成。

工业自动化仪表安装工程也称为仪表工程。仪表工程的施工应按照设计施工图纸和仪表安装使用说明书规定和其他有关标准的规定进行。修改设计必须经原设计单位同意。

仪表工程与其他安装工程有联系和分工。说明如下。

1. 仪表一次取源部件的安装，应由工艺和管道安装施工单位完成。应在工艺管道制造或预制、安装的同时完成安装。例如，取源部件的开孔和焊接应在工艺管道或设备防腐、衬里、吹扫、压力测试前完成；高压、合金钢、有色金属管道上的取源部件应采用机械加工方法；在窑炉等砌体或混凝土浇注体上安装的取源部件应在砌筑或浇注时同时埋入。取源阀门应检验合格后才能安装，且不宜采用卡套式连接方式。

2. 直接安装在工艺管道上的仪表，例如孔板、转子流量计、控制阀等，应由管道安装施工单位在工艺管道吹扫后和加压试验前安装。如果需与工艺管道同时安装时，应在工艺管道吹扫时，由管道安装施工单位将仪表拆下，并安装短管，吹扫完成后再由管道安装施工单位安装这些仪表。

3. 控制阀、测量孔板等自动化仪表安装所需的支撑、底座或吊杆应由管道安装施工单位完成安装。维护仪表和自动化设备所需的操作平台、连接通道等部件由设备和管道安装施工单位安装施工。

4. 仪表、自动化设备及管道的绝热工程由绝热层安装施工单位施工。

5.仪表、自动化设备的保温、伴热和排放管线的总管工程、仪用压缩空气、液压管线的总管工程由管道安装施工单位安装施工。

6.仪表、自动化设备和辅助设备的连接管线、保温、伴热和排放管线的支管由仪表工程安装施工单位安装施。

7.专用仪表的安装由专业化安装单位安装施工。例如，分析仪表、随配套设备引进的专用仪表的安装由制造商指派的专业安装单位安装施工。

8.如果在设计中未指明的仪表和自动化设备的安装，应由建设单位与总承包单位协商确定施工单位和分工。

控制阀安装施工的规定

安装施工的一般规定

现就控制阀安装施工的一般规定说明如下。

1.控制阀安装应按照设计图纸和设计文件的规定。

2.控制阀安装应遵循国家有关标准的规定，例如，建筑安装工程质量检验评定标准、工业自动化仪表施工及验收规范、电气设备安装工程施工及验收规范等。

3.控制阀安装所需的设备、辅助设备和主要材料应符合现行国家或部颁标准的有关规定。

安装施工的注意事项

控制阀安装的注意事项应从易操作性、安全性和标准化等考虑。具体内容如下。

(1)控制阀安装位置和方位 按照设计图纸和设计文件的规定，安装位置应具有足够的操作空间，用于安装、操作和维护；其位置应避免安装在有振动、潮湿、易受机械损伤、有强电磁干扰、高温、温度变化剧烈和有腐蚀性气体的场所；安装应牢固、平整；安装方位应使控制阀的执行机构在调节机构上部，图 6—8 显示了直行程控制阀的各种安装方位。

其中，位置

1.是首选的位置。

2.是次选的位置。如果安装场所没有足够空间，可选安装位置

3.和

4.必要时应有防止漏液的措施。尽量不选用位置

5.只有在垂直管道上安装控制阀时，才被采用，此时，应添加吊杆或支撑，如图 6—9 所示。角行程控制阀的阀轴应水平，使流体所含污物不会积沉到阀轴的转动轴承。为便于操

作和维护，控制阀宜靠近地面或楼板安装。

(2)控制阀内流体的流向 控制阀内流体的流向应与控制阀阀体上标注的箭头一致。特殊情况下可不受本规定的限制。

(3)控制阀连接 控制阀的连接有螺纹连接、法兰连接和焊接连接等。螺纹连接用于小口径控制阀，安装螺纹连接的控制阀时，必须同时安装可拆卸的活动连接件。法兰连接有法兰连接和夹持式连接两种，连接法兰的公称直径应与控制阀的接管直径一致。法兰也有不同耐压等级，法兰的耐压等级应与控制阀耐压等级一致。法兰内径应与管道内径相等。法兰面与管道轴线的垂直度允许偏差为 1° 。法兰密封面应平齐。法兰与管道的同轴度允许偏差 t 应满足： $t \leq 0.015D(1/\beta)$ (6—27)式中， D 是管道内径； β 是工作条件下节流件内径与管道内径之比。法兰连接时应受力均匀合适，避免局部受到过大压力。尽量避免采用焊接连接，焊接连接时必须同时安装可拆卸的活动连接件。

控制阀连接时，不应使连接管道内部引成新的凸出物。例如，密封垫片、焊接缝等不应在管道内凸出。

(4)控制阀与上、下游切断阀、旁路阀的连接 控制阀上、下游切断阀和旁路阀应与控制阀同时安装。上、下游切断阀与控制阀之间的管段长度应考虑管路阻力和对流体流动状态的影响。直管段长度长，有利于流体经切断阀后的稳定，可使流体流动平稳，减少紊流影响，降低噪声；直管段长度短，流体经切断阀后还未稳定就进入控制阀，使噪声增强，但管段长度短有利于降低管路阻力，提高控制阀两端压降，使流量特性的畸变减小，有利于控制系统的稳定运行。因此，应权衡和综合考虑。通常，上游侧应有 $10D \sim 20D$ 的直管段，下游侧有 $3D \sim 7D$ 的直管段。 D 是管道公称直径，必要时应设置整流装置。

1.连接方案的选择。控制阀与上、下游切断阀的连接有多种方式，图6—10是几种常用的连接方案。图中，方案A的结构布置紧凑，占地面积小，容易维护和操作，系统的放空或排液容易。但常常不能够满足足够的直管段长度，造成噪声增强。方案B的结构占地面积较大，控制阀位置可安装在下部或上部，容易适应操作要求，但直管段长度不易保证。方案C的结构适用于角形控制阀，可减少弯头数量，占地面积较小。对底进侧出的流向，可有较长的上游直管段长度。方案D的结构与方案B类似，占地面积较大。方案E的结构适用于角形阀，与方案C比较，上游侧的直管段长度缩短，不利于流体的稳定。方案F的结构是最常见的连接结构。它占地面积大，管路阻力较小，但操作和维护空间较小。

2.泄放阀、放空阀、排污阀的连接，为便于控制阀拆卸，应在拆卸前进行阀前和阀后压力的泄放，泄放阀应安装在控制阀与上、下游切断阀之间。

放空阀、排污阀用于排放流体中夹带的不凝气体和冷凝液。安装时，被控流体，是气体或蒸汽时，为便于冷凝液排放，排污阀宜安装在控制阀组的最低处。被控流体是液体时，为便于不凝气体的放空，放空阀宜安装在控制阀组的最高处。

3.旁路阀。控制阀拆卸维修时，可用旁路阀对生产过程进行操作。当被控流量过大，

图 6—10 常用连接方案

用控制阀无法正常调节时，作为应急措施，也可用旁路阀作为控制阀的并行连接方案，对过程进行控制。为降低成本，大口径控制阀安装手轮执行机构，可代替旁路阀进行操作。旁路阀的安装应便于操作，它与控制阀上、下游切断阀一起组成控制阀组，因此，安装时应与它们配套，并同时完成施工安装。旁路阀公称直径与管道公称直径相同，耐压等级也与工艺耐压等级一致。

(5)执行机构的安装 通常，执行机构与控制阀阀体直接连接，但液动执行机构、长行程执行机构等执行机构与控制阀阀体分开时，安装执行机构时应注意，执行机构的连杆和机械活动部件应灵活，无松动或卡扭等现象。连杆长度应在全行程范围内动作稳定、灵活可靠。当与工艺管道有热位移的控制阀阀体连接时，应保证执行机构与控制阀阀体之间相对位置保持不变。手轮执行机构有侧装和顶装两种，安装时应留有操作空间。手轮操作应灵活，没有卡死或扭转现象。应有手轮转动方向与阀开度关系的标注。限位装置应调整合适，起到保护作用。液动执行机构应低于控制器安装，如果必须高于控制器时，其高差应不超过 1.0m，并且应在管路集气处安装排气阀，靠近控制器处安装止逆阀或自动切断阀。

(6)阀门定位器的安装 阀门定位器的阀位检测装置与控制阀阀杆或阀轴直接连接，因此，安装时应保证反馈信号能够正确、及时反映阀位信号和变化。通常，阀门定位器与控制阀配套供应，由制造厂完成两者的连接。当生产过程控制需要添加阀门定位器时，应保证阀门定位器阀位检测装置动作的正确、可靠和灵活。反馈杆支点的机械间隙应尽量小。阀门定位器的信号管线应正确连接，气源管线和输出管线、输入管线应标记铭牌。阀门定位器的阀位显示信号应有利于操作和维护人员观测。

(7)其他附件的安装 其他附件包括阀位传感器、电磁阀、限位开关、继电器、电气转换器等，安装应符合产品说明书有关规定。小流量控制阀宜在上游安装过滤器。紊流严重时，应在上游侧安装整流装置。

(8)连接管线的安装 连接管线的安装应注意下列事项。

- 1.信号气管和气源管线一般采用聚氯乙烯护套的铜管缆，管径为 sL6Xl 或 g18Xl
- 2.气源管线应靠近控制阀。

- 3.信号管线和液压管线应尽量短，用于缩短信号时滞和系统时间常数。
 - 4.管线应有足够伸缩余度，且不应妨碍执行机构动作。
 - 5.管线焊接时不应将焊渣落入管内。连接管线应在安装前进行清洗，去除油污、水和锈蚀等污物。连接管线的配管应整齐、美观。
 - 6.液压油管线应远离高温设备和管线，与热表面的距离应大于150mm。
 - 7.在安装前,应对与管线连接的排污阀、放空阀进行清洗,去除油污,并进行检查和试验。
 - 8.液压和气压管路系统应进行耐压试验，并符合规定。
 - 9.连接信号的电线、电缆应穿管敷设，在设备侧用金属软管连接。需防爆的设备应采取相应防爆措施，对全部被保护的系统应采取密封。
 - 10.管线的敷设不应妨碍操作人员的操作及维护人员的维护。
 - 11.连接的管线应标记铭牌。必要时可用支撑架固定连接的管线，防止控制阀拆卸后连接管线无法固定。
 - 12.连接线应避免水和液体的浸泡和腐蚀或有害气体的侵入。
- (9)附加管件的安装 附加管件有缩径管和扩径管。附加管件的安装使管路压损增大，并影响控制阀流量系数。安装附加管件时，应在连接处留有操作空间，便于维修时拆卸连接螺栓。安装管件时应安装支撑架或支座，必要时可加防振垫片或防振弹簧。
- (10)控制阀和其他附件的脱脂、绝热和伴热 需进行脱脂处理的控制阀和其他附件必须按设计规定进行脱脂处理。经脱脂处理后的控制阀、管线等需自然通风或用干燥空气或氮气吹干，经检验合格后封闭保存，在安装时应保持干净无油污。需进行绝热和伴热处理的控制阀和其他附件应进行绝热和伴热处理。伴热用的蒸汽管线或电热带敷设应符合有关安装施工规定。绝热用的保温层材料和厚度应符合设计规定。安装控制阀和附件的各种支撑架、支座和连接管线需涂漆处理。涂漆前应清除被涂表面的铁锈、焊渣、毛刺和污物。涂漆的颜色和厚度、涂漆操作的条件等应符合有关规定。
- (11)自力式控制阀取源部件的安装 自力式压力、差压控制阀取源部件参照压力取源部件的安装规定进行施工。自力式温度控制阀取源部件可参照温包安装规定进行施工。

控制阀安装前的检验

控制阀安装前应进行部分性能的检验。从出厂到安装前，控制阀及附件经运输、储存等环境，不同的环境条件使控制阀和附件发生性能变化，因此，需要进行安装前的检验。

仪表设备在运输过程中受到运输工具所激发的随机振动和装卸时受到的各种冲击,此外,运输过程中,环境温度、湿度等气候条件会发生变化,因此,在运输过程中仪表设备的性能发生变化。

仪表设备在储存过程中因储存环境的气候、生物和化学环境参数的变化,从而引起仪表性能的变化。

仪表设备在安装过程中受到搬运或装配引起的机械应力作用,也使仪表设备的性能变化,但由于安装过程一般比较短暂,因此,安装环境造成的影响较小。

控制阀安装前检验的环境条件

与其他仪表检验的环境条件类似,控制阀安装前检验场所的环境条件如下。

- a. 温度: 10~35℃。
- b. 湿度: 空气相对湿度不大于 85%。已无腐蚀性气体。
- d. 有良好工作照明,清洁、安静、光线充足。
- e. 不应在振动大、噪声大、潮湿、灰尘多和有强磁场干扰的场所进行检验。
- f. 应有检验用的电源、气源和液压泵等检验设备和供水,排水设备。
- g. 电源要求: 50Hz, 220VAC 或 48VDC \pm 10%, 24VDC \pm 5%。
- h. 气源要求: 清洁、干燥、露点比最低环境温度低 10℃,符合仪表压缩空气质量标准,压力 0.5~0.7MPa,压力稳定,波动不超过额定值的 \pm 10%。

控制阀安装前的检验内容

控制阀安装前的检验主要包括下列内容:

- a、控制阀的静特性测试;
- b、气密性测试;
- c、密封性测试,必要时重新安装填料函;
- d、泄漏量测试;
- e、空载全行程时间测试;
- f、绝缘性能测试;
- g、耐压强度测试。

实际安装前,必须进行的测试有外观测试、耐压强度测试、起点终点误差、死区、回差、基本误差测试、泄漏量测试、空载全行程时间测试等。

控制阀的气源要求

控制阀的附件,如电气转换器、电气阀门定位器、气动放大器、保位阀等,都属于气动元件,因此,对控制阀的气源质量可根据仪表净化空气的要求(HG / T20510—2000)确定。

1.露点温度。露点是一定压力下水蒸气开始冷凝的温度。采用露点来限制气源中的湿含量是工程设计常用的方法。仪表气源湿含量以操作压力下不结露为控制要求,因此,通常控制操作压力下的露点温度应至少比环境最低温度低 10℃。例如,空气干燥器出口压力为 0.7MPa,环境最低温度为-15℃,则该操作压力的露点温度至少为-25℃。例如,上海地区,大气压下露点温度为-40℃。图 6—11 显示大气压下的露点与操作压力下露点的关系。

2.含尘量。过滤器出口的尘埃粒径不大于 3μm,含尘量小于 1mg / m³。应避免吸入工业粉尘和大气灰尘,易燃、易爆、有毒及腐蚀性气体(或蒸汽)。

3.含油量。过滤器出口的含油量不大于 10mg / m³[或 8ppm(W)]。选用油润滑式空压机或直接用工艺空气压缩机作为仪表气源时,必须配高效除油器,将压缩空气中的油分含量控制在规定值以下,并配以相应的过滤、干燥装置和备用储罐。

4.气源压力。应根据最终仪表用气要求统一考虑。一般极限压力范围分 500~800kPa(G)和 300~500kPa(G)两个等级。对气缸式执行机构,建议采用 0.7MPa。压力上限值为气源装正常操作条件下的送出压力。规定压力下限值为气源装置送出的最低压力,若低于此规定值应有声光报警并应尽快处理。

5.耗气量。按单台控制阀稳态耗气量为 1~2m³(标准) / h,低功耗定位器稳态耗气量为 0.8~1.3m³(标准) / h 估算。开关阀根据气缸大小和动作频度,按控制阀耗气量的 3~5 倍估算。需注意,仪表说明书提供的耗气量是供气压力 140kPa,20℃状态的耗气量,应转换到标准状态下的耗气量,并应加 0.1~0.3 的泄漏系数。

6.储气罐容积确定。气源装置中应设置足够容量的储气罐,其容积按下式计算

$V = Q_s t P_o / (P_1 - P_2)$ 式中 V — 储气罐容积, m³;

Q_s — 气源装置供气设计容量, m³(标准) / min;

P_1 — 正常操作压力, kPa(A);

P_2 — 最低送出压力, kPa(A);

t — 大气压力,通常, $P_o = 101.33$ kPa(A);

保持时间, min, 由工艺提出具体时间,一般保持时间为 5~20min。

控制阀现场调试

控制阀安装后，在生产过程开车前应进行控制阀的现场调试。现场调试分线路调试和系统调试。

线路调试

线路调试用于检查连接控制阀的信号线路、气源管线或液压管线是否正确连接。

1.控制阀输入信号的连接。通常，与阀门定位器一起检查。控制阀输入信号来自控制器，因此，从控制器输出一个起点信号，检查控制阀是否在起点位置；输出一个终点信号，检查控制阀是否在终点位置。为此，应检查供气气源压力是否正常；过滤减压器工作是否正常；液压系统供给的油压是否正常；供电是否正常；输出信号是否正确等，并在测量范围内至少取 5 点检查输入信号与阀位之间是否满足所需关系。应检查气开、气关的作用方式是否正确，是否满足工艺生产过程的安全生产要求。

2.控制阀输出信号的连接。控制阀输出信号是阀位信号，可以是模拟量信号或数字量信号。应在检查控制阀输入信号的同时，检查阀位信号是否正确。采用 HART 或智能电气阀门定位器时，应检查阀位状态信息能否正确传输。控制阀全行程运行过程中应倾听控制阀阀芯和阀座是否有机械振动和异常杂音。

3.手轮机构调试。检查手轮机构能否正确转动和动作，限位和锁定装置是否好用。

4.当出现偏差超过允许偏差限时，应进行相应的调试。例如，改变阀位开关的位置,检查接线或管路是否有泄漏等。

系统调试

控制阀是控制系统的最终元件，因此，控制阀运行前需进行系统调试。系统调试应与工艺操作配合进行。

1.负反馈调试。控制系统应满足负反馈要求，因此，应将控制器、检测变送和控制阀(包括阀门定位器)和被控对象一起考虑，并设置控制器的正、反作用。负反馈准则是控制系统开环总增益为正。设置好控制器正、反作用方式后，可在控制器测量端模拟输入信号，使其增加或减小，观测控制器输出变化是否符合作用方式的要求，并检查控制阀的动作方向是否正确，是否能够使被控变量向减小方向变化。

2.控制阀压降检查。控制阀压降检查在进行清水模拟调试时进行。在控制阀全行程运行过程中，检查控制阀两端压降变化，是否有空化或闪蒸造成的噪声发生，流量变化情况如何，是否符合所设计的流量特性等。

3.响应时间检查。一些控制系统对控制阀的响应时间有要求时，应检查控制阀的响应时

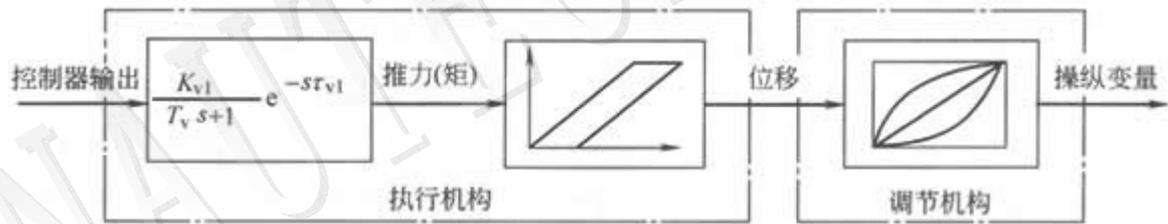
间。在控制器输出信号改变时开始计时，到控制阀阀位到达最终稳态位置的 63% 所需的时间即为响应时间，其时间应满足工艺生产过程的操作要求。

九、控制阀的类型

控制阀的组成和分类

控制阀的组成

控制阀由执行机构和调节机构组成。执行机构可分解为两部分：力或力矩转换部件和位移转换部件。将控制器输出信号转换为控制阀的推力或力矩的部件称为力或力矩转换部件；将力或力矩转换为直线位移或角位移的部件称为位移转换部件。调节机构将位移信号转换为阀芯和阀座之间流通面积的变化，改变操纵变量的数值。下图是控制阀组成部分的框图。



图图 1 控制阀的组成

执行机构有不同的类型。按所使用能源，执行机构分为气动、电动和液动三类。气动类执行机构具有历史悠久、价格低、结构简单、性能稳定、维护方便和本质安全性等特点，因此，应用最广。电动类执行机构具有可直接连接电动仪表或计算机，不需要电气转换环节的特点，但价格贵、结构复杂，应用时需考虑防爆等问题。液动类执行机构具有推力(或推力矩)大的优点，但装置的体积大，流路复杂。通常，采用电液组合的方式应用于要求大推力(力矩)的应用场合。

按执行机构输出的移动方向，执行机构分为正作用和反作用执行机构。正作用执行机构在输入信号增加时，阀杆向外移动。反作用执行机构在输入信号增加时，阀杆向内移动。按执行机构输出位移的类型，执行机构分为直行程执行机构、角行程执行机构和多转式执行机构。直行程执行机构输出直线位移。角行程执行机构输出角位移，角位移小于 360° 例如，转动角度为 90° 或 60° 蝶阀的执行机构。多转式执行机构与角行程执行机构类似，但转动的角位移可以达多圈。

按执行机构组成部件的类型，气动执行机构分为薄膜执行机构、活塞执行机构、齿轮执行机构、手动执行机构、电液执行机构等。

按执行机构动作方式，执行机构分为连续、离散两类。连续类型执行机构的输出是连续变化的位移信号。离散类型执行机构的输出是开关变化的位移信号。电磁阀是最常用的电动离散控制阀，安全放空阀也是常见的离散控制阀。

按执行机构安装方式，执行机构分为直装式、侧装式。直装式执行机构直接安装在调节机构上。侧装式执行机构安装在调节机构的侧面，它通过一个增力装置来改变位移方向和作用力大小。

按执行机构输出和输入的动作特性，执行机构分为比例式、比例积分式等类型。比例式执行机构的输出与输入信号之间成线性关系。比例积分式执行机构的输出是输入信号的比例和积分作用之和。

按执行机构输入信号的类型，执行机构分为模拟式执行机构和数字式执行机构。模拟式执行机构接收模拟信号，例如，20~100kPa的气压信号，4~20mA的标准电流信号等。数字式执行机构接收数字信号，通常是一串二进制信号，用于开闭相应的数字阀。随着现场总线技术的应用，接受现场总线数字信号的执行机构正得到广泛应用。

调节机构也有不同的类型。通常，将调节机构称为阀。按结构分类，调节机构分为直通单座阀、直通双座阀、三通阀、角形阀、高压阀、隔膜阀、套筒阀、球阀、偏心旋转阀、闸阀和蝶阀等。大多数普通的阀门可添加有关阀门附件，例如执行机构、阀门定位器、阀门位置检测传感器等。按流量特性，调节机构分为线性阀、等百分比阀和快开阀等。

按阀芯的形式，调节机构分为直行程和角行程阀芯等。直行程阀芯，分平板式、柱塞式、窗口式、多级式和套筒式等。角行程阀芯分为偏心旋转式、球式、V形切口式和蝶式等。

按调节机构上阀盖的形式，调节机构分为普通型、散热或吸热型、波纹管密封型、长颈型等。其中，散热型调节机构适用于高温；吸热型调节机构适用于低温；对于深度冷冻的应用，可采用长颈型调节机构；波纹管密封型适用于有毒性、易挥发或贵重流体介质的控制，可防止介质外漏损耗和造成伤亡事故。

按流向的不同，调节机构分为流开和流关、中心向外和外部向中心等。流开(flowopen)类调节机构中，在阀芯节流处流体流动方向与阀门打开的方向一致。流关(flowclose)类调节机构中，在阀芯节流处流体流动方向与阀门关闭的方向一致。中心向外(out-ward)类调节机构中，流体从套筒的中心向外流动。外部向中心(inward)类调节机构中，流体从套筒的外部向中心流动。

按阀杆移动时流通面积的变化不同，调节机构分为正体阀和反体阀。正体阀的阀杆移入阀体时，流通面积减小，流量减少。反体阀的阀杆移入阀体时，流通面积增加，流量增加。

按阀芯的导向方式不同，调节机构分为顶导向、顶底导向、阀杆导向、阀座导向和阀笼导向等。顶导向调节机构的阀芯导向由上阀盖或阀体内一个导向轴完成；顶底导向调节机构的阀芯由上、下阀盖的导向轴同时定向；阀杆导向是阀盖上一个导向轴与阀座环中心对中，轴套对阀杆进行导向；阀座导向在小流量控制阀中使用，它通过阀座进行导向；阀笼导向调节机构的阀芯与阀笼组成套筒结构，在整个行程范围内，阀芯与阀笼内表面接触，在阀笼上有阀笼孔，阀芯移动时改变阀笼子 L 的流通面积。阀笼与阀盖、阀座是自对中的，从而实现阀芯的导向。

按阀体是否分离，调节机构分为整体阀和阀体分离阀。整体阀的阀体是一个整体；阀体分离阀的阀体可以分离，便于拆卸和进行内部清洗，进行内部衬里的更换等。按阀体的材质，调节机构分为铸铁阀、铸钢阀、黄铜阀、不锈钢阀、热塑料阀、钛阀等。此外，按阀的应用场合，还有一些特殊的阀门，例如低噪声阀、隔膜阀、防空化阀、耐腐蚀阀、蒸汽控制阀、降压阀等。

除了执行机构和调节机构外，控制阀还可添加一些附件来配合控制阀的动作，包括阀门定位器、手轮机构、信号转换装置、阀位检测、传送装置和自锁装置等，这些附件使控制阀的功能更完善，使用更方便，应用更灵活，性能更优越。

控制阀的分类

将控制阀的执行机构和调节机构组合，可组成各种类型的控制阀。为了增强控制阀的功能，完善控制阀的性能，控制阀还可与一些控制阀附件组合，实现更高的控制精度，克服控制阀的死区等缺点，实现降级操作。下面介绍主要的控制阀类型。

(1) 直通单座阀 如图 2 所示，直通单座控制阀有一个阀芯和一个阀座。图中，阀杆与阀芯连接，当执行机构作直线位移时，通过阀杆带动阀芯移动。上盖板用于压紧填料，上阀盖与阀体用螺栓连接，用于阀杆和阀芯的中心定位。阀座与上阀盖一起，用于保证阀芯与阀座的中心定位，并在阀芯移动时，改变流体的流通面积，从而改变操纵变量，实现调节流体流量的功能。图中的阀芯导向采用顶导向方式。一些直通单座阀采用顶底导向方式，提高导向精确度。一些小流量直通控制阀常采用阀座导向方式。直通单座控制阀只有一个阀芯和一个阀座，是一种最常见的控制阀。

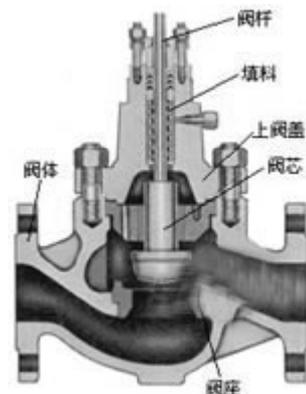


图 2 直通单座阀

其特点如下：

1. 泄漏量小，容易实现严格的密封和切断，例如，可采用金属与金属的硬密封，或金属与聚四氟乙烯或其他复合材料的软密封，标准泄漏量为 $0.01\%C$ (C 是额定流量系数)。
2. 允许压差小，例如，DN100 阀的允许压差仅 120kPa。
3. 流通能力小，例如，DN100 的直通阀的流通能力仅为 100。
4. 由于流体介质对阀芯的推力大，即不平衡力大，因此，在高压差、大口径的应用场合，不宜采用这类控制阀。

近年来，阀笼结构的直通控制阀由于其具有维护简单、改变阀座可改变阀门流量特性的优点而得到广泛应用。为了降低阀芯所受到不平衡力的影响，可采用大推力的执行机构，采用直通双座阀结构，也可采用图 3 所示平衡阀芯的阀笼式结构。图中，在阀芯上部和阀笼缸体之间采用石墨润滑的滑动活塞环，用于阀芯与阀笼之间的密封。阀笼与上阀盖之间也采用阀帽垫片、螺旋垫片等进行密封，保证上游高压流体不会进入下游低压腔内。此外，流体经阀芯顶部的平衡连接孔，同时作用在阀芯的底部和顶部，消除了大部分静态不平衡力，并具有一定的阻尼作用，减小流体流动引发的振动等扰动的影响。通常，平衡结构的直通单座控制阀采用如图 3 所示的外部向中心的流向。

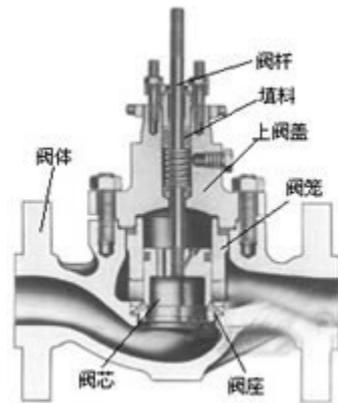


图 3 笼式阀的结构

(套筒阀)

(2) 套筒阀 套筒阀又称笼式阀，它是阀内件采用阀芯和阀笼(套筒)的控制阀。套筒可以是直通单座阀，也可以是双座阀或角形阀等。套筒阀用阀笼内表面导向，用阀笼节流孔满足所需流量特性。套筒阀的特点如下。

1. 安装维护方便。阀座通过阀盖紧压在阀体上，不采用螺纹连接，安装和维护方便。
2. 流量特性更改方便。套筒阀中流体从套筒向外流出，称为中心向外流向，反之，称外部向中心流向。是外部向中心流向的直通套筒阀结构图。在套筒上对称地分布 3、4 或 6 个节流开孔，节流开孔形状与所需流量特性有关，因此，可方便地更换套筒(节流孔的形状)来改变控制阀的流量特性。
3. 降噪和降低空化影响。为降低控制阀噪声，套筒和阀芯也可开多个小孔，利用小孔增加阻力，将速度头转换为动能，使噪声降低。通常，套筒阀可降低噪声 10dB 以上，因此，

在需降噪场合被广泛应用。为降低控制阀噪声，也可采用多级降压方法，例如多级阀芯和套筒结构。由于控制阀两端的总压降被分配到各级，使各级都不会造成流体发生闪蒸和空化，从而使控制阀的噪声降低，并能够削弱和防止闪蒸和空化造成的冲刷和磨损。套筒阀阀芯底部为平面，如发生汽蚀，气泡破裂产生的冲击不作用到阀芯，而被介质自身吸收，因此，套筒阀的汽蚀影响小，使用寿命长。

4. 泄漏量较单座阀大，由于套筒与阀芯之间有石墨活塞环密封，长期运行后，密封环的磨损使套筒阀的泄漏量比单座阀大。

5. 互换性和通用性强。更换不同套筒，可获得不同流量系数和不同流量特性。

6. 减小不平衡力影响。通常，套筒阀阀芯上开有平衡孔，使阀芯上所受不平衡力大为减小，同时，它具有阻尼作用，对控制阀稳定运行有利。因此，这类控制阀常用于压差大、要求低噪声的应用场合。

(3) 直通双座阀 如图 4 所示。直通双座控制阀有两个阀芯和两个阀座。流体从图示的左侧流入，经两个阀芯和阀座后，汇合到右侧流出。由于上阀芯所受向上推力和下阀芯所受向下推力基本平衡，因此，整个阀芯所受不平衡力小。直通双座阀的特点如下。

1. 所受不平衡力小，允许的压降大，例如，DN100

双座阀允许压差 280kPa。

2. 流通能力大，与相同口径的其他控制阀比较，双座阀可流过更多流体，同口径双座阀流通能力比单座阀流通能力约大 20%~50%。例如，DN100 双座阀流通能力达 160。因此，为获得相同的流通能力，双座阀可选用较小推力的执行机构。

3. 正体阀和反体阀的改装方便。由于双座阀采用顶底双导向，因此，只需将阀芯和阀座反过来安装就能将正体阀改为反体阀，反体阀改为正体阀，而不需要改选执行机构的正作用或反作用类型。

图 4 所示的双座阀结构只需将阀体反装，并与阀杆连接即可完成。

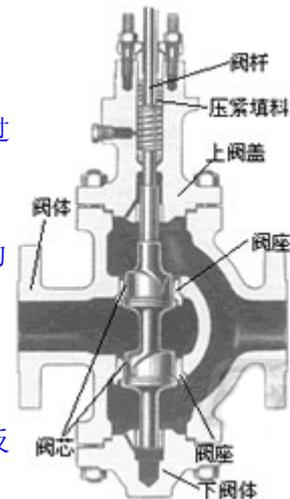


图 4 双座阀的结构

4. 泄漏量大。双座阀的上、下阀芯不能同时保证关闭，因此，双座阀的泄漏量较大，标准泄漏量为 0.1%。双座阀的阀芯和阀座采用不同材料或者用于低温或高温场合时，由于材料线膨胀量不同，造成的泄漏量会更大。

5. 抗冲刷能力差。阀内流路复杂，在高压差应用场合，受到高压流体的冲刷较严重，并在高压差时造成流体的闪蒸和空化，加重了对阀体的冲刷，因此，双座阀不适用于高压差的应用场所。由于流路复杂，它也不适用于含纤维介质和高黏度流体的控制。

由于带平衡的套筒阀能够消除大部分静态不平衡力，双座阀的优点已不明显，而它的泄漏量大的缺点更为显现，因此，在工业生产过程控制中，原来采用双座阀的场合，可用带平衡结构、的套筒阀代替，国外制造商也采用整体结构的双座直通阀来减小泄漏量的产品。

(4) 三通阀 三通阀按流体的作用方式分为合流阀和分流阀两类。合流阀有两个人口，合流后从一个出口流出。分流阀有一个流体人口，经分流成两股流体从两个出口流出。图 2—5 是分流三通阀的结构图。合流三通阀的结构与分流三通阀的结构类似。其特点如下。

1. 三通阀有两个阀芯和阀座，结构与双座阀类似。但三通阀中，一个阀芯与阀座间的流通面积增加时，另一个阀芯与阀座间的流通面积减少。而双座阀中，两个阀芯和阀座间的流通面积是同时增加或减少的。

2. 三通阀的气开和气关只能通过选择执行机构的正作用和反作用来实现。双座阀的气开和气关的改变可直接将阀体或阀芯与阀座反装来实现。

3. 三通阀用于需要流体进行配比的控制系统时，由于它代替一个气开控制阀和一个气关控制阀，因此，可降低成本并减少安装空间。

4. 三通阀也用于旁路控制的场所，例如，一路流体通过换热器换热，另一路流体不进行换热。当三通阀安装在换热器前时，采用分流三通阀；当三通阀安装在换热器后时，采用合流三通阀。由于安装在换热器前的三通阀内流过的流体有相同温度，因此，泄漏量较小；安装在换热器后的三通阀内流过的流体有不同的温度，对阀芯和阀座的膨胀程度不同，因此，泄漏量较大。通常，两股流体的温度差不宜超过 150℃。

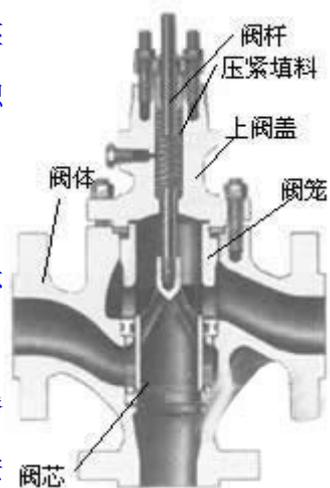


图 5 分流三通阀

图 5 所示三通阀采用阀笼结构，带平衡孔，采用阀笼导向。因此，可大大降低不平衡力。早期的三通阀采用圆筒薄壁窗口，用阀芯侧面导向，虽然可减小不平衡力，但在一股流体接近关闭(流关流向)时，仍有较大的不平衡力，而且，随阀门开度的变化，不平衡力变化，采用图示带平衡孔的阀笼结构，可使不平衡力消除，并有阻尼作用，有利于控制阀的稳定运行。由于三通阀的泄漏量较大，在需要泄漏量小的应用场合，可采用两个控制阀(和二通接管)进行流体的分流，或合流，或进行流体的配比控制。

5) 角形阀：角形阀适用于要求直角连接的应用场合，可节省一个直角弯管和安装空间。由于流路比直通阀简单，因此，适用于高黏度、含悬浮物和颗粒的流体控制。

与直通阀的另一区别是角形阀只能单导向，因此，不能通过反装阀芯实现气开或气关作用方式的转换，只能选用正作用或反作用执行机构来实现作用方式的转换。图 2—6 是角形阀的结构图。角形阀的流体一般从底部流入，从阀侧面流出。因此，流体中的悬浮物或颗粒不易在阀内沉积，可避免结焦和堵塞，具有自净能力，便于维护和清洗，但对阀芯的冲刷较大。采用侧进底出的流向，可改善对阀芯的冲刷损伤，但在小开度时，由于是流关流向，容易发生根切现象，根切现象是小开度时，由于流体流动造成不平衡力方向变化，使阀芯振荡的不稳定现象。为降低不平衡力和改善阀芯的冲刷，可采用图示带平衡孔的套筒式结构。角形阀的流路阻力小，因此，可降低阀两端压降，具有一定的节能效果。

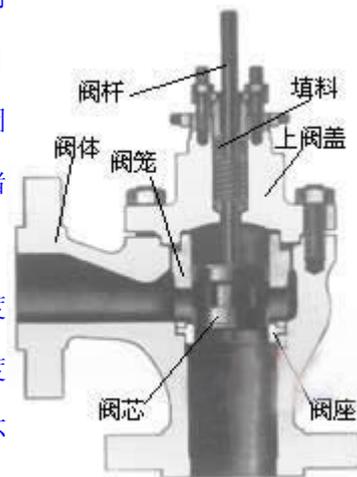


图 6 角形阀的结构

(6) 高压阀 高压阀适用于高静压和高压差的应用场合。国内高压阀通常采用角形单座结构，国外高压阀也有采用整体锻造结构。

与角形阀的区别是高压阀的上阀盖与阀体整体锻造，下阀盖与阀体分离，而角形阀的上阀盖与阀体分离，下阀盖与阀体是整体结构，见图 2—6 和图 2—7 的区别。国内高压阀额定工作压力可达 32MPa，国外高压阀额定工作压力可达 42MPa。采用整体锻造结构时，与单座阀类似，上阀盖与填料腔是一个整体。图 2—7，是角形高压阀的结构图。图 2—8 是直通高

压阀的结构图。

为防止高压差时流体闪蒸和空化使阀芯和阀座损伤，近年有多级降压阀芯的高压阀问世。图 2—9 显示多级降压高压套筒阀结构。通常，高压控制阀公称通径在 DN40—DN100，最大压差小于 16MPa 时采用两级降压阀芯；公称通径小于 DN40，最大压差小于 32MPa 时，高压控制阀采用，四级降压阀芯。多级阀芯进行降压相当于多个控制阀串联连接，因此，不仅可大大节省安装空间和降低成本，而且可大大降低控制阀噪声。在高压差时，为减小不平衡力影响，通常采用平衡式结构。平衡式结构适用于柱塞形阀芯，也适用于套筒形阀芯。多级阀芯结构采用第一级阀芯进行关闭，与单座阀相当，通常，泄漏等级为 IV 级。

(7) 隔膜阀

隔膜阀由耐腐蚀的隔膜和内衬耐腐蚀材质的阀体组成，适用于强酸、强碱、强腐蚀性流体的切断控制或节流控制。隔膜阀的流路有堰式和直通式两种，堰式隔膜阀的阀体流路中有一个堰，当隔膜压紧到堰时，流体被阻断。直通式隔膜阀的阀体内是直通的，通过隔膜下移压紧阀体来阻断流体，由于阀体直通，因此阻断流体和密封能力不如堰式隔膜阀。受隔膜和衬里材质的影响，隔膜阀不能用于高温和高压等工况。一般工作压力不大于 1.6MPa，工作温度不大于 150℃。隔膜阀用隔膜将流体密封，因此，不需要填料，降低了死区限，避免了泄漏。但因隔膜的材质特性，它的复现性不高，有较大回差。它的流量特性近似为快开特性，即在 60% 行程内呈现线性特性，超过 60% 行程后，流量变化很小。常用的隔膜材料是橡胶和聚四氟乙烯等。

由于隔膜阀的流量特性(近似快开)差，控制精度低，可调范围小，因此，国外已较少采用。随着耐腐蚀材料研究的深入，国外多数应用场合采用耐腐蚀材料做成阀芯、阀座和阀牛来改善控制阀的动态性能，并使流量特性满足控制要求。

隔膜阀的流动阻力小，结构简单，被控介质不会外泄，流通能力约是同样通径直通控制阀的 1.5 倍，价格比耐腐蚀材料制造的控制阀要低，因此，国内仍有一定市场。

(8) 球阀

球阀是一类旋转阀，它将输入信号转换为角位移，并带动球状阀芯旋转。球阀阀芯是一个带孔的球，当阀芯旋转时，节流面积变化。根据孔的形状，分为 O 形球阀和 V 形球

阀两类。球阀流通能力大，流动阻力小，既可用于流体的节流调节(连续控制)，也可用于流体的切断控制(开关控制)。通常，球阀的可调比大，约为同口径控制阀的几倍。球阀具有旋转阀的切断功能，因此，适用于含纤维、浆料和黏度大的流体控制。

O形球阀的孔是一个贯通全球的直孔，当阀芯旋转时，节流孔的面积变化，其特点如下。

1. 流量特性近似为快开特性。因此，O形球阀常被用于作为含纤维、浆料或黏性流体的切断控制阀，其工作温度不大于200℃，工作压力不大于0.1MPa。

2. 阀体对称，流体流向可任意，阀芯旋转角从0°到90°可单向旋转，也可双向旋转。

3. 结构简单，维护方便，可采用软密封，因密封可靠，泄漏量很小，软密封O形球阀(聚四氟乙烯阀座)可达气泡级密封。

4. 可调比高。通常，与活塞·式执行机构或全电子式执行机构配合使用，可调比可达100:1—500:1。

5. 价格贵，远高于普通球阀。

V形球阀是在球形阀芯上有V形切口的球阀，切口的形状与控制阀的流量特性有关。

1. V形球阀的切口可使控制阀流量特性近似为等百分比流量特性。

2. 随阀轴旋转，V形切口旋入阀体，球体与阀体中密封圈紧密接触，因此可达到良好密封

3. 流阻小，具有剪切功能，常被用于作为含纤维、浆料或黏性流体的节流控制阀。

4. 流通能力大，流通能力可达同口径其他控制阀的2倍。

5. 可调比大，可达200:1~300:1。

6. 适用于工作温度在-40~450℃(2)，工作压力不大于6.4MPa的场合。



图7 V形球阀结构图

(9) 蝶阀 电动调节蝶阀详细说明

蝶阀又称翻板阀，它由阀体阀板、阀轴和密封填料、轴承等部分组成。按使用介质的工作温度和压力，蝶阀分为常温蝶阀(—20~450℃)、低温蝶阀(—200~40℃)和高温蝶阀(450~600℃和600~850℃)、高压蝶阀等几类。按作用方式，蝶阀可分为调节型、切断型和调节切断型三类。按阀板轮廓，蝶阀可分为传统轮廓阀板蝶阀和动态轮廓阀板蝶阀。蝶阀的特点如下。

1.流通能力大，可调比大，压降小。蝶阀流阻小，可制造大口径蝶阀。其流通能力大，约为同口径其他控制阀的1.5~2倍。传统轮廓阀板的蝶阀，其可调比为33:1，动态轮廓阀板的蝶阀，其可调比达100:1。

2.流量特性在转角0—70°(通常蝶阀转角为0~60°)范围内近似为等百分比特性。超过规定转角后，控制阀的运行会不稳定。

3.控制阀气开和气关方式更换方便，只需要将蝶阀阀板回转70°，并用键与阀轴的另一键销固定即可。蝶阀的执行机构通常采用正作用执行机构。

4.流路简单，流阻小，可用于大口径、大流量、低压差的应用场合，适用于浆料悬浮物和颗粒介质的流体控制。

5.可采用软密封方法，实现严密的密封，用于核工业的有关应用。

6.可采用涂覆或衬里的方法实现防腐蚀，用于有腐蚀性介质流体的控制。

7.大口径蝶阀，为获得大输出推力矩，可采用长行程执行机构或活塞式执行机构。

8.体积小，重量轻，结构紧凑，制造工艺简单，价格低。

9.除了所用阀体和阀板的材料不同外，低温蝶阀和高温蝶阀的结构与常温蝶阀相同。低温蝶阀的执行机构与阀体间有长颈接管，与其他低温控制阀类似。高压蝶阀的材质采用锻钢，并采用低转矩阀板，其他与常温蝶阀类似。

10.可通过阀板形状的设计，改善流路阻力分配，降低所需推力矩。例如，采用动态轮廓阀板，可在0—90°范围内实现等百分比流量特性。

(10) 偏心旋转阀

偏心旋转阀又称为挠曲凸轮阀、偏心球塞控制阀。它有一个偏心旋转的阀芯，当控制阀接近关闭时，阀芯的弯曲臂产生挠曲变形，使阀芯的球面球塞与阀座紧密接触，因此密封性能很好。偏心旋转阀的特点如下。

1. 抗冲刷性强。阀体和阀盖整体铸造,工作温度宽,在一 40~450℃,工作压力可 10MPa。
2. 磨损小,使用寿命长。由于偏心球塞在打开时,其与阀座环的接触可减到最小,因此,因旋转造成的磨损很小,它也降低了摩擦力,改善了控制阀动态特性,延长了控制阀使用寿命
3. 可调比大。全腔型可达 100: 1; 60%缩腔型可达 60: 1; 40%缩腔型可达 40: 1。
4. 密封性好。阀芯弯曲臂的挠曲变形使阀芯能紧压阀座密封环,保证良好密封,标准泄漏量小于 0. 01%℃。
5. 流通能力大。流通能力可达同通径双座阀的 1. 2 倍。
6. 流量特性接近修正抛物线特性,在流体流向改变时不改变流量特性。
7. 动态稳定性好。只需要较小力矩就能够严密关闭。流向改变时,流体对阀芯的作用力矩相互抵消,也没有柱塞阀的根切现象,因此,动态稳定性比柱塞阀和蝶阀好。
8. 可在阀体衬各种耐腐蚀或耐磨损的衬里材料,以适应各种工作温度和工作压力条件下的运行,也可适应腐蚀性和含颗粒等流体的控制。
9. 重量轻、体积小,安装灵活,通用性强。

(11) 闸阀 闸阀又称闸板阀。它由闸板、两个密封板和阀杆等组成。执行机构通常为长行程执行机构或活塞式执行机构。闸板可采用单闸板,也可采用双闸板,闸阀常用于高黏度、含纤维的浆料等流体的控制。它具有流阻小、行程大、口径大、结构简单等特点,适用于控制精度要求不高的大口径、大流量、低压差的应用场合。

与蝶阀比较,闸阀具有较好的剪切能力,特别适合含纤维浆料的控制,例如造纸工业中纸浆的控制。由于密封面大,因此闸阀的泄漏量较大。另有一种类似的闸阀,称为平行滑阀。它由两块平行滑块上下移动来控制流量,滑块间的弹簧使滑块紧压滑轨,该类阀具有很小流体阻力和优良密封性能,标准泄漏量达 0. 00001%℃ 以下。适用于紧急切断或紧急开启的应用场合。

(12) 其他特殊用途控制阀 为特殊应用,在上述控制阀的基础上,如果上阀盖加长、添加散热片可用于低温和高温;采用多个弹簧的执行机构可减小整个控制阀的体积和重量;为降低噪声采用一系列降噪措施设计可组成低噪声控制阀;此外,还有为便于维护和清洗采用阀体分离结构的阀体分离阀;为连锁动作的快速要求采用的快速切断阀;为小流量控制设计的微小流量控制阀;为防止泄漏采用的波纹管密封的控制阀;为过热蒸汽减温和蒸汽透平旁路系统应用的蒸汽控制阀等。

十、流通能力计算

调节阀的流通能力 K_v 值，是调节阀的重要参数，它反映流体通过调节阀的能力，也就是调节阀的容量。根据调节阀流通能力 K_v 值的计算，就可以确定选择调节阀的口径。为了正确选择调节阀的尺寸，必须准确计算调节阀的额定流量系数 K_v 值。

调节阀额定流量系数的定义是：在规定条件下，即阀的两端压差为 105Pa，流体的密度为 1g/cm^3 ，额定行程时流经调节阀以 m^3/h 或 t/h 的流量数。

1. 一般液体的 K_v 值计算

a. 非阻塞流

$$\text{判别式: } \Delta P < F_L^2 (P_1 - F_F P_v)$$

$$\text{计算公式: } K_v = 10Q_L \sqrt{\frac{\rho}{P_1 - P_2}}$$

式中： F_L —压力恢复系数，查表 1。

F_F —液体临界压力比系数， $F = 0.96 - 0.28 \sqrt{P_v/P_c}$

P_v —阀入口温度下，液体的饱和蒸汽压（绝对压力），查表 4~表 10。

P_c —物质热力学临界压力，查表 2 和表 3。

Q_L —液体流量 m^3/h 。

ρ —液体密度 g/cm^3

P_1 —阀前压力（绝对压力） Kpa 。

P_2 —阀后压力（绝对压力） Kpa 。

b. 阻

塞流

$$\text{判别式: } \Delta P \geq F_L^2 (P_1 - F_F P_v)$$

$$\text{计算公式: } K_v = 10Q_L \sqrt{\frac{\rho}{F_L^2 (P_1 - F_F P_v)}}$$

式中：各字母含义及单位同前。

2. 低雷诺数修正（高粘度液体 K_v 值的计算）

液体粘度过高时，由于雷诺数下降，改变了流体的流动状态，在 $Re < 2300$ 时流体处于低速层流，这样按原来公式计算出的 K_v 值，误差较大，必须进行修正。此时计算公式为：

$$K_v = 10 \phi Q_1 \sqrt{\frac{\rho}{P_1 - P_2}}$$

式中： ϕ —粘度修正系数，由 Re 查图求得。

对于单座阀、套筒阀、角阀等只有一个流路的阀：

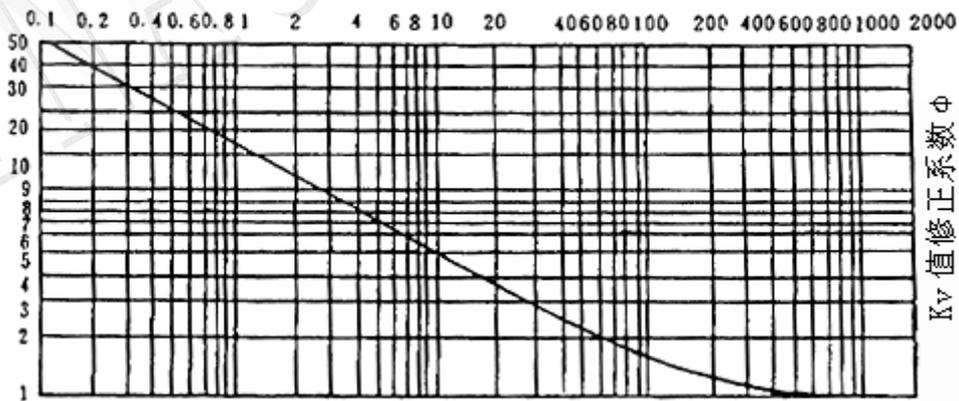
$$Re = 70000 \frac{Q}{\sqrt{K'_v}}$$

对于双座阀、蝶阀等具有二个平行流路的阀：

$$Re = 49600 \frac{Q}{\sqrt{K'_v}}$$

式中： K_v —不考虑粘度修正时计算的流通能力。

γ —流体运动粘度 mm^2/s 。



雷诺数 Re

粘度修正曲线

3. 气体的 K_v 值的计算：

a. 一般气体

当 $P_2 > 0.5P_1$ 时

$$K_v = \frac{Q_g}{4.73} \sqrt{\frac{G(273+t)}{\Delta P \cdot P_m}}$$

当 $P_2 \leq 0.5P_1$ 时

$$K_v = \frac{Q_g}{2.90P_1} \sqrt{G(273+t)}$$

式中：Qg—标准状态下气体流量 m³/h，

$$P_m = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (P_1、P_2 \text{ 为绝对压力}) \text{Kpa,}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

G—气体比重（空气 G=1），

t—气体温度℃

b. 高压气体（PN>10MPa）

当 P₂>0.5P₁ 时，

$$K_v = \frac{Q_g}{4.73} \sqrt{\frac{G(273+t)}{\Delta P \cdot P_m}} \cdot \sqrt{Z}$$

当 P₂≤0.5P₁ 时，

$$K_v = \frac{Q_g}{2.90P_1} \sqrt{G(273+t)} \cdot \sqrt{Z}$$

式中：Z—气体压缩系数，可查 GB2624-81《流量测量节流装置的设计安装和使用》。

4. 蒸汽的 K_v 值的计算

a. 饱和蒸汽

当 P₂>0.5P₁ 时，

$$K_v = \frac{120G_s}{K} \sqrt{\frac{1}{(P_1 + P_2)(P_1 - P_2)}}$$

当 P₂≤0.5P₁ 时

$$K_v = \frac{140G_s}{K P_1}$$

式中：G_s—蒸汽流量 Kg/h P₁、P₂ 含义及单位同前

K—蒸汽修正系数

部分蒸汽的 K 值如下：

水蒸汽 K=19.4 甲烷、乙烯蒸汽 K=37

氨蒸汽 K=25 丙烷、丙烯蒸汽 K=41.5

氟里昂 11K=68.5 丁烷、异丁烷蒸汽 K=43.5

b. 过热水蒸汽

当 P₂>0.5P₁ 时

$$K_v=6.23G_s \frac{1+0.0013\Delta t}{\sqrt{(P_1+P_2)(P_1-P_2)}}$$

当 $P_2 \leq 0.5P_1$ 时

$$K_v=7.25G_s \frac{1+0.0013\Delta t}{P_1}$$

式中： Δt —水蒸汽过热度 $^{\circ}\text{C}$ G_s 、 P_1 、 P_2 含义及单位同前。

5. 两相流的 K_v 值计算：

当介质为气液两相流量，一般采用分别计算液体和气体的 K_v 值，然后相加求取调节阀总 K_v 值，这种方法是基于两种流体相互独立互不影响的观点，但实际上随着液相和气相成分的变化，流体的状态趋向也不同，所以计算出 K_v 值的误差较大，在实际使用中常用的是湿蒸汽和含有水蒸汽的水。下面介绍一种蒸汽与凝液混合液体 K_v 值计算方法，计算步骤为：

- (1) 根据混合介质中蒸汽和凝液含量，求出汽化液。
- (2) 根据汽化率及进口压力 P_1 从图中查行修正系数 K_s 。
- (3) 将已知流量除以 K_s 得到相应的蒸汽流量作为计算流量。
- (4) 应用蒸汽的 K_v 值计算公式求出 K_v 值。

6. 口径选择步骤：

根据过程，确定调节阀的口径，具体步骤为：

- (1) 首先根据生产能力和设备负荷计算最大流量 Q_{\max} 和最小流量 Q_{\min}
- (2) 根据所选择的流量特性及系统特点选定 S 值，然后再根据压力分配和管路损失，确定最小压差 ΔP_{\min} 和最大压差 ΔP_{\max}
- (3) 按流通能力计算公式，求行最大流量时的

Kvs。

(4) 根据 Kvs 在所选产品型式标准，选取大于 Kvs 并接近的 Kv 值。

(5) 根据选定的 Kv 值和流量特性，验证调节阀的开度，要求开度在 10%与 90%之间。

(6) 计算 R，验算可调比。

(7) 各项验证合格后，根据 Kv 值确定调节阀的口径。

十一、调节阀泄漏量标准

国标 GB/T4213.92

泄漏等级	试验介质	试验压力	最大阀座泄漏量 1/h
I	由用户与制造厂商定		
II	水、空气或氮气	A	$5 \times 10^{-3} \times \text{阀额定容量}$
III			$10^{-3} \times \text{阀额定容量}$
IV	水	A 或 B	$10^{-4} \times \text{阀额定容量}$
	空气或氮气	A	
IV-S1	水	A 或 B	$5 \times 10^{-4} \times \text{阀额定容量}$
	空气或氮气	A	
IV-S2	空气或氮气	A	$2 \times 10^{-4} \times \Delta P \times D$
V	水	B	$1.8 \times 10^{-7} \times \Delta P \times D$
VI	空气或氮气	A	$3 \times 10^{-3} \times \Delta P$ (续表泄漏量)

续表

阀座直径		20	25	40	50	65	80	100	150	200	250	300	350	400
泄 漏 量	ml/min	0.1	0.15	0.3	0.45	0.6	0.9	1.7	4.0	6.75	11.1	16.0	21.6	28.4
	气泡数 /min	—	1	2	3	4	6	11	27	45	—	—	—	—

注：1. 每分钟气泡数是用外径 6mm、壁厚 1mm 的管子垂直浸入水下 5~10mm 深度的条件下测得的，管端表面应光滑。

2. 如果阀座直径与表列值之一相差 2mm 以上，则泄漏系数可假设泄漏量与阀座直径的平方成正比。

比的情况下通过内推法取得。

美标 ANSI B16.104-197

泄漏等级	最大允许泄漏量		试验介质	试验压力		
II	0.5%Cv		10~52℃的空气 或水	最大工作压差 ΔP 或 501b/in ² 压差, 取其较低者		
III	0.1%Cv		10~52℃的空气 或水	最大工作压差 ΔP 或 501b/in ² 压差, 取其较低者		
IV	0.01%Cv		10~52℃的空气 或水	最大工作压差 ΔP 或 501b/in ² 压差, 取其较低者		
V	每英寸公称通径和每磅/英寸 ² 压差 时, 允许有 0.0005ml/min 的漏水		10~52℃的水	最大工作压差 ΔP		
VI	阀门公称通径		10~52℃的空气 或氮气	最大工作压差 ΔP 或 501b/in ² 压差, 取其较低者		
	in	mm			ml/min	气泡数 /min
	1	25			0.15	1
	1.5	38			0.30	2
	2	51			0.45	3
	2.5	64			0.60	4
	3	76			0.90	6
	4	102			1.70	11
	6	152			4.00	27
	8	203	6.75	45		

十二、附件选择

阀门定位器

阀门定位器是气动执行器的主要附件，它与气动执行器配套使用，用来提高阀门的位置精度，克服阀杆摩擦力和介质不平衡力的影响，从而保证阀门按照调节器来的信号实现正确定位。

下列情况下，要配定位器：

- 1、介质压力高、压差大的时候；
- 2、调节阀的口径大时（DN>100）；
- 3、高温或低温调节阀；
- 4、需要提高调节阀的动作速度时；
- 5、用标准信号、操作非标准弹簧的执行机构时（20~100KPa 以外的弹簧范围）；
- 6、用于分程控制时；
- 7、使阀门实现反向动作时（气关式和气开式互相转换）；

- 8、需要改变阀的流量特性时（可以改变定位器凸轮）；
- 9、无弹簧执行机构或活塞执行机构，要实现比例动作时；
- 10、用电信号去操作气动执行机构时，必须配气-电阀门定位器。

电磁阀

当系统需要实现程序控制或两位控制时，需要配用电磁阀。选用电磁阀时，除要考虑交、直流电源及电压、频率外，必须注意电磁阀与调节阀作用型式的关系，可配用“常开型”或“常闭型”。

如果要求加大电磁阀的容量，来缩短动作时间，可以并列使用两台电磁阀或把电磁阀作为先导阀与大容量气动继电器组合使用。

典型电磁阀厂家：美国 ASCO；日本 SMC；台湾：AIRTAK；国产厂家：丹东电磁阀厂。丹东电磁阀厂引进德国 HERION 公司先进电磁阀技术已国产化。其中直动型二位三通单电控电磁阀（含防爆）；A101ED-SB024000 系列（规格：3、5、8、10、12、15、20、25、40、50mm）；二位四（五）通单电控电磁阀 A102ED-SF025000 系列（规格：5、8、12、15、20、25mm）。直动型优点：1. 工作介质可从 0MPa 开始工作；2. 可以任意安装使用；3. 工作介质适用于水、气、油；4. 动作灵敏、性能可靠；5. 功率低、寿命长、动作频率高；6. 防爆头采用增安装型与隔爆型相结合，用户接线方便。

先导型二位三通单电控、双电控电磁阀 P411EI-WFM80200 系列（规格：6、12mm）；二位五通单电控、双电控电磁阀 P413EI-WFM2630 系列（规格：6、12mm）。

气动继电器（气动放大器）

气动继电器是一种功率放大器，也称气动放大器、气动加速器。它能将气压信号送到较远的地方，消除由于信号管线加长所带来的滞后，主要用于现场变送器与中央控制室的调节仪表之间，或在调节器与现场调节阀之间，还有一种作用就是放大或缩小信号。

转换器

转换器分为气-电转换器和电-气转换器，其功能是实现气、电信号之间一定关系相互转换，主要用于在用电信号操纵气动执行机构时将 0~10mA 或 4~20mA 电信号转换或 20~100KPa 气讯号转换成 0~10mA 或 4~20mA 电信号。

空气过滤减压阀

空气过滤减压阀是工业自动化仪表中的一种附件，其主要功能是将来自空压机的压缩空气进行过滤净化并将压力稳定在所需要的数值上，可用于各类气动仪表、电磁阀、气缸、喷涂设备及小型气动

工具的供气源和稳压装置。

自锁阀（保位阀）

自锁阀是保持阀位的一种装置。气动调节阀当气源发生故障时该装置能将气源讯号切断，使膜室或气缸的压力讯号保持在故障前一瞬间的状态，这样就使阀位也维持在故障前的位置上，起到保位作用。

阀位传送器

当调节阀远离控制室时为了不到现场就能准确了解阀的开关位置，就要配备阀位传送器，即将阀开度的机构位移量，按一定规律转换成电讯号送到控制室，此讯号可以是反映阀门任何开度的连续信号，也可以认为是阀门定位器的逆动作。

行程开关（回讯器）

行程开关反映阀门开关两个极端位置，并同时送出指示讯号的装置，控制室可以根据此讯号，判断阀门的开关状态以便采取相应措施。

信号检测开关

电流信号检测开关 VA-100 是用来检测 4-20mA 电流信号故障的装置。内置固态继电器，一旦输入信号低于 4mA 以下的设定值，电流信号检测开关将使固态继电器触发，接通或切断控制电源。特点：控制电源可选择；断信号点可设置。

三断保护装置

阀门特殊控制及故障保护装置与阀门定位器等配套使用，在气源、信号、电源发生故障时，能够按照控制要求使调节阀保持原位、或者全开、全关，处于安全位置，直至状态恢复。不同控制要求，内部配置不同。我公司可按用户要求，提供定制化设计方案，并根据配置情况单供保护件或形成一体式保护装置。

常见的控制形式有：

- 三断保护

在气源、信号、电源故障时，实现阀门的保位或复位

- 两断保护

在气源、信号、电源故障时，实现阀门的保位或复位

- 正常调节式工作，紧急情况，两位式紧急开或紧急关

- 气源故障，仍保持短时间工作

十三、自力式控制阀

自力式控制阀又称直接作用控制阀，是一大类不需要额外能源驱动的控制阀。它是一类把测量、控制和执行功能合为一体，利用被控对象本身能量带动其动作的控制阀，分为直接作用式和带指挥器作用式两大类。直接作用的自力式控制阀利用过程本身的压力或压差来驱动控制阀动作，也可用。温包式检测元件将温度转换为压力，然后驱动控制阀动作。其特点是结构简单、操作方便，但会引起压降，造成出口压力的非线性，通常，稳压精度在10%—20%。带指挥器作用的自力式控制阀可适用于小压降和大流量的自力式控制场合，出口压力变化范围可小于设定压力的10%。

由于自力式控制阀具有节能功能，因此，在一些控制要求不高的场合被广泛应用。自力式控制阀执行机构膜头的输入信号是控制阀前或阀后的压力或阀两端的压差，或经温包转换后的压力信号。执行机构的结构类似气动薄膜执行机构。

自力式控制阀对被控介质有一定要求，例如，自力式压力控制阀的被控介质温度应低于某一规定值，介质应干净，当介质温度较高时，例如，用于蒸汽或150℃以上的液体时，应设置冷凝器，使进入执行机构比较器内的介质温度低于规定值。

1. 自力式压力、压差和流量控制阀。自力式压力控制阀根据取压点位置分阀前和阀后两类，取压点在阀前时，用于控制阀前压力恒定；取压点在阀后时，用于控制阀后压力恒定。对蒸汽介质，可采用冷凝器将介质蒸汽冷凝，保护进入膜头的介质温度在现场环境温度，避免使膜片损坏。对气体介质，可直接将被控气体送膜头。图2—16是自力式压力控制阀示意图。

(a) 控制阀前压力的自力式控制阀

(b) 控制阀后压力的自力式控制阀

图2—16 自力式压力控制阀

图2—17 自力式压差控制阀

当将阀前和阀后压力同时引入执行机构的气室两侧时，自力式压差控制阀可以控制控制阀两端的压差恒定，也可将安装在管道上孔板两端的压差引入气动薄膜执行机构的气室两侧，组成自力式流量控制，或用其他方式将流量检测后用自力式压差控制阀实现流量控制。

图2—17是自力式压差控制阀。图中，流量设定调整用于调节流阻。设定调整用于改变弹簧的初始预紧力，调节压差的设定值。图中的压差是用两个薄膜执行机构输出推力的比较来实现的，也可只用一个薄膜执行机构。当取压点的信号来自同一管道上安装的孔板两侧时，可用于控制流量。

带指挥器的自力式控制阀与直接作用自力式控制阀类似，其设定信号由指挥器的设定弹簧设置。图 2—18 是带指挥器的自力式控制阀原理图。图示连接用于阀后压力控制。如果阀后压力升高，表示膜头 1 下面的压力高于上面压力，阀芯 3 上移，控制阀的流通面积减小，使阀后压力下降。同时，作用在指挥器膜片 4 的压力也升高，其作用力大于由设定弹簧 5 提供的作用力，使指挥器组件 6 移动，挡板 7。靠近喷嘴 8，指挥器输出压力随之减小，即在膜头 1 上面压力减小，使阀芯 3 上移，直到阀后压力与设定弹簧的作用力平衡为止。针阀 2 用于调节放大系数，过滤器 9 用于过滤介质中的颗粒杂质，防止喷嘴被堵塞。

另有一种采用重锤作为设定的自力式压力控制阀。重锤经杠杆连接到阀杆，其重力经放大后作用在阀杆上，而阀前或阀后压力经薄膜转换为推力同样作用在阀杆上，只有两者平衡时，阀杆才不移动。由于其结构更简单，维护量少，在一些不重要或初级的压力控制系统中被采用例如，蒸汽分压缸的压力控制等。

一些压力泄放阀(包括蒸汽疏水器、排气阀等)和压力安全阀也属于自力、式两位控制阀。液位控制可转换为压力或压差控制，因此，也可采用自力式压力或压差控制阀实现。

2. 自力式温度控制阀。自力式温度控制阀的温度信号来自温包，当温度变化时，温包内的气体介质膨胀，使压力变化，该压力信号被用于作为控制信号，使自力式温度控制阀动作。图 2—19 是自力式温度控制阀的示意图。

图 2—18 带指挥器自力式控制阀

十四、智能控制阀

智能控制阀是带有微处理器，能够实现智能化控制功能的控制阀。控制阀的智能化通常采用下列几种形式：

- a. 带智能阀门定位器的气动控制阀；
- b. 智能电动控制阀；已带现场总线智能阀门定位器的气动控制阀。智能化控制功能，主要包括下列内容
 - a. 方便地修改控制阀流量特性。
 - b. 实现 PID 控制运算。
 - c. 实现其他运算功能，例如，进行分程控制的量程范围设置，非线性补偿运算等。
 - d. 更改控制阀的正、反作用方式。
 - e. 实现与上位机的通信，—实现信息共享。L 实现控制阀的故障诊断和报警。
 - g. 实现控制阀的自锁。

- h. 实现控制阀的状态信息管理等，使用智能阀门定位器的优点如下。
 - a. 减小控制回路的安装、校验和调试时间。
 - b. 采用诊断功能，使控制阀使用。寿命延长，运行状况能被及时监测。
 - c. 降低对仪表维护人员的技能要求。

带智能阀门定位器的气动控制阀

这类控制阀的结构与普通控制阀相同，因附带智能阀门定位器而使控制阀具有智能化功能。智能阀门定位器与普通阀门定位器的主要区别如下

1.控制阀流量特性的实现方式不同。智能定位器的反馈部分采用线性反馈，所需控制阀流量特性是在设定回路实现的。普通定位器的反馈部分是不同形状的凸轮，通过改变凸轮形状来实现所需控制阀流量特性。详见 5.3 节。

2.输入输出方式不同。通常，智能阀门定位器是智能电气阀门定位器。与一般电气阀门定位器比较，智能电气阀门定位器的输入信号是标准的 4~20mA 或 1~5V 电信号，它需要经模数转换后作为微处理器的输入信号。而一般电气阀门定位器输入信号虽然是 4—20mA 或 1~5V 电信号，但它不需要经模数转换，可直接送电磁线圈产生电磁力，实现力平衡。智能阀门定位器的输出信号是数字信号，它通常送压电阀组，通过压电阀组的开关来调节送控制阀膜头的气压，一般电气阀门定位器的输出信号是经气动放大器放大后的气信号。

3.采用的控制方式不同。智能阀门定位器与一般的计算机控制装置类似，采用离散控制方式，因此，在采样间隔内，控制阀开度不变化。运行过程中，控制阀开度呈现阶梯形变化。一般阀门定位器采用连续控制方式，因此，整个控制过程中，控制阀开度的变化是连续的(除了因死区造成的跃变外)。

4.反馈信号检测处理不同。智能阀门定位器中控制阀反馈信号需经模数转换后送微处理器处理，而一般阀门定位器反馈信号直接作为反馈力(力矩)，不需要经模数转换为电信号。一些智能阀门定位器输入信号采用标准模拟信号，在同一导线还传输 HART 数字信号，组成混合信号的智能阀门定位器，它不属于现场总线智能阀门定位器，但仍属于智能阀门定位器。

智能电动控制阀

这类控制阀采用智能伺服放大器、数字式操作器、减速机构、阀位检测发送装置和电动控制阀等组成。与一般电动控制阀的主要区别是采用了具有智能功能的伺服放大器。智能伺服放大器是微小型的计算机，它接收标准的模拟电流或电压信号，经模数转换为数字信号，

由微处理器将输入信号与设定信号比较，并按一定的控制规律运算，输出信号经数模转换后驱动相应的电动控制阀。与带智能阀门定位器的气动控制阀工作原理类似，智能电动控制阀的主要区别是采用电动控制阀，因此，输出信号送电动机(可以是单相或三相电动机)，并经减速装置后改变电动阀的开度。智能电动阀也是采用设定回路的非线性特性来补偿被控对象非线性特性的，因此，避免了反馈回路非线性造成的控制系统不稳定现象。同时，由于采用数字方式实现非线性补偿，因此，可根据控制阀的压降比和所需要工作流量特性确定非线性补偿环节中各折线点位置。

带现场总线智能阀门定位器的气动控制阀

与一般智能阀门定位器比较，这类控制阀所带阀门定位器的特点如下。

- a. 输入信号不是标准模拟电流或电压信号，而是现场总线设备的数字信号。
- b. 具有通信功能，能够方便地与上位机进行通信，实现数据交换和数据共享。
- c. 可采用直接供电方式和本安方式运行，符合现场总线有关标准的规定。
- d. 可实现开放系统互连的有关功能，例如可互换性、可互操作性等。
- e. 全数字、双向通信。