

化工仪表及控制认识实验

目录

〇、过程控制基本概念.....	3
一、实验主要内容：.....	5
二、实验具体步骤.....	5
三、实验数据处理：.....	5
四、实验思考：.....	5
五、附录、实验相关原理及理论：.....	6
1. 仪表基本电气接口规范（GBT-3369.1-2008,GBT-3369.2-2008）：.....	6
2. 传感器及执行机构原理.....	6
1) 热电阻.....	6
2) 转子流量计.....	9
3) 涡轮流量计.....	9
4) 差压式液位变送器.....	10
5) 气动球阀.....	10
6) 气动调节阀.....	11
3. 模块化仪表.....	11
4. 仪表数字通信.....	12
5. 调节阀流量特性.....	13
6. PID 控制基本原理.....	14
a) PID 控制器控制算法的组成.....	14
7. PID 控制器参数整定：.....	16

● 过程控制基本概念：

过程控制系统的基本目的：

保持某一个工艺参数稳定（在一个设定位置）。

基本手段：

用一种控制手段直接或间接控制一个工艺变量，例如：通过冷水流量控制温度；利用阀门开度控制流量；利用流入流量控制液位；利用泵转速控制液位等。控制变量和目标必定相关，但不一定直接相关；控制变量一般用简单的，时滞很小的，并且容易实施的方法改变，一般是机电机构，例如：阀门开度，变频器转速。

控制系统的基本组成要素(三要素)：

1. 传感器（连接控制目标）：温度(T)，压力(P)，流量(F)，液位(L)，组成(A)
2. 执行机构（连接控制手段）：气动阀、电动阀、变频器、继电器
3. 控制器（计算机）：负责逻辑及计算，输入传感器信号，输出控制信号。

● 连接方式：

传感器→控制器→执行机构

■ 传感器→控制器：

1. 标准信号转换后连接：4-20mA，1-5V，0-20mA，0-5V，几乎所有参数都可以转换成标准信号后被传输
2. 可以直接连接的：热电阻、热电偶
3. 数字通信连接：各种现场总线，各种私有通信协议（485，232）

■ 控制器→执行机构：

1. 标准信号连接：4-20mA，1-5V
2. 数字通信连接：现场总线，私有协议

控制回路连接方式详解

● 输入信号：4-20mA

电流信号，适合远距离传输，不受导线阻抗影响。视其供电方式，有两种：

- A. 2线供电（2线制变送器），微耗电型，24V、4mA（0.048W）足够其工作，2线同时负责信号和供电；与之相连的控制器需要提供24V电压作为电源，传感器等效于一个可变电阻，控制通过的电流在4-20mA之间变化。
- B. 2线纯信号（不供电），为高耗电型传感器使用，连接控制器的2线只负责信号，另外有独立线路负责供电（多为2线）；

需要控制器上安装有4-20mA输入模块，并能够接受2线制变送器，或2线制纯信号输入。4-20mA对应的0-100%量程，具体取决于传感器，因此为便于显示，在控制器上要做相关设置。

● 输入信号：温度——热电阻、热电偶连接：

极其常见、极其常用（温度补偿），很多控制器自带3线制热电阻、2线制热电偶的接口，无需任何模块，连上就可以用。热电阻、热电偶已经标准化，但是型号众多，需要在控制器中做配置。

● 输出信号：4-20mA

电流信号，给执行机构，如阀门、变频器、可控硅、继电器等。一般执行机构功耗较大，都需要另外的供电线路，所以控制器上的2线输出都只做信号传输，不供电。

需要控制器上安装有4-20mA输出模块。同样要对量程、最大最小值做设置。

● 现场总线、私有协议等连接，特定接口模块和接线方式。

● 控制器说明书阅读要点：

- a) 控制器一般都是模块化的。因此要根据自己的输入输出类型确定控制器上需要安装的模块:4-20mA 输入输出、485 通信、数字量（开关）输出，报警输出等。以及各个模块可以安装的插槽位置(一般是 3 个引脚一组)。
- b) 而后查找各个模块的输入方法和连线方法。
- c) 在控制参数表中:
 - i. 各个模块的设置;
 - ii. 输入输出的类型设置;
 - iii. 输入输出的上下限、量程、显示等设置;
 - iv. 控制算法的类型、控制参数设置
 - v. 报警设置
 - vi. 通信设置

举例：808 控制器控制液位，输入是压力传感器用作液位传感，4-20mA 信号，量程 0-100kPa；输出 4-20mA 控制入口控制阀用来控制流量，对应阀门开度 0-100%。

所以输入需要 4-20mA 模块，输出需要 4-20mA 模块，使用 PID 控制

- 1) 查看说明书 2 页看仪表编号说明，对应实际仪表的铭牌查看安装的模块
- 2) 查看说明书 3-5 页，找到 4-20mA 输入是 I4 模块，4-20mA 输出是 X3 或 X5 模块，发现本机安装了 X3 模块；另有一个 S4 模块，查找说明，发现是 485 通信模块。
- 3) 同时确定 I4 模块在 MIO 口；X3 模块可以在 OUTP, AUX 和 COMM 口安装, S4 只能在 COMM 口；对照实际仪表，确定 X3 是在 OUTP 口。
- 4) 对照仪表后面板图 10 页，确定:输出的 4-20mA 信号应该从 12/13+, 11-接出（搜索说明书 X3, OP1, OP2, 其并未说明 OP1/OP2 在 4-20mA 状态下的区别，假定其相同，任选一个留待测试）;
- 5) 输入的 4-20mA 信号在 10 页 2 条说明 I4 模块有两种方式，普通 4-20mA 接 14+, 15-, 2 线制变送器接 16+, 14-。装置中使用的压力传感器是 2 线制（变送器，无需额外供电的），所以应该接 16+, 14-
- 6) 查看参数设置通用说明第 18 页，了解各个参数设置的操作方法。
- 7) 查找参数表，首先查找输入输出模块设置。27 页 Sn 为输入规格：4-20mA 且对应 I4 模块应为 15
- 8) 输入上下限设置 28 页，压力 0-100kPa 对应液位，液体为水，因此 100kPa 对应 1000cm 或 10000mm，如果选定 CM 为显示单位，显示一位小数，则对应的上下限应为 0-10000，小数点位置在右数第二位。这里设置只与传感器有关，虽然实际储槽最多只有 50cm 高。可知, dIP=1, dIL=0, dIH=10000 或 9999
- 9) 输出类型 29 页，Opt 输出方式设置，使用 OUTP 位置安装的 4-20mA 模块，OPt 应设置为 4
- 10) 30 页设置输出上下限 oPL, oPH, 0-100%，或 0-110%均可，应该保持缺省即可。
- 11) 本系统中不设报警，所以 22 页相关内容可以跳过
- 12) 控制方式使用普通 PID 控制，经查看 24 页没有 PID 方式，往前查找相关说明，在 19 页有控制方式的说明，可知 3 或 4 方式与 PID 方式类似，只是增加了在差值比较大时的模糊控制，3、4 方式的差异在于 P 参数的倍率，所以 Ctrl 参数可选 3 或 4
- 13) 25、26 页是具体的 P、I、D 参数的设置和时间基准设置，是实验内容之一，先不设定，实验中再设
- 14) 控制算法中还有正作用和副作用两种，经翻看说明书在 32 页 CF 参数。CF 参数中的 A 为设定正负作用，根据说明设置 CF 参数。

15) 系统参数设置基本完成, 其余参数基本不需修改。

一、 实验主要内容:

- 1、了解热电阻温度传感器, 差压式液位传感器, 转子流量计, 流量计算显示仪表, 模块化智能控制仪表, 气动式调节球阀的使用方法, 包括: 仪表与传感器、执行器的接线方法; 仪表的功能设定, 参数设定, 数据通信
- 2、气动调节球阀的流量特性测定
- 3、液位控制实验, 使用调节器将液位控制在给定值
- 4、流量参数的动态特性测定
- 5、流量控制实验, 根据 PID 的基本原理, 尽可能将流量控制稳定。

二、 实验具体步骤

- 1、检查实验装备, 认识各个部件。并将合适的仪表自行组建成一个自动液位控制系统。熟悉计算机采集数据的方法, 使用基本的数据通信工具采集一组数据。
- 2、确定连接好控制回路后, 控制器打手动模式(开环)。调节管路上的手阀限制其最大流量, 在不同的最大流量下手动改变控制器的输出从 0%~100%, 记录对应的稳定流量, 绘制一组调节阀的在不同最大流量下的流量特性曲线。
- 3、液位控制实验。
使用调节器将液位控制在给定值, 要求能实现回差 < 5 , 震荡衰减达到 $< 1/2$
确认液位控制回路的连接以及数据采集点。开容器的进出口泵, 手动将液位预置到一个中等位置, 而后整定控制器的比例、积分、微分参数, 使得控制器能稳定控制液位。
在给定值发生阶跃变化时, 能够跟踪给定值, 实现液位调节; 在外加扰动时, 液位能够抵御扰动保持稳定。
- 4、流量参数的动态特性测定
改变控制回路为流量控制。控制器设手动模式, 将流量设定到一个中间值, 使控制器输出(发开度)产生跃变 5%~20%, 记录流量参数的响应曲线, 计算对应的动态特性参数: K , T_s , τ 。在不同的稳态流量下加以不同的跃变, 记录一组相应曲线。比较各种情况下流量参数的变化。注意记录数据过程中两个容器的液位状态, 如果液位过高或过低可以调节手阀。
- 5、流量控制实验, 根据 PID 的基本原理, 尽可能将流量控制稳定。
流量控制器开自动, 调节整定控制器的比例、积分、微分参数, 使得控制器能稳定控制流量。主意流量操作时两容器的液位高度, 出现过高或过低是及时处理, 避免泵气蚀。

三、 实验数据处理:

- 1、获得一组不同外部条件下调节阀的特性曲线, 并分析调节阀特性与管路最大流量的关系;
- 2、获得一组不同外部条件下流量参数的动态特性数据, 并分析不同外部条件(稳态流量, 跃变值)下的流量对象的特性的关系;
- 3、记录并整理所得的液位控制及流量控制实验数据, 绘制典型控制参数设定下的系统相应曲线。根据自己的实验过程整理参数整定步骤和方法及典型数据。

四、 实验思考:

- 1、是否掌握了控制仪表的连接方法。给定控制要求, 是否有能力设计并实施一个简单的控制回路?
- 2、是否掌握里基本的 PID 控制方法, 比例、积分、微分的作用分别是什么? 是否在实验中有切实的体会?

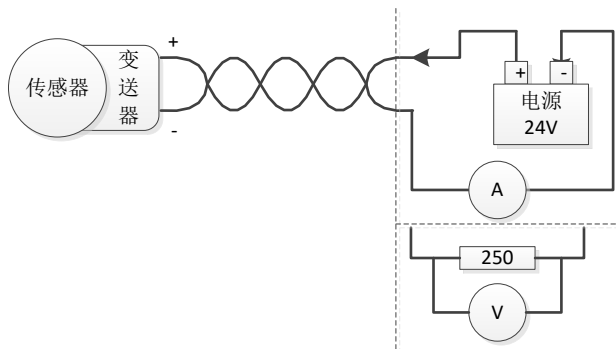
- 3、实验中进行 PID 参数整定的步骤是什么？最终结果如何？是否会有更好的方案？
- 4、对这个控制实验有什么想法？希望学习哪些知识？实验设计的哪些方面还可以改进？

五、 附录、实验相关原理及理论：

1. 仪表基本电气接口规范（GBT-3369.1-2008,GBT-3369.2-2008）：

现场仪表电源：**24V**(20 ~ 30 V)

现场模拟信号：**电流： 4 ~ 20 mA** 或 电压 1 ~ 5 V，对应满量程的 0 ~ 100%
(其他标准 0 ~ 10mA, 0 ~ 5 V...)



例如：压力传感器量程 0 ~ 500kPa, 则 12mA 对应 50%的位置 250kPa

2. 传感器及执行机构原理

1) 热电阻

热电阻温度计是将温度变化转换成电阻的变化来选行温度测量的，结构简单，使用方便，性能稳定，测量的准确度及灵敏度高，且便于信号的远传、自动记录和集中控制.通常适用于-200-500 摄氏度之间的温度测量，特殊情况下可以测量更高或更低的温度。

热电阻温度计是基于金属导体或半金属导体电阻值与温度呈一定函数关系的原理来实现温度测量的。

金属导体阻值温度的关系一般可表示为

$$R_t = R_{t_0} [1 + \alpha (t - t_0)]$$

式中 R_t 为温度为 t 时的电阻值， R_{t_0} 为温度 t_0 时的电阻值

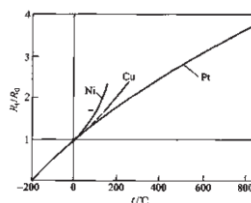
α 为电阻温度系数，定义为 $dR / (R \cdot dT)$ (α 与温度相关，但是在某个范围内可认为近似常数)

Pt100:

铂热电阻：-200 ~ 850℃， $\alpha = 3.80 \sim 3.92 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$ ，抗氧化性能好，高温下化学物理性能稳定，电阻率大，易提纯，复制性好，价格昂贵，还原性能较差；

表 8.4-4 常用热电阻的电阻与温度的关系特性公式

名称	电阻与温度的关系特性公式
铂	-200 ~ 0℃之间 $R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3]$
	0 ~ 850℃之间 $R_t = R_0 [1 + At + Bt^2]$
	式中， $A = 3.9083 \times 10^{-3}$ ， $B = -5.775 \times 10^{-7}$ ， $C = -4.183 \times 10^{-12}$



Pt100, 0℃时标称电阻 100 Ω (A 级误差 0.006, B 级误差 0.012)，
基本误差：A 级—— $\pm (0.15 + 2 \times 10^{-3} t)$ ；B 级—— $\pm (0.3 + 5 \times 10^{-3} t)$ ；

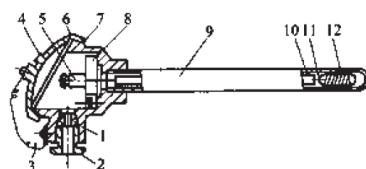


图 8.4-4 普通热电阻结构
1—出线孔密封圈；2—出线孔螺母；3—链条；
4—面盘；5—接线柱；6—密封圈；
7—接线盒；8—接线座；9—保护管；
10—绝缘子；11—热电阻；12—骨架

Pt100 热电阻分度表

温度 ℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
电阻值 (Ω)										
-200	18.52									
-190	22.83	22.40	21.97	21.54	21.11	20.68	20.25	19.82	19.38	18.95
-180	27.10	26.67	26.24	25.82	25.39	24.97	24.54	24.11	23.68	23.25
-170	31.34	30.91	30.49	30.07	29.64	29.22	28.80	28.37	27.95	27.52
-160	35.54	35.12	34.70	34.28	33.86	33.44	33.02	32.60	32.18	31.76
-150	39.72	39.31	38.89	38.47	38.05	37.64	37.22	36.80	36.38	35.96
-140	43.88	43.46	43.05	42.63	42.22	41.80	41.39	40.97	40.56	40.14
-130	48.00	47.59	47.18	46.77	46.36	45.94	45.53	45.12	44.70	44.29
-120	52.11	51.70	51.29	50.88	50.47	50.06	49.65	49.24	48.83	48.42
-110	56.19	55.79	55.38	54.97	54.56	54.15	53.75	53.34	52.93	52.52
-100	60.26	59.85	59.44	59.04	58.63	58.23	57.82	57.41	57.01	56.60
-90	64.30	63.90	63.49	63.09	62.68	62.28	61.88	61.47	61.07	60.66
-80	68.33	67.92	67.52	67.12	66.72	66.31	65.91	65.51	65.11	64.70
-70	72.33	71.93	71.53	71.13	70.73	70.33	69.93	69.53	69.13	68.73
-60	76.33	75.93	75.53	75.13	74.73	74.33	73.93	73.53	73.13	72.73
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.12	76.73
-40	84.27	83.87	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.50	81.10	80.70
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.80	89.40	89.01	88.62
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.29
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.15
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.47	122.86
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70	127.08	127.46	127.84	128.22	128.61	128.99	129.37	129.75	130.13	130.52
80	130.90	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.57	133.95	134.33

90	134.71	135.09	135.47	135.85	136.23	136.61	136.99	137.37	137.75	138.13
100	138.51	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.78	141.16	141.54	141.91
110	142.29	142.67	143.05	143.43	143.80	144.18	144.56	144.94	145.31	145.69
120	146.07	146.44	146.82	147.20	147.57	147.95	148.33	148.70	149.08	149.46
130	149.83	150.21	150.58	150.96	151.33	151.71	152.08	152.46	152.83	153.21
140	153.58	153.96	154.33	154.71	155.08	155.46	155.83	156.20	156.58	156.95
150	157.33	157.70	158.07	158.45	158.82	159.19	159.56	159.94	160.31	160.68
160	161.05	161.43	161.80	162.17	162.54	162.91	163.29	163.66	164.03	164.40
170	164.77	165.14	165.51	165.89	166.26	166.63	167.00	167.37	167.74	168.11
180	168.48	168.85	169.22	169.59	169.96	170.33	170.70	171.07	171.43	171.80
190	172.17	172.54	172.91	173.28	173.65	174.02	174.38	174.75	175.12	175.49
200	175.86	176.22	176.59	176.96	177.33	177.69	178.06	178.43	178.79	179.16
210	179.53	179.89	180.26	180.63	180.99	181.36	181.72	182.09	182.46	182.82
220	183.19	183.55	183.92	184.28	184.65	185.01	185.38	185.74	186.11	186.47
230	186.84	187.20	187.56	187.93	188.29	188.66	189.02	189.38	189.75	190.11
240	190.47	190.84	191.20	191.56	191.92	192.29	192.65	193.01	193.37	193.74
250	194.10	194.46	194.82	195.18	195.55	195.91	196.27	196.63	196.99	197.35
260	197.71	198.07	198.43	198.79	199.15	199.51	199.87	200.23	200.59	200.95
270	201.31	201.67	202.03	202.39	202.75	203.11	203.47	203.83	204.19	204.55
280	204.90	205.26	205.62	205.98	206.34	206.70	207.05	207.41	207.77	208.13
290	208.48	208.84	209.20	209.56	209.91	210.27	210.63	210.98	211.34	211.70
300	212.05	212.41	212.76	213.12	213.48	213.83	214.19	214.54	214.90	215.25
310	215.61	215.96	216.32	216.67	217.03	217.38	217.74	218.09	218.44	218.80
320	219.15	219.51	219.86	220.21	220.57	220.92	221.27	221.63	221.98	222.33
330	222.68	223.04	223.39	223.74	224.09	224.45	224.80	225.15	225.50	225.85
340	226.21	226.56	226.91	227.26	227.61	227.96	228.31	228.66	229.02	229.37
350	229.72	230.07	230.42	230.77	231.12	231.47	231.82	232.17	232.52	232.87
360	233.21	233.56	233.91	234.26	234.61	234.96	235.31	235.66	236.00	236.35
370	236.70	237.05	237.40	237.74	238.09	238.44	238.79	239.13	239.48	239.83
380	240.18	240.52	240.87	241.22	241.56	241.91	242.26	242.60	242.95	243.29
390	243.64	243.99	244.33	244.68	245.02	245.37	245.71	246.06	246.40	246.75
400	247.09	247.44	247.78	248.13	248.47	248.81	249.16	249.50	245.85	250.19
410	250.53	250.88	251.22	251.56	251.91	252.25	252.59	252.93	253.28	253.62
420	253.96	254.30	254.65	254.99	255.33	255.67	256.01	256.35	256.70	257.04
430	257.38	257.72	258.06	258.40	258.74	259.08	259.42	259.76	260.10	260.44
440	260.78	261.12	261.46	261.80	262.14	262.48	262.82	263.16	263.50	263.84
450	264.18	264.52	264.86	265.20	265.53	265.87	266.21	266.55	266.89	267.22
460	267.56	267.90	268.24	268.57	268.91	269.25	269.59	269.92	270.26	270.60
470	270.93	271.27	271.61	271.94	272.28	272.61	272.95	273.29	273.62	273.96
480	274.29	274.63	274.96	275.30	275.63	275.97	276.30	276.64	276.97	277.31
490	277.64	277.98	278.31	278.64	278.98	279.31	279.64	279.98	280.31	280.64
500	280.98	281.31	281.64	281.98	282.31	282.64	282.97	283.31	283.64	283.97
510	284.30	284.63	284.97	285.30	285.63	285.96	286.29	286.62	286.95	287.29
520	287.62	287.95	288.28	288.61	288.94	289.27	289.60	289.93	290.26	290.59

530	290.92	291.25	291.58	291.91	292.24	292.56	292.89	293.22	293.55	293.88
540	294.21	294.54	294.86	295.19	295.52	295.85	296.18	296.50	296.83	297.16
550	297.49	297.81	298.14	298.47	298.80	299.12	299.45	299.78	300.10	300.43
560	300.75	301.08	301.41	301.73	302.06	302.38	302.71	303.03	303.36	303.69
570	304.01	304.34	304.66	304.98	305.31	305.63	305.96	306.28	306.61	306.93
580	307.25	307.58	307.90	308.23	308.55	308.87	309.20	309.52	309.84	310.16
590	310.49	310.81	311.13	311.45	311.78	312.10	312.42	312.74	313.06	313.39
600	313.71	314.03	314.35	314.67	314.99	315.31	315.64	315.96	316.28	316.60
610	316.92	317.24	317.56	317.88	318.20	318.52	318.84	319.16	319.48	319.80
620	320.12	320.43	320.75	321.07	321.39	321.71	322.03	322.35	322.67	322.98
630	323.30	323.62	323.94	324.26	324.57	324.89	325.21	325.53	325.84	326.16
640	326.48	326.79	327.11	327.43	327.74	328.06	328.38	328.69	329.01	329.32
650	329.64	329.96	330.27	330.59	330.90	331.22	331.53	331.85	332.16	332.48
660	332.79									

2) 转子流量计

浮子流量计又称转子流量计，主要用于中小口径流量测量，可以测液体、气体、蒸汽等，产品系列规格齐全，得到广泛的应用。

工作原理：根据浮子在锥形管内的高度来测量流量，如图所示了利用流体通过浮子与管壁之间的间隙时产生的压差来平衡浮子的重量，流量越大，浮子被托得越高，使其具有更大的环隙面积，也即环隙面积随流量变化，所以一般称为面积法。较多地利用于中、小流量的测量，有的配以电远传或气远传发信器的类型。

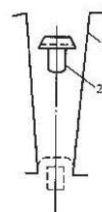


图 10.3-1 浮子流量计示意图
1—锥形管；2—浮子

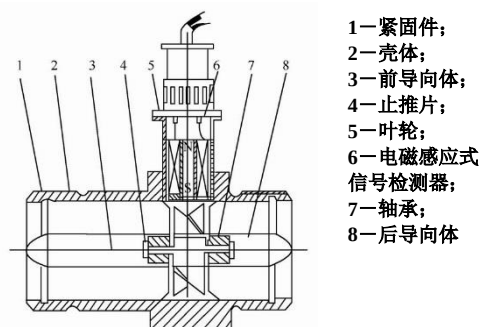
3) 涡轮流量计

涡轮流量计（简称 TUF）是叶轮式流量计的主要品种，叶轮式流量计还包括风速计和水表等。涡轮流量计由流量传感器和转换显示仪表组成，传感器采用多叶片的转子感受流体的平均流速，从而推导出流量或总量。转子的转速(或转数)可用机械、磁感应、光电检测方式检出进行显示和传送记录。

在各种流量计中，涡轮流量计、容积式流量计及科里奥利质量流量计为重复性、精确度最好的流量计。在这三类流量计，涡轮流量计具有结构简单、重量轻、维修方便、加工零部件少、流通能力大及价格低廉等特点，已经广泛应用于石油类、有机液体、无机液体、液化石油气、天然气、低温液体等。除了工业部门外，还在一些特殊部门获得广泛应用，如科研实验、国防科技、计量部门等。

涡轮流量计的原理示意如图所示，在管道中心安放一个涡轮，两端有轴承支撑，当流体通过管道时，冲击涡轮叶片，对涡轮产生驱动力矩。使涡轮克服摩擦力矩和流体阻力矩而产生旋转。在一定的流量范围内，对一定的流体介质粘度，涡轮的旋转角速度与流体流速成正比。涡轮的转速通过装在机壳外的传感线圈检测，当涡轮叶片切割壳体内永久磁铁产生的磁力线时，就会引起传感线圈中的磁通变化。传感线圈将检测到的磁通周期变化信号送入前置放大器，对信号进行放大、整形，产生与流速成正比的脉冲信号，送入单位换算与流量积算电路得到并显示累积流量值；同时亦将脉冲信号送入频率电流转换电路，将脉冲信号转换成模拟电流流量，进而指

示瞬时流量值。

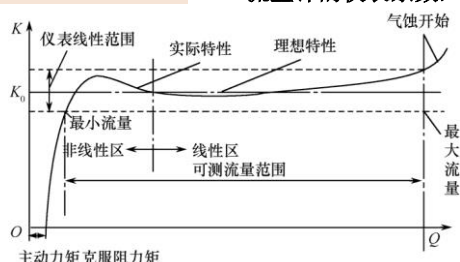


- 1—紧固件;
- 2—壳体;
- 3—前导向体;
- 4—止推片;
- 5—叶轮;
- 6—电磁感应式
信号检测器;
- 7—轴承;
- 8—后导向体

体积流量

$$Q_v = f / K$$

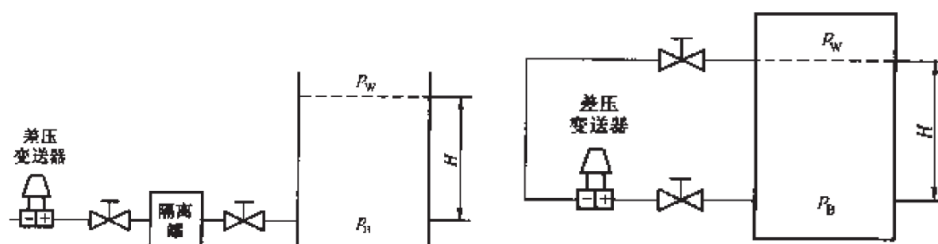
f — 流量计输出信号的频率, Hz;
 K — 流量计的仪表系数, P/m^3 。



4) 差压式液位变送器

静压式液位测量方法是根据液体静压与液位高度成正比的原理来实现的。通过测得液体高度产生的静压实现液位测量的。差压式液位计是利用当容器内的液位改变时，由液柱产生的静压差也相应变化的原理而工作。

通常被测介质的密度是已知的，可知容器侧面两点之间的压差与液位高度成正比，这样就把液位 H 的测量转换为差压测量，可以采用各种压力测量仪表测量液位高度。



5) 气动球阀

结构组成：阀体，阀芯，气动执行器，阀门定位器，仪表风过滤/稳压器。

阀体：与管道经法兰或螺纹连接，允许流体从阀体内流过，密闭；

阀芯：限流元件，通过转动、平动等动作改变流道截面积从而改变流量；

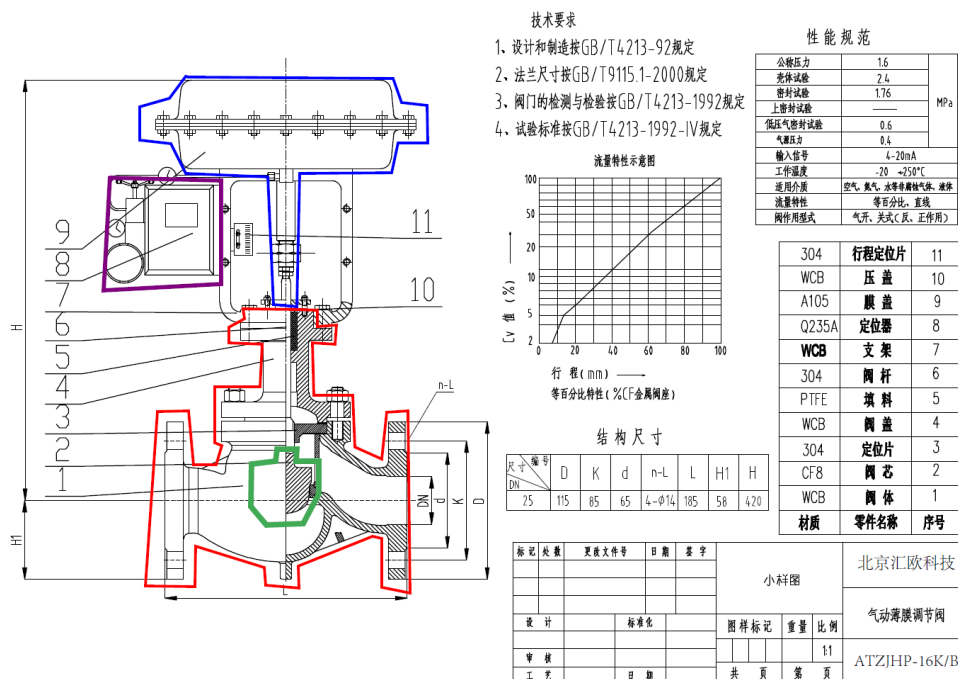
气动执行器：在外部带压空气（仪表风）作用下推动阀芯动作的机械机构

阀门定位器：将外部电信号(4~20mA)按照一定规则（一般是线性）转换为仪表风压力的电气转换装置；

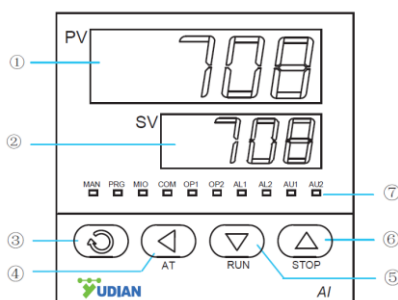
仪表风过滤/稳压装置：过滤仪表风并将外部高压仪表风转换为额定压力的机械装置

6) 气动调节阀

结构组成单元与气动球阀相同，但是各单元的形式结构都不一样。



3. 模块化仪表



模块化设计现场控制仪表:

统一面板：双四位数字显示，指示灯 x8~20

四按钮：设定，切换，UP，DOWN

显示、指示、按钮功能视仪表功能而定，不同功能仪表可能差异很大。

多种标准尺寸可选：



接线端子：

20 接线端子，根据仪表尺寸横排或竖排。一般有 5-6 组，分别对应不同模块，其中有部分模块可以更换（有部分模块可能空置）。

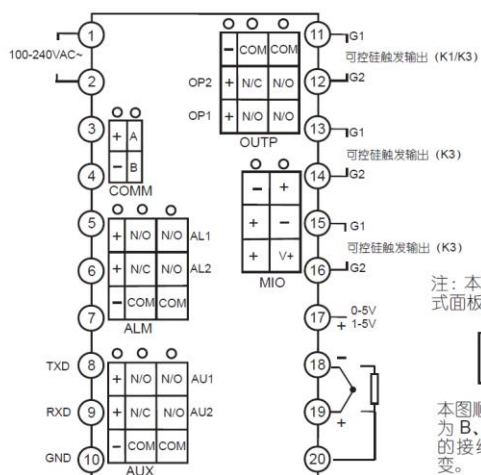
例如左图为宇电 AI-708 调节器后面板：

1-2 电源（固定）

3-4 数字通信（可选）

5-7 报警（可选）

8-9 附属模块（可选）



- 11-13 输出模块（可选）
 14-17 线性输入，变送器输入模块（可选）
 18-20 热电阻/热电偶输入模块（固定）

宽电源设计：100~240V，24V

仪表输入信号可选：热电阻、热电偶、线性电压、线性电流（每项都可选多种规格，例如：热电阻的 pt50,pt100，电流信号 0-10mA，4-20mA 等）；

输出信号可选：电流、电压、开关量（驱动继电器）、可控硅触发输出；亦可安装扩展的第二套输出信号；

报警信号单独输出：两路报警信号单独输出（驱动继电器或其他仪表做联锁）

数字通信：RS-485，RS-232 等

运算功能：基本 PID 控制，自整定智能 PID 控制，流量积算，优化温度控制，.....

参见宇电各仪表说明书：708，808，808H

4. 仪表数字通信

电气标准：EIA-RS-485 通信或 EIA-RS-232C 通信标准：

- RS-485——两线制串行通信，差分±6V 信号，可以构成总线型网络，在一条电缆上最多可以挂载 32 个设备，最远通信距离 4000 英尺，最高通信速率 10Mbps。
- RS-232C——3 线制串行通信，±15V 电压信号，点对点通信（不能组网），最远通信距离 15m，最高通信速率 20kbps

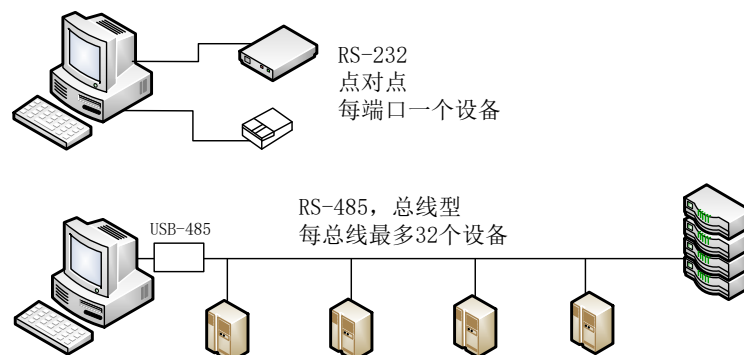
RS485/RS232 都是电气标准，只规定了通信线路上的电信号的规范（电压、电流、波动速率等），具体数据格式不作规定。

- RS-232 用于个人计算机与单台设备的通信，例如：鼠标、调制解调器等，但是没有通用的标准通信协议，通信协议一般自订，如 Modem 的 AT 协议、电子天平的自有通信协议等。

目前 PC 机仍自带 RS-232C 通信接口，Windows 操作系统也自带 RS-232C 接口驱动。因此连接好电缆即可使用。

- RS-485 常用于工业应用，可以组网，抗干扰性较好。
常用的通信协议有 Modbus，Profibus 等，也可以自定义（宇电仪表可以自定义协议或使用 Modbus）。

目前 PC 机没有 485 通信接口，但是可以使用 USB-485 转换器将 485 通信电信号转换为 RS-232 电信号，使用 USB 模拟 RS-232 接口，利用 Windows 的 RS-232 驱动程序工作，并不复杂。



宇电仪表目前安装了 RS-485 模块，

参见：RS-485 电气标准，宇电通信协议说明，Modbus 通信协议规范。

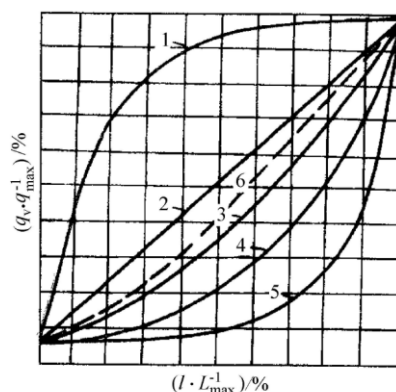
5. 调节阀流量特性

控制阀的理想流量特性通常是指：在理想的工作状态下，因控制阀的阀杆相对位移而引起的通过阀体流量发生的相对变化，即

$$q_v / q_{\max} = f(l / l_{\max}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式 (1) 中： $q_{\max}$ 、 $l_{\max}$ 分别为通过调节阀的最大体积流量值和阀杆的最大位移值； q_v 、 l 分别为体积流量值和调节阀在工作中的阀杆位移。对于球阀，可以将 l 替换为阀芯转动角度，或统一使用传递给阀的控制信号代替 ($l / l_{\max}$)

若阀杆每一微小的相对位移所引起的流量的相对变化都等于一个常数，即： $d(q_v / q_{\max}) / d(l / l_{\max}) = K$ ，则表明此阀门的流量特性是线性的，否则它是非线性的。控制阀流量特性除了有线性特性外，目前比较常见的还有对数特性、抛物线特性、快开特性等，如图所示。



1-快开流量特性； 2-直线流量特性；
3-抛物线流量特性； 4-对数流量特性；
5-双曲线流量特性； 6-修正抛物线流量特性

调节阀的理想特性是指阀门工作在理想状态时的特性，其重要前提是保证调节阀前后的压差恒定在 100 kPa ，该要求在普通实验室实验设备条件下很难满足。在工业现场，由于存在众多的设备、管道、阀门，造成阻力分配不确定，这个要求也很难实现，于是就有调节阀的实际工作特性。

调节阀的实际工作特性

由于在实际工况下无法保证在工作过程中控制阀前后的压差恒定，这样就需要对实际工作环境给阀门的设计特性和工作状态带来的影响进行估计。为此，引入阀阻比 S ，它描述了调节阀前后的压差与系统总压降的关系：

$$S = \Delta P_{V_{\min}} / \Delta P \quad \dots\dots\dots (2)$$

式 (2) 中： $\Delta P_{V_{\min}}$ 是控制阀全开时流体通过控制阀而形成的压差，即调节阀的最小压差； ΔP 是系统的总压差。 S 值也描述了调节阀在系统内压力的分配和对流量的控制程度。当系统的主要压差完全降在调节阀上，即调节阀两端的压差基本就是系统的总压差时， S 值就等于 1 或近似为 1，此时系统内的流体的流量也就基本取决于调节阀的开度和通过能力，此时的调节阀流量特性曲线与理想特性曲线相差不大。当系统的阻力并不是主要由调节阀的阻力决定，而是有很大部分分布在系统的其它设备上时（如调节阀前后的手动阀）， S 值就小于 1，甚至可能远远小于 1，此时调节阀对流量的控制能力就会减弱。当调节阀的开度达到最大时，由于系统内其它阻力存在，系统内流体的最大流量可能与理想工作状态时数值差距很大，流量曲线的形状出现明显的畸变。所以，自动化工程设计中通常应该使调节阀的 S 值大于 0.6，即调节阀的工作状态与理想条件相差不大。若 S 值小于 0.3，就说明调节阀上所承担的阻力只占系统总阻力的很小一部分，因此认为调节阀很难按其理想流量特性发挥控制作用。当然，低 S 值也可能从另一个角度说明：分配在调节阀上的能耗并不是系统总能耗的主要原因，但这是另外的问题。

在实验中可以不同程度地关闭调节阀前后的手动阀，对比手动阀全开情况下的流量特性曲线，有助于理解 S 值等参数的意义和尽量减小调节阀以外阻力的理由。

实验要求从数据中回归出调节阀的输入-流量关系曲线，并与理想的阀特性进行分析对比；同时要求根据数据，给出调节阀在实际工况下的最大可调、最小可调流量。

6. PID 控制基本原理

PID(Proportional Integral Derivative)控制是最早发展起来的控制策略之一，由于其算法简单、鲁棒性好和可靠性高，被广泛应用于工业过程控制，尤其适用于可建立精确数学模型的确定性控制系统。

在工程实际中，应用最为广泛的调节器控制规律为比例、积分、微分控制，简称 PID 控制，又称 PID 调节，它实际上是一种算法。PID 控制器问世至今已有近 70 年历史，它以其结构简单、稳定性好、工作可靠、调整方便而成为工业控制的主要技术之一。当被控对象的结构和参数不能完全掌握，或得不到精确的数学模型时，控制理论的其它技术难以采用时，系统控制器的结构和参数必须依靠经验和现场调试来确定，这时应用 PID 控制技术最为方便。即当我们不完全了解一个系统和被控对象，或不能通过有效的测量手段来获得系统参数时，最适合用 PID 控制技术。PID 控制，实际中也有 PI 和 PD 控制。PID 控制器就是根据系统的误差，利用比例、积分、微分计算出控制量进行控制的。

从信号变换的角度而言，超前校正、滞后校正、滞后-超前校正可以总结为比例、积分、微分三种运算及其组合。

PID 调节器的适用范围：PID 调节控制是一个传统控制方法，它适用于温度、压力、流量、液位等几乎所有现场，不同的现场，仅仅是 PID 参数应设置不同，只要参数设置得当均可以达到很好的效果。均可以达到 0.1%，甚至更高的控制要求。

PID 控制的不足

- 在实际工业生产过程往往具有非线性、时变不确定，难以建立精确的数学模型，常规的 PID 控制器不能达到理想的控制效果；
- 在实际生产现场中，由于受到参数整定方法烦杂的困扰，常规 PID 控制器参数往往整定不良、效果欠佳，对运行工况的适应能力很差。

a) PID 控制器控制算法的组成

$$F(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(t) dt + Td \frac{de(t)}{dt} \right] + F_0 \quad \text{连续时间算法}$$

$F(t)$ ----- 控制器的输出

F_0 ----- 稳态输出

K_p ----- 比例增益

$e(t)$ ----- 设定值和测量值的偏差

Ti ----- 积分时间

Td ----- 微分时间

$$F(k) = K_p \left[e(k) + \frac{1}{Ti} \sum_{n=0}^k e(n) \Delta t + Td \frac{e(k) - e(k-1)}{\Delta t} \right] + F_0 \quad \text{离散时间算法}$$

$F(k)$ ----- k 时刻控制器的输出

F_0 ----- 稳态输出

K_p ----- 比例增益

$e(k)$ ----- k 时刻设定值和测量值的偏差

T_i ----- 积分时间
 T_d ----- 微分时间
 Δt ----- 采样周期

A. 比例环节

比例控制是一种最简单的控制方式。其控制器的输出与输入误差信号成比例关系。当仅有比例控制时系统输出存在稳态误差（Steady-state error）

我们希望目标信号和反馈信号无限接近，即差值很小，从而满足调节的精度，所以要使 P 参数尽可能增大。比例增益 P 越大，调节灵敏度越高。但由于传动系统和控制电路都有惯性，调节结果达到最佳值时不能立即停止，导致“超调”，然后反过来调整，再次超调，形成振荡，比例作用太强会引起系统振荡不稳定。

P 参数的大小应在定量计算的基础上根据系统响应情况，现场调试决定，通常将 P 参数由大向小调，以能达到最快响应又无超调(或无大的超调)为最佳参数。

优点:调整系统的开环比例系数，提高系统的稳态精度，减低系统的惰性，加快响应速度。

缺点:仅用 P 控制器,过大的开环比例系数不仅会使系统的超调量增大，而且会使系统稳定裕度变小，甚至不稳定。

B. 积分环节

比例作用的输出与误差的大小成正比，误差越大，输出越大，误差越小，输出越小，误差为零，输出为零。由于没有误差时输出为零，因此比例调节不可能完全消除误差，不可能使被控的 PV 值达到给定值。必须存在一个稳定的误差，以维持一个稳定的输出，才能使系统的 PV 值保持稳定。这就是通常所说的比例作用是有差调节，是有静差的，加强比例作用只能减少静差，不能消除静差(静差：即静态误差，也称稳态误差)。

为了消除静差必须引入积分作用，积分作用可以消除静差，以使被控的 $y(t)$ 值最后与给定值一致。引进积分作用的目的也就是为了消除静差，使 $y(t)$ 值达到给定值，并保持一致。

积分作用消除静差的原理是，只要有误差存在，就对误差进行积分，使输出继续增大或减小，一直到误差为零，积分停止，输出不再变化。即便误差很小，积分项也会随着时间的增加而加大，它推动控制器的输出增大使稳态误差进一步减小，直到等于零。因此，比例+积分(PI)控制器，可以使系统在进入稳态后无稳态误差系统的 PV 值保持稳定， $y(t)$ 值等于 $u(t)$ 值，达到无差调节的效果。

积分作用的强弱取决于积分时间常数 T ， T 越大，积分作用越弱，反之则越强。

但由于实际系统是有惯性的，输出变化后， $y(t)$ 值不会马上变化，须等待一段时间才缓慢变化，因此积分的快慢必须与实际系统的惯性相匹配，惯性大、积分作用就应该弱，积分时间 I 就应该大些，反之亦然。如果积分作用太强，积分输出变化过快，就会引起积分过头的现象，产生积分超调和振荡。通常 I 参数也是由大往小调，即积分作用由小往大调，观察系统响应以能达到快速消除误差，达到给定值，又不引起振荡为准。

I 作用是一种缓变作用，因此 PI 控制器的响应相比单纯 P 作用更迟缓，更容易引发系统振荡不稳定。

优点：消除稳态误差。

缺点：积分控制器的加入会影响系统的稳定性，使系统的稳定裕度减小，。

C 微分环节

不论比例调节作用，还是积分调节作用都是建立在产生误差后才进行调节以消除误差，都是事后调节，因此这种调节对稳态来说是无差的，对动态来说肯定是有差的，因

为对于负载变化或给定值变化所产生的扰动，必须等待产生误差以后，然后再来慢慢调节予以消除。

但一般的控制系统，不仅对稳定控制有要求，而且对动态指标也有要求，通常都要求负载变化或给定调整等引起扰动后，恢复到稳态的速度要快，因此光有比例和积分调节作用还不能完全满足要求，必须引入微分作用。比例作用和积分作用是事后调节(即发生误差后才进行调节)，而微分作用则是事前预防控制，即一发现 $y(t)$ 有变大或变小的趋势，马上就输出一个阻止其变化的控制信号，以防止出现过冲或超调等。

微分控制反映偏差信号的变化趋势，并能在偏差信号变得太大之前，在系统中引入一个有效的早期修正信号，从而加快系统的动作速度，减少调节时间。在微分控制中，控制器的输出与输入误差信号的微分（即误差的变化率）成正比关系。

微分控制的控制参数是微分时间 D ， D 越大，微分作用越强， D 越小，微分作用越弱。系统调试时通常把 D 从小往大调，具体参数由试验决定。

如：由于给定值调整或负载扰动引起 $y(t)$ 变化，比例作用和微分作用一定等到 $y(t)$ 值变化后才进行调节，并且误差小时，产生的比例和积分调节作用也小，纠正误差的能力也小，误差大时，产生的比例和积分作用才增大。因为是事后调节动态指标不会很理想。而微分作用可以在产生误差之前一发现有产生误差的趋势就开始调节，是提前控制，所以及时性更好，可以最大限度地减少动态误差，使整体效果更好。但微分作用只能作为比例和积分控制的一种补充，不能起主导作用，微分作用不能太强，太强也会引起系统不稳定，产生振荡，微分作用只能在 P 和 I 调好后再由小往大调，一点一点试着加上去。

自动控制系统在克服误差的调节过程中可能会出现振荡甚至失稳。其原因是由于存在有较大惯性组件（环节）或有滞后(delay)组件，具有抑制误差的作用，其变化总是落后于误差的变化。解决的办法是使抑制误差的作用的变化“超前”，即在误差接近零时，抑制误差的作用就应该是零。这就是说，在控制器中仅引入“比例”项往往是不够的，比例项的作用仅是放大误差的幅值，而目前需要增加的是“微分项”，它能预测误差变化的趋势。这样，具有比例+微分的控制器，就能够提前使抑制误差的控制作用等于零，甚至为负值，从而避免了被控量的严重超调。所以对有较大惯性或滞后的被控对象，比例+微分(PD)控制器能改善系统在调节过程中的动态特性。PD 控制只在动态过程中才起作用，对恒定稳态情况起阻断作用。因此，微分控制在任何情况下都不能单独使用。

优点：使系统的响应速度变快，超调减小，振荡减轻，对动态过程有“预测”作用。

在低频段，主要是 PI 控制规律起作用，提高系统型别，消除或减少稳态误差；在中高频段主要是 PD 规律起作用，增大截止频率和相角裕度，提高响应速度。因此，控制器可以全面地提高系统的控制性能。

D 正作用/反作用

正作用：系统偏差为正时控制器输出也为正（或增大输出）；

反作用：系统偏差为正时控制器输出为负（或减小输出）。

例如：

液位控制：液位过高时（正偏差），应该增大排液管线上阀门开度（正输出）→ 正作用

流量控制：流量过高时（正偏差），应该减小阀门开度（负输出）→ 反作用

7. PID 控制器参数整定：

任何闭环控制系统的首要任务是要稳（稳定）、快（快速）、准（准确）的响应命令。

PID 调整的主要工作就是如何实现这一任务。

增大比例系数 P 将加快系统的响应，它的作用于输出值较快，但不能很好稳定在一

个理想的数值，不良的结果是虽较能有效的克服扰动的影响，但有余差出现，过大的比例系数会使系统有比较大的超调，并产生振荡，使稳定性变坏。

积分能在比例的基础上消除余差，它能在稳定后有累积误差的系统进行误差修整，减小稳态误差，提高控制精度、改善稳态性能，但易引起震荡，造成超调。

微分具有超前作用，对于具有容量滞后的控制通道，引入微分参与控制，在微分项设置得当的情况下，对于提高系统的动态性能指标，有着显著效果，它可以使系统超调量减小，稳定性增加，动态误差减小。但其时间常数过大会引入干扰、系统冲击大，过小则调节周期长、效果不显著。

综上所述，P—比例控制系统的响应快速性，快速作用于输出，好比“现在”（现在就起作用，快），I—积分控制系统的准确性，消除过去的累积误差，好比“过去”（清除过去积怨，回到准确轨道），D—微分控制系统的稳定性，具有超前控制作用，好比“未来”（放眼未来，未雨绸缪，稳定才能发展）。当然这个结论也不可一概而论，只是有助于初学者快速的理解 PID 的作用。在调整的时候，在系统结构允许的情况下，需要在这三个参数之间权衡调整，达到最佳控制效果，实现稳快准的控制特点。

PID 控制器的参数整定是控制系统设计的核心内容。它是根据被控过程的特性确定 PID 控制器的比例系数、积分时间和微分时间的大小。PID 控制器参数整定的方法很多，概括起来有两大类：

1. 理论计算整定法

它主要是依据系统的数学模型，经过理论计算确定控制器参数。这种方法所得到的计算数据未必可以直接用，还必须通过工程实际进行调整和修改。

2. 工程整定方法

它主要依赖工程经验，直接在控制系统的试验中进行，且方法简单、易于掌握，在工程实际中被广泛采用。PID 控制器参数的工程整定方法，主要有临界比例法、反应曲线法和衰减法。三种方法各有其特点，其共同点都是通过试验，然后按照工程经验公式对控制器参数进行整定。但无论采用哪一种方法所得到的控制器参数，都需要在实际运行中进行最后调整与完善。

现在一般采用的是

1) 试凑法

利用该方法进行 PID 控制器参数的整定步骤如下：

(1)首先确定系统的正/反作用，并选择一个足够短的采样周期让系统工作(0.5s, 1s);

(2)确定比例控制环节 P 参数

确定比例增益 P 时，首先去掉 PID 的积分项和微分项，一般是令 $T_i = \infty$ 、 $T_d = 0$ （具体见 PID 的参数设定说明），使 PID 为纯比例调节。输入设定为系统允许的最大值的 60%~70%，由 0 逐渐加大比例增益 P，直至系统出现振荡；再反过来，从此时的比例增益 P 逐渐减小，直至系统振荡消失，记录此时的比例增益 P，设定 PID 的比例增益 P 为当前值的 60%~70%。比例增益 P 调试完成。

(3)确定积分时间 I

比例增益 P 确定后，设定一个较大的积分时间常数 T_i 的初值，然后逐渐减小 T_i ，直至系统出现振荡，之后再反过来，逐渐加大 T_i ，直至系统振荡消失。记录此时的 T_i ，设定 PID 的积分时间常数 T_i 为当前值的 150%~180%。积分时间常数 T_i 调试完成。

(4) 视需要加入 D 参数

积分时间常数 T_d 一般不用设定，为 0 即可。若要设定，与确定 P 和 T_i 的方法

相同，取不振荡时的 30%。

(5) 系统空载、带载联调，再对 PID 参数进行微调，直至满足要求。

2) 临界比例度法，又称 Ziegler-Nichos 方法(Z-N 法)。

首先将控制器的积分作用和微分作用全部除去，按比例度 P 由大到小的变化规律，对应某一 P 值做小幅度的设定值阶跃干扰。以获得临界情况下的等幅振荡，此时可获得振荡周期 P_u 和控制器临界比例度 P_{min} 。

然后按下表所列的经验算式，求取控制器的最佳参数值。

P 控制，	$K_p = 0.5 P_{min}$		
PI 控制，	$K_p = 0.45 P_{min}$	$T_i = 0.85 P_u$	
PID 控制	$K_p = 0.6 P_{min}$	$T_i = 0.5 P_u$	$T_d = 0.125 P_u$

更保守一点的参数设定(Tyreus-Luyben)

PI 控制，	$K_p = 0.31 P_{min}$	$T_i = 2.2 P_u$	
PID 控制	$K_p = 0.45 P_{min}$	$T_i = 2.2 P_u$	$T_d = P_u / 6.3$

特点：这种方法是得到 4: 1 的衰减，并且有合适的超调量(或最大偏差)为目标的；应用时简单方便，但在整定过程中隐含着产生等幅振荡的危险性，甚至有可能是系统毁坏。

3) 衰减振荡法

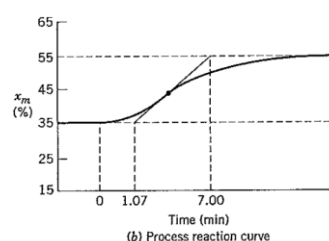
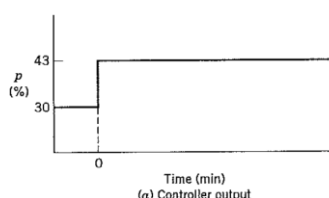
在一些不允许或不能得到等幅振荡的地方，可考虑采用修正方法——衰减振荡法。与上面方法的区别是：在纯比例下获取 $N: 1$ 振荡曲线作为依据，而不是临界等幅振荡。具体方法如下：在纯比例作用下取得满足规定衰减比 N 的比例度 P_r ，对于随动系统取 $N=10$ 同时测出上升时间 T_r ；对于定值系统取 $N=4$ 同时测出工作周期 T_p 。再按照下表确定 PID 参数：

P 控制	$K_p = P_r$		
PI 控制	$K_p = 1.2 P_r$	$T_i = 2 T_r$ 或 $0.5 T_p$	
PID 控制	$K_p = 0.8 P_r$	$T_i = 1.2 T_r$ 或 $0.3 T_p$	$T_d = 0.4 T_r$ 或 $0.1 T_p$

特点：此方法是对临界比例度法的改进，二者的特点相似，此方法的缺点是有时衰减比读不清楚。

4) 响应曲线法

这是一种根据广义对象的时间特性来整定参数的方法。它是基于过程的开环特性即对象特性来整定 PID 参数的工程方法。



在回路开环状态下(即回路处于手动状态)，回路达到某一稳态后，对阀位多一阶跃，记录测量值的变化曲线，当回路达到新的稳态后分析曲线：在曲线的拐点(曲线的 2 阶导数=0)处作一切线，根据切线与初始值及稳态值的交点，就可获得一阶加纯滞后的广义对象特性。其中广义对象静态增益应作归一化处理(变化值/量程与阶跃值/总开度之比)。

如图所示：

广义对象增益为 $K = 20\% / 13\% = 1.53$

纯滞后时间 $T_s=1.07$

时间常数 $\tau = 7-1.07=5.93$

取

P 控制 $K_p = K (\tau/T_s)$

PI 控制 $K_p = 0.85K(\tau/T_s)$ $T_i = 3.3\tau$

PID 控制 $K_p = 1.2K(\tau/T_s)$ $T_i = 2.0\tau$ $T_d = 0.5\tau$

响应曲线法的特点响应曲线法是针对对象特性的估算方法, 因此具有较好的控制效果, 而且整定的速度较快, 适用于绝大部分控制回路。特别是对于那些时间常数较大的“慢反应过程”, 此方法具有极佳的整定效果。但是分析曲线时取得对象特性比较困难, 如拐点确定、切线的做法都比较麻烦。由于实际中在不同的稳态下对象的特性均有差异(非线性), 因此在不同条件下取得的模型参数不尽相同, 因此对于非线性较强的对象需要找到一个近似线性较好, 回路经常工作的区间进行参数整定。同时对于非自平衡对象, 如具有纯积分效果的液面控制, 由于无法找到两个同时存在的稳态, 因此很难通过此方法进行参数整定。