



中华人民共和国国家标准

GB/T 17213.18—2015/IEC 60534-9:2007

工业过程控制阀 第9部分： 阶跃输入响应测量的试验程序

Industrial-process control valves—
Part 9: Test procedure for response measurements from step inputs

(IEC 60534-9:2007, IDT)

2015-12-10 发布

2016-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

GB/T 17213《工业过程控制阀》分为以下部分：

- 第 1 部分：控制阀术语和总则(GB/T 17213.1)；
- 第 2-1 部分：流通能力 安装条件下流体流量的计算方程式(GB/T 17213.2)；
- 第 2-3 部分：流通能力 试验程序(GB/T 17213.9)；
- 第 2-4 部分：流通能力 固有流量特性和可调比(GB/T 17213.10)；
- 第 2-5 部分：流通能力 流体流经级间恢复多级控制阀的计算公式(GB/T 17213.17)；
- 第 3-1 部分：尺寸 两通球形直通控制阀法兰端面距和两通球形角形控制阀法兰中心至法兰端面的间距(GB/T 17213.3)；
- 第 3-2 部分：尺寸 角行程控制阀(蝶阀除外)的端面距(GB/T 17213.11)；
- 第 3-3 部分：尺寸 对焊式两通球形直通控制阀的端距(GB/T 17213.12)；
- 第 4 部分：检验和例行试验(GB/T 17213.4)；
- 第 5 部分：标志(GB/T 17213.5)；
- 第 6-1 部分：定位器与控制阀执行机构连接的安装细节 定位器在直行程执行机构上的安装(GB/T 17213.6)；
- 第 6-2 部分：定位器与控制阀执行机构连接的安装细节 定位器在角行程执行机构上的安装(GB/T 17213.13)；
- 第 7 部分：控制阀数据单(GB/T 17213.7)；
- 第 8-1 部分：噪声的考虑 实验室内测量空气动力流流经控制阀产生的噪声(GB/T 17213.8)；
- 第 8-2 部分：噪声的考虑 实验室内测量液动流流经控制阀产生的噪声(GB/T 17213.14)；
- 第 8-3 部分：噪声的考虑 空气动力流流经控制阀产生的噪声预测方法(GB/T 17213.15)；
- 第 8-4 部分：噪声的考虑 液动流流经控制阀产生的噪声预测方法(GB/T 17213.16)；
- 第 9 部分：阶跃输入响应测量的试验程序(GB/T 17213.18)。

本部分为 GB/T 17213 的第 9 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60534-9:2007《工业过程控制阀 第 9 部分：阶跃输入响应测量的试验程序》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 17213.1—2015 工业过程控制阀 第 1 部分：控制阀术语和总则(IEC 60534-1:2005, IDT)；
- GB/T 17213.4—2015 工业过程控制阀 第 4 部分：检查和例行试验(IEC 60534-4:2006, IDT)。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本部分负责起草单位：上海工业自动化仪表研究院。

本部分参加起草单位(按汉语拼音顺序排列)：艾默生过程管理(天津)阀门有限公司、重庆川仪调节阀有限公司、重庆世壮仪器仪表有限公司、富阳南方阀业有限公司、杭州良工阀门有限公司、上海阀特流体控制阀门有限公司、上海自仪股份自动化仪表七厂、天津精通控制仪表技术有限公司、无锡智能自控工程股份有限公司、吴忠仪表有限责任公司、浙江澳翔自控科技有限公司、浙江派沃自控仪表有限公司、

浙江三方控制阀股份有限公司、浙江永盛仪表有限公司、浙江中德自控阀门有限公司。

本部分主要起草人：王炯、李明华、廖建民、李展其、沈剑标、沈惟、张世淑、张德贤、范萍、蔡加潮、杨建文、何文光、王汉克、张永亮、马玉山、左兵、高强、林锋、巴荣明、许春良、陈彦、孟少新、陈大军、蔡克坚、蒋唐锦、李俊、蔡东武。

工业过程控制阀 第9部分： 阶跃输入响应测量的试验程序

1 范围

GB/T 17213 的本部分确定了在闭环控制环境中起调节作用的控制阀的阶跃响应的试验和报告。控制阀由一个完整、待用的控制阀阀体组件,执行机构以及必要的附件组成。最常见的附件为阀门定位器。

注:相关背景见技术报告 ANSI/ISA-TR75.25.02 [6]¹⁾。

本部分的目的是确定在开环环境下如何试验、测量及报告控制阀的响应特性,用于判断过程控制环境中的控制阀对于阀门输入信号的反应速度和准确度。

本部分不确定过程控制中的控制阀性能的可接受性,也不限制任何应用环境中的控制阀的选择。如果本部分用于评定或验收试验,各方可以约定按照此要求记录变化。

本部分也可适用于某些开环控制应用场合,但本部分试验方法的依据是特别针对闭环反馈控制回路。本部分不涉及开关功能的控制阀。

本部分所规定的试验可能不足以测量所有应用环境所要求的性能。也不是所有控制阀的应用环境都需要进行本试验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60534-1 工业过程控制阀 第1部分:控制阀术语和总则(Industrial-process control valves—Part 1: Control valve terminology and general consideration)

IEC 60534-4 工业过程控制阀 第4部分:检验和例行试验(Industrial-process control valves—Part 4: Inspection and routine testing)

3 术语和定义

IEC 60534-1 及 IEC 60534 其他部分中界定的术语和定义以及下列术语和定义适用于本文件。

注1:在非线性动力学的特定领域,IEC 60050-351 和参考文献[5]中定义的一些术语有失准确。还有一些术语与非线性控制文献中使用的术语不一致。

注2:参考文献[6]解释了适用的术语并研究了对过程控制有重要意义的控制阀的静态和动态响应特性。这些信息有助于正确解释和应用从本标准确定的试验中获取的试验结果。

1) 方括号内的数字指参考文献。

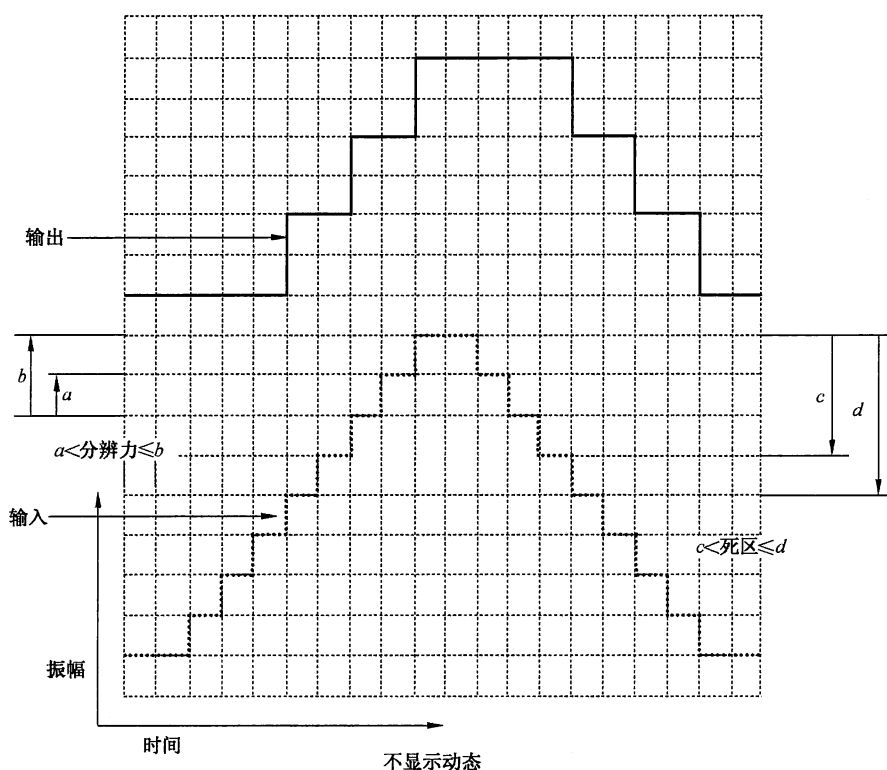


图 1 死区和分辨率

3.1

闭环时间常数 closed-loop time constant

在内部模型控制(IMC)和 λ 整定法等整定方法中使用的控制回路的闭环响应时间常数,是评价控制回路性能的指标。

3.2

死区 dead band

输入变量的反向变化不至引起输出变量有任何可察觉变化的有限数值区间(见图 1)。

[IEC 60534-4,定义 3.2]

3.3

时滞 dead time

t_d

从输入变量产生变化的瞬时起,至输出变量开始变化的瞬间为止的时间间隔。

3.4

动态响应 dynamic response

由指定的随时间变化的输入信号变化引起随时间变化的输出信号发生变化。

注:通常输入信号的变化采用脉冲、脉冲压缩、阶跃、斜坡和正弦波[4]。动态指控制阀处于运动状态。动态响应的测量可在试验台上无负载进行测量,或在流量实验室中使用模拟或实际负载进行测量,也可在实际工作环境中测量。

3.5

增益比 gain ratio

G_R

响应增益 G_z 与特定的参比响应增益 G_{z02} 之比。响应增益 G_{z02} 由阶跃大小为 2% 的多阶跃试验确定。在正常位置进行试验的理想增益比为 1.0。

$$G_R = G_z / G_{z02}$$

注：如果系统中使用了带脉冲调制输出的数字定位器则可能无法测量增益比，因为这种定位器的增益测量会得到一个无穷的数值。

3.6

输入阶跃大小 input step size

Δs

阶跃变化中开始信号和结束信号之差，以信号量程的百分比表示。

3.7

极限环 limit cycle

反馈系统的非线性特性引起的振荡。

注 3：即使反馈回路的输入变化为零，这些振荡依然一直存在，并且有固定频率和振幅。在线性系统中，理论上会有不稳定的振荡出现，并且振幅会无限增大，而非线性系统中则可以限制振幅的增长[3]。

注 4：极限环是否存在取决于即时阀位。

3.8

非线性系统 non-linear system

响应取决于振幅、输入信号的特性以及系统初始环境的系统。例如，非线性系统可以通过改变输入信号的大小使其从稳定变为不稳定。

注：当非线性系统运行到反馈控制环节的设定点，可能会出现极限环。极限环振幅和频率是非线性系统的特征函数，也是反馈控制作用的影响增益。反馈增益增大时，相应的极限环的频率也要增大。过多的增益增加会导致分岔、频率加倍、最终导致混乱无序的状态。

3.9

超调(量) overshoot

对于阶跃响应，为偏离输出变量的最终稳态值的最大瞬时偏差，通常以最终稳态值和初始稳态值之差的百分比表示。

3.10

相对行程 relative travel

h

某一指定位置的行程与额定行程之比。

3.11

分辨力 resolution

能造成输出信号可见变化的输入信号在一个方向上的最小阶跃增量，以输入量程的百分比表示（见图 1）。

注：本部分所用的术语“阀门分辨力”指同一方向上输入信号的阶跃变化造成控制阀有限阶跃移动的趋势。这发生在控制阀在上一次阶跃变化中停止移动并且依旧静止的情况中。

3.12

阶跃响应 step response

输入的阶跃变化引起过程变量 (ΔZ) 随时间的变化。在本部分中，阶跃响应可以是阀杆位置、流量或其他过程变量。

3.13

响应流量系数 response flow coefficient

C_R

在工作环境下进行试验确定的表观流量系数。工作环境下取得的数据可能与阀门口径计算标准要

求的实验室数据有所不同。

注 5: 目前流量系数的符号使用 K_v 和 C_v , 这取决于系统使用的单位, 更多信息见 IEC 60534-1。

注 6: 下面确定的两个流量系数的单位和量纲都不一致, 但可以用数字说明两个流量系数之间的关系, 如下所示:

$$\frac{K_v}{C_v} = 0.865$$

3.14

响应增益 response gain

G_Z

过程变化的稳态量 ΔZ 与引起变化的信号阶跃 Δs 之比。一个特定的参比响应增益是由 2% 大小阶跃的响应时间试验中计算出的, 可表示为 G_{Z02} 。

$$G_Z = \Delta Z / \Delta s$$

$$G_{Z02} = \Delta Z_{02} / \Delta s_{02}$$

3.15

采样间隔 sampling interval

Δt_s

采样数据点之间的时间增量, 它为采样频率 f_0 的倒数。

$$\Delta t_s = 1 / f_0$$

注: 由于本部分进行采样的变量会超过一种, 因此这里指采用数据组之间的时间间隔。理想情况下, 同一组的所有变量为同时进行采样。如果数据是采用模拟设备记录的, 那么记录设备的时间常数宜不大于最大允许 Δt_s 。

3.16

采样频率 sampling rate

f_0

进行数据采样的频率, 或者单位时间采样的数量(见 3.15)。

3.17

滑动摩擦 sliding friction

F_R 或 T_R

在指定输入信号变化率的情况下, 在任一方向上维持运动所需的力或转矩。

3.18

静态 static

没有位移和变化[4]; 在装置停止移动后记录读数。静态性能的测量可在试验台上无负载进行测量, 或在流量实验室中使用模拟或实际负载进行测量, 也可在实际工作环境中测量。

注: 此实验有时候称作动态试验[4], 容易造成混淆。作为重要的阀门性能的静态行为特性, 有死区、分辨力、和行程增益。

3.19

稳态 steady state

当所有瞬时影响消除, 同时所有输入变量保持恒定时, 系统所维持的状态。

3.20

阶跃变化 step change

为了仿真动态系统的阶跃响应而施加在动态系统的输入信号上的瞬时变化。此种试验用于表征动态系统的阶跃响应特性。

3.21

阶跃变化时间 step change time

Δt_{sc}

从信号输入阶跃开始, 到达到其最大值的时间。

3.22

阶跃试验 step test

为了测试动态阶跃响应而对输入信号施加一个阶跃变化的试验。

3.23

阶跃响应时间 step response time
 t_{86}

从输入信号产生阶跃变化开始到动态响应达到最高稳态值的 86.5% 的时间间隔。阶跃响应时间包括动态响应之前的时滞。

3.24

静态阻力(静摩擦) stiction (static friction)

开始发生位移的阻力,通过测量克服上、下行静摩擦力的驱动力值之差获得[5]。

3.25

时间常数 time constant
 τ

由输入变量的阶跃变化引起的一阶线性系统输出的变化达到总变化的 63.2% (即 $1-1/e$) 所需的时间。

注:在本标准中的此术语用于描述模拟测量装置的动态特性。

3.26

阀行程增益 valve travel gain

以满量程百分比表示的截流件位置的变化与以满量程百分比表示的输入信号的变化之比。

$$G_x = \Delta X / \Delta s$$

3.27

阀门系统近似时间常数 valve system approximate time constant
 τ'

无时滞的一阶响应的时间常数,可适用于实际控制阀阶跃响应。近似时间常数可作为与其他时间常数(例如:控制回路的闭环时间常数)比较的一个基准。

注 1:一阶系统在两个时间常数可以达到最终阶跃响应值的 86.5%;近似时间常数为阶跃响应时间 t_{86} 的一半。

注 2:使用近似时间常数并不意味着控制阀的响应是一阶的。控制阀的阶跃响应较为复杂,起初有时滞,接着是潜在的复杂的动态变化,最后到达稳态。 t_{86} 包含了响应初期的时滞及响应最后部分可能会出现出现的减速建立部分的时间。某些阀门定位器为了防止超调的出现会在最后部分减速运行, τ' 提供了一个简化的线性时间常数来模拟控制阀的动态响应,它可以在同时间常数单位的基础上与闭环时间常数比较。由于仅是时间常数 t_{86} 的一部分,不包含时滞,因此近似值与理想值会有差异。

3.28

等待时间 wait time
 Δt_w

输入阶跃变化后等待响应达到新稳态值的时间。

3.29

X-Y 图 X-Y plot

输入漂移与输出漂移对应的图,输入-输出图有助于确定非线性的稳态特征值。

4 符号

表 1 中的符号适用于本文件。

表 1

符 号	描 述	单 位
C_R	响应流量系数(K_V 或 C_V)	各不相同(见 IEC 60534-1)
Δs	输入阶跃大小	输入量程百分比
Δs_{02}	参比输入阶跃大小 2%	输入量程百分比
Δt_s	采样间隔	s
Δt_{sc}	阶跃变化时间	s
Δt_w	等待时间	s
ΔX	截流件位置变化	额定行程百分比
ΔZ	过程变量变化	过程输出百分比
ΔZ_{02}	2%输入变化时的过程变量变化	过程输出百分比
f_0	采样频率	1/s
F_R	摩擦力	N
G_R	增益比	无量纲
G_x	阀行程增益	无量纲
G_Z	响应增益	无量纲
G_{Z02}	2%输入阶跃时的响应增益	无量纲
n_{down}	在一系列响应时间试验中,阶跃的数量(信号减小)	无量纲
n_{up}	在一系列响应时间试验中,阶跃的数量(信号增大)	无量纲
H	相对行程	%
T	时间常数	s
T_R	摩擦转矩	N·m
t_{86}	阶跃响应时间	s
t_{86B}	基准响应时间	s
t_{861}	阶跃响应时间(信号增大)	s
t_{862}	阶跃响应时间(信号减小)	s
t_d	时滞	s

5 通用试验程序

5.1 试验阀条件

试验阀应按要求的试验组态配置。此配置包括阀组件的填料类型和条件、定位器(如有)和执行机构的配置。定位器的配置应包括适当的调整和参数设置(对于数字定位器而言)。在某些情况下,可进行预试验,以确定没有过度超调。(过度超调量在此不作定义,可根据应用环境加以确定,但应在试验报告中加以说明。)阀配置的所有可能影响试验结果的可用特性都应在试验报告中加以说明(见 7.1)。

5.2 试验系统

在实验室试验或现场试验中,确定控制阀响应的试验需要一个信号发生器或者信号源、测量输入信号的装置、测量截流件位置的装置及测量所需要的响应变量的装置。响应变量也可从其他可能需要测量的变量中推导出来。

如有合适的试验装置,试验可手动完成,但是在试验和分析过程中仍然推荐全程或者至少部分使用计算机完成。

当测量响应时间时,数据收集的速度应满足式(1)中所给出的采样间隔 Δt_s ,以保证有良好的时间分辨力。静态特性(死区,增益,分辨力)的测量通常不取决于采样间隔,可由现有的现场仪器,按照给定的采样频率进行测量。

对于采用气动输入信号的控制阀,应尽可能靠近输入端处测量输入信号,以避免由管道所造成的偏差。完成输入信号阶跃变化所需的总时间 Δt_{sc} 应符合式(2)的要求。

阀位的测量点应尽可能靠近截流件,至少应在能满足 5.3 给出的分辨力要求的截流件所处位置进行测量。应避免由于过度弹性形变、间隙、连接所造成的测量误差。任何情况下都应明确说明测量点。

5.3 测量装置

每个输出变量的测量(包括传感器、信号调节设备、记录设备所造成的综合影响)应满足下列最低要求。

$$\Delta t_s \leq \frac{t_{86}}{20} \text{ 或者 } 0.5 \text{ s 中的较小值} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta t_{sc} \leq \frac{t_{86}}{20} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{时间常数 } \tau \leq \frac{t_{86}}{20}$$

用于测量静态参数如死区,增益,分辨力等的装置无需满足这些要求,但应给出其时间常数 Δt_s 和 Δt_{sc} 。

注 1: 由于 t_{86} 取决于阶跃大小,当有较小的阶跃时需要用到时间常数 τ 较短的测量装置。

注 2: 对于现场试验,流量计的时间常数不应为 $\Delta t_{sc} \leq \frac{t_{86}}{20}$,除非它用于测量 t_{86} 。

如果已安装的用于测量 t_{86} 的现场装置不符合这些要求,则推荐采用外部连接的符合上述要求的传感器和记录装置。

装置分辨力不大于阀门分辨力的 1/3,最好不大于阀门分辨力的 1/10。

不精确度不大于满刻度值的 5%,最好不大于满刻度值的 2%。

注 3: 满刻度值指控制阀的已知的或预测的的被测变量从 0% 到 100% 的范围。

5.4 过程变量

对于实验室和现场的死区及分辨力测试,除测量输入信号和位置外,如有可能,还应测量过程变量。参考文献[6]提供了从特定工厂或实验室提供的各种可利用的变量中选择最好的过程变量的导则。

如果可以测量计算所需的变量,推荐使用简化过的响应流量系数 C_R 作为过程变量。由于本标准不涉及流量系数 C 的精确测定,并且在许多应用环境和某些实验室中也很难测得 C ,因此此处使用 C_R 。在测量死区和分辨力时使用 C_R 和 C 的结果是相同的,因为在输入信号典型变化时,变化是相等的。假设通过阀门的流体是完全紊流状态但还未形成阻塞流,响应流量系数可按照式(3)或式(4)进行计算。

对于不可压缩流体:

$$C_R = \frac{Q}{N_1} \sqrt{\frac{\rho_1/\rho_0}{\Delta p}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Q —— 体积流量;

ρ_1/ρ_0 —— 相对密度(水在 15 °C 时 $\rho_1/\rho_0=1.0$);

Δp —— 阀门两端的压差;

N_1 —— 当 C_R 采用 K_V , $N_1=1$, K_V 单位为立方米每小时 (m^3/h), Q 单位为立方米每小时 (m^3/h), Δp 单位为巴 (bar);

N_1 —— 当 C_R 采用 C_V , $N_1=0.865$, C_V 单位为美加仑每分钟 (gpm), Q 单位为立方米每小时 (m^3/h), Δp 单位为巴 (bar)。

对于可压缩流体:

$$C_R = \frac{W}{N_6 Y \sqrt{x p_1 \rho_1}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

W —— 质量流量;

p_1 —— 上游绝压,单位为巴 (bar);

x —— 压差比, $x = \Delta p / p_1$, 其中 Δp 是压差;

Y —— 膨胀系数, $Y = 1 - \frac{x}{3 F_{y, x_T}}$, 其中 F_{y, x_T} 设为 0.7;

N_6 —— 当 C_R 采用 K_V , $N_6=31.6$, K_V 单位为立方米每小时 (m^3/h), W 单位为千克每小时 (kg/h), Δp 单位为巴 (bar);

N_6 —— 当 C_R 采用 C_V , $N_6=27.3$, C_V 单位为美加仑每分钟 (gpm), W 单位为千克每小时 (kg/h), Δp 单位为巴 (bar);

ρ_1 —— 上游流体密度,单位为立方米每千克 (m^3/kg)。

注: 通过控制阀的流体不是完全紊流或产生阻塞流,如同在“现场试验”中经常发生那样,则实际流量系数 C 可以由通用流体流量系数公式计算得到(IEC 60534-2-1)。

当使用式(3)、式(4)计算出的响应流量系数来计算过程变量的百分比变化时,应测量、估计、或根据制造厂提供的数据确定 C_R 的最大值(当阀门 100%开度时)。一般来说阀门 100%开度时的 C_R 值要在试验结果中给出。

在试验过程中,被测过程变量经常会由于各种干扰等原因产生显著的波动,比如:过程本身的干扰、工厂环境中的电子干扰、或测量干扰。可在关键数据点,例如 t_{86} 出现的时间点或者阶跃变化最大值时的点附近,采用曲线拟合法或平均法。如果试验是手动完成的,需绘制成图。在任何情况下,如果采用了曲线拟合法,则所有的原始数据都应该绘制成图,拟合数据应绘制在原始数据周围。这些数据可能在以后或者其他计算中使用到。

5.5 普通试验位置

典型试验应在阀门开度为 50%的时候进行,其他特殊规定的位置要在这个位置的基础上进行。当阀门在 50%开度下有异常时则需在其他位置进行试验。现场试验时,只对现场工作位置和在允许的变化范围内进行试验。所有试验进行的标准位置都应在报告中记录。

6 阶跃响应案例

图 2 和图 3 为由于输入阶跃变化而产生的响应。图 2 中的响应没有超调量出现,图 3 为有超调量。这些图中在信号里有测量干扰。输入信号和响应同时列出,响应可能是阀位或某个过程变量。

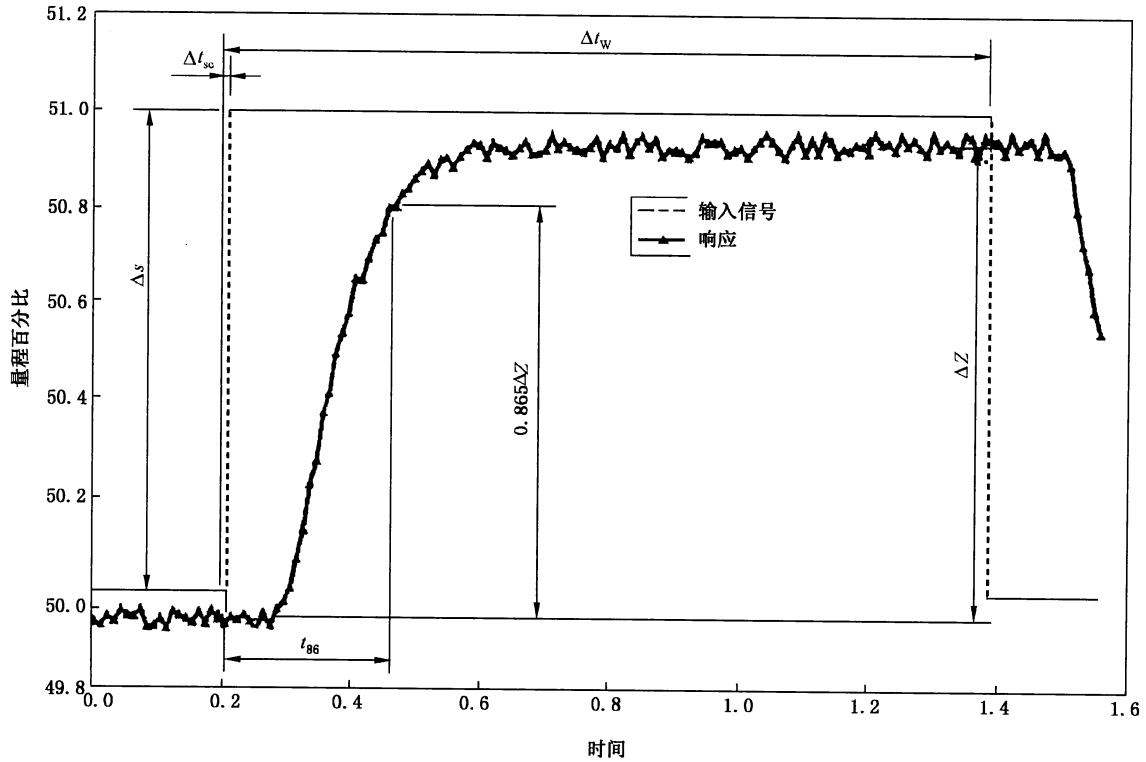


图 2 无超调量的典型阶跃变化和响应

当阀门输入信号突然改变,在一段时间延迟或时滞后,阀门开始作出响应(如果输入信号变化足够大)。响应开始以指数形式向最终值靠拢。在一次阶跃之后,信号在规定时间 Δt_w 之内保持恒定不变,让响应达到新的最终稳态值。阶跃响应时间 t_{86} 指从阶跃变化开始至输出达到最终稳态值的 86.5% 的时间。

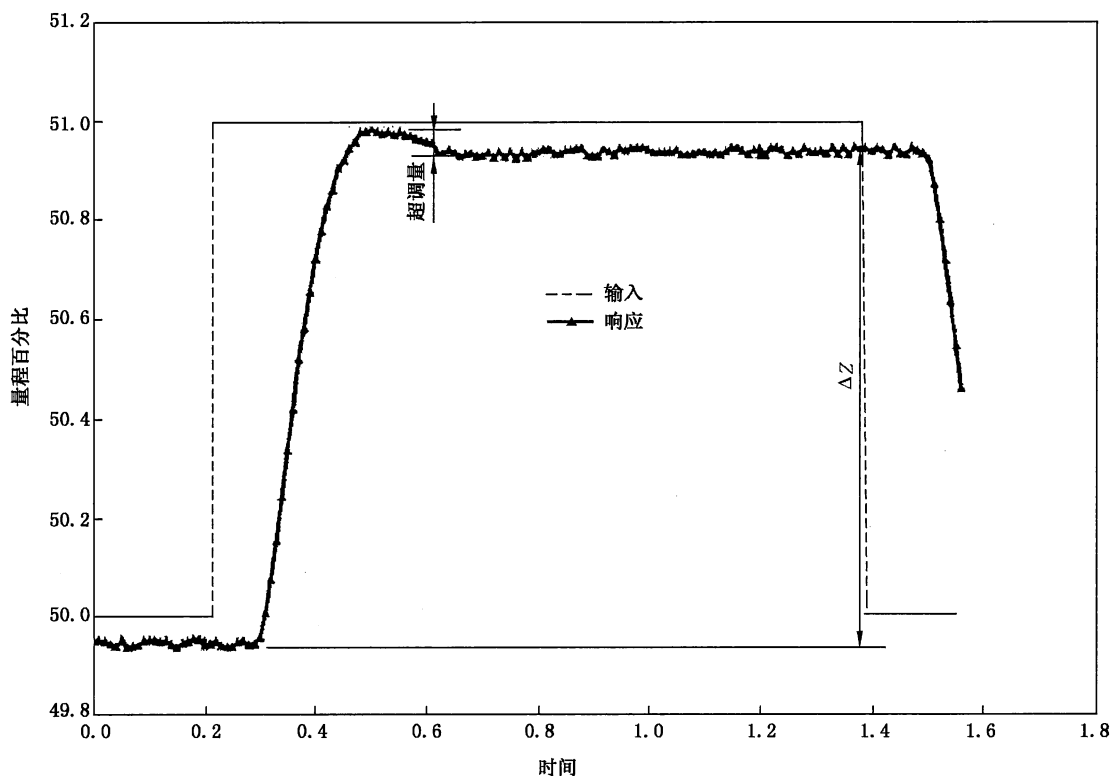


图3 有超调量的阶跃响应

7 三种试验环境的指定试验

7.1 试验台试验

试验台试验一般来说是操作最简单的试验,并且能提供很多有用的信息。但是试验的结果可能与实验室试验、现场试验的结果有很大的差异,因为在此试验中没有流体[6]。应满足以下要求:

a) 阀门结构

使用带有填料配置的完整阀门。阀门可能受压也可能不受压,但是填料应按照常规或者特殊指定环境中的要求进行压紧处理。压紧填料的程序应按照制造厂的说明进行,满足 GB/T 17213.4 中给出的要求,并应做记录。定位器的配置(如果有)应包括相关调整和参数。

除非另有说明,标准阀位应设定在 50%。

当用户同意并且对所有的应用点进行预处理后,执行机构组件也可单独进行试验(不与阀门本体连接)。执行机构组件也应安装在有控制阀填料函的试验固定装置中进行试验,除非制造厂和用户都同意在两种方法中只选用一个试验程序进行试验。填料需按照制造商说明的进行压紧处理。试验报告应清楚的说明如何对执行机构进行试验,使用何种试验固定装置,如何测量或估计静摩擦力、压紧填料的程序、操作时的温度和压力。

如果阀门的试验环境与上面所述的不同,则应描述该环境。

b) 特别注意事项

除非在试验报告中有规定和要求,在试验过程中不允许对阀门敲击和振动。

阀门在试验压力下(如果可行),阀门应循环打开、关闭 10 次。然后测量总摩擦力(见附录 A)。

- c) 被测变量
输入信号,相对行程。
- d) 适用试验程序
基准试验(见 8.1),小阶跃试验(见 8.2),响应时间试验(见 8.3)。

7.2 实验室试验

实验室试验在实验室中进行,有流体。流体是完全紊流并且在没有特殊注明的情况下无阻塞。实验室试验比试验台试验更能代表现场试验。需满足以下要求:

- a) 阀门结构
填料按照常规要求进行压紧处理的安装在流量管道上的完整阀门(除非另有要求)。
除非另有说明,标准阀位应设定在 50%。
在有试验液体流过阀门的情况下,阀门应循环打开、关闭 10 次并测量压降和流量。然后测量总摩擦力(见附录 A)。
- b) 特别注意事项
不允许敲击和额外的振动。应测量由流体本身所产生的振动,特别是当这些振动对试验结果产生影响时。
- c) 被测变量
输入信号,相对行程,过程变量。
- d) 适用试验程序
基准试验(见 8.1),小阶跃试验(见 8.2),响应时间试验(见 8.3)。

7.3 现场试验

现场试验给出了阀门在真实情况下的响应,或者接近真实情况下的响应。试验环境的范围可能比实验室试验的范围更加受限。同样也更难得到较好的测量结果。阀门的输入和过程变量的测量有时候可以直接从已有的车间装置上得到(该装置的时间常数,采样频率,分辨力,精确度应符合要求)。需注意以下几点:

- a) 阀门结构
在指定环境中运行的完整阀门。应测量或估计总摩擦力,并给出估计的方法。试验的阀位和环境应满足预定的要求。有些情况下,仅允许在现有的工作环境下进行操作。
- b) 特别注意事项
由于车间的操作程序和安全要求的限制,不允许在此进行完整的试验。
- c) 被测变量
输入信号,相对行程,过程变量。
- d) 适用试验程序
基准试验(见 8.1),小阶跃试验(见 8.2),响应时间试验(见 8.3)。

8 试验程序细则

8.1 基准试验

通常第一步都是进行基准试验,但是基准试验属于可选试验。本试验用于评估测量干扰,阀门的极限环或者其他类似特性,并且用于确定基准响应时间 t_{86B} 。图 4 为输入信号和在试验过程中位置和响应的示例。试验包含了以下步骤:

——按照预定的基准值设定控制信号并且让阀门到达稳态环境。当进行现场试验时,控制信号—

- 般已经设定在预定值,控制器可以手动开启;
 - 监控变量 3 min,采样频率使用 Δt_s ,频率应不大于 0.5 s 和 $t_{86}/4$ 中较小的一个;
 - 阶跃输入提高 2%,继续监控变量 1 min 或者更久;
 - 重复提升 2%的阶跃,直至产生移动,再进行一次阶跃以得到完全响应;
 - 阶跃输入降低 2%,继续监控变量 1 min 或者更久;
 - 重复降低 2%的阶跃,直至阀位回到起始位置;
 - 评估极限环的数据。如果有,应估计极限环的峰峰值的大小和周期;
 - 在上升方向上最后 1 min 时间段,确定响应时间 t_{861} 。如果出现超调量,测量其大小和从阶跃开始到达到稳态时所用的时间;
 - 在下降方向上最后 1 min 时间段,确定响应时间 t_{862} 。如果出现超调量,测量其大小和从阶跃开始到达到稳态时所用的时间;
 - 取 t_{861} 和 t_{862} 中两者较大的一个作为基准响应时间 t_{86B} (见图 4)。
- 如果存在超调量,由上升或下降输入阶跃信号产生的最大超调量来确定超调量和超调量时间。

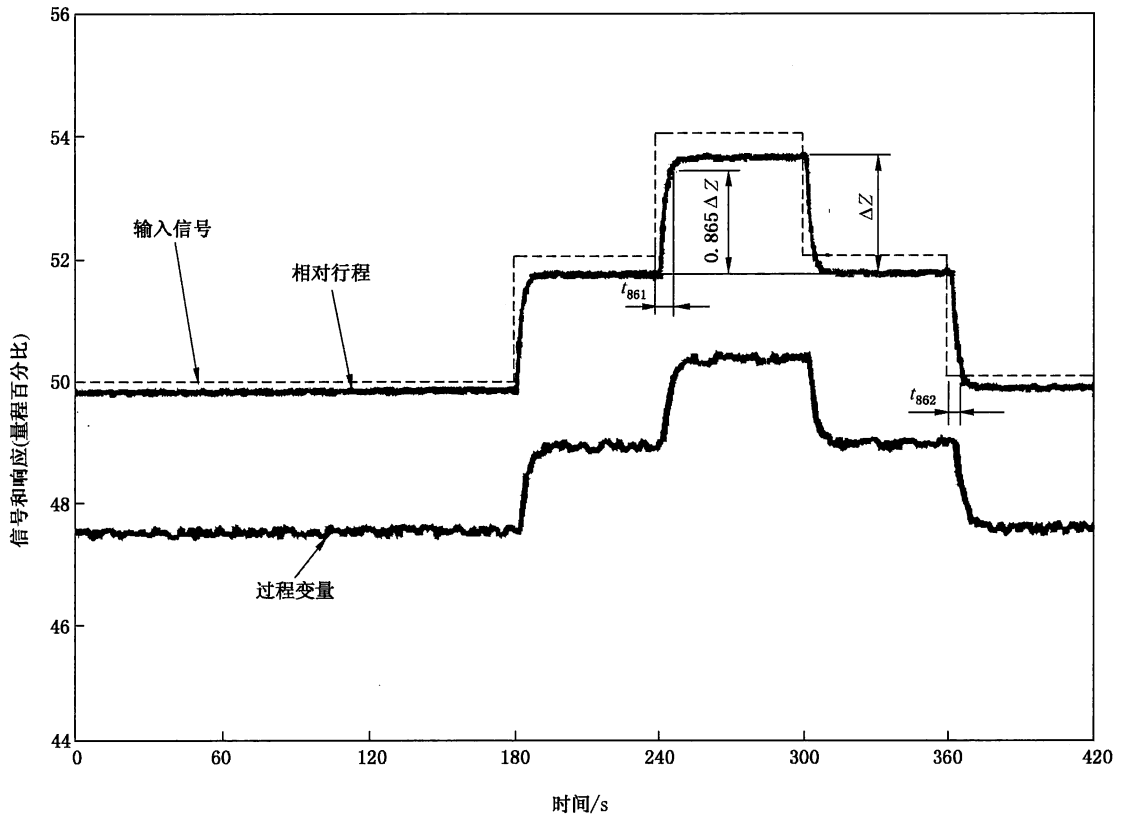


图 4 基准试验中的阶跃和响应示例

8.2 小阶跃试验

小阶跃试验用于确定死区和分辨力。如果响应时间试验提供的信息满足规定的精确度,则本试验可以省略。图 5 为典型小阶跃试验随时间变化的信号图。如果未进行可选的基准试验,则试验在将输入信号设定为标准值后的至少 3 min 后进行,如果进行了基准试验,则在设定输入信号后的 30 s 后进行(小阶跃试验可以紧接着可选基准试验进行)。

从此刻起,设定 Δs 然后等待指定时间 Δt_w 。监控输入信号、阀位,和过程变量(对于实验室试验和现场试验)、或者在确定响应流量系数 C_R 所必须的变量,采样周期为 Δt_s 。在 n 次阶跃中保持这个步骤。此时,再等待两个时间段 $2\Delta t_w$,然后降低信号进行 n 次阶跃,每次阶跃后等待 Δt_w 。然后等待另一个 $2\Delta t_w$ 开始重复以上步骤,进行上下阶跃的试验。

参数 Δs , Δt_w , Δt_s 和 Δt_{sc} 要满足以下几点:

Δs 不大于分辨力和死区两者的较小值的一半。

注:由于可能事先不能得到近似分辨力和死区,可以取 Δs 为满刻度值的 0.1%,然后根据指定环境的要求进行校正。分辨力和死区可能小于极限环的峰峰值。如果出现这种情况,则无法测量到分辨力和死区,可以将分辨力和死区定义为小于极限环峰峰值的数值。

n 不小于 4 和死区与分辨力之和的 1.2 倍除以 Δs 之间的较大值。

这些要求应保证导致初始移动的阶跃后至少有一次额外的阶跃。

Δt_s 不大于 $t_{86B}/20$ 和 0.5 s 之间的较小值。

注:如果未进行可选的基准试验, t_{86B} 未知,可采用 $\Delta t_s = 0.5$ s 的近似 t_{86} 值,或者采用试验中的较小值,调整 Δt_s ,使用 $2t_{86}$ 代替 t_{86B} 。

Δt_w 不小于 4 倍的过程测量时间常数,如果过程测量时间常数未知,则不应小于 30 s。

Δt_{sc} 不大于 $t_{86B}/20$ 。

如果未进行基准试验,应注意以上注的内容。

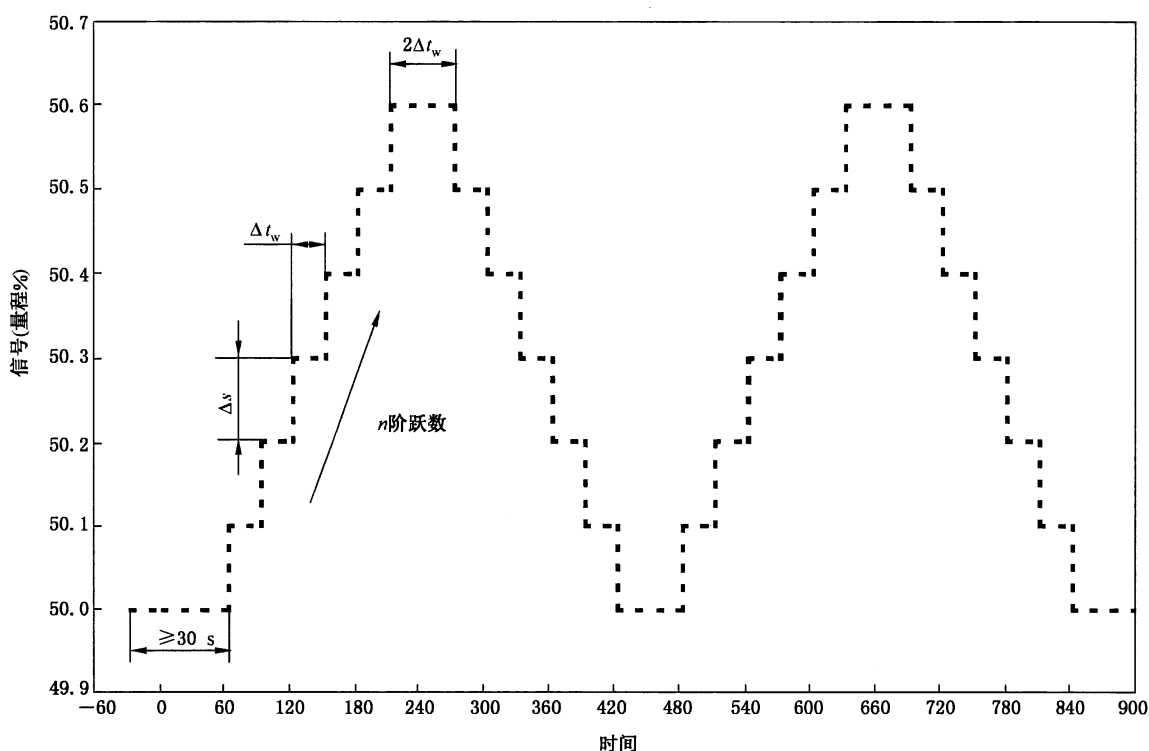
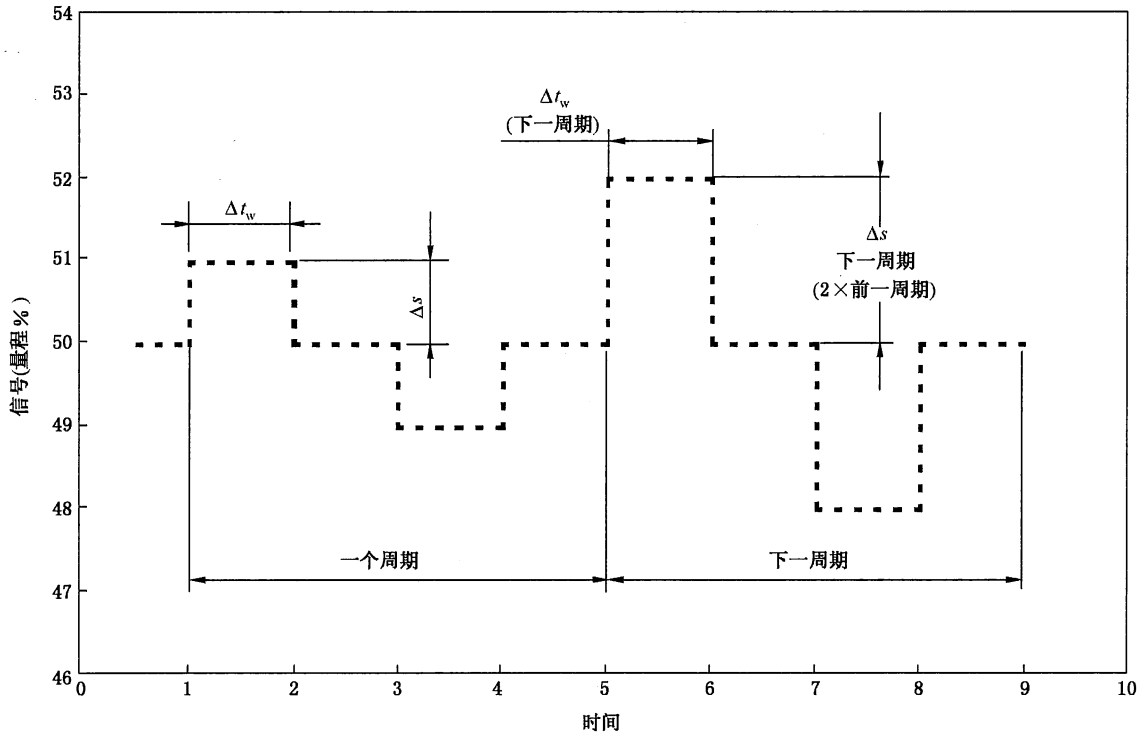


图 5 小阶跃试验用信号系列

8.3 响应时间试验

响应时间试验包含了一系列的用于确定响应时间 t_{86} 的阶跃,以及随着每个阶跃所产生的变化 Δs 。阶跃响应时间也能提供死区和分辨力的大致值。如果允许使用不十分精确的死区和分辨力的值,那么

响应时间试验可以代替小阶跃试验。在正常输入信号状态下的开始等待时间可以增加至 2 min 来确定极限环而不用进行可选的基准试验。



注：图中所示为 50% 标称位置，但具体情况中可能为其他值。

图 6 响应时间试验的样本信号阶跃系列

每一种阶跃大小都应进行一次(或一系列)向上阶跃,两次(或一系列)向下阶跃,再一次(或一系列)向上阶跃,每一个阶跃后都有等待时间 Δt_w 。向下阶跃的次数 n_{down} 是向上阶跃次数 n_{up} 的两倍,所以,信号在第二组向上阶跃后恢复到标称值。

记录每一次阶跃时的输入信号和相关行程。

图 6 所示为向上阶跃次数 n_{up} 为 1, 向下阶跃次数 n_{down} 为 2, 向上阶跃次数 n_{up} 为 1 的情况。

第一次阶跃响应试验应选择最小阶跃大小。最小阶跃大小等于或略大于分辨力和死区间较小的值。分辨力可从下文列出的阶跃大小系列中选取。

如果未进行小阶跃试验而采用阶跃响应试验来确定近似的死区和分辨力,则第一次响应试验的阶跃大小应为 0.1% (除非已知死区和分辨力比这个值更大)。

阶跃大小系列: Δs 为输入信号量程的 0.1%; 0.2%; 0.5%; 1.0%; 2.0%; 5.0% 和 10.0%

然后继续下一个稍大的阶跃,直至以上数系的每一个阶跃大小都成功进行了响应试验(除非工作环境不允许)。如有需要并且工作环境允许,可能采用一个较大的阶跃大小,比如 20% 或者 50%。

例如,如果分辨力确定为 0.3% 并小于死区,则响应时间试验的 Δs 应为输入信号量程的 0.5%; 1%; 2%; 5% 和 10%。(在实验室和现场试验中会对最大阶跃大小进行限制,以免扰乱正常运转和出现水击)。

每个阶跃大小所需的最低向上阶跃次数 n_{up} 在下文中给出,同一方向上输入信号的总变化量(阶跃次数乘以阶跃大小)不小于死区和分辨力之和的 1.2 倍。

n_{up} 不小于死区和分辨力之和的 1.2 倍除以 Δs 。

应保证信号改变量足够,以超过死区并在同方向上至少再多移动一次。阶跃量过分小,需要进行多次阶跃。

$$n_{\text{down}} = 2n_{\text{up}}$$

$$\Delta t_w \geq 5 \times t_{86}$$

由于事先对于特定阶跃大小的 t_{86} 是未知的,一般可使用预设的小阶跃的最小允许值 Δt_w 来满足这个要求。

$$\Delta t_s \leq t_{86B}/20$$

$$\Delta t_{sc} \leq t_{86B}/20$$

然后根据位置数据确定每个阶跃大小的 t_{86} 的值,并且绘制成图。具体要求如下:

每一个响应时间试验的数据通过将响应 ΔZ 除以 Δs 来确定增益 G_z , ΔZ 为同方向上一系列阶跃中接近末段时的阶跃响应,在此被认为是完整响应。在 2% 响应试验中得到的增益 G_{202} , 可用作确定增益比的参比增益。

对于第一次响应时间试验, Δs 应设定为最小阶跃大小,最小阶跃大小等于或略大于死区,死区可从阶跃大小系列中选取。

9 试验结果的陈述

9.1 基本信息

以下基本信息须在试验结果中提到。其他影响到试验结果的环境(例如与推荐环境不同的地方)需在报告中指出:

- 被试阀门,执行机构,定位器的描述。包括制造厂名称,型号,系列号,单作用式或双作用式,作用方式等;
- 对试验中所使用的装置的描述。包括传感器和测量每个变量的信号装置的时间常数,试验记录数据人员的名字,试验的日期;
- 阀门校准结果:信号范围,阀位范围,以及填料函系统(例如制造商定义的如何处理普通工作环境下的填料函),如果有还应包括定位器增益和凸轮特性(或定位器参数);
- 对于实验室和现场试验,过程变量包括测量装置的安装位置,并应说明用于计算量程百分比的范围。对过程变量的描述还应包含对从阀门开始移动到响应变量发生变化之间的时间的预估。

在可能的情况下,应测量摩擦负载(附录 A)并报告。在阀总成上应标识截流件相对位置的位置测量点。其他任何可调参数的设定值,如可能影响其余试验结果,都应做记录。

9.2 试验结果

9.2.1 总则

试验结果应以图表的格式简明扼要的表述。图 7 和图 8 分别是小阶跃试验和阶跃响应试验结果的绘图表述示例。

9.2.2 基准试验

基准试验结果应包括以下内容:

- 相对行程 h ;
- 试验参数 Δt_s 和 Δt_{sc} ;
- 试验结果 t_{86} , 极限环峰峰值和周期(如果有),超调量值及超调量时间。

9.2.3 小阶跃试验

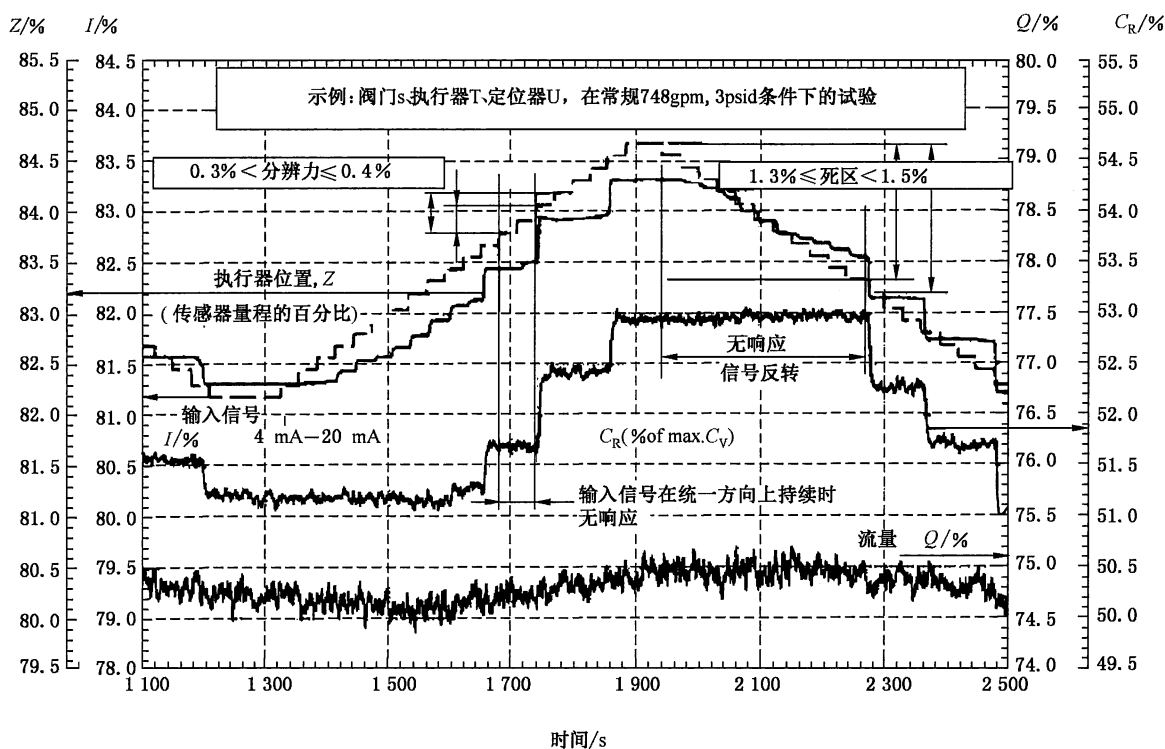
小阶跃试验结果应包括以下内容：

- 相对行程 h ；
- 试验参数 $\Delta t_s, \Delta t_{sc}, \Delta t_w, \Delta s$ 和 n ；
- 试验结果死区和分辨力；
- 如果未进行基准试验,极限环峰峰值和周期(如果有)。

9.2.4 响应时间试验

响应时间试验结果包括以下内容：

- 相对行程 h ；
- 试验参数 $\Delta t_s, \Delta t_{sc}, \Delta t_w, n_{up}, n_{down}$ 以及每个阶跃对应的 Δs ；
- 每次阶跃的试验结果： t_{86} , 超调量大小, 时间和增益比 G_Z/G_{Z02} ；
- 如果未进行基准试验,极限环峰峰值和周期(如果有)；
- 如果未进行小阶跃试验,死区和分辨力的范围；
- 按照制造商的意见或者用户的要求增加附加试验的结果,额外的数据或特性。



注：给出的死区和分辨力的计算值都是基于响应流量系数 C_R 得到的。 C_R 是根据流量 Q (并不代表阀门的真实情况) 和阀门压差 (Δp) 得到。在本试验中, 测量得到的相对行程 h , 并不代表阀门的真实情况, 有可能是由于位置测量点和截流件之间的失真造成的。

图 7 过程回路中进行小阶跃试验 ($\Delta s = 0.13\%$) 的样本数据

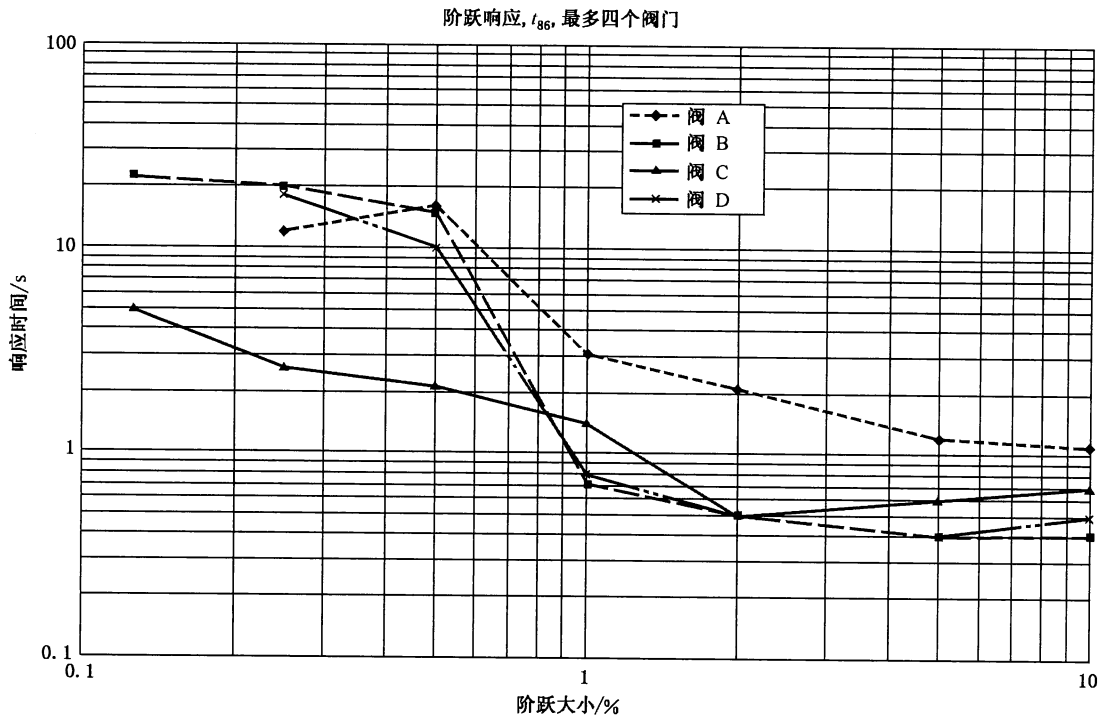


图 8 4 个不同阀门的阶跃响应 t_{86} 与阶跃大小对照样图

附录 A
(资料性附录)
滑动摩擦力的测量

以下程序可用于测量带有气动执行机构的控制阀系统的滑动摩擦力。在试验开始之前,需对填料按照制造商推荐的程序进行压紧处理,阀门应进行指定周期次数的循环。本方法假设无论在开启或关闭过程中,任意阀位上的摩擦力和弹簧力(力矩)都相等。

本试验的增加/减少比值为:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{86}{20 \cdot t_{86(100\%)}}$$

式中:

$\frac{dh}{dt}$ ——全行程的百分数表示的增加/减少比;

$t_{86(100\%)}$ —— $\Delta s = 100\%$ 时的阶跃响应时间。

- a) 当执行机构运动,测量位置和活塞或隔膜上下端压力差时,输入信号应以一个事先定义的比值连续增加(或减少)直至达到理想的行程。一般来说控制阀在此步骤中从全开到全关(或全关到全开)会发生冲击;
- b) 阀门应通过以相同比例(与上文相同)增加(或减少)输入信号来引发反方向冲击,直至达到理想的行程,同时测量在 a) 中测量的变量;
- c) 当直行程阀使用以下公式时,应计算在指定位置的摩擦力。

$$F_R = \frac{(p_b A_b - p_t A_t)_{incr} - (p_b A_b - p_t A_t)_{decr}}{2} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- F_R ——摩擦力;
- A_b ——活塞或隔膜下端有效区域;
- A_t ——活塞或隔膜上端有效区域;
- p_b ——在活塞或隔膜下端的指定位置测得的压力;
- p_t ——在活塞或隔膜上端的指定位置测得的压力;
- incr、decr ——信号增加和减少的缩写。

对于旋转阀,使用以下公式:

$$T_R = \frac{L [(p_b A_b - p_t A_t)_{incr} - (p_b A_b - p_t A_t)_{decr}]}{2} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- L ——在指定位置时的有效力臂;
- T_R ——摩擦力的力矩;
- $A_b, A_t, p_b, p_t, incr, decr$ ——同式(A.1)。

[压力可以是表压也可以是绝压,但应统一。对于单作用式执行机构或者 A_b 等于 A_t ,则式(A.1)和式(A.2)可简化]报告中不应有超过 2 个以上的摩擦力离群值。

参 考 文 献

- [1] Control Valve Dynamic Specification, Version 2.1, 3/94, published by EnTech Control Engineering Inc., Toronto
 - [2] Gibson, J.E. "Nonlinear Automatic Control" McGraw-Hill 1963, p.14
 - [3] Van De Vegte, J., "Feedback Control Systems", 2nd ed, Prentice Hall, 1990, p.14
 - [4] McGraw-Hill "Dictionary of Scientific and Technical Terms", fifth edition, 1944
 - [5] ISA-51.1-1979 (R1993) Process Instrumentation Terminology
 - [6] ANSI/ISA-TR75.25.02-2000, Control Valve Response Measurement from Step Inputs
 - [7] ANSI/ISA-TR75.25.01-2000, Test Procedure for Control Valve Response
-

中华人民共和国
国家标准
工业过程控制阀 第9部分：
阶跃输入响应测量的试验程序

GB/T 17213.18—2015/IEC 60534-9:2007

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

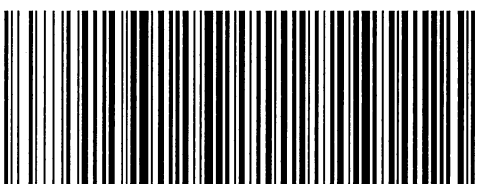
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 40 千字
2015年12月第一版 2015年12月第一次印刷

*

书号: 155066·1-52655 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 17213.18-2015