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。

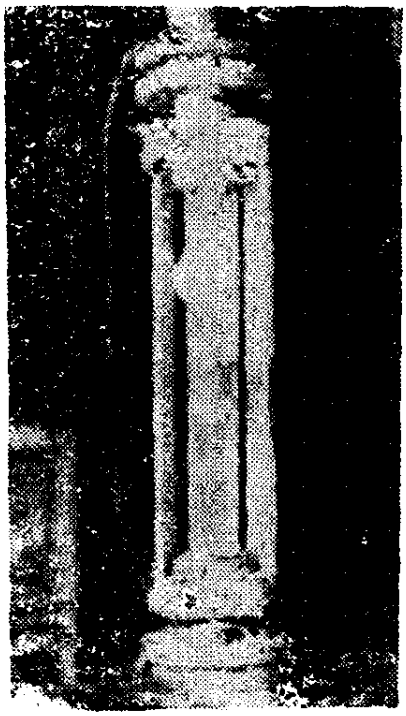


图1-1 被工业大气腐蚀的玻璃转子流量计

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的工作介质会使仪表

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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，测量五氯化锑介质压力时，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备斗。

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

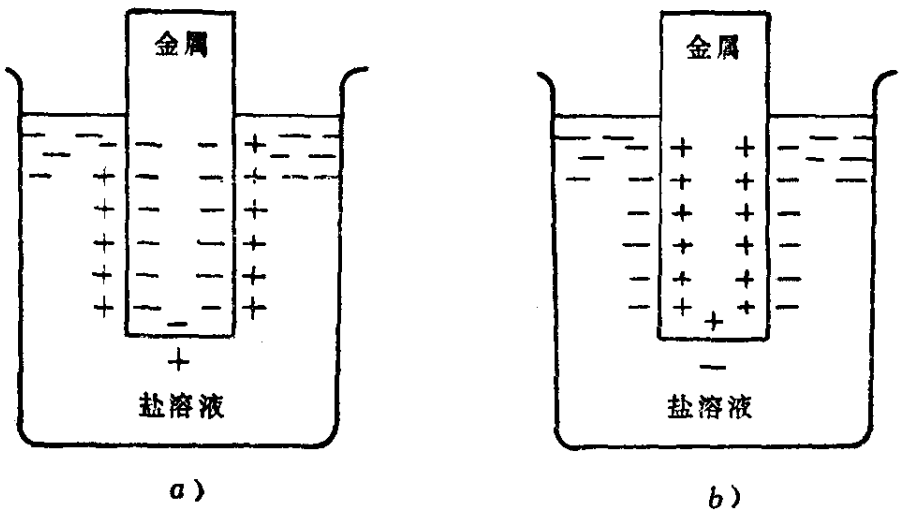


图2-1　金属及其盐溶液的双电层

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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渡为 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^+	-2.92	Co	Co^{++}	-0.277
Ca	Ca^{++}	-2.87	Ni	Ni^{++}	-0.250
Na	Na^+	-2.71	Sn	Sn^{++}	-0.136
Mg	Mg^{++}	-2.34	Pb	Pb^{++}	-0.126
Ti	Ti^{++}	-1.75	Fe	Fe^{+++}	-0.036
Be	Be^{++}	-1.70	H	H^+	0.00
Al	Al^{+++}	-1.67	Cu	Cu^{++}	+0.345
Mn	Mn^{++}	-1.05	Cu	Cu^+	+0.522
Zn	Zn^{++}	-0.762	Ag	Ag^+	+0.799
Cr	Cr^{+++}	-0.71	Pt	Pt^{++}	+1.2
Fe	Fe^{++}	-0.44	Au	Au^{+++}	+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：

在锌板上　　$Zn \longrightarrow Zn^{++} + 2e$

在铜板上　　$2H^+ + 2e \longrightarrow H_2\uparrow$

这样的实验系统，我们称作原电池。图 2-2 是原电池的示意图。由锌板和铜板所构成的原电池中，由于锌的标准电极电位比铜要低，也就是说，锌比铜活泼，所以，锌被不断腐蚀。

电化学腐蚀的原理是与原电池的作用完全一样的。当两种或两种以上不同的金属材料构成一台仪表时，这些金属若与腐蚀性介质接触，所形成的情况就与上述实验一样，它们构成了原电池，使得其中电极电位较低，化学活泼性较高的金属不断被腐蚀。这就是金属产生了电化学腐蚀。

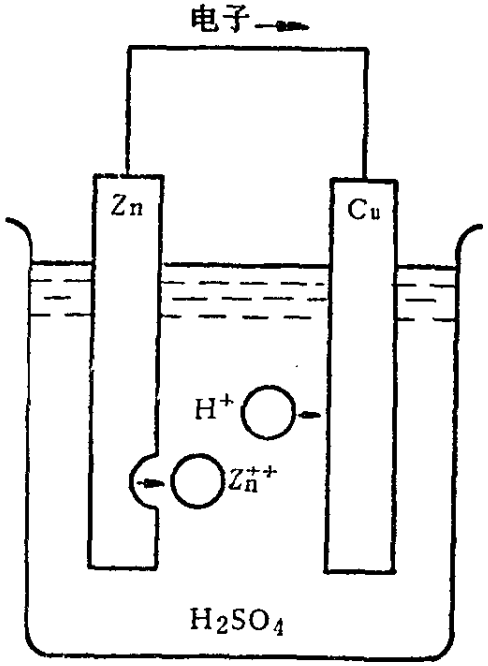


图2-2　原电池示意图

一般使用的金属材料，均是由多种元素组成的合金。就是纯金属材料，也会含有一定量的杂质，所以，从微观看，材料内部各个微小区域的成份和组织结构总不会完全一致，故其电极电位值也就不同，当这样的金属材料与腐蚀性介质接触时，便构成了无数微小的原电池(也可称作微电池)，使金属材料遭受腐蚀。此外，当由于仪表结构设计不合理或者其他原因，造成金属表面结垢时；当电镀层或者其他防护层产生孔隙等缺陷时，都会造成金属表面各处电极电位的差异，产生电化学腐蚀。

从金属电极电位的讨论中知道，不同浓度的盐溶液，金属电极电位的数值也就不同。就是某个仪表零部件由完全一致的纯净金属材料制得，当它们处在腐蚀性介质浓度不同的

情况下（这种浓度差异可以是工艺过程所引起，也可以是仪表结构所引起），也会造成金属表面电极电位的差异，而产生电化学腐蚀。这种由浓度，差异所引起的电化学腐蚀机构称为浓差电池。

由于电化学腐蚀过程中伴随有电流产生，故大大加速了金属的腐蚀。

金属材料产生了化学或电化学的腐蚀，就有腐蚀产物形成。这些腐蚀产物会附着在金属的表面上，影响着腐蚀的过过。如果腐蚀产物形成一层非常致密的“屏障”，就可以阻止金属进一步腐蚀。例如铝在大气中会形成致密的保护性氧化铝薄膜，尽管铝在电动序中位于铁之前，但在大气中却比铁要耐腐蚀。如果形成的腐蚀产物是疏松和多孔的，虽也会或多或少地起到阻碍腐蚀的屏障作用，但一般会在介质流动的时候，冲刷磨损掉腐蚀产物，腐蚀将一直进行下去。

除了金属的电极电位和生成的腐蚀产物影响着腐蚀过程之外，其他如湿度、压力、金属的内应力和形变，介质的浓度和流动速度等都会影响到腐蚀过程。

金属的腐蚀若按照腐蚀缺陷的形态分类，可以分成均匀腐蚀和局部腐蚀。均匀腐蚀发生在材料的整个介质接触面上。局部腐蚀则有选择性，如发生在晶粒间界的晶间腐蚀；形成分散小点状的点腐蚀；穿过晶界的腐蚀破裂等等。一般局部腐蚀比均匀腐蚀危险得多，因为往往在看不到腐蚀的痕迹时，就发生了腐蚀破坏，特别是在受力的情况下，破坏更加严重。

检验某种金属材料是否耐腐蚀，可以采用实验室的模拟方法，也可以在现场进行。简易的方法是取一块欲检验的金属材料作为试样，测量它的表面积，并在分析天平上称量腐

需要全本请访问 www.ertongbook.com

蚀前的重量(一般精确度达到1毫克以上)，然后将试样放入特定的腐蚀环境或者工作介质中，经过一定时间后(如100小时，一周，一个月等等)，取出试样将其洗净和干燥，观察金属表面的变化，并称量它在腐蚀后的重量，计算出每小时、每平方米面积上的失重，以此作为该金属材料在特定介质中的腐蚀率。

三、非金属的侵蚀

非金属材料的组成和结构状态不同于金属材料，故非金属材料的侵蚀亦不同于金属的侵蚀。但是，同样可以分成机械的、物理的、化学的和微生物的侵蚀等多种。

高分子化合物材料的侵蚀表现为受热软化或者烧焦碳化；在溶剂作用下发生溶胀或者溶解；在热、光、电、氧以及侵蚀性介质等作用下变色、发粘、硬脆、龟裂和机械强度下降等。

石墨材料遭受侵蚀时，表面失去光泽，粗糙不平，起皱，起泡，同时机械强度下降，重量发生较大变化，严重侵蚀时，将导致碎裂或变成黑色的泥状物。

陶瓷、玻璃、搪瓷等硅酸盐材料当遇到氢氟酸、热磷酸、浓碱、熔融碱等侵蚀性介质时，也会腐蚀变薄，或者变的疏松而多孔。

关于非金属材料的侵蚀过程尚不如金属的腐蚀那样研究得仔细。下面简略地谈一谈与高分子化合物和硅酸盐材料的侵蚀有关的情况。

1. 高分子化合物材料的侵蚀

（1）溶胀与溶解：塑料、橡胶等高分子化合物的分子由许许多多原子组成，串接成具有对称性的长链，串接成干

枝的分子链叫做主链，侧枝的分子链叫做支链。通常，分子链柔顺可曲，链段之间存在大量的空隙。当高分子化合物与低分子化合物的溶剂接触时，溶剂的分子就钻了进去，填充在链段空隙中间，把链段撑开，使高分子化合物的体积增大，这种情况就称为溶胀。原来卷曲的分子链被钻入的溶剂撑开之后，使链段间的空隙进一步得到增加，于是，溶剂继续钻入，链段之间距离不断增大，最后，大分子的整个长链彼此分离进入溶剂中，便形成了溶液，这种情况就称为溶解。

高分子化合物在溶剂中的溶胀和溶解能力是与高分子化合物内部结构和结合力，以及溶剂的种类有关的。一些象长链条那样线型分子链结构的高分子化合物，可以在溶剂中无限溶胀，直至形成溶液，如天然橡胶在汽油中的溶解。一些构成紧密的体型网状结构的高分子化合物，由于结构致密，结合力很强，就可能不仅不会溶解也不会溶胀。介乎二者之间的一些高分子化合物，虽然构成体型网状结构，但是结构并不紧密，这种情况下，就可能在溶剂作用下体积膨胀而发生溶胀，但不会被溶解。

结晶度较高的高分子化合物，由于分子排列规整，结合紧密，故它们在溶剂作用下较无定形的高分子化合物难以溶胀和溶解。

温度高低也影响着高分子化合物的溶胀和溶解，升高温度，增加高分子化合物和溶剂分子的活动能力，并使结晶的高分子化合物趋于无定形状态，便加剧了溶剂对高分子化合物的侵蚀。

（2）裂解和老化：高分子化合物是由低分子的化合物通过聚合或缩聚反应形成的。与此过程相反，在物理或化学因素的作用下，高分子化合物的分子链又会发生断裂，变成

分子量较小的化合物，这种分子链的断裂过程就称作裂解。显然，裂解的发生会导致高分子化合物性能的改变。造成裂解的物理因素有机械力、超声波、热、光和电场等；造成裂解的化学因素有氧、水、酸、碱和其它侵蚀性介质等。

高分子化合物发生裂解的难易程度主要也取决于分子链的组成元素及其结构状态。

热裂解是最常碰到的高分子化合物的侵蚀现象。有的情况下，随着温度升高，高分子化合物开始变软，温度进一步升高，就会发生裂解，使分子链的主链断裂，形成低分子物质，改变了原有的物质性能。有的情况下，高分子化合物随着温度的升高并不变软，而直接发生裂解。还有的情况下，高分子化合物在裂解时，不仅分子链断裂，而且含碳增加，发生碳化过程。例如酚醛树脂在裂解时，就同时有碳渣和低分子物质生成。

许多高分子化合物，在光特别是紫外光的照射下，也会产生裂解，使性质发生变化。最常见到的是物质失去了原来的颜色而变得暗淡了。电场（如电晕、爬电等情况）对高分子化合物的裂解作用，常发生在用作电工绝缘材料的场合下，例如高分子化合物的绝缘材料在电场作用下碳化而造成击穿现象。

许多高分子化合物和低分子化合物一样，也能与氧、水、酸、碱以及其它介质发生化学反应，但反应的速度比较缓慢而且是不完全的。高分子化合物与侵蚀性介质产生化学反应，它们的性质同样要起变化。

高分子化合物发生化学反应的能力也是和它们的组成和结构有关的。以高分子化合物的氧化为例，分子链的结构比较稳定，含氧量高或者含有氟、氯等卤素元素时，就较难氧

化。

高分子化合物在机械、物理、化学以及微生物作用下性能变坏的过程通常称为老化现象。因此，老化现象是高分子化合物遭受侵蚀的一种主要现象。产生老化现象的最主要原因就是高分子化合物发生裂解以及其他化学反应的结果。

由于高分子化合物材料的侵蚀过程不同于金属材料，所以鉴定它们遭受侵蚀的程度也不能采用金属腐蚀试验的方法。高分子化合物除了被溶胀、溶解以及烧焦碳化之外，很难明显地判断它们的腐蚀程度。目前，也没有一个统一的试验方法。在实验室里，通常以重量增减、体积变化、机械性能的差异以及介质渗透速度等指标作为耐腐蚀性的判断依据。当然，最可靠的方法是通过生产现场的实际使用得出结论。

2. 硅酸盐材料的侵蚀

以硅酸盐为原料所制得的一类非金属材料称为硅酸盐材料，常用到的有玻璃、搪瓷和陶瓷等三种，在第四、五章中将分别介绍它们。这些硅酸盐材料的原料成份主要有二氧化硅、氧化铝、氧化钠、氧化钾、氧化镁、氧化钙等。正由于这些组成物及它们所处的结构状态决定了硅酸盐材料的化学稳定性。下面，以硅酸盐玻璃为例作一介绍。

硅酸盐玻璃以二氧化硅为主要成份，还含有碱金属氧化物、碱土金属氧化物和其他氧化物等。这些成份在水、酸和碱介质中具有不同的稳定性。

将由氧化钠和二氧化硅组成的玻璃浸入盐酸等酸性介质中，就会发现氧化钠会与酸发生作用而被沥滤出来，剩下的二氧化硅则呈现多孔组织，使玻璃的机械强度显著地降低。由此可见，碱金属氧化物被酸蚀去是玻璃耐酸性能下降的主要原因。降低碱金属氧化物的含量是提高玻璃耐酸性能的重

要方法。在成份较为复杂的玻璃中，用少量两性或酸性氧化物，如氧化铝、二氧化钛等取代二氧化硅时，也能适当提高玻璃的耐酸性能。

硅酸盐玻璃的耐碱性能较差，是因为碱能溶解二氧化硅，使玻璃彻底破坏。碱的浓度愈高，玻璃的腐蚀越严重，若是熔融碱，其腐蚀性就更严重了。当用氧化铝、氧化铁、二氧化锆等取代少量二氧化硅时，玻璃的耐碱性能将大大提高。由此不难理解，以氧化铝为主要成份的刚玉陶瓷具有比普通陶瓷更高的耐碱性能。

当玻璃与水相互作用时，水能溶解玻璃中的碱金属氧化物，使水呈碱性溶液。这样的碱性溶液又会与玻璃中的二氧化硅发生作用，使玻璃遭受腐蚀。当然，这一腐蚀过程比较缓慢而不引人注意。

关于硅酸盐材料的腐蚀试验，可以采用类似于金属的腐蚀试验方法，根据材料在腐蚀性介质中的失重评定耐腐蚀性能。有时候，还将硅酸盐材料研磨成粉末后，浸入介质中进行腐蚀试验，并同样根据材料的失重评定耐腐蚀性能。但这种情况下测得的腐蚀数据，要比块状或丝状试样的腐蚀数据大很多。

四、温度的影响

物体的冷热程度是用温度的高低来衡量的。温度这一物理量反映了构成物质的无数分子无规则运动的强度。温度越高，物质内部的分子运动则越剧烈。温度也是工业生产中最普遍、最重要的技术参数之一。当温度不同时，各种物质的性能会发生相应的变化。正因为如此，许多测量温度的仪表就是依据一些材料的物理量（如电阻、热电势、膨胀等）随

温度变化的特性而制成的。许多材料随着温度的变化还可能发生侵蚀作用。热胀冷缩、低温变脆、高温软化、熔化或者烧焦已是人们常见的现象。这些，正是我们要讨论的内容。

1. 温度对材料性能的影响

首先从低温谈起，各种材料（金属或非金属）随着温度的降低，往往会变得又硬又脆。本来富有弹性的橡胶变得象铁板一样，柔软的塑料变得象玻璃一样经不起撞击，有些金属材料在低温下似乎无缘无故地突然开裂。这一些现象，当然还是和材料随着温度的降低，其结构状态发生变化所分不开的。

在低温下，有些金属材料在振动和冲击等载荷作用下，甚至在作用力低于屈服强度10%的情况下，使材料没有预先塑性变形的迹象而突然发生破坏的现象，称作脆性断裂。究竟为什么有些金属材料会发生脆性断裂，迄今为止还不清楚。但是，可以肯定是与金属材料的点阵结构、组织状态、化学成份以及变形速度和应力状态都有很大关系。一般认为，以点阵结构为最关键的因素。铜、铝和奥氏体不锈钢是面心立方点阵，如图2-3 *a*）所示，它们随着温度的降低并不呈

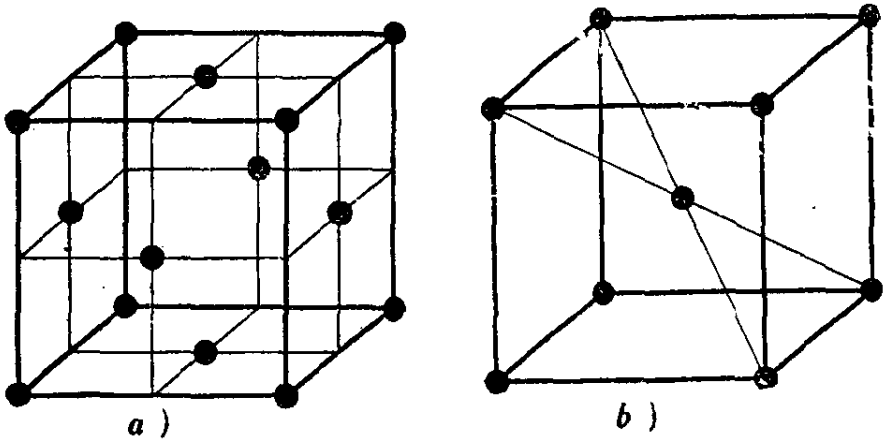


图2-3　材料的点阵结构

a）—面心立方点阵；　*b*）—体心立方点阵

现脆性。而体心立方点阵（如图 2-3 *b* 所示）的金属，如一些碳素结构钢，在低于一定的转变温度时，便呈现明显的脆性倾向。所以人们都把铜、铝和奥氏体不锈钢作为低温用材，而普通碳素结构钢只用在不低于－40℃的温度范围内。

低温下结构破坏的无数事实指出，对于呈现脆性的金属结构的破坏，常是在各种应力集中的地方开始发生的。所以，钢中的夹杂、裂缝、刮痕以及断面突然变化都会在力的作用下产生应力集中而造成脆性断裂。因此，在低温下工作的仪表零部件应注意避免应力集中的发生。

当温度升高时，材料的性质正好与低温情况下相反，塑性大大增加，但同时机械强度下降。一些材料在高温受力的情况下，其屈服强度和抗拉强度将失去它们在常温时的重要意义。因为在高温下，当长期受到不超过屈服强度的作用力时，材料会随着时间的增加发生缓慢变形，这种现象称之为蠕变。许多塑料在常温下长期负荷就会发生蠕变。有些合金和有色金属也会在常温下发生蠕变。然而，铸铁、钢和许多合金的蠕变现象只有当加热到某一温度时才显著发生。一般地说，铸铁和碳素钢（如中碳钢）需要超过 300～350℃，合金钢要超过 350～400℃才会发生蠕变。

正因为高温下使用的材料（特别指金属材料）会发生蠕变现象，所以，对于经受长期负荷的仪表零部件，应根据各种材料的蠕变强度进行结构设计。所谓蠕变强度，一般是指在某一温度下，在一定时间内产生一定大小的塑性变形时，材料的试样所能承受的最大应力。对于金属材料，蠕变强度的符号如 $\sigma 1/10000$，其分子为允许产生的总变形量（%），分母为产生该变形所经历的时间，$\sigma 1/10000$ 即表示 10000 小时内允许变形为 1%时试样所能承受的最大应力。在设计

高温下工作的仪表零部件时，只要在一定的使用期间，其蠕变残余变形不超过某一个数值，而且在此期间不引起破坏，有些残余变形是应该允许的。一般情况下，以材料使用期间蠕变残余变形的最大允许值或者弹性变形与蠕变残余变形之总和作为设计计算的出发点。实际上，用蠕变强度来考虑设计强度是比较困难的事，而实际的使用经验和现场试验数据却是非常重要的。为了便于设计时参考，对许多金属结构材料都编制有工作压力与使用温度之间的关系参照表。

当温度升高时，材料的膨胀也会导致仪表的侵蚀。最典型的例子就是搪瓷衬里的调节阀体，在受热不匀的情况下，会因为材料膨胀尺度不同而发生破裂。动圈仪表中的张丝，当安装不当，或超过张丝使用温度范围时，也会因为张丝的膨胀而造成仪表精度的下降。

随着温度升高，对于导电的金属材料，会因材料内部的分子热运动阻碍了自由电子的流通，使得电阻值有所增加。但是，对于绝缘材料，却会随着温度升高，变得绝缘性能下降。绝缘材料中的自由电子是微不足道的，绝缘材料的导电和导热主要靠构成物质的离子、原子或分子的热振动。绝缘材料受热时，这些离子、原子或分子的热振动加剧，改善了导电和导热性能。同时，温度升高还会使绝缘材料产生极化现象，它增加了能量的损耗，并转化为热量。由此可见，绝缘材料在温度的升高或者散热不良的情况下，不仅绝缘性能显著下降，而且大大缩短使用寿命，严重的可以引起开裂、烧焦、熔融或者热击穿。

2. 温度对介质侵蚀性的影响

前面谈到，温度升高会增加构成物质的质点（如分子、离子、原子等）活泼性，从而帮助质点解脱材料本身对它的

需要全本请访问 www.ertongbook.com