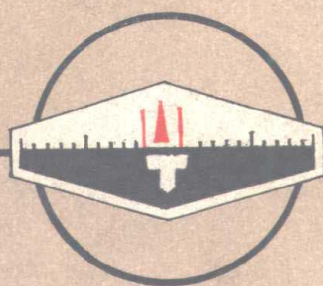


工厂常用自控设计手册



Gongchang
Changyong
Zikong Sheji
Shouce



工厂常用自控设计手册

(上册)

《工厂常用自控设计手册》编辑小组编

陕西人民出版社

工厂常用自控设计手册

(上册)

《工厂常用自控设计手册》编辑小组

陕西人民出版社出版

国营五二三厂印刷

陕西省新华书店发行

*

1973年11月第1版

1973年12月第1版第1次印刷

印数：1—5,000

书号：15094·67 定价：2.35元

(只限国内发行)

毛 主 席 语 录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。我们所说的大跃进，就是这个意思。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

在伟大领袖毛主席“**备战、备荒、为人民**”的战略方针指引下，为了适应现场设计的需要，我们对国内一些单位的自动控制使用情况进行了调查研究；将有关资料和运行经验，进行综合整理，编写了这本《手册》，供从事工厂自动控制设计和运行人员使用，也可供有关教学部门的人员参考。

《手册》共分两册。上册介绍基础知识、锅炉房、煤气站、空压站、氢氧站、氮氧站、乙炔站、水泵房；下册介绍电弧炼钢炉、铸造砂处理、水泥窑、隧道窑、异步机同期化、空调及附录。

在《手册》编写过程中，有关单位向我们提供了大量的技术资料、运行经验和宝贵意见，有些单位还作了校审工作，对此，一并表示感谢。

由于我们政治思想水平不高，加之调查范围有局限性，难免存在缺点和错误，衷心地欢迎同志们批评指正。

来函请寄：“西安西七路西北工业建筑设计院《工厂常用自控设计手册》编辑小组。”

参加编制单位：西北工业建筑设计院

一机部八院西安分院

陕西省建筑设计院

西南工业建筑设计院

辽宁工业建筑设计院

西南水泥工业设计院

四机部十院

《工厂常用自控设计手册》编辑小组

一九七二年十二月

目 录

第一章 基础知识

1-1 热工检测 (1)

一、温度测量 (1)

1. 温度测量仪表的分类 (1)

2. 温度测量仪表的选择和应用 (1)

(1) 膨胀温度计 (1)

(2) 压力式温度计 (2)

(3) 热电高温计 (4)

(4) 电阻温度计 (7)

(5) 辐射高温计 (11)

二、压力测量 (12)

1. 一般知识 (12)

(1) 压力的区分 (12)

(2) 测量单位 (12)

2. 压力测量仪表的分类 (12)

(1) 液体类 (12)

(2) 弹簧类 (12)

(3) 活塞类 (12)

3. 压力测量仪表的选择和应用 (12)

(1) 液体压力表 (12)

(2) 弹簧压力表 (14)

(3) 活塞式压力计 (17)

4. 取压点和导压管的连接选择和安装 (18)

三、流量测量 (19)

1. 流量测量中的两个计量概念 (19)

(1) 数量测量 (19)

(2) 流量测量 (19)

2. 流量仪表的分类 (19)

(1) 计量表 (19)

(2) 流量计 (19)

3. 流量测量仪表的选择和应用 (19)

(1) 流量仪表选用中应注意的问题 (24)

(2) 流量仪表与连接管路在设计中应注意的 安装问题 (25)

四、物位测量 (31)

1. 物位测量仪表的分类 (31)

2. 物位测量仪表的选择和应用 (31)

(1) 物位仪表选用中应注意的问题 (31)

(2) 物位仪表在设计中应注意的安装问题 (35)

五、气体成份分析测量 (36)

1. 仪表的分类 (36)

2. 仪表的选择与应用 (36)

3. 取样点的选择和安装 (36)

4. 导管的选择和敷设 (38)

5. 传送器安装中的要求 (38)

六、湿度测量 (38)

1. 湿度的基本概念 (38)

2. 湿度的测量方法 (39)

3. 仪表的选择和应用 (39)

1-2 自动调节 (39)

一、基本概念 (39)

1. 常用名词和术语 (39)

2. 调节系统的组成 (40)

(1) 系统的组成部分 (40)

(2) 系统的组成环节及其耦合 (40)

3. 调节系统的分类 (43)

(1) 按调节系统的结构来分类 (43)

a. 开环系统 (43)

b. 闭环系统 (43)

(2) 按调节系统的特性来分类 (44)

a. 定值调节系统 (44)

b. 程序调节系统 (44)

c. 随动调节系统 (44)

(3) 按调节系统复杂程度来分类 (44)

a. 简单调节系统 (44)

b. 复杂调节系统 (44)

二、调节对象的特性 (44)

1. 调节对象的基本性质 (44)

(1) 对象的容量 (44)

(2) 自平衡.....	(44)	1. 最佳参数整定值的计算公式.....	(62)
(3) 滞后.....	(44)	2. 调节器参数的工程整定方法.....	(62)
2. 调节对象的动态特性.....	(45)	(1) 简单调节系统调节器参数的整定方法	
(1) 本身是稳定物理系统的调节对象.....	(45)		(62)
(2) 本身是中性物理系统的调节对象.....	(45)	a. 临界比例度法.....	(62)
(3) 本身是非稳定物理系统的调节对象...	(46)	b. 衰减曲线法.....	(63)
三、感受元件(或测量元件)的特性.....	(46)	c. 经验法.....	(63)
四、调节阀的流量特性及其选择.....	(46)	(2) 复杂调节系统调节器参数的整定方法...	(64)
1. 调节阀的可调范围.....	(46)	a. 二步整定法.....	(64)
(1) 可调范围的概念.....	(46)	b. 一步整定法.....	(64)
(2) 理想可调范围.....	(46)	1-3 感应电动机的起动和调速.....	(64)
(3) 实际可调范围.....	(47)	一、感应电动机的作用原理.....	(64)
2. 调节阀的流量特性.....	(48)	1. 感应电动机的作用原理.....	(64)
(1) 流量特性的概念.....	(48)	2. 感应电动机的转差率与转子电流的关	
(2) 气动调节阀的三种理想流量特性.....	(48)	系.....	(64)
a. 直线流量特性.....	(48)	3. 感应电动机的转矩.....	(65)
b. 等百分比流量特性.....	(48)	4. 感应电动机的运用特性.....	(66)
c. 快开流量特性.....	(48)	二、感应电动机的起动问题.....	(67)
(3) 隔膜阀, 闸板阀和蝶阀的流量特性...	(48)	1. 鼠笼式电动机在额定电压下直接起动...	(67)
(4) 流量特性的选择原则.....	(49)	2. 鼠笼式电动机的降压起动.....	(67)
a. 根据调节对象的特性的原则.....	(49)	(1) 在定子线路中应用串联电抗器.....	(67)
b. 根据管路系统中调节阀全开时压差		(2) 应用自耦变压器.....	(68)
与系统总压差的比值原则.....	(49)	(3) 应用星形—三角形换接开关(Y/△	
c. 根据可调范围的原则.....	(49)	换接开关).....	(68)
五、调节器的特性及其选择.....	(49)	(4) 延边三角形起动.....	(69)
1. 位置式调节.....	(49)	3. 绕线式电动机应用起动变阻器.....	(70)
2. 比例式调节(P).....	(51)	4. 绕线式电动机在转子回路中接入频敏变	
3. 积分式调节(I).....	(52)	阻器.....	(71)
4. 比例积分式调节(PI).....	(54)	三、速率调节的方法.....	(75)
5. 比例、积分和微分式调节PID.....	(57)	1. 改变供电电源的频率.....	(76)
六、调节系统的品质指标.....	(60)	2. 改变电动机的极数.....	(76)
1. 调节系统的稳定性.....	(60)	3. 改变外施电压.....	(76)
(1) 稳定性的基本概念.....	(60)	4. 在转子回路中引入外加电阻.....	(77)
(2) 系统稳定性的判断方法.....	(60)	5. 在转子回路中引入附加电势.....	(77)
a. 代数判据.....	(60)	6. 感应电动机的串联接法.....	(79)
b. 频率判据.....	(61)	四、深槽式电动机.....	(79)
2. 调节系统的过渡过程品质指标.....	(61)	五、双鼠笼式电动机.....	(81)
(1) 调节的静态误差 ε	(61)	六、整流子电动机.....	(81)
(2) 超调量 $\sigma\%$	(61)	七、鼠笼式电动机的控制线路.....	(83)
(3) 调节时间 T_p	(61)	八、鼠笼式电动机控制线路中的连锁连接	
(4) 振荡数 X 或衰减度 ψ	(61)		(86)
七、调节器的最佳参数的整定计算.....	(62)	九、绕线式电动机的控制线路.....	(89)

1—4 同步电动机的起动及运行	(91)	(4) 其它单相桥式可控整流电路	(113)
一、概述	(91)	(5) 三相半波可控整流电路	(115)
二、同步电动机的起动	(91)	(6) 三相桥式半控整流电路	(116)
三、同步电动机的U形曲线	(92)	(7) 带有平衡电抗器的双星形可控整流电 路	(117)
四、同步电动机的控制线路	(93)	(8) 可逆输出可控整流电路	(119)
1—5 直流电动机的特性与电阻计算	(93)	三、可控硅交流调压	(120)
一、直流电动机的运行特性	(93)	1. 单相交流调压	(120)
1. 并激直流电动机的运行特性	(93)	2. 三相交流调压	(121)
2. 串激直流电动机的运行特性	(94)	四、可控硅开关	(121)
3. 复激直流电动机的运行特性	(95)	1. 单相交流开关	(121)
二、起动电阻的计算	(95)	2. 三相交流开关	(122)
1. 起动电阻的用途	(96)	3. 直流开关	(122)
2. 起动电阻的联接法	(96)	五、可控硅元件的保护、选择和串并联计 算	(123)
3. 计算起动电阻的条件	(96)	1. 可控硅的过电流保护	(123)
4. 并激直流电动机的机械特性的绘制	(96)	2. 可控硅的过电压保护	(124)
5. 起动电阻计算的图解法	(97)	3. 可控硅元件的串联与并联	(126)
示例(一)图解法,正常起动	(98)	4. 可控硅元件的选择	(129)
示例(二)图解法,加速起动	(99)	1—7 晶体管脉冲与数字电路基础	(131)
示例(三)解析法,正常起动	(99)	一、微分电路	(131)
示例(四)解析法,加速起动	(100)	二、门电路	(132)
示例(五)加速继电器的时限计算,正常 起动	(100)	1. 二极管“与”门	(133)
1—6 硅整流及其应用	(100)	2. 二极管“或”门	(134)
一、可控硅元件	(100)	3. 非门(反相器)	(135)
1. 半导体原理	(100)	三、双稳态触发电路	(138)
(1) 导电性能	(100)	四、单稳态触发电路	(142)
(2) 二极管	(102)	五、自激多谐振荡器	(144)
(3) 三极管	(103)	六、单结晶体管弛张振荡器	(145)
2. 可控硅元件的工作原理	(103)	七、分频器	(148)
3. 可控硅元件的特性	(104)	八、射极跟随器	(149)
4. 可控硅元件的参数及使用说明	(105)	九、计数器	(150)
(1) 可控硅元件的主要参数	(105)	十、译码器	(156)
(2) 可控硅型号及含意	(105)	十一、数字显示	(156)
(3) 使用注意事项	(105)	1—8 射流技术	(157)
二、整流电路	(106)	一、概述	(157)
1. 不控整流电路	(106)	二、射流元件的种类及其工作原理	(157)
(1) 单相整流	(106)	三、射流元件的性能指标及其测量	(162)
(2) 多相整流	(106)	四、影响元件性能的因素	(164)
2. 可控硅整流电路	(111)		
(1) 单相半波可控整流电路	(111)		
(2) 单相全波可控整流电路	(112)		
(3) 单相桥式可控整流电路	(112)		

第二章 锅炉房

2—1 概述	(165)
---------------------	---------

一、工艺流程简介	(165)
二、内容	(165)
2—2 热工检测	(165)
一、汽包水位	(165)
二、温度测量	(165)
三、压力测量	(166)
四、流量测量	(166)
五、烟气分析	(166)
2—3 自动调节	(166)
一、锅炉给水自动调节	(166)
二、凝结水箱水位自动调节	(167)
2—4 运煤设备系统的电气联锁控制	(168)
一、4台电动机的联锁控制	(168)
二、滑轨料斗运煤的电气控制系统	(171)
2—5 快装锅炉的热工检测和电气部分	(173)
一、热工检测仪表	(173)
二、电气设备	(173)
2—6 设计示例	(174)
一、设计的原始资料	(174)
二、设计内容	(174)
三、设计举例	(174)
2—7 技术革新资料	(182)
一、可控硅自动控制锅炉燃燃	(182)
二、快装锅炉自动化	(184)

第三章 煤气站

3—1 发生炉煤气	(187)
一、煤气发生站工艺流程简介	(187)
二、热工检测与自动调节项目	(187)
1. 热工检测项目	(188)
(1) 煤气发生炉的检测项目	(188)
a. 炉底风压	(188)
b. 炉底风汽混合物温度	(188)
c. 炉出煤气温度	(188)
d. 炉出煤气压力	(188)
e. 进炉空气流量	(188)
f. 炉内搅煤棒冷却水出口温度	(188)
(2) 煤气净化系统和煤气管道	
系统的检测项目	(188)
a. 竖管出口煤气温度	(188)
b. 电除尘器前后的煤气压力	(188)

c. 电除尘器绝缘子箱内的温度	(188)
d. 煤气含氧量	(188)
e. 洗涤塔前后压力	(188)
f. 洗涤塔出口煤气温度	(189)
g. 鼓风机出口压力及排送机入口	
和出口煤气压力	(189)
2. 自动调节项目及调节系统	(190)
(1) 煤气站生产能力的调节	
(即负荷调节)	(190)
(2) 风汽混合温度(饱和温度)的调节	(198)
(3) 汽包水位的调节	(199)
(4) 加煤量的自动调节	(201)
三、安全联锁信号	(201)
1. 鼓风机总管压降信号	(201)
2. 电除尘器出口煤气压降信号	(201)
3. 排送机前煤气总管压降信号	(201)
4. 电除尘器绝缘子箱内的温度	(201)
四、静电除尘器	(203)
1. 工作原理	(203)
2. 高压整流设备	(203)
(1) 产品结构	(203)
(2) 主要技术数据及特性	(204)
(3) 保护措施	(205)
(4) 指示仪表	(206)
(5) 电气线路原理图	(206)
(6) 系统方框结构图	(208)
(7) 安装注意事项	(210)

五、防爆问题	(210)
六、其他	(210)

七、附录：国内若干发生炉煤气站热工	
自动调节和信号装置运行情况	(210)

3—2 半水煤气	(210)
-----------------	-------

一、半水煤气(粉煤气化法)	
工艺流程简介	(210)
1. 概述	(210)
2. 工艺流程	(210)
(1) 六阶段(单筒炉)气化循环	(211)
(2) 八阶段(双筒炉)气化循环	(211)
二、自动控制系统	(212)
1. 概述	(212)
2. 介绍几种目前常用的自动控制设备	(212)

(1) ZKY—I型程序控制仪	(212)
(2) MQD—I型自动控制器	(214)
三、热工检测	(214)
1. 概述	(214)
2. 检测项目	(214)
3. 热工检测一览表	(215)
4. 热工检测系统原理图	(216)
5. 控制测量管线平面图	(218)
6. 气柜高度变送器安装示意图	(219)
3—3 重油蓄热裂解制气	(219)
一、概述	(219)
二、三筒式重油蓄热裂解制气	(219)
1. 工艺流程	(219)
2. 自动控制系统	(223)
(1) YK—2型自动控制设备	(223)
(2) 继电线路式自动控制器	(230)
3. 热工检测	(238)
(1) 检测项目	(238)
(2) 热工检测一览表	(239)
(3) 热工检测系统原理图	(239)
三、双筒式重油蓄热裂解制气	(239)
1. I型双筒式	(239)
(1) 工艺流程	(239)
(2) 自动控制系统	(244)
(3) 热工检测	(252)
2. II型双筒式	(252)
(1) 工艺流程	(252)
(2) 自动控制系统	(252)
(3) 热工检测	(257)

第四章 空压站

4—1 概述	(258)
4—2 3~9米 ³ /分空压机	(259)
4—3 10米 ³ /分空压机	(262)
一、3L—10/8型空压机	(262)
二、LG20—10/7型空压机(天津空气压缩机厂生产)	(267)
三、LG20—10/7、3S—10/7型空压机(无锡压缩机厂生产)	(269)
4—4 20米 ³ /分空压机	(273)
一、4L—20/8型空压机	(273)
二、LG25—22/7型空压机	(274)

4—5 40米 ³ /分空压机	(278)
一、5L—40/8型空压机	(278)
二、L5.5—40/8型空压机	(288)
三、LG25/16—40/7型空压机	(288)
4—6 60米 ³ /分空压机(L8—60/7型)	(293)
4—7 100米 ³ /分空压机(7L—100/8型)	(299)
4—8 KLF系列同步电动机可控硅励磁装置	(301)
一、同步电动机对励磁装置的要求	(301)
二、KLF系列可控硅励磁装置型号意义和规格	(301)
三、KLF系列可控硅励磁装置的用途及特点	(301)
四、可控硅励磁装置的组成环节及原理	(301)
五、整流器厂和重型电机厂KLF系列励磁装置比较	(306)
附: KLF系列可控硅励磁装置电器元件明细表	(307)

第五章 氢气站

5—1 概述	(311)
一、氢的主要性质	(311)
二、电解水制氢	(311)
三、水电解的电消耗	(311)
5—2 工艺简介	(311)
一、低压生产工艺流程	(311)
二、中压生产工艺流程	(312)
三、生产过程简述	(312)
四、生产过程电压、电流、温度之间的变化	(312)
五、电解水设备的主要工艺指标及电气技术要求	(314)
5—3 直流电源	(314)
一、水电解对电压调节范围的要求	(314)
二、整流装置的选择	(314)
三、设计方案的确定	(322)
四、电源室的设计	(323)
5—4 安全措施	(325)
一、防爆措施	(325)
二、逆流保护	(325)

三、紧急停车.....	(325)
四、防雷保护与管道接地.....	(326)
5—5 热工测量、信号	
及净化装置	(326)
一、热工测量.....	(326)
二、信号.....	(327)
三、净化装置.....	(327)
5—6 设计示例	(332)
一、设计内容.....	(332)
二、设计示例.....	(332)

第六章 氮氧站

6—1 概述.....	(334)
6—2 成套中压空气分离设备	(334)
一、KFS—860—1型、KFS—860—2	
型空分设备.....	(334)
1. 工艺流程简介.....	(334)
2. 技术数据.....	(337)
3. 配套设备.....	(337)
(1) 1—15/50型、5L—16/50型	
空气压缩机	(337)
(2) XT—90型碱洗塔.....	(338)
(3) 170×2型干燥器, 配电加热炉	(338)
(4) HXK—960/40型吸附器	(339)
(5) 140/660—1型分馏塔, 配15.5型	
电加热炉	(339)
(6) 1LP16.6/50—6型活塞式膨胀机.....	(343)
(7) 2—2.83/150型、2—1.67/150型	
氧气压缩机	(343)
(8) GC—24型氧灌充器	(343)
4. KFS—860型空分设备配合	
YFS—2.5型氦分馏塔制氦	(344)
(1) 氦气的性质和用途	(344)
(2) 制氦工艺流程	(344)
二、KFZ—300型、KFZ—300—3型	
空分设备	(347)
1. 工艺流程简介	(347)
2. 技术数据	(347)
3. 配套设备	(348)
(1) 1—5/55型空气压缩机	(348)
(2) HXK—300/59型分子筛吸附器,	

配JR—13型电加热炉	(348)
(3) FL—50/200型 (FL—50型)	
分馏塔	(348)
(4) 55—210型膨胀机.....	(351)
(5) 2—1.67/150型氧气压缩机	(351)
(6) 5X2型氧灌充机	(351)
6—3 中小型氮氧站的自动	
控制及联锁.....	(352)
一、空气净化设备加热炉温度自动控制...	(352)
二、氧气压缩机气水分离器与空气压缩	
机油水分离器放水、放油措施.....	(355)
三、氧气压缩机润滑油断水自动保护.....	(355)
四、贮气柜钟罩位置信号.....	(358)
五、贮气囊胀缩保护.....	(363)
六、充瓶间与气体压缩机间联系信号.....	(364)
6—4 其他.....	(366)
一、氮氧站供电负荷等级和供电	
可靠性的要求.....	(366)
二、氮氧站负荷计算时应注意的问题.....	(366)
三、电力照明简介.....	(366)
四、防雷保护.....	(366)
6—5 射流技术在氮氧站充氧、	
输氧过程的应用实例	(367)
一、充氧过程射流自动控制.....	(367)
二、氧压机——贮气囊联合	
射流自动控制.....	(372)
三、射流控制自动调节送氧压力.....	(375)

第七章 乙炔站

7—1 概述.....	(376)
一、乙炔的性质.....	(376)
二、乙炔的工业制法.....	(376)
7—2 低压乙炔站生产工艺	
流程简介.....	(381)
一、反应前的准备工作.....	(381)
二、反应生成工序.....	(382)
三、乙炔对用户的供应及充瓶.....	(382)
7—3 低压乙炔站的热工检测	
及自动控制	(384)
一、热工检测.....	(384)
二、自动控制.....	(384)

7—4	安全措施	(386)	5. 火花塞电极	(411)
一、	防爆措施	(386)	8—3	水位测量
二、	防雷保护	(386)	一、	水位测量线路
7—5	设计实例	(387)	二、	水位测量与调节
一、	基本图纸	(387)	8—4	深井泵远距离控制线路
二、	设计特征说明	(387)	一、	相线一地制交流远控系统
第八章 水泵房			1. 深井泵单线远控远讯远测	
8—1	概述	(394)	线路(方案 I、II)	(413)
一、	本章内容	(394)	2. 深井泵单线远方水位自动	
二、	水泵房工艺简介	(394)	控制线路(降压启动)	(414)
1.	加压泵房	(394)	3. 深井泵单线远控简易	
2.	深井泵房	(394)	线路(方案 I、II)	(418)
3.	污水泵房、雨水泵房、		4. 深井泵单线远控简易线路(方案 III)	(420)
冷却循环水泵房	(395)	5. 深井泵单线远控简易线路(方案 IV)	(421)	
4.	井群	(395)	二、	电流极性远控系统
三、	工艺对设计电气线路的要求	(395)	1.	电流极性单线远控简易线路
四、	水泵电气控制线路特征总表	(395)	2.	直流极性远控远讯远测线路
1.	水位控制、水位测量线路特征表	(396)	3.	深井泵群直流双极性远方
2.	深井泵远距离控制线路特征表	(397)	自动控制(举例)	(426)
8—2	水泵——水位控制线路	(398)	4.	二线八通道深井远控原理图
一、	220伏电极式水位控制系统	(398)	5.	水位讯号传示原理图
1.	加压泵与高位水池的水位控制	(398)		(440)
2.	一个继电器的水位控制线路	(398)		
3.	深井泵(有予润)电极式水位控制	(400)		
4.	二台加压泵与集水池的水位控制	(400)		
二、	低电压电极式水位控制系统	(402)		
1.	电极式水位控制晶体管线路	(402)		
2.	电极式水位控制小型继电器线路	(404)		
3.	单线传输水位讯号线路	(404)		
三、	浮标式水位控制系统	(405)		
1.	简易浮筒开关的水位控制	(405)		
2.	湿簧继电器的水位控制	(406)		
四、	压力式水位控制系统	(407)		
1.	压力表自动控制水泵线路图	(407)		
2.	具有三台加压泵的加压泵站			
电气控制线路	(409)			
五、	水位电极	(410)		
1.	铜棒电极装置	(410)		
2.	炭精电极装置	(410)		
3.	导线电极	(410)		
4.	平板电极	(411)		

第一章 基础知识

1—1热 工 检 测

在各种的热工生产过程中, 需要进行检测的项目, 一般为温度测量、压力测量、流量测量、物位测量、气体成份分析测量、湿度测量等。现将各类测量

的仪表分类及选用中有关问题作一简要介绍。

一、温度测量

1. 温度测量仪表的分类:

按照作用原理, 测量温度的仪表可分为下列几类, 见下表。

温度测量仪表的种类

表1—1—1

分类号	仪表类别		测量原理	测量范围 °C
1	膨胀温度计		物体受热时体积或线性膨胀	-100~500
2	压力式温度计		温度计温包(受热部分)里的液体或气体因受热而改变压力	-80~400
3	热电高温计		两种不同金属的导体接点受热产生热电势	-200~1800
4	电阻温度计		导线的电阻随温度改变	-200~250
5	辐 射 高 计	光学高温计	加热体的亮度(辐射强度)随其温度变化	700~6000
		光电比色高温计	加热体的颜色随其温度变化	700~2000
		全辐射高温计	加热体的辐射能量随其温度变化	400~2000

2. 温度测量仪表的选择和应用:

选择仪表一般是根据测量精度、技术经济指标及操作维护方便三个方面来考虑。其中最主要的是测量精确度是否满足测量的要求。现对各类仪表的选择与应用扼要叙述如下:

(1) 膨胀温度计

国内生产的膨胀温度计有玻璃水银温度计、玻璃液体温度计及固体膨胀式温度计三种。它们的主要特征及应用场合见下表。

膨胀温度计的主要特征及应用场合

表1—1—2

类 型	主 要 特 征	测 量 范 围	主 要 技 术 经 济 指 标	应 用 场 合
WNY型工业内标式玻璃有机液体温度计	指示式, 有直形, 90°角形, 135°角形, 可附金属保护套	-100~+100°C	结构简单, 安装使用维护方便, 价廉(14—90元), 测量精度较高($\pm 0.5 \sim 2^\circ\text{C}$), 仅供就地测量, 测量范围较小。	适用于测量-100°C的低温及-100°C温度的场合。对各种非腐蚀性介质均可使用
WNG型工业内标式玻璃水银温度计	同 上	-30~+500°C	结构简单, 安装使用维护方便, 价廉(14—92元), 测量精度较高($\pm 0.5 \sim 5^\circ\text{C}$), 测量范围较宽, 仅作就地测量, 示值不够明显。	适用于测量常温及高温。对各种非腐蚀性介质均可使用

(续表1—1—2)

WXG型电接点式玻璃水银温度计	有指示刻度和无刻度(棒式温度计),电接点有调节式和固定式。有直形,90°角形,可附金属保护套。	-30~+300°C	结构简单,安装使用维护方便,价廉(18~53元),测量和控制精度较高($\pm 0.5 \sim 5^\circ\text{C}$)按使用场合可供制各种不同规格。使用寿命短,接点容量小。	适用于各种介质的温度控制及信号,特别适用于恒温控制,可实现1~4点的温度控制和信号。
固体膨胀式温度计(WTL—108型,WTJ—L型,WTJ—P型)	指示式,WTL—108型有电接点可供信号和控制。	-50~+500°C	结构简单,体积小,耐冲击,耐震动,使用安装维护方便。测量精度低。	使用在有一定震动强度的生产设备中的非腐蚀性流体介质温度测量和控制。

从表1—1—2中可看出,膨胀温度计仅适用于就地测量指示的场合,如果要集中指示时,此类仪表就满足不了要求。此类仪表的选择和应用除参照表1—1—2来选择外,还需要确定仪表的刻度及尾部的长度(1)。仪表刻度的确定是根据工艺设备的要求而定。一般要测量的温度有正常温度和最高温度。仪表的刻度是根据最高温度来选择。尾部的长度(1)选定是与安装的场所位置有关。安装在槽或罐等容器中,尾部的长度(1)应根据具体情况来定,以测量出所需要的温度为准。温度计安装在管道中时,原则上感温部分应在管道的中心线上。一般概略计算可按下列公式,尾部的长度(1)不应小于计算的结果。

$$\text{直形: } 1 \approx \frac{D}{2} + 60\text{mm}$$

$$90^\circ \text{角形: } 1 \approx \frac{D}{2} + 80\text{mm}$$

$$135^\circ \text{角形: } 1 \approx 0.7D + 70\text{mm}$$

水银温度计的保护套长度(1)与安装用接管长度可按1—1—3表选择。

固体膨胀式温度计的尾部长度选择亦可参照水银温度计的方法。

带电接点的膨胀温度计不宜用于防爆的场所。

(2) 压力式温度计

国内生产的压力式温度计有充气体和液体的两种。充气体的一般感温介质是氮气,充液体的感温介

质为氯乙烷(或氟里昂12)、氯甲烷(或氯乙烷)、乙醚(或氯乙烷)、丙酮、甲苯等。充气体的型号为WTQ,充液体的型号为WTZ。此类仪表的主要特征及应用场合见1—1—4表。

压力式温度计的选择:在测量精度允许和有防爆场合情况下可以选用此类仪表。选择时应注意下面几个方面:①测量范围应考虑仪表的经常工作范围,最好是在满刻度的1/3~3/4处。尤其是充蒸发液体的温度计要特别注意,因为其饱和蒸汽压力与温度的关系为非线性函数,在1/3刻度部分的误差将增大一个等级。另外在刻度的上限也要留有一定裕度,否则也会产生使弹簧管损坏的现象。②压力式温度计的传压毛细管最长为60米,在选用时应注意其是否满足集中显示的要求。③对于记录式压力式温度计,若显示仪表和温包均安装在防爆的房间时,应选用钟表机构传动。

压力式温度计的安装:此种温度表安装时应注意下面几方面:①充蒸发液体的压力式温度计安装时其温包应立装,不应倒装,显示仪表应高于温包的位置。否则由于造成的液柱位差的静压力而引起测量误差。②毛细管不应沿着冷热介质的管道和设备外壁敷设。毛细管通过温度经常变化的地方应采取绝热措施。毛细管敷设在易受机械损伤的地方应采取保护措施,将毛细管置于角钢或开缝钢管内。③在较小的管道上安装感温温包时,若感温部位无法位于管道的中

水银温度计的尾部长度与安装用接管长度选择表

表1-1-3

管径	公称直径 D	50	70	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
直接管	外径 × 壁厚	57 × 3.5	73 × 4	89 × 4	108 × 4	133 × 4	159 × 4	219 × 6	273 × 7	325 × 7	377 × 7	426 × 7	478 × 7	529 × 7	630 × 7
30° 接管	温度计保护套尾长 l 接管长度 L	100 60	100 50	120 60	120 50	160 70	160 70	200 70	200 70	250 70	250 70	320 80	320 70	320 70	400 70
45° 接管	温度计保护套尾长 l 接管长度 L	200 180	250 190	250 190	250 180	320 210	320 200	400 200	400 190	500 200	500 190	630 200	630 190	800 200	800 190
60° 接管	温度计保护套尾长 l 接管长度 L	160 120	160 120	160 120	200 120	200 130	250 140	250 130	320 140	320 130	400 140	400 130	500 140	500 130	500 130
弯管用接管	温度计保护套尾长 l 接管长度 L 工艺管道弯曲半径 R	200 120 90	200 120 90	250 120 90	320 120 160	320 120 185	400 120 210	400 120 260	500 110 260	500 110 260	500 110 300	630 110 350	630 110 400	800 110 450	800 110 490

表1-1-4

压力式温度计的主要特征和应用场合

类型	主要特征	测量范围	主要技术指标	应用场合
WTQ-280型 WTQ-270型 压力式温度计	指示式, 均匀刻度和不均匀刻度, 凸装式和嵌装式	-80~+400°C	结构简单, 安装使用维护方便 能作远距离测量。精度较低 (1.5~2.5级)	多数用于防爆的场合, 可 测量对铜和铜合金不起作 用的介质。
WTQ-288型 WTQ-278型 WTQ-012S型 压力式温度计	指示式带电接点。均匀刻度和不均匀刻度, 凸装式和嵌装式	-80~+400°C	结构简单, 安装使用维护方便, 价廉, 能作远距离测量控制。精度较低(1.5~2.5级)	用于防爆的场合。供测量 对铜和铜合金不起作用的 介质的温度和发信号
WTQ-410型 WTQ-610型 WTQ-618型 压力式温度计	记录式, 盘上安装	0~300°C	结构简单, 安装使用维护方便, 价廉, 能作远距离测量记录。精度较低(1.5~2.5级)	WTQ-410型专作防爆场合使用。供测量对炭素钢 和铜无作用的气体, 蒸气或液体的温度

心线上时应装扩大管（见有关安装图）。

(3) 热电高温计

热电高温计是由热电偶，显示仪表（毫伏计或电位差计）或变送器，调节器和连接导线几部分组成。由于其测量精度较高，可以远距离显示和自动记录，自动控制，故被广泛应用。

a. 热电偶产生热电势的原理：如图1-1-1所示：取两根不同成份的导体丝A与B，将它们的一端焊在一起，得接点1，此接点处的温度为t。在不同成份的

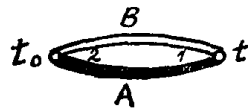


图1-1-1 热电偶产生热电势的原理

金属中其自由电子的密度不同，所以在接点1处自由电子密度大的金属A扩散到金属B中去的电子，比由金属B扩散到金属A中的多，因而金属A将带正电，金属B将带负电。这样所建立的电场，将要阻碍这种电子扩散，直到两者达到平衡为止，从而产生了一定的电势。另外将导体丝A、B的另一端也焊在一起，得接点2，此接点所处的温度为t₀，这里也要发生上述相同情况。此外自由电子活动能力又和金属接点的温度有关，所以在接点1和2所产生的电势也是不相等的。这两端电势之差，通常称为热电势。热电势可写

为下面表达式：

$$E_{A,B}(t_1 t_0) = e_{A,B}(t) - e_{A,B}(t_0)$$

当热电偶的导体丝成份确定后，所产生的热电势仅与温度有关，所以上式又可写为：

$$E_{A,B}(t_1 t_0) = f(t) - f(t_0)$$

如将接点2处的温度t₀加以固定，则f(t₀)一项为一常数C，故上式又可以写为：

$$E_{A,B}(t_1 t_0) = f(t) - c = \phi(t)$$

从这个方程式，如果已知E_{A,B}(t₁t₀)的大小，就可求出1处的温度值t。

上述现象称为热电现象。金属A和B分别称为热电极，合称为热电偶。放在测温地方的一端称为热端或工作端，而另一端称为冷端或自由端。因此可得出一个重要的结论：热电偶产生的热电势跟工作端和自由端的温度都有关。只有当自由端温度保持不变时热电偶产生的热电势才只是工作端（热端）温度的函数。所以要得到正确的测量结果，保持自由端温度不变是非常重要的。因此为了保持自由端温度不变，在设计中根据选用不同的显示仪表要采取不同的温度补偿方法。

b. 常用热电偶的测量范围和主要技术数据：

国产的常用热电偶的测量范围和主要技术数据见下表：

热电偶的主要数据

表1-1-5

种 类 名 称	分度号	最高使用温度(°C)		热 电 势 允 许 偏 差		偶 丝 直 径 (毫米)	附 注
		长 期	短 期				
铂铑—铂铈	LL	1600	1800	小于600°C ±3°C	大于600°C ±0.5%t	φ0.5	t-感温元件实测温度(°C)。铂铑—铂热电偶只能用于氧化性介质，不能用于还原性介质
铂铑—铂	LB-3	1300	1600	小于600°C ±2.4°C	大于600°C ±0.4%t	φ0.4~φ0.5	
镍铬—镍铝 镍铬—镍硅	EU-2	1000	1200	0—400°C ±4°C	大于400°C ±0.75%t	φ0.5~φ3.2	
镍铬—考铜	EA-2	600	800	0—400°C ±4°C	大于400°C ±1%t	φ0.5~φ3.2	

国内生产的热电偶的分度号从1973年起将采用上表的符号，LB-3的老符号为LB，LB-2；EU-2的老符号为EU；EA-2的老符号为EA。热电偶的型号为WR。热电偶保护套的固定结构形式有固定螺纹，

无固定装置及活动法蓝等。一般有固定螺纹的都是用在有压力的场合测量温度，而无固定装置的及活动法蓝的是用在常压的场合测量温度。热电高温计的应用场合见表：

热电高温计的主要特征和应用场合

表1—1—6

显示仪表	感温元件	主要特征	测量范围	主要技术经济指标	应用场合
EFZ—110型 EFZX—110型 EFZ—150型 EFZ—010型 毫伏指温计 XCZ—101型 动圈式指示仪 EFT— ¹⁰⁰ / ₁₁₀ 型 调节式测量毫 伏计 XCT系列动圈 式温度指示调 节仪 EWP系列旋转 刻度盘式自动 电子电位计 EWY型 XWB型 XWC型 XWH型 EWX ₂ 型 XWD系列 WXDI系列 电位差计	EA—2, EU —2, LB—3, LL热电偶, WFT型辐 射高温计	指示式, 嵌装式 指示式和电接点 位置调节式, 嵌 装式 指示式, 二位, 三 位, 时间比例, 时 间比例加二位, 比例, 积分, 微分, 等调节方式。 指示式, 可带附加 调节装置, 二位, 三位, 比例调节。 有园图式和长图 式, 有单点和多 点记录式, 指示 记录式, 电动位 置调节式, 电动 比例调节式, 电 动或气动比例积 分微分调节式等	0—1800℃	结构简单, 安装使用 维护方便, 价格低, 能 作远距离指示测量。 唯测量精度稍低 (1.5级) 具有EFZ型的特点, 但精度为1级 具有EFZ型的特点, 测量和控制精度为1.5 级, 时滞常数随一次元 件而异(1.5—8分钟) 具有EFT型的特点, 但调节性能比EFT型 好, 精度比EFT型高 (1级) 指示精度<5.0%, 灵 敏度<0.1%, 通过转 换开关可作多点测量 和控制 测量精度<0.5%, 灵 敏度<0.1%, 调节精 度±1~1.5%, 测量 和调节性能好, 但结 构复杂, 维护困难价 格高(1500~3500元)	广泛用于各种高温 指示测量, 通过转 换开关可实现多点 集中测量, 但精度 受到限制 完全代替EFZ型 使用 可用于一般要求的 温度控制(二位及 三位) 在温度测量不要求 记录时而又要控制 时可采用。并完全 可代替EFT型 温度测量不要求记 录时而测量精度要 求高时采用 主要用于温度测量 精度高, 调节精度 高的场合。尤其多 点测量记录和控制

c. 热电偶的选择:

一般当温度为0~600℃时都选用分度号为EA—2的镍铬——考铜热电偶。当温度为600~1000℃时选用分度号为EU—2的镍铬——镍铝或镍铬——镍硅热电偶。1000℃以上时选用分度号为LL或LB—3的铂铑——铂铑或铂铑——铂热电偶。另外, 还要根据安装处的被测介质的压力和情况确定热电偶的结构形式、保护套材料和插入长度。

d. 热电偶冷端(自由端)温度变化的补偿方法:

根据热电偶产生热电势的原理, 只有当冷端温度保持不变时热电偶产生的热电势才是工作端温度的函数。因此, 在设计中要考虑冷端温度变化的补偿问题。常用的方法有下面几种:

①将冷端移置到温度恒定的区域内。采用与热电偶电极材料相同的补偿导线将冷端移置到温度恒定的区域。这种方法的缺点是不能保证温度不变, 但当对测量精确度要求不高时可以采用。

②将冷端埋入地下。一般埋入深度为3米。这种