

从新手到高手

仪表工问答

/ 深入浅出解析技术·多年经验助你成功 /

黄文鑫 编著



YIBIAOGONG WENDA



化学工业出版社



仪表工问答

黄文鑫 编著



YIBIAOGONG WENDA



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

仪表工问答/黄文鑫编著. —北京: 化学工业出版社,
2013. 1

ISBN 978-7-122-15742-3

I. ①仪… II. ①黄… III. ①自动化仪表-问题解答
IV. ①TH86-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 257767 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 蒋 宇

文字编辑: 孙 科
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 369 千字 2013 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 56.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD



仪表工问答

仪表维修是个服务性工作，又是个需要不断学习的工作，做服务工作时，生产现场人员会向仪表工提出各种各样的问题，迫使仪表工不断地学习，来解决这些问题；在学习的时候，又会发现和提出许多问题，所以一个积极向上的仪表工头脑里总有想不完的问题。

如果笔者不上中华工控网，也就没有读者面前的这本小册子。在网上见到网友提出的技术问题，笔者就力所能及的回答上几句。但论坛发帖、回帖都带有随意性，是凭记忆有感而发，想到什么，键盘就敲什么，欠缺严谨性，文字结构也粗糙。本着互相学习、共同提高的宗旨，笔者开通了工控博客，把网友提出的一些技术问题回复或写成文章分析、探讨，这样做的结果收获颇丰。后来，在出版社鼓励、支持、帮助下开始了本书的写作。

本书内容大多取材于笔者在仪表维修工作中，直接或间接遇到的一些技术问题，一些工作的小结，在专业期刊上发表的一些文章，在此基础上结合有关资料，对一些自动化仪表的基本概念、技术问题进行分析 and 探讨，力求实用。本书从现场实际出发，用问答的形式，讲述了自动化仪表及过程控制中的一些技术问题，调试维修重点讲述工作步骤、工作程序、方法及思路，使读者学会举一反三。由于变频器与自控的联系越来越紧密，为此本书介绍了变频器调试及与自控有关的内容。书中对每个问题都给出了物理概念清晰、计算简便的答案。

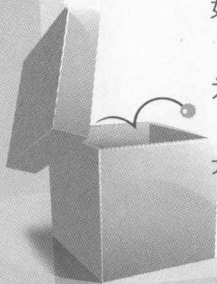
本书可供仪表工在工作中参考使用，亦可供工控技术人员、学校自控仪表专业的师生参考，也可供电工和自动化爱好者使用。

由于笔者仅在自动化仪表维修的局部范围内做过一些工作，所以这本小册子是远远不可能概括仪表维修技术的所有内容。这本小册子如能在读者的工作中起到一点微小的帮助作用，笔者就很欣慰了。

方原柏高工、邹锡年师傅、黄玲、我的妻子杨炳惠及我的家人为本书的编写提供了帮助和支持；在此表示衷心的感谢。

限于笔者的工作实践范围和理论技术水平，书中难免有疏漏或不妥之处，请读者批评指正，笔者不胜感激！

编著者



目录

CONTENTS



仪表工问答

1	第 1 章 温度测量	Page
		1
1.1	怎样选择温度测量仪表?	2
1.2	什么是测温元件的时间常数和滞后?	2
1.3	如何改善测温元件的时间常数和滞后?	3
1.4	用热电势来确定温度时易忽视的问题是什么?	3
1.5	热电偶和热电阻分度号的含义是什么?	4
1.6	热电偶与热电阻有什么异同之处?	4
1.7	现场应用中常涉及的热电偶基本定则有哪几个?	5
1.8	热电偶的热电势与被测温度成什么关系?	5
1.9	热电偶为什么需要进行冷端温度补偿?	6
1.10	热电偶常用的冷端温度补偿方法有哪些?	6
1.11	热电偶的简易焊接方法是怎样的?	7
1.12	一支热电偶能否连接多台显示仪表或板卡?	8
1.13	铠装热电偶有什么特点? 使用中应注意哪些问题?	12
1.14	补偿导线的工作原理是什么?	13
1.15	补偿导线为什么有延长型和补偿型两种? 各有什么优缺点?	14
1.16	热电偶与显示仪表用补偿导线连接, 就已对热电偶进行了冷端补偿, 这说法对吗?	15
1.17	能否用铜导线代替补偿导线?	15
1.18	热电偶与显示仪表的接线是否只能用补偿导线?	16
1.19	补偿导线型号与热电偶分度号不匹配时会有什么影响?	16
1.20	热电偶与补偿导线的极性接反会有什么影响? 如何判断?	17
1.21	补偿导线的极性 or 类型不清楚时有没有简单的判别方法?	18
1.22	什么是热电偶测温导线?	18
1.23	为什么热电阻元件有两线、三线、四线制的引线方式?	19
1.24	测量热电阻电阻值的方法有哪几种?	20
1.25	为什么热电阻与显示仪表的接线普遍采用三线制接线法?	21
1.26	为什么热电阻与显示仪表有两线、三线、四线制的接线法?	21
1.27	有没有快速检查铜热电阻元件准确性的简单方法?	22
1.28	电位法测量热电阻的阻值用三线制时是否还有外接导线的补偿	

问题?	23
1.29 热敏电阻的原理及特性是什么?	24
1.30 怎样判断温度测量系统是否合乎工艺测量的技术要求?	24
1.31 这4℃的差值是什么原因造成的?	26
1.32 如何理解温度计的插入深度问题?	26
1.33 怎样选择红外测温仪表?	27

2 第2章 压力测量

Page

29

2.1 工程上怎么区分压力和力?	30
2.2 压力仪表的测量单位为什么不用牛顿而用帕斯卡?	31
2.3 压力表量程、精度与测量误差成什么关系?	31
2.4 压力表误差的计算是怎样的?	31
2.5 怎样选用压力表?	32
2.6 怎样安装压力表?	33
2.7 在校验、检定压力表时为什么常轻敲表壳?	35
2.8 压力表轻敲位移超差的原因有哪些? 怎样处理?	35
2.9 压力表校验、检定前是否要做耐压试验?	35
2.10 用压力校验器校验压力表时需注意些什么问题?	36
2.11 是什么原因使调校压力表时误差越调越大?	37
2.12 使用精密压力表应注意哪些问题?	37
2.13 数字压力表的结构及工作原理是什么?	38
2.14 数字压力表有些什么优、缺点?	39
2.15 怎样选择数字压力校验仪?	40
2.16 能否对电接点压力表进行简易测试来应急?	40
2.17 电接点压力表在使用中应注意哪些事项?	41
2.18 电接点压力表容易损坏, 有没有改善的方法?	41
2.19 电接点压力表触头常烧坏, 怎样进行改进?	42
2.20 为什么机柜内的压力表玻璃会冲破?	43
2.21 现场使用的压力表常见故障有哪些?	44
2.22 什么是隔膜式压力表?	44
2.23 使用隔膜式压力表时应注意哪些问题?	44
2.24 U形管压力计能否进行精确测量?	45
2.25 怎样用差压变送器测量负压?	45

3 第3章 流量测量

Page

47

3.1 使用流量测量仪表前应了解些什么问题?	48
------------------------------	----

3.2	怎样选择流量测量仪表?	49
3.3	差压式流量计的性能及特点是什么?	50
3.4	什么是流量仪表的永久压力损失?	50
3.5	为什么差压式流量计在其 1/3 量程以下的测量精度很低?	51
3.6	什么是流量测量的小信号切除?	52
3.7	怎样扩大差压式流量计的测量范围?	53
3.8	精度高的差压式流量计在使用现场可得到精度高的测量结果, 真是这样吗?	55
3.9	常用的蒸汽流量仪表有哪几种?	56
3.10	只有了解蒸汽的特性, 才能做好蒸汽流量的测量工作, 真是这样吗?	57
3.11	在蒸汽流量测量中常提到蒸汽的干度和湿度, 其含义是什么?	59
3.12	当蒸汽流量测量使用温度压力补偿时要注意什么问题?	59
3.13	液柱静压力会使压力变送器的测量产生误差, 怎样进行修正?	62
3.14	为什么分流旋翼蒸汽流量计能“测小知大”?	63
3.15	用涡街流量计测量饱和蒸汽流量是否还需要进行密度补偿?	64
3.16	影响涡街流量计测量精度的因素有哪些? 怎样解决?	65
3.17	为什么不能按工艺管径来选择涡街流量计口径?	66
3.18	有脉冲输出信号的流量仪表有哪些?	66
3.19	怎样进行差压式流量计的差压与流量关系的换算?	67
3.20	已知仪表输出电流怎样计算其对应的流量值?	68
3.21	当被测流量的温度、压力与设计采用值不符时, 怎样进行人工修正?	69

第 4 章 4 液位测量

Page

71

4.1	水位计用氧化铝绝缘电极在使用中应注意哪些问题?	72
4.2	差压式液位计用的平衡容器结构及工作原理是什么?	72
4.3	锅炉水位平衡容器气相管应连接变送器的高压室, 还是低压室?	74
4.4	锅炉汽包差压水位计与玻璃水位计示值不一致的原因是什么?	74
4.5	怎样进行锅炉汽包水位变送器的快速排污?	75
4.6	怎样间接测量低温液体的液位?	75
4.7	差压变送器安装位置受限时, 应怎样测量低温液体的液位?	76
4.8	怎样用一只液位继电器进行蓄水池、水塔水位的相关控制?	77

4.9 怎样测量低于地面的储槽、储罐液位?	78
-----------------------------	----

5	第 5 章	Page
	变送器	81

5.1 什么是 4~20mA. DC (1~5V. DC) 信号制?	82
5.2 为什么变送器选择 4~20mA. DC 作传送信号?	83
5.3 什么是变送器的两线制、三线制、四线制?	83
5.4 两线制和四线制仪表在结构上有什么区别?	86
5.5 变送器的四线制能否改为两线制? 两线制能否改为三线制?	87
5.6 为什么 4~20mA. DC 信号还要考虑传送距离?	88
5.7 有人说根本不用考虑 4~20mA. DC 信号的传送距离, 这句话 对不对?	89
5.8 什么是差压变送器的总概率误差?	90
5.9 了解变送器的性能时要注重哪些技术指标?	91
5.10 变送器的零点漂移和零点变化是一回事吗?	92
5.11 压力和差压变送器维修中容易忽视的故障有哪些?	93
5.12 智能压力和差压变送器有些什么优点?	94
5.13 智能压力和差压变送器在日常维修中需要注意哪些问题?	95
5.14 智能变送器的结构及工作原理是什么?	96
5.15 智能变送器的通信方式有几种?	97
5.16 怎样理解智能变送器关于量程的概念?	98
5.17 为什么只用手操通信器对智能变送器零点及量程进行调整不是 真正意义上的校准?	99
5.18 EJA 智能变送器的工作原理是什么?	100
5.19 什么是变送器的零点迁移?	101
5.20 为什么要对变送器进行零点迁移?	101
5.21 变送器的迁移应用得当可提高测量准确度, 这是真的吗?	103
5.22 什么是变送器的最大迁移量?	104
5.23 差压变送器测量液位时, 怎样计算迁移量?	105
5.24 怎样认识变送器的阻尼时间?	108
5.25 三阀组使用中应注意哪些问题?	108
5.26 电容式微差压变送器的工作原理是什么? 怎样使用?	110
5.27 怎样选用湿度变送器?	111

6	第 6 章	Page
	显示仪表	113

6.1 动圈式显示仪表还有用处吗?	114
6.2 显示仪表改刻度的方法是怎样的?	114

6.3	数字显示仪中热电偶断线检出电路的原理是什么?	116
6.4	无控制功能的数字显示仪有必要设置传感器断线检出功能吗? ...	117
6.5	你知道数字显示仪中“位”的含义吗?	118
6.6	万能输入数字显示仪表有什么特点?	118
6.7	数字显示仪是如何实现万能输入的?	119
6.8	有人说智能显示仪表是“一专多能”,这句话有道理吗?	121
6.9	什么是串模干扰和共模干扰?怎样测量干扰电压的大小?	122
6.10	怎样克服和消除串模干扰及共模干扰?	123
6.11	显示仪表应用时干扰是怎样产生的?如何消除干扰?	123
6.12	自动平衡显示仪表L形滤波器的滤波电容作用有多大?	125

7	第7章	Page
	执行器	127

7.1	什么是调节阀的流量特性?	128
7.2	怎样选择调节阀的流量特性?	129
7.3	调节阀的流向会影响使用性能吗?	130
7.4	怎样选择调节阀的流向?	130
7.5	改变调节阀的流向与调节阀正装、反装是不是一回事?	131
7.6	什么是调节阀的允许压差?	132
7.7	什么是正、反作用式薄膜执行机构?	133
7.8	什么是气开式、气关式执行器?	134
7.9	气动执行机构与调节阀配用时,怎样确定其正、反作用?	134
7.10	什么是智能型电动执行器?	135
7.11	智能型电动执行器有些什么特点和优越性?	136
7.12	智能型变频电动执行器的原理结构、特点及用途是什么?	137
7.13	电动执行器的振荡原因有哪些?怎样消除?	139
7.14	怎样进行执行器的维修保养工作?	140
7.15	有手轮机构的执行器是否可以不用安装旁通阀门?	141
7.16	电气转换器与电气阀门定位器在使用上有什么区别?	141
7.17	选择使用电磁阀应注意哪些问题?	142
7.18	如何进行电磁阀的安装和维修?	144

8	第8章	Page
	过程控制	145

8.1	为什么反馈原理是PID控制的形成原则?	146
8.2	闭环控制系统一定是PID控制吗?	147
8.3	PID控制中各参数的作用是什么?	147
8.4	比例增益、比例度、比例带是不是一回事?	149

8.5	怎样理解 PID 控制中的积分作用?	151
8.6	积分时间、积分增益、积分速度有没有区别?	152
8.7	怎样认识滞后与微分作用的关系?	153
8.8	使用 PID 控制器时应注意什么?	154
8.9	怎样选择控制器的正反作用?	155
8.10	如何确定控制系统的总精度?	156
8.11	控制系统的控制精度与变送器量程的选择有没有关系?	157
8.12	控制系统越先进、结构越复杂、精度越高其控制效果是否越好?	158
8.13	怎样通过口诀来认识串级控制系统?	159
8.14	如何从口诀认识串级控制系统的特点及应用?	161
8.15	怎样用口诀进行串级控制系统控制器参数的整定?	162
8.16	怎样通过口诀来认识选择性控制系统?	163
8.17	怎样防止选择性控制系统的积分饱和?	164
8.18	怎样正确认识锅炉三冲量给水控制系统的作用?	164
8.19	怎样运用口诀来进行多冲量控制系统控制器的参数整定?	166
8.20	怎样通过口诀来认识比值控制系统的比值系数计算方法?	167
8.21	什么是位式控制?	168
8.22	怎样理解位式控制的基本控制规律?	168
8.23	怎样才能避免加热炉位式控制的超温现象?	169
8.24	怎样改进位式控制系统的控制质量?	170
8.25	什么是时间比例控制?	170
8.26	什么是数字(离散)PID 控制?	171
8.27	什么是变参数的 PID 控制系统?	172
8.28	什么是数字(离散)系统的采样、控制周期? 怎样进行选择?	173
8.29	怎样进行数字(离散)PID 控制的参数整定?	174
8.30	怎样进行控制回路的投运工作?	175
8.31	怎样运用经验法口诀来整定控制器参数?	175
8.32	什么是临界比例度整定法?	176
8.33	怎样结合温度对象的特点来进行 PID 参数的整定?	177
8.34	什么是 PID 控制系统的质量指标?	179
8.35	为什么要对监控系统的数据进行备份?	180
8.36	监控系统的基础备份是指什么? 怎样进行备份?	181
8.37	监控系统的软件备份是指什么? 怎样进行备份?	182
8.38	监控系统的数据能否进行远程备份?	184
8.39	什么是被控对象的时间常数? 怎样测定?	184

9.1	查找仪表故障常用的方法有哪些？	188
9.2	在现场怎样简易确定仪表的量程？	188
9.3	怎样提高在生产现场排除仪表故障的能力？	189
9.4	在现场查找仪表故障时应遵守的原则是什么？	191
9.5	在实验室检修仪表时应采取怎样的方法及步骤？	193
9.6	为什么修理好的仪表要进行运行考验？	194
9.7	替换和更换电子元器件时应注意些什么？	195
9.8	使用和维修集成电路时应注意哪些事项？	196
9.9	怎样在仪表维修中充分发挥数字万用表的作用？	196
9.10	怎样进行压力变送器的现场应急调校？	197
9.11	怎样进行差压式液位计的模拟校验？	198
9.12	怎样用智能差压变送器来调校微压仪表？	199
9.13	怎样进行差压变送器的现场校准？	200
9.14	差压变送器进行现场校准时应注意什么问题？	202
9.15	现场校准法与实验室校准法相比，其校准结果如何？	202
9.16	模拟和智能差压变送器的校准有什么差别？	204
9.17	温度变送器调校时的误差来源有哪些？	204
9.18	什么是调节器（控制器）的闭环校验法？	206
9.19	怎样进行调节器（控制器）的闭环校验？	207
9.20	怎样校验可编程调节器（控制器）？	211

10.1	常规继电器在生产中还有用武之地吗？	216
10.2	怎样对继电器进行选型？	217
10.3	怎样认识和理解继电器的触点？	217
10.4	电源开关或继电器触点在断开时为什么会产生火花？	218
10.5	怎样消除继电器触点动作时产生的火花？	220
10.6	怎样正确选择继电器的报警动作状态？	221
10.7	怎样增大继电器触点带负载的能力？	221
10.8	当继电器返回系数不合要求时怎么办？	221
10.9	继电器触点吸合、释放时间不符合要求时，怎样改善？	222
10.10	如何提高继电器的可靠性？	223
10.11	为什么要在晶体管控制的继电器绕组两端反向并联二极管？	225

10.12	继电器的常见故障有哪些? 怎样检修?	225
10.13	常规继电器还在发展吗?	226
10.14	隔离变压器次级绕组对地有电压, 电笔测试会亮, 这个电压会使 人触电吗?	226
10.15	管形玻璃熔丝的熔断与哪些因素有关?	227
10.16	怎样进行管形玻璃熔丝的应急修复?	228
10.17	什么是自复保险丝? 怎样使用?	228
10.18	为什么恒流源负载两端不怕短路只怕开路?	231
10.19	怎样选择稳流电源的元器件?	231
10.20	怎样测试稳流电源的性能?	233
10.21	为什么有时用手触及工控机箱会有触电的感觉?	235
10.22	为什么有时用电烙铁焊了下电路板, 电子元件就损坏了?	236
10.23	为什么屏蔽线只能采取一端接地?	236
10.24	为什么少接了一根短接线, 就会出现大问题?	237
10.25	什么是双绞线? 它的使用场合及注意事项有哪些?	238
10.26	齐纳式和隔离式安全栅的性能和特点有什么异同?	239
10.27	怎样用万用表检查判断二极管的好坏及极性?	240
10.28	怎样用万用表检查判断三极管的好坏及极性?	241
10.29	怎样用万用表检查判断可控硅的好坏及极性?	242

11 第 11 章 变频器应用

Page

243

11.1	为什么说变频器与自控的关系越来越紧密?	244
11.2	变频器能代替调节阀使用吗?	244
11.3	变频器的频率给定有哪几种方式?	245
11.4	什么是变频器的频率给定线?	245
11.5	什么是变频器的电压频率特性?	246
11.6	变频器应用中与频率有关参数的含义是什么?	246
11.7	怎样理解变频器的 U/f 曲线?	247
11.8	变频器的所有功能参数都要进行设定才能正常运行, 是 这样吗?	249
11.9	怎样理解和调试变频器的“偏置频率”和“频率增益” 参数?	249
11.10	怎样理解和调试变频器的“频率限制”功能?	250
11.11	怎样理解和调试变频器的“转矩提升”功能?	251
11.12	怎样理解和调试变频器的“转矩限制”功能?	252
11.13	怎样理解和调试变频器的“加、减速时间”功能?	253
11.14	怎样理解和调试变频器的“加、减速模式选择”?	254

11.15	怎样理解和调试变频器的“电子热过载保护”功能？	254
11.16	怎样理解和调试变频器的“转矩矢量控制”和“节能控制” 功能？	255
11.17	怎样用电位器进行频率给定？	256
11.18	怎样用电流信号进行频率给定？	257
11.19	频率给定信号异常时会有什么影响？怎么处理？	258
11.20	什么是变频器的外接输入控制端子？	259
11.21	怎样使用变频器的输入控制端子？	260
11.22	变频器有些什么输出控制端子？	261
11.23	怎样使用变频器的输出控制端子？	261
11.24	变频器控制端子的应用实例是怎样的？	262
11.25	怎样进行变频器的投运、调试工作？	265
11.26	变频器参数设定及调试的关键问题是什么？	266
11.27	怎样理解变频器内置 PID 控制参数的含义？	267
11.28	怎样理解变频器内置 PID 控制的逻辑关系？	269
11.29	怎样理解变频器内置 PID 控制的比例增益？	270
11.30	举个用变频器内置 PID 控制恒压供水的例子？	270
11.31	变频器内置 PID 控制投运前要注意哪些事项？	272
11.32	怎样进行变频器 PID 参数的整定工作？	274
11.33	变频器与自控系统配合使用时，应注意什么问题？	275
11.34	变频器驱动的电动机经常处于低速运行时，应注意哪些 问题？	276
11.35	变频器对仪表控制系统的干扰是怎样产生的？如何判断和克服 干扰？	277
11.36	为什么变频器的输入电流会比输出电流小？	277
11.37	锅炉给水采用变频器时应采取的安全冗余措施有哪些？	278
11.38	水位、水泵的控制方式与节能有关系吗？	280
11.39	是否只要使用变频器就可以节能？	283
11.40	变频器能代替变频电源使用吗？	284
参考文献		285

Chapter 1

第



1

章

温度测量



仪表工问答

1.1 怎样选择温度测量仪表?

温度仪表的选择应根据工艺的要求来选择。在选用前要深入了解工艺过程,如被测对象的温度变化范围、变化快慢;被测对象的物理和化学性质,安装地点的环境条件如何;温度参数是就地显示还是需要远传等。

温度仪表的选择原则大致是,测量温度在 500℃ 以下的现场仪表,精度要求较高时,可选择液体温度计;要求就地集中时,可选择压力式温度计;一般场所选择双金属温度计。需要远传和控制时,应选择热电阻和热电偶,测量温度在 -200~+650℃ 时,可选择热电阻;测量温度在 0~+1600℃ 时,应选择热电偶。非接触测量时可选择红外、光学温度仪表。

温度仪表的精度要按工艺生产所允许的最大测量误差来确定。如某被测温度为 120℃,工艺要求测量准确度为 1.5%,现将工艺允许的测量误差计算如下:

$$\Delta = t \times 1.5\% = 120 \times 1.5\% = 1.8^\circ\text{C}$$

如果选择 1.0 级, 0~150℃ 量程的仪表,则其最大允许误差为

$$\Delta = t \times 1.0\% = 150 \times 1.0\% = 1.5^\circ\text{C}$$

从计算知,该仪表允许的误差为 1.5℃,可以满足工艺的测量要求。

温度测量准确度不仅与仪表的精度有关,还与仪表的量程有关。在准确度相同的情况下,量程不同的仪表其绝对误差也是不同的。如要测量 120℃ 的温度,选择精度均为 1.0 级,但量程不同的两支温度仪表,一支量程为 0~150℃,另一支量程为 0~400℃ 来进行测量,那它们可能产生的最大误差将分别是 1.5℃ 和 4.0℃,看来选择量程 0~150℃ 的仪表更合理。所以在选择仪表量程时,对于同样精度的仪表应尽量选择测量上限与被测温度相近的量程。但也要考虑到仪表的安全,所以通常使用的测温范围一般为满量程的 30%~90% 较妥。温度仪表的类型、生产厂家不要选太多,以便于安装、使用、维修、互换。

对于现在普遍使用的数字、智能显示温度仪表,由于可在现场设定相关的参数,所以具有很大的灵活性,故可以不受上述要求的限制。

1.2 什么是测温元件的时间常数和滞后?

实践证明热电偶、热电阻、双金属温度计当被测温度突然变化时,其输出会延迟一段时间,这段延迟时间 $\Delta\tau$ 一般叫做纯滞后或纯时延。在延迟 $\Delta\tau$ 后,会以近似于指数曲线的规律变化如图 1-1 所示,如忽略 $\Delta\tau$,并以介质温度变化作计时起点,则上述曲线符合 $T = \Delta T(1 - e^{-t/\tau})$

式中, T 为温度; ΔT 为温度变化; t 为时间; τ 为时间常数。时间常数就是反应曲线起点的切线与平衡温度交点 A 所对应的时间,也就是输出变化 63.2% ΔT 所需要的时间。

正确认识和对待测温元件的时间常数和滞后,是一个很重要的问题。其关系到能否正确测量温度,及时反映被测温度的变化。其对温度控制系统的稳定性及

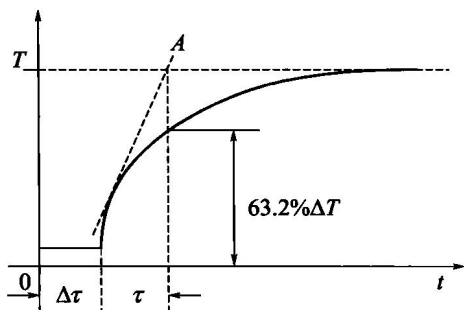


图 1-1 温度变化曲线

控制质量好坏，具有举足轻重的作用，所以是一个不容忽视的问题。

1.3 如何改善测温元件的时间常数和滞后？

测温元件的时间常数和滞后的大小，取决于元件的热容量和热阻。因为测温元件升温需要吸收一定的热量，其变化 1°C 需要的热量就是元件的热容量，热容量越小越好。测温元件传热又需要克服热阻，这和元件的结构、大小都有直接的关系。金属是热的良导体，热阻的大小常受元件的气隙、绝缘物、保护套管的影响。

测温元件的时间常数和滞后较大，通常可达几十秒至几分钟，因此对测量和控制温度的影响是很大的，尤其对温度控制系统的稳定性有很大的影响。所以在现场应用中，除应选择时间常数和滞后较小的测温元件外，还应注意测温元件的安装方式。即安装时要有一定的插入深度，尤其是热电阻，插入深度不够往往会造成较大的误差。再就是工艺管道较细时，一定要局部加粗管道，或者尽量把测温元件安装在管道的弯头上，要使测温元件对着流体的流动方向。测量气液相介质的温度时，最好测量液相温度，因为液相温度的动态特性及稳定性优于气相温度。必要时还可采取在保护管与热元件间充填金属屑，对于热电偶还可采用露端式或接壳式的测温方式。

1.4 用热电势来确定温度时易忽视的问题是什么？

在现场维修中，操作工对测量的工艺温度有疑问时，如使用热电偶时，仪表工通常是用直流电位差计或其他标准表，先测量热电偶的热电势 U_x ，查热电偶分度表，得到热电势所对应的温度 T_x ，然后再加上热电偶参比端的温度 T_n ，如果是用补偿导线接至仪表就加上室温 T_0 ，则 $T = T_x + T_0$ ，得到热电偶的实际温度 T ，与仪表显示值作一比较，然后告诉操作工实情，这可能是最流行的做法。

这样的做法却忽视了一个问题，即热电偶分度表是在参比端温度为 0°C 的情况下制订的，首先在生产现场 T_0 是很难做到保持 0°C 的，其次热电势与温度之间具有非线性。由于以上原因，用上述方法来确定温度的正确性是有问题的，其

必然会存在一定的误差。

正确的做法应该是采用两次查表法。即：首先测量热电偶的热电势 U_X ，然后根据参比端或室温的温度查热电偶分度表，得到该温度所对应的热电势 U_0 ，然后把 U_X 和 U_0 相加，得到总的热电势，再查热电偶分度表就得到被测的真正温度了。

那这两种方法的差别有多大呢？从以下的例子来看看就明白了。

假设有一支 S 分度的铂铑-铂热电偶，所测得的热电偶的输出热电势 U_X 为 12.94mV，查热电偶分度表得 $T_X = 1281.9^\circ\text{C}$ ，室温 $T_0 = 28^\circ\text{C}$ 。

用第一种方法：则 $T_1 = T_X + T_0 = 1281.9 + 28 = 1309.9 \approx 1310^\circ\text{C}$

用第二种方法：室温 28°C 经查表得 $U_0 = 0.161\text{mV}$ ，则 $U_T = U_X + U_0 = 12.94 + 0.161 = 13.101\text{mV}$ ，经查热电偶分度表得 $T_2 = 1295.2^\circ\text{C}$ 。

显然 T_1 比 T_2 偏高了 14.8°C 。由于第二种方法是从热电偶的工作原理出发，并完全依据热电偶分度表的制表规则来确定温度的，所以是正确的方法。

1.5 热电偶和热电阻分度号的含义是什么？

对标准化热电偶才有热电偶分度号，所以热电偶类型的字母标志也称分度号，也是热电偶分度表的代号。而热电偶的分度表是指热电偶的参比端为 0°C 的条件下，以列表的形式表示热电动势与测量温度的关系，分度号相同的热电偶可以共用同一个分度表。所以热电偶与显示仪表及板卡配套使用时，也必须注意两者的分度号是否一致。

热电阻的分度表，是指用表格的形式表示热电阻的分度特性，也就是电阻-温度对照表。而分度表的代号简称分度号。分度号相同的热电阻应符合相应的分度表的规定。所以热电阻与显示仪表及板卡配套使用时，也必须注意两者的分度号是否一致。

1.6 热电偶与热电阻有什么异同之处？

相同之处：都属于温度测量仪表的传感元件；并且都是把温度量转换为电量进行检测；所以对温度信号的放大、变换方便；适于远距离对温度进行检测和控制；精度较高、温度测量范围较宽，且性能稳定。都具有非线性特性。

不同之处：热电偶是由两种成分不同的金属线焊接组成的。其输出的是热电势 (mV) 信号。热电偶结构简单，制造容易；惰性小；可适应众多测量对象的要求，如点温、表面温度的测量。热电偶可供选择的产品较多，其测温范围可达 $-271 \sim 2800^\circ\text{C}$ 。其测温时要求参比端的温度保持恒定；与显示仪表、板卡的接线要用与热电偶热电特性相同的补偿导线，需要进行参比端温度的补偿工作。受高温和有害介质的影响其测量端容易老化或变质。

热电阻是由金属丝绕制而成。其输出的是电阻信号 (Ω)，但也可将该信号转换为电流信号，与热电偶相比其输出信号大；热电阻结构复杂，尺寸较大，热