

张康夫 黄本元 王余高 王—建 编

暂时防锈手册

Handbook of Temporary Rust Prevention



化学工业出版社

张康夫 黄本元 王余高 王—建 编

暂时防锈手册

Handbook of Temporary Rust Prevention



化学工业出版社

· 北京 ·

前言

金属表面的腐蚀产物称之为“锈”，而金属制品在加工、储存、运输过程中的防锈则称为“暂时防锈”，“暂时防锈”又称为“暂时保护防腐蚀”。这里，“暂时”并不是指防锈期限，而是指经过一定时间后即能去除。金属表面的镀层、涂层等，虽然亦可用于防止金属表面腐蚀，但却不属“暂时防锈”，因为它们是属在使用前不用去除的一类。

防锈包装是包装类标准中的一类，即为以防锈为目的的包装方法，用于金属制件在储存、运输过程中的防护。由于包装也有可去除的内涵，所以防锈包装也属暂时防锈；但它却不包括金属制件在加工过程中的防锈，所以本手册也没有采用“防锈包装”作为书名。

暂时防锈作为金属腐蚀与防护专业的一个分支，国内起源于 20 世纪中期。1957 年华保定、沈行素翻译的《中性介质缓蚀剂》，推动了以亚硝酸盐为代表的无机盐类缓蚀剂在金属加工和储运中的应用。1960 年华保定撰写的《机件在加工和储藏过程中的防锈》，为国内最早公开出版的专业图书。1965 年周静好、李少正又将同期相关的美军标准、日本标准翻译整理成册。接着，武汉材料保护研究所又按上述标准制定了《防锈材料试验方法标准》（即“FS 标准”）。1964 年前后，石油系统也组织了专业技术人员，翻译了有代表性的美国、日本、前苏联、英国等国的文献，并陆续刊登在《石油译丛（油气加工）》期刊上。在此期间，各机械工业部又相继举办了各种交流会、短训班。1965 年秋，国防科工委在南京召开了由各机械部、局、石油部、商业部、中科院系统的 400 多人参加的交流会，至此，“暂时防锈”已发展为一个独立的分支。

受航空工业部的委托，1980 年由 301 所组织编写了《防锈、包装、封存手册》，并于 1982 年作内部资料发行；1990 年经大量删减后，出版了《机电产品防锈包装手册》，由航空工业出版社发行。2004 年再次作重大修订，改名为《防锈材料应用手册》，由化学工业出版社出版发行。

随着经济全球化的深入，作为机械制造的大国，我国机械产品的不断升级，对“暂时防锈”也提出了愈来愈高的要求，市场对其中的中、高档产品的需求量日益增加。在创新中求生存，在竞争中谋发展，已是当务之急。为此，我们对这本手册进行第三次大的修改，除了适时地采用最新的相关标准之外，在内容上也作了增删，形成这本《暂时防锈手册》，以期更适应于市场的需求。

本书中的金属腐蚀、大气腐蚀和表面活性剂部分，是暂时防锈的基础理论。本书中的其它各章，都以相关的标准为主并加以延伸；因为标准的制定、确认、改正的过程，既反映了

市场的需求，又反映了技术的发展。与暂时防锈相关的标准，包括名词术语、通则、分类、材料、工艺、试验方法与装置等。作为一个专业分支，这些相关标准之间，应层次分明、分工明确又相互协调，并构成一套完整的标准体系。在本书编写中，之所以选择日本 JIS 系标准为主，一是 JIS 标准在暂时防锈中，已构成一个体系，二是其内容又大致与美军 MIL 标准同步，可以作为发达国家标准的代表。

在相关的各章节中，手册还收集了国外品牌公司的相关产品，其中包括各类添加剂、复合添加剂、成品及工艺装备等，希望能为创新起到积极作用。国外品牌本土化的深入和国内产品不断的创新、升级已是大势所趋，可以预期国内与暂时防锈相关的工艺与产品，将会逐渐地融入国内的中、高档市场的竞争中。

在各章后面都注明了相关的参考文献，其中亦不乏国内早期有影响的经典之作，这既可方便读者直接查阅、核对，同时也借此机会表达对前辈的怀念和敬意。

感谢化学工业出版社又给了笔者一次整理最新发达国家标准的机会，并通过标准的演变又加深了对标准的理解。由于标准原文都十分精辟，所以在各章中都加以适当评议、延伸，这其中不免会有片面、甚至失当之处，希望能得到朋友们的指点，以期达到更多的共识，并为今后暂时防锈的创新与发展起到积极作用。

本手册由张康夫、黄本元、王余高及王在建编写。贺恒松参与了本手册第 4、5、6 章的编写。

在手册的多次整理过程中，王秀容、陈孟成、萧怀斌、罗永秀、吴正前、王翠莲等都付出过艰辛的劳动，在这里致以深切的谢意。

在本手册编写过程中，承蒙杭州五源科技实业有限公司、南京优耐特添加剂研究所的关切与支持，在此也一并表示感谢。

张康夫

2010 年 10 月 12 日

目 录

第 1 章 大气腐蚀与防护	1
1.1 金属腐蚀	1
1.2 大气腐蚀	10
1.2.1 工业大气腐蚀	13
1.2.2 海洋大气腐蚀	16
1.2.3 大气环境腐蚀性分类	17
1.3 有机气氛对金属的腐蚀	19
1.4 防止大气腐蚀的方法	23
1.4.1 金属材料的合理选用	24
1.4.2 防止接触腐蚀	26
1.4.3 镀层和化学覆盖层的选择和应用	26
1.4.4 涂料防腐蚀	42
1.5 暂时防锈技术	47
附录 1 各类金属材料简介	48
参考文献	52
第 2 章 防锈包装概要	54
2.1 防锈包装标准	54
2.2 防锈包装术语	56
2.3 包装方法的种类	57
2.4 防锈包装方法	58
2.4.1 概述	59
2.4.2 清洁方法	60
2.4.3 清洁度的确认	62
2.4.4 干燥方法	62
2.4.5 防锈材料的选用	63
2.4.6 使用防锈处理材料后必要的包装材料	68
2.4.7 包装方法	69
2.5 清洁度等有关的试验方法	71

2.6 防锈包装标示及其他	72
2.7 国内外有关防锈标准的使用说明	78
2.7.1 与防锈包装相关的部分国家标准及行业标准	78
2.7.2 与防锈包装相关的日本工业规格	79
2.7.3 防锈包装标准综述	82
附录 2-1 GB/T 4879—1999 防锈包装	84
附录 2-2 JIS B 1517—1984 滚动轴承包装 (2005 确认)	88
附录 2-3 MIL-STD-2073-1D: 1999 美国国防部军用包装标准 (部分)	91
参考文献	98

第 3 章 表面活性剂 99

3.1 概述	99
3.1.1 表面活性剂的概念及其在暂时防锈中的应用	99
3.1.2 表面活性剂的分类	100
3.2 表面活性剂的性质和功能	103
3.2.1 临界胶束浓度	103
3.2.2 胶束形状、大小	106
3.2.3 增溶度	109
3.2.4 浊点	111
3.2.5 三相点	112
3.2.6 亲水亲油平衡值	113
3.2.7 钟形曲线的应用	117
3.2.8 润湿、乳化、增溶、起泡	118
3.3 Pluronic 聚醚表面活性剂	121
3.3.1 Pluronic 聚醚的基本性能	121
3.3.2 全嵌段 Pluronic 聚醚	124
3.3.3 杂嵌段 Pluronic 聚醚非离子表面活性剂	125
3.3.4 全杂嵌段 Pluronic 聚醚	125
附录 3-1 表面活性剂部分名词术语 (摘自 GB 5327—85)	126
附录 3-2 部分表面活性剂产品	131
附录 3-3 部分相关的无机、有机化工原料	143
参考文献	147

第 4 章 清洗与干燥 148

4.1 金属表面的污物	148
4.1.1 油脂类污物	149
4.1.2 矿物油类污物	150
4.1.3 水溶性污物	150
4.1.4 固体微粒污染物	151
4.2 清洗用介质	151
4.2.1 有机溶剂清洗	152

4.2.2 水基清洗剂	163
4.2.3 水基金属清洗剂标准	170
4.3 清洗工艺及设备	173
4.3.1 清洗工艺的确定	173
4.3.2 精密机械清洗工艺简介	176
4.3.3 清洗设备	177
4.4 清洁度标准与检测	182
4.5 干燥	184
4.5.1 干燥工艺对清洗液的要求	184
4.5.2 干燥方法	185
附录 4-1 水基金属清洗剂 (JB/T 4323.1—1999, 摘录)	185
附录 4-2 飞机外表面水基清洗剂规范 (GJB 5974—2007, 摘录)	187
附录 4-3 通用净洗剂 (液体, 非离子) 军用标准 (MIL-D-16791G, 摘录)	188
附录 4-4 金属在酸中的腐蚀情况及其在酸性介质中的缓蚀剂	193
参考文献	202

第 5 章 中性介质缓蚀剂与水性防锈剂 203

5.1 中性介质缓蚀剂	204
5.1.1 中性介质缓蚀剂的分类	204
5.1.2 常用的中性介质缓蚀剂	205
5.1.3 中性介质缓蚀剂在液压传动液、水处理剂和汽车冷却液中的应用	208
5.2 涂覆用水性防锈液	213
5.2.1 RB 种水性防锈剂	214
5.2.2 RH 种水性防锈剂	215
5.2.3 RM 种水性防锈剂	216
附录 5 MIL-C-40084B 水乳化油防腐剂 (1980.7.1)	219
参考文献	221

第 6 章 金属加工油、液 223

6.1 金属加工油、液分类	224
6.2 MH 系油基加工液	226
6.3 MA 系水基加工液	230
6.4 金属加工油、液的应用	234
6.4.1 金属加工液的使用范围	234
6.4.2 切削液	236
6.4.3 塑性成形加工液	244
6.4.4 金属非切削 (塑性) 加工用润滑剂	246
6.5 金属加工油、液的维护	256
6.5.1 金属加工油、液使用中的故障排除	256
6.5.2 水基切削液的防腐败与净化	259
6.6 切削液的安全与环保	262

6.6.1	切削液的安全、环保及处理	262
6.6.2	皮肤疾患及呼吸器官损伤	263
6.6.3	切削液的废液处理	264
6.7	国内相关的水基加工液的标准	267
附录 6-1	美军规格 MIL-C-46113B (MR) 透明切削液浓缩物	269
附录 6-2	国外部分添加剂公司产品汇总	272
参考文献		295

第 7 章 油溶性缓蚀剂与防锈油 297

7.1	油溶性缓蚀剂	297
7.1.1	油溶性缓蚀剂的作用	297
7.1.2	各种油溶性缓蚀剂	298
7.1.3	油溶性缓蚀剂的性能试验	308
7.2	防锈油品的基础油	310
7.2.1	润滑油	310
7.2.2	溶剂油	314
7.3	防锈油品的辅助材料	315
7.3.1	成膜剂	315
7.3.2	抗氧剂	320
7.3.3	其他辅助材料	321
7.4	各种防锈油品	321
7.4.1	防锈油品的分类和规格	321
7.4.2	防锈油的种类及指标	325
7.5	防锈油的选择	328
附录 7-1	润滑油的性能术语与理化指标	342
附录 7-2	与防锈油品相关的十个美军 MIL 标准	344
参考文献		352

第 8 章 气相防锈材料 353

8.1	气相防锈材料的几种形式	353
8.2	气相防锈剂	354
8.3	气相防锈纸	357
8.3.1	气相防锈纸的用语	357
8.3.2	气相防锈纸标准	357
8.4	气相防锈薄膜 (VCIF)	363
8.5	气相防锈材料的选用通则	366
附录 8-1	GB/T 14188—93 气相防锈包装材料选用通则	367
附录 8-2	MIL-I-8574E (1985) 军用规范 (美国) 气相缓蚀剂应用	371
参考文献		376

第 9 章 可剥性塑料 377

9.1 可剥性塑料的特点和分类	377
9.2 热浸型可剥性塑料	378
9.2.1 热浸型可剥性塑料的分类	378
9.2.2 热浸型可剥性塑料的质量指标	378
9.2.3 热浸型可剥性塑料的特点	379
9.2.4 热浸型可剥性塑料的主要成分	380
9.2.5 热浸型可剥性塑料的配方及配制	381
9.2.6 热浸型可剥性塑料的涂覆方法	382
9.3 溶剂型可剥性塑料	385
9.3.1 溶剂型可剥性塑料的分类	385
9.3.2 溶剂型可剥性塑料的质量指标	385
9.3.3 溶剂型可剥性塑料的特点	386
9.3.4 溶剂型可剥性塑料的主要成分	386
9.3.5 溶剂型可剥性塑料的配方及配制	387
9.3.6 溶剂型可剥性塑料的涂覆工艺及应用	388
参考文献	389

第 10 章 内包装用材料和干燥剂 390

10.1 内包装材料分类及技术要求	390
10.1.1 耐油性内包装材料	390
10.1.2 非耐油性内包装材料	393
10.1.3 特种用途的内包装材料	394
10.1.4 国内相关的内包装材料标准	394
10.2 包装用塑料薄膜	395
10.3 缓冲材料	399
10.4 干燥空气封存与干燥剂	401
10.4.1 干燥空气封存	401
10.4.2 干燥剂	404
附录 10 各种包装形式简介	410
参考文献	424

第 11 章 防锈材料试验方法 426

11.1 防锈材料百叶箱试验方法	426
11.1.1 设备、仪器和材料	427
11.1.2 百叶箱的放置	429
11.1.3 试样的制备	429
11.1.4 试样的标记	429
11.1.5 试验程序	429
11.1.6 试验结果的评价	430
11.1.7 试验报告	430
11.2 防锈油脂主要试验方法	430

11.2.1	防锈油脂种类试验项目	430
11.2.2	防锈油脂试验试片制备法 [SH/T 0218—1993 (2004)]	432
11.2.3	防锈油脂试验试片锈蚀度试验法 (SH/T 0217—1998)	435
11.2.4	防锈油脂防锈试验试片锈蚀评定方法 (SH/T 0533—1992)	436
11.2.5	防锈油脂湿热试验法 (GB/T 2361—1992)	437
11.2.6	防锈油盐水浸渍试验法 (SH/T 0025—1999)	438
11.2.7	防锈油脂蒸发量测定法 [SH/T 0035—1990 (2006)]	440
11.2.8	防锈油水置换性试验法 [SH/T 0036—1990 (2006)]	441
11.2.9	防锈脂吸氧测定法 [SH/T 0060—1991 (2006)]	443
11.2.10	防锈油干燥性试验法 [SH/T 0063—1991 (2006)]	447
11.2.11	防锈油脂腐蚀性试验法 [SH/T 0080—1991 (2006)]	448
11.2.12	防锈油脂盐雾试验法 [SH/T 0081—1991 (2006)]	450
11.2.13	防锈油脂流下点试验法 [SH/T 0082—1991 (2006)]	452
11.2.14	防锈油耐候性试验法 [SH/T 0083—1991 (2000)]	454
11.2.15	溶剂稀释型防锈油油膜厚度测定法 [SH/T 0105—1992 (2006)]	456
11.2.16	防锈油人汗防蚀性试验法 [SH/T 0106—1992 (2006)]	458
11.2.17	防锈油人汗洗净性试验法 (SH/T 0107—1992)	459
11.2.18	防锈油脂低温附着性试验法 (SH/T 0211—1998)	461
11.2.19	防锈油脂除膜性试验法 [SH/T 0212—1998 (2004)]	462
11.2.20	防锈油脂分离安定性试验法 (SH/T 0214—1998)	466
11.2.21	防锈油脂沉淀值和磨损性测定法 [SH/T 0215—1999 (2005)]	467
11.2.22	防锈油喷雾性试验法 [SH/T 0216—1999 (2005)]	469
11.2.23	防锈油脂包装贮存试验法 (百叶箱法) [SH/T 0584—1994 (2004)]	470
11.2.24	气相防锈油试验方法 (SH/T 0660—1998)	472
11.2.25	防锈油脂加速凝露腐蚀试验方法 (JB/T 3206—1999)	477
11.2.26	防锈油膜抗热流失性试验方法 (JB/T 4216—1999)	479
11.2.27	防锈油长期叠片腐蚀试验 (SH/T 0692—2000 附录 A)	481
11.2.28	透明性试验方法 (SH/T 0692—2000 附录 B)	482
11.2.29	内燃机油氧化安定性 (SH/T 0692—2000 附录)	482
11.3	气相防锈材料试验方法	485
11.3.1	气相防锈纸试验方法 (QB 1319—1991)	487
11.3.2	气相防锈 (粉、片) 剂试验方法 (JB/T 6071—1992)	491
11.3.3	气相防锈塑料薄膜试验方法 (JB/T 6067—92)	493
11.4	水基金属清洗剂试验方法	495
11.4.1	金属试片 (QB 2117-5.1)	495
11.4.2	试液的制备 (QB 2117-5.2)	496
11.4.3	外观检查 (QB 2117-5.3)	496
11.4.4	pH 值的测定 (QB 2117-5.4)	496
11.4.5	净洗力的测定 (QB 2117-5.5)	496
11.4.6	腐蚀性试验 (QB 2117-5.6)	498
11.4.7	防锈性试验 (QB 2117-5.7)	499

11.4.8	泡沫性能试验 (QB 2117-5.8)	499
11.4.9	高、低温稳定性试验 (QB 2117-5.9)	499
11.4.10	水分及挥发物的测定 (QB 2117-5.10)	500
11.4.11	漂洗性能试验 (QB 2117-5.11)	500
11.4.12	检验规则	500
11.4.13	标志、包装、运输、贮存	501
11.5	金属加工用油 (液) 试验方法	501
11.5.1	乳化液试验方法	504
11.5.2	合成切削液试验方法	508
11.5.3	微乳化切削液试验方法	510
11.5.4	水基材料防锈试验方法 (铸铁粉末法)	511
11.5.5	金属切削油 (液) 模拟台架评定试验	512
	参考文献	515

第 12 章 暂时防锈工艺应用 517

12.1	产品设计中的腐蚀控制	517
12.1.1	环境条件	517
12.1.2	结构设计	524
12.1.3	材料选择	526
12.1.4	金属腐蚀与预防	533
12.1.5	表面防护	533
12.1.6	采用有效的防护包装	534
12.2	工序间防锈	536
12.2.1	工序间产生锈蚀的基本原因	536
12.2.2	预防工序间锈蚀的主要方法	536
12.2.3	工序间防锈的一般要求	536
12.2.4	防锈处理的工艺要点	538
12.2.5	防锈材料的技术要求	540
12.3	机械制品防锈包装工艺技术条件举例	540
12.3.1	轴承防锈、包装工艺概要	540
12.3.2	重型机械防锈、包装工艺概要 (参照 JB/ZQ 4001)	544
12.3.3	汽车防锈、包装工艺	551
12.3.4	光学仪器防霉、防雾、防锈技术要求 (参照 ZB Y 251)	565
12.3.5	有关行业防锈技术条件及工艺规范	566
12.4	仓库防锈	567
12.4.1	露天库防锈工艺	567
12.4.2	仓库防锈	569
12.4.3	洞库的防潮及防锈	571
12.5	锈蚀的鉴别与除锈	571
12.5.1	锈蚀的鉴别	571
12.5.2	除锈	574

参考文献	582
第 13 章 清洁生产与环境友好	583
13.1 清洁生产	583
13.2 环境友好	584
13.2.1 环境友好润滑剂的生态标志	584
13.2.2 润滑剂的生物降解	585
13.2.3 润滑剂生物降解性评估方法	588
13.2.4 润滑剂的毒性评估	589
13.2.5 环境友好润滑剂的应用	591
参考文献	592

表 目 录

第 1 章 大气腐蚀与防护	1
表 1-1 金属腐蚀分类	1
表 1-2 防锈、防腐蚀中一般术语 [摘自 JIS Z 0103—1996 (2006 年确认)]	2
表 1-3 各种腐蚀类型举例	4
表 1-4 航空产品腐蚀故障分析实例	6
表 1-5 大气腐蚀与金属表面水膜厚度的关系	11
表 1-6 露点和湿度的定义	11
表 1-7 湿度的测量	12
表 1-8 大气中不同成分对金属腐蚀的影响	14
表 1-9 海水的组成	17
表 1-10 海平面附近清洁的干燥空气的成分	17
表 1-11 离海岸距离不同时, 空气中的氯离子和钠离子的含量	17
表 1-12 东南沿海各地盐雾沉降量年平均值 (以 NaCl 计)	17
表 1-13 有机材料对锌的气氛腐蚀	20
表 1-14 高分子材料对金属在 (1) 密封空间和 (2) 接触时的腐蚀作用	21
表 1-15 一些有机高分子材料的腐蚀作用	22
表 1-16 橡胶对金属在 (1) 密封空间和 (2) 接触时的腐蚀作用	22
表 1-17 防止大气腐蚀的方法	23
表 1-18 金属的耐蚀性	24
表 1-19 易引起应力腐蚀而破裂的环境	25
表 1-20 热处理影响耐蚀性能的举例	26
表 1-21 关于连接结构的金属合金和防护方案的使用指南 (摘自 MIL-STD-899B; 使用条件: 海水、海洋大气及工业大气)	27
表 1-22 推荐的保护处理方案顺序 (摘自 MIL-STD-899B 附录 A)	28
表 1-23 双金属接触腐蚀的等级 (摘自英 BS PD 6484)	30
表 1-24 不同材料和镀覆层相互接触时接触腐蚀的等级 (摘自 HB 5033)	31
表 1-25 镀覆层使用条件的分类	32
表 1-26 钢铁表面镀覆层选择原则	32
表 1-27 铜及铜合金表面镀覆层选择原则	32

表 1-28	铝及铝合金表面镀覆层选择原则	32
表 1-29	镁合金表面两种防护层特性	33
表 1-30	钛及钛合金表面镀覆层选择原则	33
表 1-31	钢基体表面镀覆层的应用及特性	33
表 1-32	铜及铜合金表面镀覆层的应用及特性	38
表 1-33	铝及铝合金表面镀覆层的应用及特性	40
表 1-34	镁合金表面镀覆层的应用及特性	42
表 1-35	涂料类别、代号与主要成膜物质 (摘自 GB/T 2705)	43
表 1-36	辅助材料分类表 (摘自 GB/T 2705)	43
表 1-37	涂料基本名称代号表 (摘自 GB/T 2705)	44
表 1-38	各种涂料的性能及用途	44

第 3 章 表面活性剂 99

表 3-1	阴离子型表面活性剂分类	100
表 3-2	阳离子型表面活性剂分类	101
表 3-3	非离子型表面活性剂分类	101
表 3-4	两性表面活性剂分类	102
表 3-5	水溶性高分子分类	102
表 3-6	影响表面活性剂 CMC 值的因素	104
表 3-7	各种羧酸盐的 CMC 值	104
表 3-8	非离子型乳化剂疏水基对 CMC 值的影响	104
表 3-9	各种乳化剂的 A 值和 B 值	105
表 3-10	各种烷基苯磺酸钠盐 CMC 值	105
表 3-11	硫酸根位置对十四烷基硫酸钠 CMC 值的影响	105
表 3-12	亲水基团对 CMC 值的影响	105
表 3-13	氧化乙烯亲水基对 CMC 值的影响	105
表 3-14	离子型表面活性剂的聚集数	107
表 3-15	非离子型表面活性剂的聚集数	108
表 3-16	氯化钠浓度对十二烷基硫酸钠聚集数和荷电分率的影响	108
表 3-17	影响表面活性剂增溶度的因素	109
表 3-18	不同表面活性剂对各种有机液体的增溶作用 (温度 25℃; 乳化剂浓度 0.1mol/L)	109
表 3-19	各种正烷基羧酸钾对乙苯的增溶作用 (25℃)	110
表 3-20	各种表面活性剂对极性有机液体的增溶 (温度 25℃; 乳化剂浓度 0.1mol/L) ...	110
表 3-21	$C_{13}H_{27}O-(CH_2CH_2O)_mH$ 的浊点	111
表 3-22	$CH_3-(CH_2)_{m-1}O-(CH_2CH_2O)_6H$ 的浊点	111
表 3-23	不同浓度 OP 类表面活性剂的浊点	112
表 3-24	烷基硫酸钠在水中的 Krafft 温度	113
表 3-25	表面活性剂的 HLB 值与其在水中的分散	114
表 3-26	HLB 值和浊点的关系	114
表 3-27	表面活性剂 HLB 值的求取	114

表 3-28	计算 HLB 值的基团常数	115
表 3-29	有机、无机性基团值	116
表 3-30	商品表面活性剂的 HLB 值	116
表 3-31	乳化各种介质所需要的 HLB 值	118
表 3-32	壬基酚聚氧乙烯醚降低水的表面张力、界面张力 (25℃)	119
表 3-33	油酸钠降低水的界面张力 (25℃)	119
表 3-34	部分表面活性剂的发泡性 (根据 Ross miles' 法测定, 0.1% 浓度, 30℃) ...	120
表 3-35	Pluronic 表面活性剂的 CMC 值 (25℃)	123
表 3-36	商品 Tergitol 的物性	125
表 3-37	全杂嵌段聚醚产品的物性	126

第 4 章 清洗与干燥 148

表 4-1	塑料的表面能	149
表 4-2	部分物质的溶解度参数 (SP) 值	153
表 4-3	部分溶剂的贝壳松脂丁醇值 (KB 值)	153
表 4-4	清洗用有机溶剂一览	154
表 4-5	金属清洗用溶剂的评估	154
表 4-6	120# 溶剂油、200# 溶剂油、航空洗涤汽油质量指标	155
表 4-7	清洗煤油技术标准 (JB 3034—82)	155
表 4-8	GB 253—2008 煤油的技术指标和试验方法	155
表 4-9	GB 1922—2006 油漆及清洗用溶剂油技术要求	156
表 4-10	特种溶剂油 (无味溶剂油) 系列	157
表 4-11	一元醇的性质	159
表 4-12	低水溶性一元醇的性质	160
表 4-13	五氟丙醇的物理性质	160
表 4-14	乙二醇及其衍生醚主要性质	160
表 4-15	酮类溶剂的性质	161
表 4-16	醚类溶剂性质	161
表 4-17	酯类溶剂的理化性质	161
表 4-18	松油的主要特性	162
表 4-19	萜烯类 (C ₁₀ H ₁₆) 理化性质	162
表 4-20	通用金属在碱溶液中的腐蚀情况 (17~22℃)	165
表 4-21	铝在碱性介质中的缓蚀剂	166
表 4-22	常用碱液清洗材料及其特性	167
表 4-23	金属在加工中表面残留污垢	173
表 4-24	ISO 4406—1987 (两位数系统)	183
表 4-25	颗粒计数结果示例	183
表 4-26	ISO 4406—1999 (三位数系统)	184
表 4-27	颗粒计数结果示例	184
表 4-28	清洗液对干燥要求的适应情况	184
附表 4-1	部分黑色金属用国产盐酸酸洗缓蚀剂及其应用条件	194

附表 4-2	几种盐酸酸洗缓蚀剂适用条件和对碳钢的缓蚀效果	194
附表 4-3	几种缓蚀剂对盐酸介质中 Q235 钢的缓蚀性	195
附表 4-4	硫酸酸洗缓蚀剂种类和应用条件范围	195
附表 4-5	几种硫酸酸洗缓蚀剂组分和使用条件及缓蚀效率	196
附表 4-6	主要的国产酸洗缓蚀剂一览表	196
附表 4-7	几种氢氟酸缓蚀剂的使用条件和缓蚀效果	197
附表 4-8	柠檬酸清洗液缓蚀剂使用状况和缓蚀效果	197
附表 4-9	国内近 10 年新研制的部分酸洗缓蚀剂	197
附表 4-10	国外引进的部分酸洗缓蚀剂	198
附表 4-11	酸洗缓蚀剂的组成和应用范围之间的关系	198
附表 4-12	氧化性酸及非氧化性酸溶液中铜腐蚀情况 (15℃, 24h)	199
附表 4-13	几种非氧化性酸中铜的腐蚀	199
附表 4-14	铜及其合金在硝酸、盐酸、硫酸中腐蚀情况 (酸溶液浓度 1%, 40℃)	200
附表 4-15	25%磷酸溶液中铜及其合金腐蚀情况	200
附表 4-16	氢氟酸的浓度、温度与 70Ni-30Cu 合金腐蚀速度的关系	200
附表 4-17	铜及铜合金在酸性介质中的缓蚀剂	200
附表 4-18	苯并三唑在各种酸性介质中对铜的缓蚀结果 (缓蚀率, %)	200
附表 4-19	铝和铝合金在酸性介质中的缓蚀剂	201
附表 4-20	锌在酸、碱溶液中的腐蚀速度	201
附表 4-21	锌在酸性介质中的缓蚀剂	202

第 5 章 中性介质缓蚀剂与水性防锈剂 203

表 5-1	缓蚀剂保护膜的特征	205
表 5-2	中性介质缓蚀剂按作用方式分类	205
表 5-3	常用的几种中性介质缓蚀剂	206
表 5-4	硼系、钼系缓蚀剂等	207
表 5-5	液压支架用乳化油、浓缩液及其高含水液压液的主要技术指标	209
表 5-6	影响聚合磷酸盐缓蚀效果的因素	211
表 5-7	防冻液中常用的缓蚀剂	213
表 5-8	GB 7631.6 中四种水基防锈材料	214
表 5-9	水溶性防锈剂	214
表 5-10	蜡乳化液 (防锈用) (摘自 MIL-W-3688B)	215
表 5-11	KATS 5080 汽车保护涂层特性	217
表 5-12	KATS 5080 喷涂要求和喷涂方法	217
表 5-13	KATS 8075 喷涂去除剂特性	218
表 5-14	KATS 8075 去除剂的使用	218

第 6 章 金属加工油、液 223

表 6-1	金属加工液润滑剂的分类 (GB/T 7631.5—89)	224
表 6-2	美国材料协会标准 ASTM D2881-2009 对金属加工润滑剂及其相关材料的分类	225
表 6-3	按性质和特性 MH 组产品分类 (GB 7631.5 附录 B 第 1 部分: 纯油)	226

表 6-4	GB 7631.5 (M 组) 中 MH 的组成、使用	227
表 6-5	油基切削液的成分举例	227
表 6-6	非水溶性加工用油剂的种类 (JIS K 2241)	228
表 6-7	非水溶性加工用油剂的类别和性能 (JIS K 2241)	228
表 6-8	非水溶性切削油剂试验项目 (摘自 JIS K 2241)	229
表 6-9	铜板腐蚀分类表	229
表 6-10	水基加工液的形态和组成	230
表 6-11	油珠大小与乳化液外观	230
表 6-12	GB 7631.5 (M 组) 中水基切削液组成、使用	230
表 6-13	按性质和特性的 MA 组产品品种分类 (GB 7631.5 附录 B 第 2 部分: 水溶液)	231
表 6-14	水基加工液原液的成分举例	231
表 6-15	JIS K 2241 水溶性加工用油的分类	232
表 6-16	JIS K 2241 水溶性加工用油的种类及性能	232
表 6-17	一般水基加工液的组成	233
表 6-18	水溶性切削油剂试验项目 (摘自 JIS K 2241)	233
表 6-19	JIS K 2241 以外的相关试验项目	233
表 6-20	按使用范围的 M 组产品品种分类 (GB 7631.5 附录 A)	234
表 6-21	金属加工润滑剂的种类、主要特性及应用场合	235
表 6-22	各类切削液的特性比较	236
表 6-23	油基与水基金属加工液的综合性能比较	236
表 6-24	水、油性能比较	237
表 6-25	在切削加工中各类油基的性能比较	238
表 6-26	在切削加工中各类水基的性能比较	239
表 6-27	可切削指数来划分材料的级别	240
表 6-28	国内用早期水基切削液配方	240
表 6-29	五种塑性加工对金属加工液的要求	245
表 6-30	石墨和非石墨两类润滑剂性能比较	246
表 6-31	锻造润滑剂应用中的名词	246
表 6-32	锻造润滑剂组分	247
表 6-33	冷挤压常用润滑剂组成及毛坯表面处理方法	248
表 6-34	有色金属冷挤压润滑剂	248
表 6-35	热挤压用的润滑剂	249
表 6-36	热轧液组分和用量	250
表 6-37	各种轧制润滑剂用油的耐热温度	250
表 6-38	不同组分的油膜强度	251
表 6-39	不同组分的摩擦系数	251
表 6-40	润滑组分对轧制压下率的影响	251
表 6-41	拉拔润滑剂的分类和应用	253
表 6-42	油性润滑剂的组成及性能	253
表 6-43	铜拉丝油 (Q/SH 039-02-007-86)	253