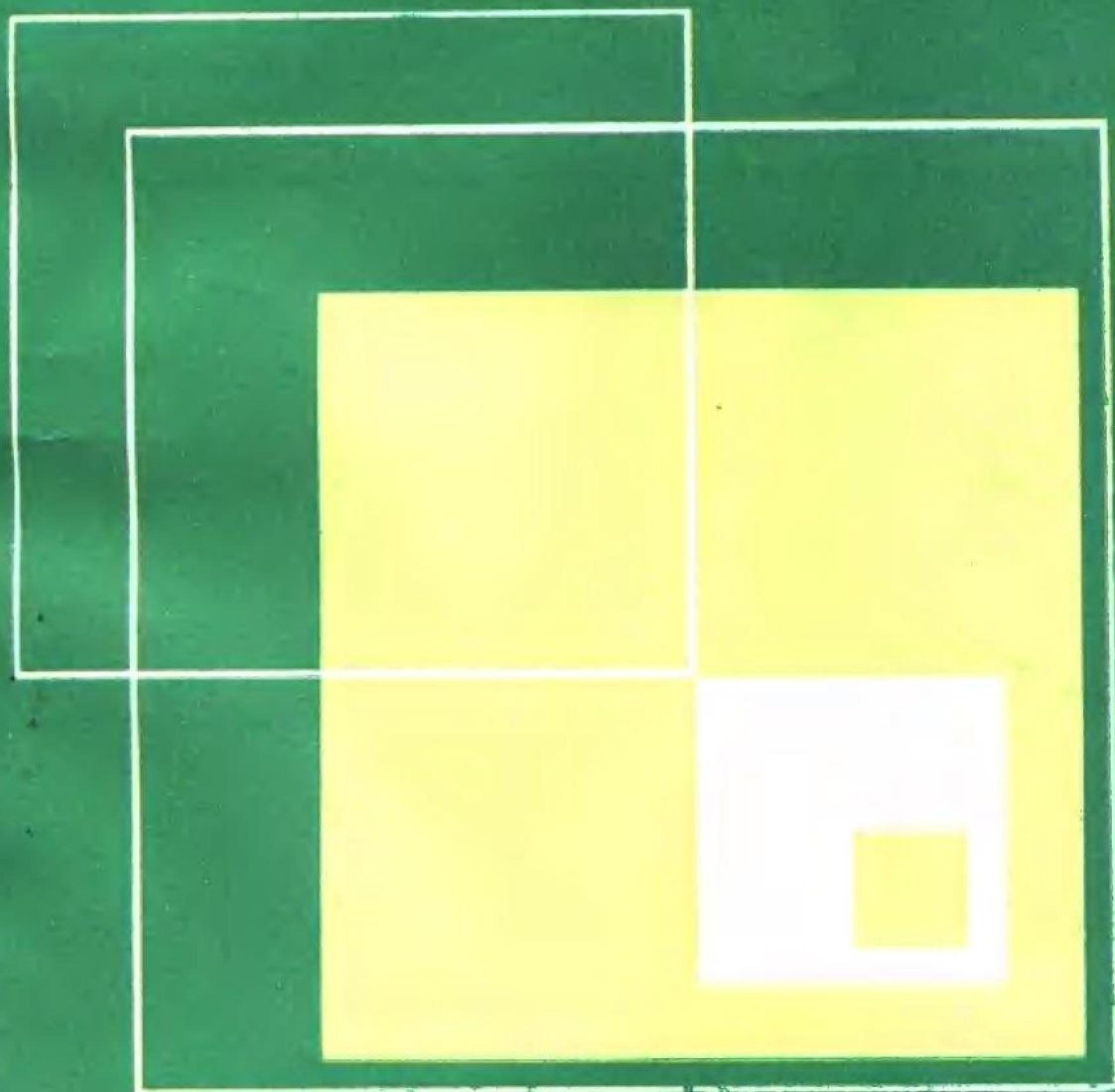


腐蚀环境电工产品 选型手册

机电部广州电器科学研究所
化工部电气设计技术中心站

主编



兵器工业出版社

腐蚀环境电工产品选型手册

机电部广州电器科学研究所 主编
化工部电气设计技术中心站

兵器工业出版社

内 容 简 介

本手册重点阐述了腐蚀的基本概念、环境因素对产品的影响、电工产品的技术条件和选型要求；并收集和编入了50多家工厂100多个系列防腐电工产品，并介绍了它们的安装与维护；最后摘录了有关技术标准、规定和生产厂通讯录等。

本手册可供化学工业及其它存在腐蚀性环境工业的设计部门电气和相关专业人员，有关厂矿的基建施工、运行、维修工程技术人员、管理人员、技术工人等阅读，高等院校及中等专业院校有关专业师生也可参考。

腐蚀环境电工产品选型手册

机电部广州电器科学研究所 主编
化工部电气设计技术中心站
责任编辑：卫洁 朱丽均

*

兵器工业出版社 出版发行

（北京市海淀区车道沟10号）

各地新华书店经销

北京昌平县建华印刷厂印装

*

开本：787×1092 1/16 印张：19.375 字数：613千字

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数：1—1,200 定价：15.80元

ISBN 7-80038-331-8/TM·10

前言

20世纪80年代以来,我国的化工、石油、采矿、冶金、轻工、纺织、医药、机械、电力、建材、军工等工业以及交通、贮存、运输等行业有了很大的发展。为了适应这些部门生产现场的户内或户外腐蚀环境中使用的需要,户内、户外防腐型电工产品的品种和产量都有了很大的增长。

化学工业部基本建设局1985年批准、1986年实施的CD90A6—85《化工企业腐蚀环境电力设计技术规定》对腐蚀介质的分级、腐蚀环境的分类和各类环境应采用的电工产品的防腐等级均作了明确的规定。自贯彻实施以来,有力地促进了防腐电工产品的发展。目前已能基本满足腐蚀环境生产现场的需要,亦可供重点攻关的成套装备(如复合肥料、合成氨、乙烯等装置所需的装备)配套之需。

为了加强防腐电工产品制造厂与设计、使用部门之间的信息交流,沟通产销渠道,加速防腐电工产品的发展和推广,以及便于设计、使用部门对产品的选型,化学工业部电气设计技术中心站于1987年提出了编制有关腐蚀环境电力设计资料的任务,经有关单位商议,确定由机械电子工业部广州电器科学研究所与化学工业部电气设计技术中心站负责,南京化学工业公司设计院、上海化工设计院参加,共同编制《腐蚀环境电工产品选型手册》。《手册》的编写工作于1987年底开始,至1990年底基本完成全部稿件的编写工作。

《手册》第一至五章由蒋沛昌高级工程师、胡敬业高级工程师、吴学明教授级高级

工程师编写,梁星才高级工程师审阅;第六至十一章由吴学明、冯维泰高级工程师编写,常修平教授级高级工程师审阅;第十二章由张清华高级工程师、吴学明编写,常修平、梁星才审阅;附录由胡敬业、张清华编写,常修平、廖嘉复教授级高级工程师审阅。全稿主持编写及汇总由吴学明负责;主审由梁星才、俞俊人教授级高级工程师负责;全面组织协调工作由金国仁高级工程师负责;全稿统编及整理由冯维泰、胡敬业、吴学明负责。编写期间的事务工作由范少英协助进行。

(《手册》由广州电器科学研究所技术副所长、教授级高级工程师许士英及化工部电气中心站副站长俞俊人审定。)

《手册》中有关腐蚀基本概念方面的内容又蒙左景伊教授和陈文亮高级工程师提出宝贵意见,在此表示感谢。

《手册》中产品介绍部分得到有关生产单位的大力支持,谨对这些生产单位及联系人致以衷心感谢。

在《手册》编写之前,《电世界》杂志曾登载了有关防腐电工产品的文章近10篇,为《手册》编写打下了一定的基础。这次又派人参加了全稿编辑工作,在此一并致谢。

由于我们对《手册》编写的经验不足,时间又较紧促,并因篇幅所限,难免存在不够全面和缺点错误之处,欢迎广大读者批评指正;有关防腐电工产品介绍,如资料有不够详尽之处,请读者迳向各有关生产单位联系,索取产品资料、样本,以利于订货和使用。

编者

1991年2月

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 国内外防腐电工产品的发展	1
第二节 电工产品的环境技术	2
第三节 环境技术在国民经济中的地位 及其重要性	4
第四节 采用防腐电工产品的经济意义	5
第二章 腐蚀的基本原理	7
第一节 化学腐蚀的分类	7
第二节 金属的腐蚀	7
（一）金属腐蚀的机理	7
（二）环境因素对金属腐蚀的影响	9
（三）金属腐蚀的形态	10
第三节 非金属的腐蚀	11
（一）非金属腐蚀的机理	11
（二）环境因素对非金属腐蚀的影响	11
第三章 防腐电工产品的防护技术 与试验	14
第一节 防腐电工产品的使用环境条件	14
（一）环境条件分类	14
（二）防腐电工产品的防护类型分类	14
第二节 防腐电工产品的防护技术	16
（一）合理设计密封结构	16
（二）正确选择外壳防护等级	16
（三）正确选用防腐材料	17
（四）合理设计外型 and 外形尺寸	22
（五）合理选择金属表面涂镀工艺	22
（六）正确选择润滑剂	24
（七）重视防凝露措施	25
第三节 防腐电工产品型号编制	25
第四节 防腐电工产品的试验	25
（一）化学气体腐蚀试验	26
（二）外壳防护试验	27
（三）低温试验	27
（四）交变湿热、盐雾、长霉试验	27
（五）太阳辐射试验	28
第五节 防腐电工产品标志、包装、运 输、贮存和供应	29

第四章 化学腐蚀环境划分及有关

电气设备选用	30
第一节 化学腐蚀性物质和腐蚀环境	30
（一）化学腐蚀性物质释放源和释放 严酷度分级	30
（二）化学腐蚀环境	31
第二节 化学腐蚀环境的划分	33
第三节 化学腐蚀环境电力设计要求和 一般规定	34
第四节 化学腐蚀环境电气设备的选型	35
第五节 配电线路和防雷、接地装置的 防腐措施	37
（一）配电线路的防腐措施	37
（二）电气设备安装中的防腐措施	38
（三）防雷和接地装置的防腐措施	38
第五章 其他环境因素的影响及综 合防护对策	29
第一节 气候环境的影响及防护对策	39
（一）我国气候区情况	39
（二）对湿气的防护对策	39
（三）对雨水的防护对策	39
（四）对积雪、结冰的防护对策	41
（五）对严寒环境的防护对策	41
（六）对太阳辐射的防护对策	42
第二节 多尘、污秽的损害及防护对策	42
（一）工厂企业里的污秽原因	42
（二）污秽分级及泄漏比距标准	42
（三）防污秽措施	44
（四）防尘措施	46
第三节 特殊气候环境及防护对策	46
（一）高温、高热环境及防护对策	46
（二）人工冲水环境及防护对策	46
第四节 动植物损害及防护对策	47
第五节 地基沉降、振动及防护对策	47
（一）对地基沉降的防护对策	47
（二）对振动的防护对策	47
第六章 防腐电动机与变压器	49
第一节 概述	49

第二节 防腐型三相异步电动机.....50	
(一) Y-F、W、WF系列(H80~315)	
户内、外防腐型三相异步电动机.....50	
(二) Y-F、W、WF系列高低压中型	
(H355~630)户内、外防腐型	
三相异步电动机.....61	
第三节 防腐防爆型三相异步电动机.....65	
(一) YA-W、WF1系列户外防腐增	
安型三相异步电动机.....65	
(二) YB-F、W、WF系列户内、	
外防腐隔爆型三相异步电动机.....72	
第四节 YB系列隔爆型三相异步电动机73	
第五节 YP、YBP系列屏蔽式、隔爆	
型屏蔽式三相异步电动机.....80	
第六节 JZTY-F1系列防腐型交流电	
磁调速电动机.....86	
第七节 防腐型电力变压器.....88	
(一) S9-WF1系列防腐型电力变压器.....88	
(二) BS9-WF1、BS7-W系列防腐	
型电力变压器.....90	
第七章 防腐配电装置.....92	
第一节 概述.....92	
第二节 防腐型开关柜.....92	
(一) BFC-18F型防腐低压抽屉式	
开关柜.....92	
(二) PGL-1(P)型防腐低压配电屏.....98	
(三) GFC-18GQ型手车式高压金属封闭开	
关柜104	
(四) LW7-35型户外高压六氟化硫断	
路器108	
第三节 防腐型动力配电箱110	
(一) XLF1-F2型密封防腐动力配电箱...110	
(二) XL14(15)-F型防腐动力配电箱 ...112	
(三) XL15-F2型防腐动力配电箱.....115	
(四) XL21-F1型防腐动力配电箱.....116	
(五) XL21-F1、WF1型防腐动力配	
电箱119	
(六) XL21-F2型防腐动力配电箱.....120	
(七) XL21-F型防腐动力配电箱121	
(八) XL31-F2型防腐动力配电箱.....126	
(九) JLX- $\frac{1}{I}$ (C)-F2系列防腐动力	
配电箱132	

第四节 防腐型照明配电箱135	
(一) X $\frac{X}{R}$ MF1-F2型防腐照明配电箱 ...135	
(二) X $\frac{X}{R}$ M8-F2型防腐照明配电箱136	
(三) XM(R)1-F2型防腐照明配电箱...140	
(四) XM-7F型防腐照明配电箱141	
(五) JMX(R)-□/F2系列防腐照明配电	
箱142	
第五节 BXP51-8 ⁴ W型户外防爆型照明配	
电箱144	
第六节 XФЗ-2F型组合式防腐型配电箱 ...145	
第七节 SLM-□F1系列防腐型双电源自	
动切换动力照明配电箱147	
第八节 交流低压防腐型检修电源箱149	
(一) XJF(W)-□型检修电源箱149	
(二) XJF2(WF1)-1型防腐检修	
电源箱.....152	
第九节 BKD52-W系列户外防爆型低压馈	
电开关及防爆检修电源箱153	
第八章 防腐控制装置156	
第一节 概述156	
第二节 防腐型电磁起动装置156	
(一) FD10-QZ型透明全绝缘综合起	
动装置156	
(二) QCF-40型透明全绝缘封闭外壳电	
磁起动器162	
第三节 防爆型电磁起动装置164	
(一) GHG67-V0系列防爆电磁起动器...164	
(二) BQC系列隔爆电磁起动器166	
第四节 防腐型操作柱(箱)、控制箱	
(柱)167	
(一) LF-1系列防腐操作柱(箱)167	
(二) LF-2系列防腐操作柱(箱)169	
(三) LF-3系列防腐操作柱(箱)170	
(四) JKX-□/(W)F2系列防腐控制	
箱(柱)172	
(五) XK1-F系列防腐控制箱(柱) ...174	
(六) KX1-F2系列防腐控制箱(柱) ...176	
(七) KX10系列防腐控制箱(柱)178	
(八) XK2系列现场控制箱(柱)180	
(九) XK3系列现场控制按钮箱(柱) ...182	

第五节 防爆防腐控制箱	183	(七) GHG272系列防爆照明开关	222
(一) 8038/9系列防爆防腐电动机控制箱	183	(八) GHG2系列 防爆控制开关	224
(二) BkX-F 型防爆防腐控制箱	185	(九) BH-□/3系列防爆闸刀开关	226
第六节 LB 系列防爆操作柱	186	(十) YG系列防爆熔断器盒	227
第九章 防腐低压电器	187	(十一) BDJ系列防 爆分线盒	228
第一节 概述	187	(十二) GHG5系列防爆插接装置	229
第二节 防腐型低压电器	187	(十三) AC-15A型防爆插销	231
(一) LF-4 系列防强腐蚀控制按钮	187	(十四) AC-□/3系列防爆插销	232
(二) LA18-□□F2型防强腐蚀按钮	189	(十五) BAOd-50 型防 爆电 暖器	233
(三) LA10-F2型密封防强腐蚀控制按钮	189	(十六) HBL-3W型防爆连击电铃	233
(四) LA-F2型密封防强腐蚀按钮	190	第十章 防腐照明器材	235
(五) LAD2-F 系列带指示灯防腐蚀控制按钮	191	第一节 概述	235
(六) SHZ10□/F2系列防强腐蚀组合开关	191	第二节 防腐型灯具	235
(七) HZ10-MF2系列密封防强腐蚀组合开关	193	(一) GC-150-WF 1 型防腐灯具	235
(八) XDF2-130/□型防腐信号灯	194	(二) GC57B-1F型防腐灯具	237
(九) XD-MF2型密封防强腐蚀信号灯	195	(三) BFA系列 防腐灯具	238
(十) HF2系列防腐盒	196	(四) GC·SF01型三防灯具	238
(十一) FCZ-1系列三防电源插头插座	197	(五) GC·SF-250N·90型三防高压钠灯灯具	240
(十二) XCK2系列防腐行程开关	198	(六) F·KG·X-70N型三防宽光带灯具	241
(十三) JPK2系列防胶带跑偏开关	199	(七) JHG3-125WF1型三防灯具	241
(十四) JSK2系列胶带输送机速度开关	200	第三节 防腐防爆型灯具	243
(十五) JLK2系列紧急停车拉绳开关	203	(一) FDe-200WF 2 增安型防腐防爆灯具	243
第三节 防爆防腐低压电器	204	(二) eG/BD57-125/150WF型增安型防腐防爆灯具	244
(一) LA5821系列防爆防腐控制按钮	204	第四节 防爆型灯具	245
(二) 8030/1□~2□F2系列防爆防腐主令控制器	206	(一) CBD1型隔爆照明灯	245
(三) 8030/51系列防爆防腐照明开关	210	(二) AOC-200W型防爆吸顶灯	245
(四) 8077/1系列防爆防腐行程开关	211	(三) BSD3-250W型 隔 爆型灯具	246
(五) SW-16WF2型 全塑防爆防腐开关	212	(四) CDW-60×2型 防爆壁灯	246
(六) AH系列防爆 防腐接线盒	213	(五) BSD4-450W型隔 爆型投光灯具	247
第四节 防爆型低压电器	214	(六) BSD5-125W型 隔爆型汞灯	248
(一) LA系列隔爆控制按钮	214	(七) eYD59-40W型增安型荧光灯具	248
(二) LA51系列充油型防爆控制按钮	215	第五节 E27、E40防爆灯具专用螺口式灯座	249
(三) GHG42□7系列防爆控制按钮	216	第六节 BBK系列隔爆 照明(控制)变压器	250
(四) BHZ51-10/W型防爆照明开关	220	第十一章 防腐电缆桥架	252
(五) SW-10型防爆照明开关	220	第一节 概述	252
(六) SW-4型防爆 照明拉线开关	221	第二节 防腐蚀电缆桥架	252

(一) QJ系列梯级式、托盘式、槽式电缆桥架	252
(二) QJ系列梯架与托盘电缆桥架	254
第三节 QJ-Z型重系列电缆桥架	256
第十二章 防腐电工产品的安装与维护	260
第一节 防腐电工产品安装与维护的基本要求	260
第二节 防腐型电动机安装与维护的技术要点	261
第三节 防腐型变压器安装与维护的技术要点	262
第四节 防腐型配电箱安装与维护的技术要点	263
(一) 落地式动力配电箱	263
(二) 悬挂式动力和照明配电箱	264
(三) 嵌入式照明配电箱	264
(四) 现场操作箱(柱)	264
第五节 防腐型灯具安装与维护的技术要点	265
第六节 防腐型电缆桥架安装与维护的技术要点	265

附录	266
附录一 环境技术标准目录选编	266
附录二 电工产品户外、户内腐蚀场所使用环境条件(摘要)	270
附录三 电工电子产品自然环境条件 温度和湿度(摘要)	276
附录四 户内、外防腐交流电动机环境技术要求(摘要)	279
附录五 户内、外防腐防爆异步电动机环境技术要求(机座号45~710)(摘要)	281
附录六 户内、外防腐低压电器环境技术要求(摘要)	285
附录七 我国各地气候资料	287
附录八 外壳防护等级的分类(摘要)	293
附录九 腐蚀环境用化工产品涂料的主要生产厂	295
附录十 盘形(防污)悬式瓷绝缘子主要性能	296
附录十一 电缆防护性能	297
附录十二 腐蚀环境用化工产品生产厂一览表	300

第一章 概 述

第一节 国内外防腐电工产品的发展

随着50年代末、60年代初我国化肥、氯碱和化纤等化学工业的发展及需求,机械科研部门便着手从事防腐电工产品的研制和技术标准的制订工作,并陆续研制成功一批防腐电机、防腐低压电器产品,送化工企业现场试运行,并供设计单位选用。如机械电子部广州电器科学研究所(原称第一机械工业部广州电器科学研究所)在50年代即进行热带电工产品的科研工作;60年代起又着手户外及防腐电工产品的科研、试验和标准制订工作,为防腐型电工产品的发展,解决了大量技术问题。以防腐电工产品的制造标准为例,广州电器科学研究所于1967年制订了7项部标准,即防腐电工产品的使用环境条件、化学气体腐蚀试验方法及金属防腐、绝缘材料选用等基础性标准及具有代表性的产品通用标准(包括防腐型小型异步电动机、低压电器、电工测量仪表标准)。但由于当时信息传递和宣传推广工作不够理想,供货渠道未能畅通,化工企业的环境技术工作也跟不上,加之缺乏工程设计标准,长期处于无章可循的状况,局面一直未有改观。特别是10年动乱时期,一切工作受阻,对防腐电工产品的科研、制造、宣传和推广工作几乎处于停顿状态。

70年代中期起,我国化肥和石油化工等工作蓬勃发展,对设备露天化、装置国产化提出了迫切要求;对户外、防腐、防爆电工产品的研制工作重新列项和组织实施。

80年代初,原机械工业部电工环境技术科研部门与化学工业部电力设计部门通力合作,使防腐电工产品开发工作形成一个新的转折。科研部门继续开展新产品、新技术的开发研究。趁我国磷肥、复合肥料工业发展的大好时期,在国务院原复合肥料重大装备办公室的领导和推动下,有多家电工产品生产厂积极进行新产品试制和投产工作,陆续推出了一系列户内、户外防腐电工产品和防爆兼防腐型电工产品。目前户内、户外防腐电动机、变压器、

配电装置、控制装置、低压电器、照明器材、电缆桥架等均能制造供货,质量和品种都在逐渐提高和不断完善之中,少量产品已经出口创汇。此次能正式出版这本《手册》,正好说明我国环境技术工作取得了一定的成就。

在防腐电工产品开发的同时,广州电器科学研究所参考80年代中期IEC/TC75制订的全面的环 境参数分级标准,特别是IEC文件721—3—3及721—3—4两项标准[电工电子产品应用环境条件——有(或无)气候防护场所地面固定使用]于1985年起对防腐电工产品的基础标准及产品通用标准进行了分批修订。其中修订后的防腐电工产品使用环境条件标准参照并采用了IEC标准,即将环境条件按气候、特殊气候(如热辐射、风、喷水等环境因素)、生物、化学活性物质(如二氧化硫等腐蚀性气体)、机械活性物质(如尘、砂)、机械等环境条件进行分类,这样,所包括的内容不仅全面,且完整性好,按此环境条件要求生产的电工产品环境适应性高,能充分满足腐蚀环境对产品的特殊要求。

在防腐电工产品的防腐性能检验方面,设于广州电器科学研究所内的“机电部电工产品环境适应性检测中心”是一个部级试验中心,凡是防腐型电工产品均须由该中心按照新修订的《电工产品化学气体腐蚀试验方法》进行防腐性能试验,取得该中心的试验合格证书后,方能正式投产。因而使防腐电工产品的制造质量得到了保证。

1985年化学工业部基本建设局颁发了CD90A6—85《化工企业腐蚀环境电力设计技术规定》(化工设计标准)。其内容包括腐蚀环境分类、电气设备选择等方面,使用部门可根据此技术规定选用适当防腐等级的电工产品,以提高设计质量,建设一个具有较高水平的工程项目。此项技术规定与产品制造标准相互配合,将发挥重大的社会效益。

随着电工产品制造工厂工艺装备的更新和质量

保证体系的健全和完善,标准规范工作的加强和提高,我国环境防护型机电产品国产化政策和奖励出口创汇政策的宣贯、实施,相信本世纪末、下世纪初,我国防腐电工产品将取得长足的进展和可观的成就。在近几年间,我国科研、制造、设计、安装、运行、维修各部门在机械电子部、化学工业部、石化总公司等有关领导部门的积极领导和支持下,已经形成了一支从事环境技术工作的可靠力量。我国的化工、石油、石油化工、冶金、轻工、纺织、医药、电力、建材、军工等工业和交通、贮存、运输行业正面临持续稳步发展的崭新形势,我国机电产品的替代进口(国产化)和扩大出口创汇政策的贯彻实施,已有了一定的成效,这是发展我国防护型机电产品的重要前提。

国外防腐电工产品也是从50年代起才陆续发展起来的。美国、日本、德国、英国、法国和苏联等工业先进国家起步早些,先发展了防腐和气候防护型电工产品,尤以电动机、灯具、现场操作电器发展最快,品种系列齐备。如美国的电动机制造公司早已能生产派生的防腐型交流异步电动机系列以及多种防腐蚀专用电动机等。日本有多家制造防腐电工产品的工厂,如安川、日立、东芝等大型制造公司均能生产几种防腐蚀等级的电动机(一般分为

C1、C2、C3三个等级,有些工厂还能生产特殊防腐型电动机);户上等低压电器生产厂则能生产多种防腐型低压电器,可满足化工等企业强腐蚀环境的使用要求。德国多家公司则生产“全绝缘”透明外壳组合式配电及电动机控制箱和各种塑料外壳低压电器,适合在强腐蚀环境中运行。苏联则早在70年代就在一般交流异步电动机基础上派生“化工用”防腐蚀电动机。此外,为了化工装置露天化的需要,英、法、日等国均能生产大中型气候防护型电动机,适合在户外条件下使用。

在有关防腐型电工产品标准、规定制订方面,苏联、日本、德国的有关标准化机构、公司、协会做了不少工作。如苏联在70年代即已制订了“化工型”电动机的国家标准(ГОСТ),其内容包括产品的技术条件和试验方法。日本电机工业协会(JEM)则规定了腐蚀环境的等级划分及防腐型电动机的防护要求。德国则在工业环境的环境条件方面制定了国家标准(DIN)。国际电工委员会下属的第75技术委员会(IEC/TC75)对环境参数分级和环境条件组合(即应用环境条件)标准做了大量的卓有成效的开拓性工作,对我国环境技术系列标准的编制起了借鉴和推动作用。

第二节 电工产品的环境技术

(一) 环境技术与环境工程

电工产品防护技术,从总体上看,是电工产品环境技术的一个分支。

电工产品的环境技术是一项综合性技术,主要

是对电工产品提出技术要求和防护措施等以保证产品在贮存、运输、使用运行中的环境适应性。环境技术的内容包括环境条件、环境试验方法、环境防护技术、环境测试及评价技术、环境试验设备等五个方面。其简要定义可示于图1-1。本手册针对电工业

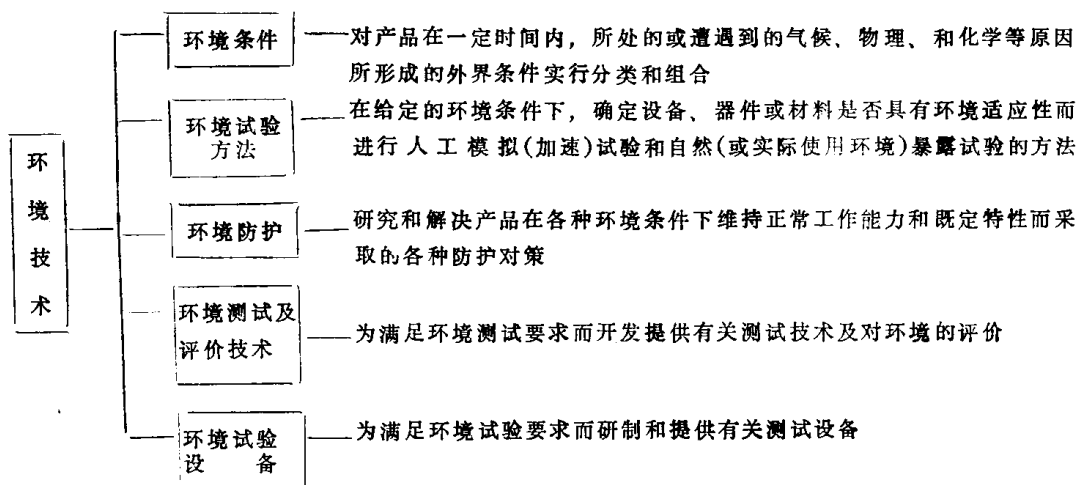


图 1-1 环境技术的简要定义框图

品环境技术中的防腐蚀方面作一次汇集和归纳，不包括环境测试及评价技术和环境试验设备等内容。

环境技术是随近代工业，主要是化工、采矿、冶金、轻工、纺织、医药、电力、建材、军工等工业和交通、贮存、运输行业，特别是现代石油化

工、电子、航天等工业企业、事业的兴起，逐渐发展而确立起来的。环境技术与环境控制技术、环境保护、环境开发等构成环境工程中的四大支柱。其相对关系和简要定义示于图1-2。

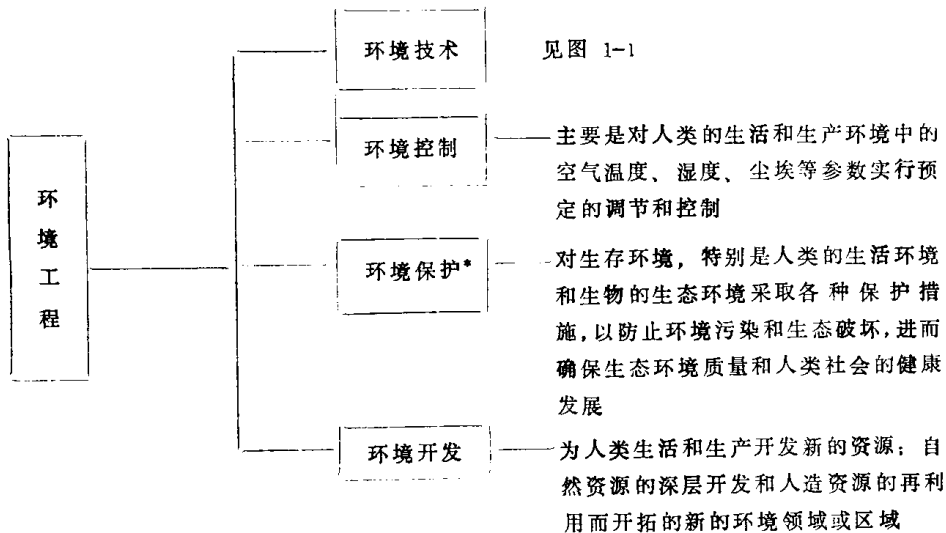


图 1-2 环境工程的简要定义框图

* 环境保护等方面的工作内容可划分为许多细目，因不属于本手册专业范围，故不予详述

(二) 环境条件的主要类别及环境参数

防爆和防腐是化学工业企业电气专业最为关注的环境防护技术要害，但并不等于环境技术内容的全部。为了使本手册的读者能从环境技术的高度全面了解电工产品的防护问题，并对防腐技术的重要性和在环境技术中所处的地位有所认识，下面罗列环境条件的主要类别及环境参数，并介绍有关环境参数或分类大意。资料来源大部分是依据IEC有关技术委员会的出版物，

1. 气候环境（防气候） 气候环境参数包括：

- (1) 低温(°C)；
- (2) 高温(°C)；
- (3) 低相对湿度(%)；
- (4) 高相对湿度(%)；
- (5) 低绝对湿度(g/m³)；
- (6) 高绝对湿度(g/m³)；
- (7) 温度变化率(°C/min, 5 min 以上的平均值)；

- (8) 低气压(kPa)；
- (9) 高气压(kPa)；
- (10) 太阳辐射(W/m²)；
- (11) 凝露情况(只作定性规定，有或无)；
- (12) 降水条件(只作定性规定，有或无雨、雪、冰雹等)；
- (13) 降雨强度(mm/min)；
- (14) 雨水低温(°C)；
- (15) 结冰和结霜情况(只作定性规定，有或无)。

2. 特殊气候环境*（防特殊气候） 特殊气候环境参数包括：

- (1) 热辐射(W/m², 附近有锅炉等热源时)；
- (2) 周围空气运动(如空气流速≥20 m/s时)；
- (3) 降雨以外的水(滴水、溅水、喷水以及水浪，只作定性规定)。

* 特殊气候环境实系广义的气候环境。关于台风的防护，可划归防特殊气候范围，也可划归防气候范围。

3. 生物环境 (防霉菌、昆虫和小动物) 生物

环境参数包括:

(1) 植物 (只作定性规定, 如有或无霉菌、真菌等);

(2) 动物 (只作定性规定, 如有或无啮齿类动物、白蚁、蛇类等)。

4. 化学活性物质环境 (防腐蚀) 化学活性物

质环境参数包括:

(1) 盐雾 (只作定性规定, 有或无);

(2) 二氧化硫 (mg/m^3 或 cm^3/m^3);

(3) 硫化氢 (mg/m^3 或 cm^3/m^3);

(4) 氯 (mg/m^3 或 cm^3/m^3);

(5) 氯化氢 (mg/m^3 或 cm^3/m^3);

(6) 氨 (mg/m^3 或 cm^3/m^3);

(7) 臭氧 (mg/m^3 或 cm^3/m^3);

(8) 氧化氮 (mg/m^3 或 cm^3/m^3)。

5. 机械活性物质环境 (防尘砂) 机械活性物

质环境参数包括:

(1) 砂 (mg/m^3);

(2) 飘尘 (mg/m^3 , $10\mu\text{m}$ 以下的微粒);

(3) 降尘 [$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, $\geq 10\mu\text{m}$ 的微粒]。

6. 机械环境 (防震等) 机械环境参数 (含地震诱发作用) 包括:

(1) 正弦振动 (单位为位移振幅 mm , 加速度 m/s^2 , 频率范围 Hz);

(2) 半正弦波冲击 (单位为峰值加速度 m/s^2 和持续时间 ms);

(3) 跌落高度 (m);

(4) 碰撞 (定性规定, 有或无);

(5) 摇摆和倾斜 (摇摆偏离垂直线角度, 摇摆时间);

(6) 静态加速度 (m/s^2);

(7) 静态负荷 (负荷压力 kPa);

7. 电磁环境 (防辐射) 电磁环境分类:

(1) 静电场 (地面、水上、大气) 或交变电

场;

(2) 静态或交变磁场;

(3) 高压传输线路、超导体产生的电磁场。

8. 爆炸危险环境 (防爆) 爆炸危险环境分

类:

(1) 空气或蒸汽爆炸危险环境;

(2) 粉尘爆炸危险环境。

9. 着火危险环境 (防止产生自燃或周围环境引燃) 着火危险环境分类:

(1) 可燃性液体环境 (环境中存在如柴油、润滑油、变压器油等可燃性液体物质);

(2) 可燃性粉尘环境 (环境中存在如铝粉、焦炭粉、合成树脂粉等粉尘);

(3) 可燃性固体环境 (环境中存在如煤、焦炭、木柴等固体物质)。

10. 噪声环境 (防噪声) 噪声环境分类:

(1) 工厂机械振动噪声 (如电机运行、齿轮转动、球磨机工作所产生的噪声);

(2) 工厂气体动力噪声 (如鼓风机气流、内燃机运转、储气罐排气所产生的噪声);

(3) 工厂电磁性噪声 (如电机、变压器磁路所产生的噪声);

(4) 交通噪声;

(5) 生活噪声。

11. 辐射环境 (防放射性物质) 辐射环境分类:

(1) 工业、矿山放射性环境;

(2) 民用放射性环境。

上述十一类环境条件中, 前六类为一般类型环境条件, 后五类为特殊类型环境条件。按说化学活性物质环境条件应列于特殊类型, 但由于全球性环境污染, 腐蚀现象普遍存在, 只是程度不同而已, 故列于一般类型之中。对在特殊类型环境条件中使用的产品, 必须全面考虑前六类环境条件的相应要求, 以符合环境条件协调组合使用的原则。

第三节 环境技术在国民经济中的地位及其重要性

对环境防护技术, 诸如对电气设备的防气候、防爆和防腐等问题, 有关工程设计、安装、运行和维修人员, 一定要从环境工程的高度来加以思考和认真对待。

研究环境技术的根本目的是为了提高产品的环

境适应性, 保证产品运行的可靠性、持续性、安全性, 进而减少运行中的维修费用, 降低产品的社会成本或替代进口并增加出口, 最终提高产品的综合经济效益。

我国环境技术工作者, 对大中型化工、石油、

石油化工、冶金、轻工、纺织、医药、电力、建材、军工等工业企业的机械、电气、仪表装置提出应具有“五性”要求。即为了满足这类工业企业的正常运行需要，对机械、电气、仪表装置应具备高度的或适度的安全性、可靠性、适应性、连续性和经济性。这“五性”是相互关联、互为依存的，但可靠性和适应性至关重要。有了可靠性和适应性，才能保证安全性、连续性和经济性。而且可靠性和适应性相互关系紧密。国内外一些环境工程科研机构 and 学术团体早已设置了可靠性分支机构，而一些可靠性技术专门机构正在研究环境保证技术，因为他们深刻认识到，不考虑环境因素，可靠性就不能实现。

所谓可靠性是指产品在规定条件下和规定的时间内（或规定动作次数内）完成规定功能的能力。所谓规定的条件包括负载条件、贮存运输条件和环境条件，适应性主要是指产品对环境因素（温度、湿度、气压、振动等）的适应能力，是针对规定的环境条件而言的，即要求产品在规定的条件下

能正常工作。适应性技术目前在“能否适应环境条件”的概念上还只能定性描述，而可靠性技术则可以作定量描述。例如对产品的可靠性可以用可靠度来权衡。所谓可靠度是指产品在规定的条件下和规定的时间内（或规定的动作次数内）完成规定功能的概率。例如对可修复的产品可用平均无故障间隔时间（MTBF）来说明其可靠性程度。对不可修复的产品可以用失效前的平均工作时间（MTTF）来说明其可靠性。这种平均寿命就是随机数学中的数学期望值。为了说明产品质量的稳定性，可靠性技术还利用随机数学中的方差值来说明其定量特征。

要保证产品的适应性，对产品必须采取环境防护技术保证对策。例如对各类在爆炸危险环境中运行的电机、电器，应按防爆规程、标准的要求，采取隔爆、增加安全、无火花等环境保护措施，以首先确保产品的适应性，最终达到安全、可靠、连续、经济运行的目的。

第四节 采用防腐电工产品的经济意义

如前所述，对大中型化工、石油化工、冶金、轻工、纺织、电力、建材等工业企业中的机械、电气、仪表装置，要求其具有高度的或适度的安全性、可靠性、适应性、连续性和经济性，采用防腐机、电、仪产品的着眼点是解决工业设备的适应性问题，归根到底还是一项经济问题。采用适应于化学腐蚀性物质释放严酷度的机、电、仪产品，才能保证生产装置的安全、可靠、连续运行，保证设备寿命延长、检修周期拉长、维护检修费用降低、停产损失减少，从而保证化学产品优质合格。其综合经济效益是不言而喻的。

腐蚀是设备正常、经济、可靠运行的隐患。据国外统计资料说明，由于腐蚀造成的经济损失约占全年国民生产总值的3%左右，全世界每年的腐蚀损失达7000亿美元。我国因腐蚀造成的经济损失每年达200~300亿元。据有关方面统计，我国每年有数以万吨计的钢材被腐蚀掉。由于我国化学工艺泄漏较严重、设备环境适应性性能较差，化学装置停车事故频繁，由于停产而造成的直接、间接损失都是惊人的。例如南方某中型氮肥厂，近年来由于高、低压开关装置防腐、防凝露性能差，陆续烧毁高低压断

路器数十台，直接损失数十万元，间接损失上百万元（一般间接损失是直接损失的5倍）。某些氯碱厂的开关电器，爬电、漏电现象格外严重，对有的按钮要用木棒来操作；对有些起动机宁肯牺牲热继电器的保护性能，将起动机浸没在充有变压器油的箱体中来保证工艺设备的运转。电动机经常由于绝缘降低而烧毁，有的化工厂的电工称不防腐电机为“烧鸡”。即使电机一时未被烧毁，但在电机停车时，就必须用灯泡烘烤，直至下次开车，因此电工又常称这些电机为“灯泡电机”。许多化工厂不采用防腐灯具，常用剪断灯头线的办法来更换灯头锈死的灯泡。车间电缆线路、配管线路和架空明设线路腐蚀尤为严重；电缆电线短路、高压架空线污闪事故时有发生；避雷设施和接地系统的完好率尤其低下。许多化工厂机电设备上的铭牌运行一两年之后字迹模糊，连电动机的型号、功率大小都无法辨认。

普通型式的电动机用于户外场所（多数兼具轻腐蚀或中等腐蚀条件）时，有些化工厂往往用钢板或塑料板制作一个外罩防雨。但实际上用这种方法仍不能防止电动机受潮，且会造成散热困难，对电动机的正常运行造成不良影响。

采用防腐蚀(户内或户外防腐型)电工产品后,就能取得显著的效果。例如,常州化工厂、云南磷肥厂、冷水江碱厂等推广采用防腐电工产品后,电气设备运行形况有明显改进。云南磷肥厂电气负责人称,电气设备防不防腐情况明显不一样。又如上海吴泾化工厂尿素车间某腐蚀较严重的岗位,于60年代末试用了一台8号机座的防腐型电动机,其运行效果与同一岗位普通电动机形成了鲜明的对照。此台防腐型电动机运行十多年之后,仍保持较高的绝缘水平,电动机的外壳及紧固件等均保持完好。此后凡有人前往参观,操作电工就主动向参观者推荐这种电动机,赞扬它的防腐性能,对此产品表示完全的信任。

防腐型低压电器(如按钮、电磁起动器及组合式电动机起动装置等)在不少化工厂腐蚀场所运行,也在防腐蚀、防潮、防水、防尘等方面显示出良好的性能,取得了用户的好评。

由于我国过去不能大量生产防腐型电工产品,因此从70年代起,大举引进不少成套工艺和机电设备,而且不断重复引进。单就山西某化肥厂复合肥料一个装置而言,电气设备花费外汇约500万美元。这种局面直到80年代才有所改善。目前各种类型的防腐电工产品已逐步转入成批生产,品种也渐趋多样化,已能初步满足使用部门的要求。

在化学腐蚀环境中,要创立优秀的电气工程设计,正确选用防腐电工产品是最佳选择。

第二章 腐蚀的基本原理

第一节 化学腐蚀的分类

腐蚀科学是一门涉及群多学科的边缘科学，它涉及化学、物理、力学、生物学等等范畴。腐蚀是材料在环境作用下的破坏和劣化的统称。过去仅局限于金属，现今随着非金属材料的发展和应用，已将腐蚀定义扩大到所有的材料（包括非金属和金属）在环境作用下的破坏和劣化。

工厂企业中电工产品的腐蚀大致上分化学活性物质（气体或液体）的化学腐蚀与电腐蚀。本手册将着重讨论化学腐蚀及其带来的问题，有关电腐蚀请参阅其它有关文献。

电工产品大量采用铁、铜、铝等金属材料，故本手册以金属腐蚀作为主要叙述对象。另一方面，许多绝缘材料使用着塑料、橡胶等非金属材料，其中，尤其是电线、电缆的绝缘和护层，目前正广泛应用着聚乙烯、橡胶、聚氯乙烯等非金属材料，又由于电缆电线深入到工厂企业各个角落，可能遇到各种各样的化学物质，如遇到苯类、酮类等溶剂，就会受到损害。诸如此类非金属材料受腐蚀损害的

现象，也应受到电气工作者的重视。

腐蚀分干腐蚀和湿腐蚀两类。

1. 干腐蚀

干腐蚀是指环境中没有液相或凝露现象存在而产生的腐蚀，腐蚀剂通常是蒸气和气体。干腐蚀发生在金属与介质相接触的界面上，腐蚀时没有电流产生，干腐蚀往往与高温联系在一起，如硫酸工业中沸腾炉炉气对余热锅炉炉管的高温腐蚀就是一例；钢材在轧制过程中表面生成一层氧化薄膜，也是实例之一。

2. 湿腐蚀

湿腐蚀是指有液体存在的腐蚀过程。湿腐蚀一定是在导电介质中进行的，并且伴有电流产生，因此又称电化学腐蚀。金属受天气的腐蚀属于湿腐蚀。

本手册所指的腐蚀，实际上是针对湿腐蚀而言的，腐蚀剂绝大部分是腐蚀性物质。

第二节 金属的腐蚀

（一）金属腐蚀的机理

金属的腐蚀是指金属在腐蚀环境中变成金属化合物的过程。金属的腐蚀与冶金是互逆过程。冶金是将金属化合物还原成金属的过程。用热力学的概念来分析，腐蚀是自由能降低的自发过程（由高势能变成低势能），冶金是自由能强制增高的急剧过程（由低势能变成高势能）。从金相上着眼，金属的腐蚀实际是金属结晶格子被破坏。

金属的腐蚀主要是由化学或电化学作用所导致的破坏或劣化，有时还伴随着机械、物理或生物作用。这些作用使金属失去其固有性能，如失去金属光泽、强度和延展性等。单纯物理作用引起金属的破坏或劣化，如某种金属在液态金属中的溶解不是

腐蚀过程。单纯的机械破坏，如金属的磨损也不属于腐蚀范围。

每种金属腐蚀的难易和腐蚀速度的差别与金属电极电位有关。所谓电极电位，通常是指金属的标准电极电位。所谓标准电极电位，是指将金属浸没在只含该金属的金属盐溶液中，溶液温度为 25°C ，离子浓度为 1mol/L 时的平衡电位。将各种金属按“标准电极电位”高低次序排列在一起，所形成的序列叫做金属电位序，又叫金属的电势序或金属的电化序，如表2-1所列。

从表2-1可以得知：

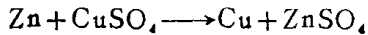
（1）电极电位的顺序反映金属的活性顺序，电极电位为负，而负数的绝对值越大的金属活性越大，活性大的金属，又称贱金属；电极电位为正，

表 2-1 金属的标准电极电位 (电化序)

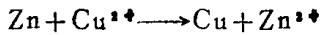
[illegible]

而正数的绝对值越大的金属惰性越大，惰性大的金属，又称贵金属。

(2) 活性大的金属都能够置换活性小的金属，如：



即



(3) 在存在水分的情况下，如有两种不同的金属相接触，便形成一个腐蚀电池，电极电位低的金属为电池的阳极，加速了其自身的腐蚀；电极电位相对较高的金属为电池的阴极，得到了保护。这是铁上镀锌而能使铁得到保护的道理。

(4) 电位高的金属总是取得电子还原为阴极，电位低的金属则失去电子氧化成阳极。换句话说，电极电位越低，氧化趋势越强；电极电位越高，则还原趋势越高。

一般来说，金属电极电位越低（或越负），越容易锈蚀，越高（或越正），则越不容易锈蚀。如表2-1中，锌比铁容易锈蚀，铝比铜容易锈蚀。但也有例外情况。如铝的电位比铁负，实际上铁比铝容易锈蚀。其原因乃是由于铝表面锈蚀后，很容易形成一层氧化层，使铝表面电极电位有所提高。

研究电化序还可以判断两种不同金属触头的腐蚀后果。两种不同金属相连接，在腐蚀性物质和水蒸气的共同作用下，形成电偶腐蚀，也就是电化学腐蚀。如铜导线与设备的接线柱（一般为铁螺栓）相连接，便形成一个微型原电池（简称微电池）。在这个原电池中，电极电位较负的铁螺栓为电池提供电子，其本身形成阳极；电极电位较正的铜导线从电池中取得电子，其本身形成阴极。铁是阳极，结果就被加速腐蚀。在加热炉的接线柱处，外接铜导线腐蚀剥落明显，乃是由于铁螺栓加速腐蚀后，使接触部位松脱，由于欧姆热形成的恶性循环，使得铜导线连接处产生高温腐蚀，也就是前面所提到的“干腐蚀”在起主导作用。从防腐蚀的角度考虑，在接线柱处采取密封和散热措施（如涂导电密封胶）是能奏效的。

在同一种金属材料中也会产生湿腐蚀，主要原因是一般说的金属并不是纯的；绝对的纯金属只是一个抽象概念，在客观中难于实现。工业锌中含有锌铁化合物（如 FeZn_2 ），碳钢本身就是一种铁碳合金（含有碳化铁 Fe_3C ），铸铁中含有石墨和其他杂质，所有这些非单一物质或结构上的不均一

性，加上金属表面水膜的存在，都可能形成腐蚀微电池。

在腐蚀电池中，阴极与阳极接通后，由于形成电流，因而两极电位发生变化，使两极电位差减小，金属腐蚀受阻，这种现象叫做极化。阴极电位向负的方向转移的现象叫做阴极极化，阳极电位变正的现象叫做阳极极化。阳极极化使腐蚀物尽快覆盖阳极表面，形成一层极薄而坚实的膜，使腐蚀逐渐减缓乃至于停顿，其电位与铂、金接近，这种现象叫做钝化。也可以使用缓蚀剂，使金属得到钝化。

不同杂质对金属产生的影响不同。如锌中的铜、铁、锡、镉等杂质能加速锌的腐蚀，而杂质铝和铅能减缓锌的腐蚀。钢中加入铬、铝、硅等元素或促进钝化的阴极元素（如加入铜），均能提高钢的耐蚀性，硫对钢起促进钢的锈蚀作用。

(二) 环境因素对金属腐蚀的影响

气候环境中的湿度对金属的腐蚀密切相关，相对湿度在金属腐蚀过程当中起要害作用。相对湿度大于50%时，金属的表面将附有 $0.001 \sim 0.01 \mu\text{m}$ 厚的水膜，其厚度将随相对湿度的增大而增加；当相对湿度接近饱和时，水膜可达几十微米，使金属腐蚀加剧。

必须指明，金属表面的水膜厚度超过一定数值（如 0.5mm ）时，腐蚀速度不再随水膜厚度的增加而变化，因为电化学腐蚀所需的氧气这时已供给不足了。

当空气相对湿度达到一定数值时，金属表面的水膜厚度增大，电化学腐蚀速度突然加快。此时的相对湿度对某种金属而言，为其临界相对湿度。一般金属的临界腐蚀相对湿度为：

铜	80%；
铁	70%~75%；
锌、镍	65%~70%；
铝	70%~80%。

当湿度超过金属的临界腐蚀相对湿度时，其腐蚀速度将成倍增加。

在相同的相对湿度条件下，温度较高的地区，空气中水蒸气含量比温度较低的地区显然较大。

我国青藏高原地区，相对湿度一般都很低，例如地面为盐壳组成的察尔汗盐湖地区，由于相对湿度大于60%的天数只有3天，大于40%的共28天，一年之内相对湿度小于30%的天数达260天，因而金属