

工业自动化仪表丛书

---

# 工业仪表防护

裘履正编



机械工业出版社

本书为《工业自动化仪表丛书》之一。

《工业仪表防护》一书以通俗的语言讲述了工业仪表遭受侵蚀的原理，介绍了工业仪表防湿热、防霉菌、防盐雾、防工业腐蚀性大气、防工作介质腐蚀和防爆的基础知识。并对经常用到的防护材料的性能以及防护层工艺的施工方法作了概略的介绍。书中所编入的防护层工艺方案，只是一些典型的例子，为了使同志们掌握如何选择最优方案，特地介绍了优选法的应用实例。

本书可供从事工业自动化仪表工作的工人、技术人员和管理人员学习防护技术之用，也可供有关学校师生参考。

## 工业仪表防护

裘履正 编

\*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 787×1092  $1/32$ ·印张 6  $5/16$ ·字数 135 千字

1975 年 12 月北京第一版·1976 年 3 月北京第二次印刷

印数 10,001—45,000·定价 0.45 元

\*

统一书号：15033·4317

## 毛主席语录

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业，干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

## 前 言

工业自动化仪表是实现工业生产过程自动化的一种重要装置。通过工业自动化仪表来了解生产过程中的物质变化状态，并将生产过程控制在预定的条件之下，确保生产的优质、高效和安全。

随着我国社会主义建设的飞速发展，工业自动化仪表已日益广泛地应用于冶金、电力、化工、石油、轻纺、机械等工业部门，其发展前途是十分广阔的。

在党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的鼓舞下，特别是经过无产阶级文化大革命，我国仪表制造工业正在飞跃发展。为了适应工业自动化仪表迅速发展的需要，进一步做好技术交流与推广工作，我们组织编写了这套《工业自动化仪表丛书》。

本丛书预定为二十册，分别为：《工业自动化仪表》、《温度测量仪表》、《压力测量仪表》、《流量测量仪表》、《物位测量仪表》、《机械量测量仪表》、《核辐射测量仪表》、《自动平衡显示仪表》、《动圈指示调节仪表》、《自动调节仪表》、《电动单元组合仪表》、《气动单元组合仪表》、《射流技术及其应用》、《工业控制计算机》、《电动执行器》、《气动执行器》、《工业程序控制装置》、《工业仪表防护》、《工业仪表应用》和《工业仪表维修》等。将陆续分册出版。

本丛书力求以深入浅出、通俗易懂的文字，辅以图表的形式，简要介绍各类工业自动化仪表的结构原理、性能特点、安装使用以及维修等知识，供同志们参考。但由于我们政治

32626

思想水平不高，业务水平有限，因而书中一定存在不少缺点，甚至错误，欢迎同志们批评指正。

本书在编写过程中，曾得到有关工厂、大专院校、科研单位的大力支持，在此谨致谢意。

《工业自动化仪表丛书》编写组

# 目 录

第一章 绪论	1
一、仪表防护的重要意义	1
二、仪表防护技术发展概况	2
第二章 仪表侵蚀	4
一、什么是仪表侵蚀	4
二、金属的腐蚀	4
1. 金属的电极电位	4
2. 金属的腐蚀	6
三、非金属的侵蚀	10
1. 高分子化合物材料的侵蚀	10
2. 硅酸盐材料的侵蚀	13
四、温度的影响	14
1. 温度对材料性能的影响	15
2. 温度对介质侵蚀性的影响	17
五、水的作用	18
六、霉菌的侵袭	21
七、大气的腐蚀	23
八、工作介质的腐蚀	25
九、高压调节阀中的空蚀	28
第三章 仪表防护	31
一、仪表防护的一般原则	32
二、各类防护材料及防护层的性能比较与选择	33
1. 各类防护材料及防护层的性能比较	33
2. 各类防护材料及防护层的合理配置	37
3. 怎样选择防护材料和防护层	39
三、合理的结构设计	40

四、接触工作介质的零部件防护 .....	42
1. 常用的防护材料和防护层 .....	42
2. 几种主要腐蚀性介质的防护 .....	43
五、隔离器的应用 .....	46
六、高压调节阀中空蚀的防止 .....	53
七、不接触工作介质的仪表及其零部件防护 .....	54
1. 常用的防护措施 .....	54
2. 防湿热 .....	55
3. 防霉菌 .....	56
4. 防工业腐蚀性大气 .....	57
八、仪表防护举例 .....	59
1. 流量仪表 .....	59
2. 液位仪表 .....	61
3. 温度仪表 .....	64
4. 压力仪表 .....	64
5. 调节阀 .....	64
九、仪表制造使用中的防护 .....	66
1. 管理中的防护 .....	67
2. 配装中的防护 .....	68
3. 贮存中的防护 .....	70
4. 安装使用中的防护 .....	72
第四章 防护材料 .....	74
一、铁和钢 .....	74
1. 铸铁和铸钢 .....	74
2. 结构钢和弹簧钢 .....	77
3. 不锈钢和耐热钢 .....	78
二、有色金属 .....	82
1. 铜和铜合金 .....	82
2. 铝和铝合金 .....	86

3. 钛和钛合金 .....	88
4. 镍和镍合金 .....	89
5. 铅和硬铅 .....	90
三、硬质合金 .....	91
四、塑料 .....	92
1. 聚乙烯 .....	95
2. 聚氯乙烯 .....	96
3. 聚苯乙烯 .....	96
4. 苯乙烯-丁二烯-丙烯腈三元共聚物(ABS) .....	97
5. 聚丙烯 .....	97
6. 聚酰胺(尼龙) .....	98
7. 氯化聚醚 .....	98
8. 氟塑料 .....	99
9. 聚苯硫醚 .....	101
10. 增强塑料 .....	102
五、橡胶 .....	104
1. 天然橡胶 .....	105
2. 丁苯橡胶 .....	106
3. 丁腈橡胶 .....	107
4. 氯丁橡胶 .....	107
5. 丁基橡胶 .....	108
6. 聚异丁烯橡胶 .....	109
7. 氟橡胶 .....	109
8. 硅橡胶 .....	110
六、涂料 .....	110
七、石墨和不透性石墨 .....	115
八、硅酸盐材料 .....	119
1. 玻璃 .....	119
2. 陶瓷 .....	122
九、绝缘材料 .....	126



第五章 防护层工艺 .....	130
一、喷涂 .....	130
1. 喷涂的特点和方法 .....	130
2. 低压聚乙烯热熔涂敷 .....	136
二、衬里 .....	138
1. 塑料衬里 .....	139
2. 橡胶衬里 .....	140
3. 玻璃衬里 .....	143
4. 搪瓷衬里 .....	143
三、电镀和化学镀 .....	148
1. 电镀 .....	148
2. 化学镀 .....	153
四、氧化、磷化和钝化处理 .....	154
1. 钢铁的发蓝处理 .....	154
2. 钢铁的磷化处理 .....	155
3. 铝和铝合金的氧化处理 .....	156
4. 铜和铜合金的钝化处理 .....	159
五、表面合金化 .....	160
1. 什么是表面合金化 .....	160
2. 真空密封法工艺 .....	161
六、选择最优工艺方案的数学方法——优选法 .....	166
1. 0.618法 .....	166
2. 分数法 .....	168
3. 双因素问题的优选法 .....	170
4. 应注意的问题 .....	171
第六章 仪表防爆 .....	172
一、防爆的一般概念 .....	172
1. 什么叫防爆 .....	172
2. 危险场所的规定 .....	172

3. 爆炸危险物质的分级和分组 .....	173
4. 爆炸界限和引燃温度 .....	175
5. 电气设备的防爆结构及标志 .....	176
二、仪表的防爆 .....	179
三、防爆安全火花型仪表及其系统 .....	182
1. 概述 .....	182
2. 基本原理 .....	184
3. 防爆安全火花型仪表及其系统的设计原则 .....	189

# 第一章 绪 论

## 一、仪表防护的重要意义

随着我国国民经济建设的迅猛发展，工业自动化仪表在许多工业部门中已获得了广泛的应用。在一些工业生产中，通过工业自动化仪表系统来了解生产过程中的变化，并将生产过程控制在预定的条件之下，确保着生产的优质、高效和安全。然而，有时候工业自动化仪表系统也会和人一样，在缺乏抵御“细菌”侵袭的情况下发生“疾病”。这里所说的“细菌”指的是水份、霉菌、工业大气、工作介质以及光和热等侵蚀性的物质。这些侵蚀性物质使组成工业自动化系统的仪表遭受损坏。仪表的损坏，就必然给生产过程带来许多危害。图 1-1 是被工业大气腐蚀的玻璃转子流量计。

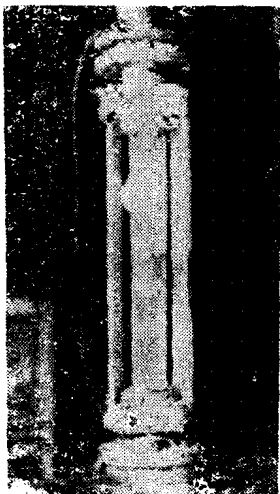


图1-1 被工业大气腐蚀的玻璃转子流量计

首先，仪表侵蚀会使自动化生产过程无法正常进行。如果是检测仪表遭受了侵蚀，则不能正确地反映生产过程中各种参数的真实情况。如果是执行器遭受了腐蚀，就会当需要开启或关闭阀门时，象瘫痪了的“手脚”一样无法动作。

其次，先进的工艺流程，常需要完美的仪表系统与之配套。如果工艺流程存在着一些强腐蚀性工作介质会使仪表

遭受侵蚀时，便阻碍了先进工艺流程的实现，从而也就阻碍了工业自动化生产水平的提高。

第三，仪表遭受侵蚀会缩短使用寿命。举例来说，测量五氯化铋介质压力时，若采用普通压力表，则一般使用寿命只有一个星期左右，每年要更换五十多只压力表才能维持正常生产，这就势必给仪表的生产和维修造成很大的压力。

第四，仪表的侵蚀可能导致生产事故的发生。如在防爆现场中，当仪表失去防爆能力或者安装着不具备防爆性能的仪表时，会发生爆炸；液位调节失灵时，会引起介质外溢；调节阀密封失效时，会造成毒害物质渗漏；等等。这一些都直接关系到现场操作人员的人身安全。

由此可见，搞好仪表防护工作，将有利于生产的正常进行，有利于新工艺流程的采用，有利于工业自动化生产水平的提高，可以避免生产事故的发生，可以扩大仪表的使用范围，可以延长仪表使用寿命，这就相当于仪表产品产量的增加。所以，搞不搞仪表防护工作，不仅是生产技术问题，而首先是路线问题，是能不能怀着强烈的无产阶级感情，急生产所急，急工人所急，多快好省地建设社会主义，赶超世界先进水平的重要问题。

## 二、仪表防护技术发展概况

仪表防护所涉及的范围是很广的。仪表的防护类型亦很多，但主要有能适应热带气候（湿热或干热）条件下使用，具有防潮、防霉、防盐雾（简称为“三防”）性能的热带型仪表，能抵御工业大气及工作介质侵蚀的防腐型仪表和能在爆炸危险场所使用的防爆仪表等。与这些防护型仪表有关的一些技术，就是本书所要讨论的内容。

解放前，我国仪表工业几乎是个空白。解放后，在伟大领袖毛主席和党的英明领导下，仪表工业飞速发展，与此相适应的仪表防护技术也获得很大的提高。

特别是“三防”技术，自一九五八年大跃进以来，进展极快。在结构设计、材料选用、防护工艺等方面，进行了大量的工作；在全国各地建起了不同规模的“三防”试验基地，试制和生产了许多品种规格的热带型工业仪表产品。

仪表防腐工作开展得较晚，在无产阶级文化大革命和批林批孔运动的推动下得到了进一步的巩固和发展。许多仪表厂和研究、设计单位积极开展仪表防腐的研究工作，打破国外常采用镍基合金和稀贵金属解决防腐问题的洋框框，坚持毛主席的“独立自主、自力更生”的伟大方针，根据我国的资源特点，试制出了耐强腐蚀性介质的具有塑料、橡胶、陶瓷、玻璃衬里的防腐型流量计和防腐型气动调节阀等。近几年来，为了解决接触腐蚀性介质的精密合金元件的防腐问题，一些工厂和研究单位大力协作，试制出了耐蚀精密合金。

仪表的防爆工作，也在无产阶级文化大革命中建立和发展起来，试制成功并投产了许多品种规格的防爆仪表，并且，新型防爆仪表的品种、规格还在不断增加。

各种防护型仪表的不断涌现，仪表防护技术的迅速发展，使工业自动化仪表产品的质量有了很大的提高，为满足社会主义经济建设的需要，为援外出口作出了应有的贡献。战斗在仪表工业战线上的广大工人和革命技术人员，决心在毛主席无产阶级革命路线指引下，巩固和发展无产阶级文化大革命的胜利成果，进一步促进仪表防护工作的开展，为提高我国工业自动化生产水平，为仪表工业赶超世界先进水平而努力奋斗。

## 第二章 仪表侵蚀

### 一、什么是仪表侵蚀

大家知道，一台仪表不外乎由金属与非金属两种材料所构成。为此，我们研究仪表及其零部件的侵蚀过程，实际上主要是研究金属与非金属材料的侵蚀过程，所不同的是仪表有区别于其它产品的特殊的结构形式和使用场合，所以，又存在着仪表侵蚀的某些特殊问题。

什么是材料（金属与非金属）的侵蚀呢？例如涡轮流量计中飞转的叶轮磨损了轴承，这是受力情况下的机械损坏；塑料密封圈浸泡在溶剂中变形胀大，这是溶剂对塑料的物理溶胀；金属零部件被介质腐蚀、橡胶衬里层经长期使用变脆开裂，这是介质对材料的化学腐蚀；长了霉的绝缘材料介电性能下降，这是霉菌对绝缘材料的微生物侵袭。这些金属与非金属材料在机械、物理、化学以及微生物作用下所引起性能破坏的现象，通称为材料的侵蚀。

### 二、金属的腐蚀

金属的侵蚀作用也可以是机械的、物理的、化学的或者微生物的作用。但其中以金属的化学或电化学作用为最重要，所以，在这里将着重进行讨论。

#### 1. 金属的电极电位

各种元素的原子均是由原子核和运动在原子核四周空间的电子所构成。若原子失去本身的电子，便形成了正离子。

若原子得到多余的电子，便形成了负离子。一块金属，就是由金属的正离子和自由电子相互结合而成的。其中，金属的正离子处在以一定规律排列着的结点上，进行着热振动；而自由电子是由金属原子上游离出来，并不受某个正离子的束缚，成为公有的电子，在正离子之间自由地运动着。正由于金属中存在着自由电子，使得金属具有优良的导电和导热性能。

将一块金属放入该金属的盐溶液中，如锌片放入硫酸锌的溶液中，金属的正离子则有着进入溶液的倾向，金属愈活泼，这种倾向就愈大。此外，处在溶液里的金属正离子则有从溶液中沉积到金属表面上的倾向，溶液愈浓，这种倾向也愈大。最终，这两种相反的过程达到了动态平衡。若进入溶液的金属正离子比从溶液中沉积到金属表面上的多，便使金属本身带上负电，溶液带上正电。这样，由于正、负电荷相互吸引，使金属表面与靠近金属的溶液之间形成了双电层，如图 2-1 a) 所示。同样，若从溶液中沉积到金属表面上的正

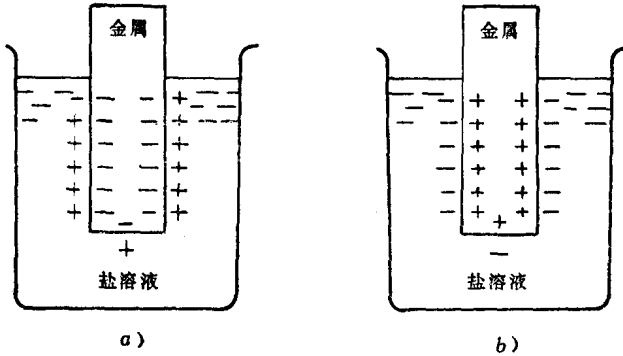


图2-1 金属及其盐溶液的双电层

离子比进入溶液的多，便使金属本身带上正电，溶液带上负电，它们也会在金属表面与靠近金属的溶液之间形成双电层，如图 2-2 b) 所示。这样的双电层造成了电位突变，即造成了电位差。产生在金属和它的盐溶液之间的电位差，就叫做金属的电极电位。

各种金属的电极电位，尚不能测得它们的绝对值，只能测得相对的大小。目前，采用标准氢电极作为标准，取值为零，其它金属的电极电位就和标准氢电极相比较而得。所谓标准电极电位值，就是把某金属放入该金属的盐溶液中，取溶液中该金属正离子的浓度为 1 克离子/升，由此测得的该金属与标准氢电极之间的电位差，就作为该金属的标准电极电位值。当某金属的标准电极电位低于氢电极时，取为负数；高于氢电极时，取为正数。

由上所述，金属的电极电位反映了金属的化学稳定性。电极电位愈负，表示金属的正离子愈容易进入溶液，金属就愈活泼；电极电位愈正，表示金属的正离子不易进入溶液，金属就愈不活泼。

一些金属的标准电极电位参见表 1。若将各种金属的标准电极电位，按数值的大小顺序排列起来，便称作金属的电动序。在研究金属腐蚀和防护的过程中，金属的标准电极电位值和金属的电动序都是十分有用的。

## 2. 金属的腐蚀

金属的腐蚀，可分为化学腐蚀与电化学腐蚀两类。

化学腐蚀是气体或者液体介质与金属表面发生化学作用，产生化合物，从而使金属表面遭受破坏的过程。例如，热电偶的钢保护管，在高温下被氧化，产生氧化皮的过程。

金属材料在高温下遭受氧气、水蒸汽、二氧化碳等腐蚀



表 1 金属的标准电极电位

金属	离子	标准电极电位 (伏特)	金属	离子	标准电极电位 (伏特)
K	K <sup>+</sup>	-2.92	Co	Co <sup>++</sup>	-0.277
Ca	Ca <sup>++</sup>	-2.87	Ni	Ni <sup>++</sup>	-0.250
Na	Na <sup>+</sup>	-2.71	Sn	Sn <sup>++</sup>	-0.136
Mg	Mg <sup>++</sup>	-2.34	Pb	Pb <sup>++</sup>	-0.126
Ti	Ti <sup>++</sup>	-1.75	Fe	Fe <sup>+++</sup>	-0.036
Be	Be <sup>++</sup>	-1.70	H	H <sup>+</sup>	0.00
Al	Al <sup>+++</sup>	-1.67	Cu	Cu <sup>++</sup>	+0.345
Mn	Mn <sup>++</sup>	-1.05	Cu	Cu <sup>+</sup>	+0.522
Zn	Zn <sup>++</sup>	-0.762	Ag	Ag <sup>+</sup>	+0.799
Cr	Cr <sup>+++</sup>	-0.71	Pt	Pt <sup>++</sup>	+1.2
Fe	Fe <sup>++</sup>	-0.44	Au	Au <sup>+++</sup>	+1.42

性介质腐蚀的过程称作高温氧化过程。而具有抵抗高温氧化气氛腐蚀作用的能力称作抗氧化性。一般来说，温度越高，金属材料表面的分子活动能力就越强，越容易与氧化性介质发生作用，因此，氧化腐蚀加快。

电化学腐蚀是指在腐蚀过程中，伴随有电流产生。为了说明电化学腐蚀的原理，首先让我们观察一个实验：取一块锌板和一块铜板，将它们浸入稀硫酸溶液中，然后用导线把锌板和铜板连接起来，这时候，便可观察到锌板与硫酸溶液发生了化学反应，锌逐渐地以正离子状态进入溶液，锌板失去了正离子，便使自由电子变成过剩，过剩的电子通过导线流向铜板，而流入铜板的电子，又被其附近溶液的氢离子所获取，再以氢气状态释放出来。把锌板和铜板上的化学反应写成反应式：

