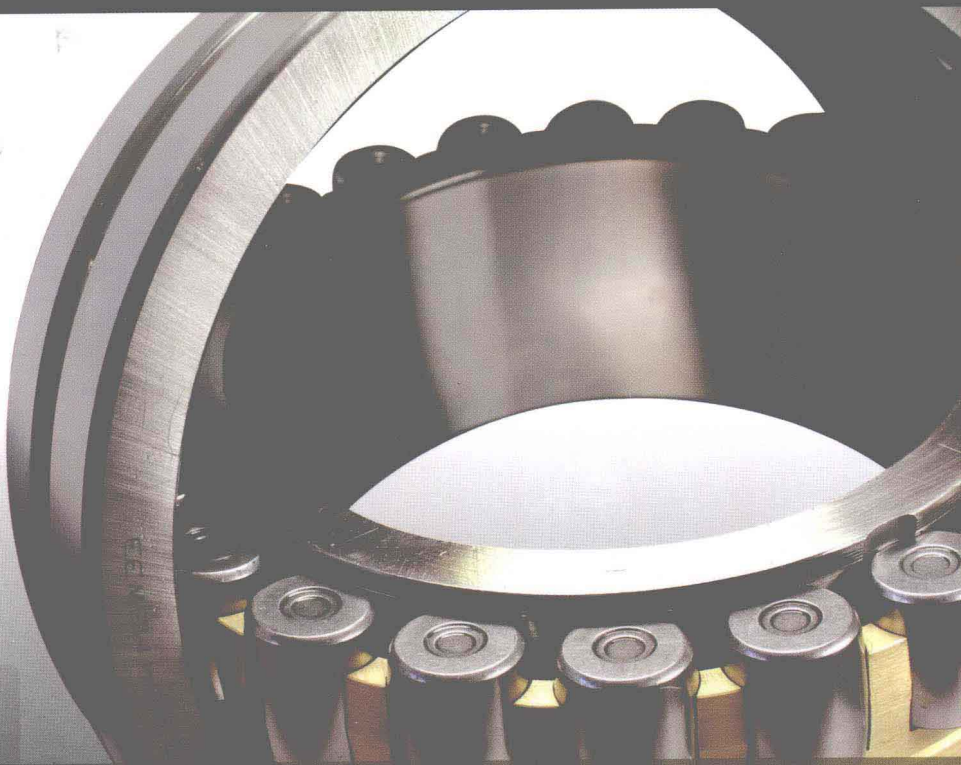


黄本元 许生福 王一键 张康夫 编著



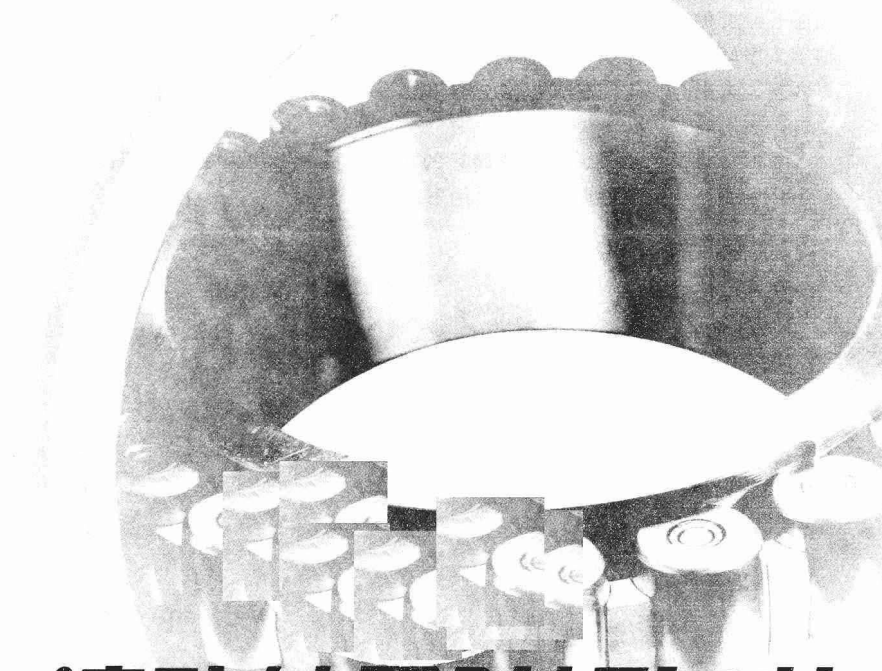
滚动轴承防锈包装

GUNDONG ZHOUCHENG
FANGXIU
BAOZHUANG



化学工业出版社

黄本元 许生福 王一建 张康夫 编著



滚动轴承防锈包装

GUNDONG ZHOUCHENG



化学工业出版社
· 北京 ·

轴承是十分重要的机械基础元件,滚动轴承因为其自身的强大优势已成为世界上通用性最广的标准机械基础件。本书面向滚动轴承相关行业人员,概述了必要的防锈知识,详细介绍防锈包装工艺及防锈包装管理要点,包括轴承工序间防锈、防锈包装前处理、润滑脂和封存防锈及包装材料,清洁度等内容。本书介绍中与各种国家标准和国际标准结合,并列举大量实际技术资料,实用性强。

本书适合机械制造、包装及储运的技术人员、操作人员参考阅读,也可作为大专院校相关专业师生的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

滚动轴承防锈包装/黄本元等编著. —北京:化学工业出版社, 2009.1

ISBN 978-7-122-04033-6

I. 滚… II. 黄… III. 滚动轴承-防锈包装 IV. TB485.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 169507 号

责任编辑:段志兵 王清显

装帧设计:周 遥

责任校对:王素芹

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 装:三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张 13 $\frac{1}{4}$ 字数 354 千字

2009 年 1 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: 38.00 元

版权所有 违者必究

前 言

轴承是一种十分重要的机械基础元件，是轴及其他旋转构件的重要支承。其工作原理是：在机械中支承轴，保持轴在机械运动中的正确位置，并承受轴所传递的力或力矩。通过承受力或力矩的传递，确保轴在机械运动中的正常工作状态和使用寿命。因此，轴承素有“机械关节”和“机械心脏”之称。

通常轴承作为机械基础元件，按其运动方式和结构形式可分为滑动轴承和滚动轴承两大类。中国古代有关轴承的发明及应用的记载，首先是有滑动轴承，而后逐步发展了滚动轴承。

由于滚动轴承的摩擦系数仅为滑动轴承的几十分之一到百分之一，并且使用、维护方便，支承结构简单、容易装拆，使用极其广泛，因而滚动轴承的发展已远远超过滑动轴承，并在许多领域逐步取代了滑动轴承。目前，世界上滚动轴承的品种规格已多达 15 万个，中国约为 2 万多个。

随着科技的发展，滚动轴承不仅在机械装备中被广泛应用，而且已渗透到国民经济的各行各业和人类日常生活之中。由于滚动轴承具有应用性和通用性的特性，因而滚动轴承是世界上通用性最广的标准机械基础元件。

正因为滚动轴承是机械装备的“关节”和机械转动的“心脏”，所以轴承工业成为机械基础元件产业的骨干行业。其发展水平的高低，往往代表或制约着一个国家机械工业和其他相关产业的发展水平。为此，滚动轴承被国家确定为Ⅱ类特定振兴机械产品之一。在国防中，滚动轴承也有着重要的作用，是必备的军储物资。

自 1978 年改革开放以来，国内轴承厂已由当时的 60 余家发展到 2007 年后的 2000 余家，产量也由 1.6 亿套发展到 90 亿套。其中出口轴承大致为 32.99 亿套/年，中国已成为轴承生产大国。但要成为轴承强国还任重而道远，据 2007 年统计，进口轴承仍高达 15 亿美元/年，其中多数正是国内轴承的缺口，这对国内轴承行业是机遇，更是挑战。

滚动轴承的技术含量取决于其应用对象的多样性和应用领域的广泛性。从通用到专用、从粗放到精细、从低档到高档等适应不同的应用要求。滚动轴承的四大元件（内圈、外圈、滚动体和保持架），结构虽简单但标准化、通用化程度甚高，要让这四大件达到无明显差别，这不仅取决于四大工件的表观尺度、精度、金属材料的选择并与冷、热加工相关，还与加工装备、检测仪器、模拟台架试验相关。近年来，国内轴承厂多已趋于专业化生产模式，轴承成品制造企业，多只保留热处理、磨削、超精、装配工序。将其中的三大件毛坯、车制等粗加工与滚动体的加工分散在专业厂家。改变了以往大而全、小而全的生产格局。轴承生产厂也引进了相当数量的先进技术及装备，不少民营企业还拥有轴承套圈的自动磨超短线、自动半自动轴承装配生产线、轴承套圈热处理用的可控保护气氛自动半自动生产线、磨削液的集中供给与过滤装置、多种类型的超声波清洗装置等。在管理上，通过 ISO 9000 质量体系认证，采用“5S”、“6S”管理方法、零件库存和信息电子化管理概念。这些都为轴承生产大国走向轴承生产强国奠定了较为坚实的基础。

国内轴承行业中，在 20 世纪 60 年代初期，轴承四大件的生产过程和轴承成品的运输、贮存时，锈蚀屡见不鲜，经过十多年的努力，到 70 年代末，与暂时性防锈相关的材料、工艺、标准、管理等都日趋完善，应该说基本上控制了锈蚀。改革开放以来，各类型的半自动、自动生产流水线应用，四大件半成品、成品的节拍生产，已改变了工序间防锈的格局。

滚动轴承防锈包装属包装系列中的以防锈为目的的标准。由于包装本身就存在使用前应去除的一类，故防锈包装本身即属“暂时性保护”一类，所以与 ISO 6743/8—1987 和 GB/T 7631.6—1989 中“金属暂时性保护防腐蚀”概念是一致的，其中“暂时”并不是指防锈期限长短，而是指在使用前可方便去除的一类金属的保护方法。

随着对精密轴承的要求愈来愈高，作为成品的防锈包装，除了要考虑到暂时性防锈要求之外，更多的是对轴承的清洁度有相应的要求，这包括对防锈油、润滑脂本身的清洁度有严格的要求，以及对清洗、干燥等直接影响轴承清洁度的工序给予更多的关注。

按 JIS B 1517—1984、GB/T 8597—2003 对滚动轴承防锈包装的要求，其包含的清洗、干燥、涂覆暂时性防锈材料、包装等工序，除了确保暂时性防护要求外，主要的还应确保相应轴承成品对清洁度的要求，这也是回避不了的重点之一。与此同时，清洁度的检查规程，标准以及与之相匹配的清洁度的监控设备、仪器，也将愈来愈得到重视。

在本书的编著过程中，我们收集了相关的国内、国外标准，做了参比、对照。在轴承大国走向轴承强国的过程中，相关标准与国际接轨已是当务之急，自 2000 年以来，不少新制定的国家标准和行业标准就是直接“等效采用”国际或国外先进国家标准的。这在相当一段时间内仍不失为明智之举，因为标准的国际化仍是经济全球化不可缺失的一个交流平台。

为减少滚道、滚动体、保持架金属间的摩擦、磨损，防止锈蚀，延长其使用寿命，有 80% 左右的轴承使用润滑脂润滑。滚动轴承成品在清洗、干燥后，有许多型号的轴承需填充润滑脂后方可油封包装。在轴承防锈包装过程中，填充润滑脂是一道至关重要的工序，它与防锈包装相关工艺是一个整体，故本书将润滑脂单独列为一个章节做较详细的论述。

在本书编写过程中承蒙浙江省轴承协会、杭州五源科技实业有

限公司、南京优耐特添加剂研究所，特别是陆国建经理、王余高所长的关切和大力支持，在此一并表示由衷的感谢。

鉴于编著者水平和经验有限，难免有疏漏或不当之处，敬请读者和专家批评、指正。

编著者

目 录

第 1 章 大气腐蚀与防锈包装	1
1.1 金属大气腐蚀与防护	1
1.2 防锈包装标准体系	3
1.2.1 有关的防锈包装标准	3
1.2.2 防锈包装标准体系	5
第 2 章 轴承零部件加工过程中（工序间）的防锈	8
2.1 金属加工液（油）	9
2.1.1 磨削加工的特点	10
2.1.2 磨削液的作用	12
2.1.3 磨削液对磨削加工的影响	18
2.1.4 影响磨削液磨削效果的有关因素	22
2.1.5 切（磨）削液的种类	29
2.1.6 水基切削液的组成与标准	39
2.1.7 切（磨）削液的评价	47
2.1.8 切（磨）削液的选择	65
2.1.9 水基切（磨）削液使用中的维护管理	68
2.1.10 水基切削液的再生处理	75
2.1.11 废液处理	76
2.2 轴承零部件加工中（工序间）的防锈	87
2.2.1 水基防锈液	88
2.2.2 油基防锈材料	97
2.2.3 常用的中间库（零件在制品库）的防锈方法	110
2.3 轴承零件磨削烧伤酸洗检查工艺	111

第3章 防锈包装前处理	114
3.1 清洗的对象	114
3.1.1 金属表面	114
3.1.2 污染物	118
3.2 清洗用介质	123
3.2.1 有机溶剂清洗	123
3.2.2 有机溶剂的相似相溶	128
3.2.3 半水溶剂清洗	133
3.2.4 水基清洗	136
3.3 清洗工艺及设备	163
3.3.1 精密清洗工艺要素	163
3.3.2 精密清洗工艺的选择	164
3.3.3 精密清洗设备	166
3.4 清洁度检测与标准	173
3.5 清洗后的干燥	176
第4章 暂时性保护（封存防锈）材料	178
4.1 防锈油品	179
4.1.1 防锈油标准	179
4.1.2 防锈油的组成	187
4.1.3 防锈油的种类及指标	188
4.1.4 防锈油脂试验项目	199
4.2 气相防锈材料	206
4.2.1 气相防锈剂标准	207
4.2.2 气相防锈纸	212
4.2.3 气相防锈薄膜	220
4.2.4 气相防锈胶粘带及其他气相防锈产品	220
4.3 可剥性塑料	223
第5章 润滑（油）脂	227
5.1 润滑脂的定义	228
5.2 润滑脂的组成	229

5.3	润滑脂的分类	235
5.4	轴承润滑脂的选择	243
5.5	密封轴承润滑脂	251
5.6	国外轴承公司常用轴承脂的性能	254
5.7	润滑脂性能试验	260
5.7.1	润滑脂的主要性能	260
5.7.2	润滑脂标准及试验方法概要	263
5.7.3	润滑脂中的微粒测定方法	272
5.7.4	润滑脂部分试验装置及试验方法	275
5.8	轴承润滑油	278
5.9	环境友好润滑剂	288
第6章	包装材料	301
6.1	内包装材料	301
6.1.1	耐油性内包装材料	301
6.1.2	非耐油性内包装材料	306
6.1.3	特种用途的内包装材料	308
6.1.4	国内相关的内包装材料标准	308
6.1.5	包装用塑料薄膜	310
6.2	缓冲材料	318
6.3	干燥空气封存	322
第7章	轴承成品防锈包装工艺与管理	324
7.1	防锈包装方法	324
7.2	成品防锈包装工艺	340
7.2.1	装配前清洗	340
7.2.2	成品轴承清洗、干燥	343
7.2.3	成品轴承暂时性保护处理（防锈封存）	346
7.2.4	滚动轴承包装	353
7.3	轴承工厂的防锈管理	358
7.3.1	建立科学的工艺管理体系	360
7.3.2	培养有技术的管理人员	361

7.3.3 制订科学的管理方法	362
第8章 滚动轴承清洁度	367
8.1 清洁度对轴承使用性能的影响	368
8.1.1 对轴承寿命的影响	368
8.1.2 对振动噪声的影响	370
8.1.3 对润滑性能的影响	370
8.2 滚动轴承清洁度评定方法	371
8.2.1 显微镜计数法	371
8.2.2 自动微粒计数法	371
8.2.3 质量法	371
8.2.4 JB/T 7075—2005 滚动轴承清洁度评定方法	372
8.2.5 轴承清洁度控制指标	377
附录 金属大气腐蚀及相关试验	381
1 金属的大气腐蚀	381
1.1 金属的大气腐蚀多元性、复杂性	381
1.2 影响大气腐蚀的两个重要因素	387
1.3 大气腐蚀过程	391
2. 模拟试验	395
2.1 复合模拟试验	395
2.2 综合环境模拟试验	397
2.3 多因子循环复合腐蚀试验	397
2.4 加速腐蚀试验方法	398
2.5 加速腐蚀试验与大气腐蚀暴露试验的相关性	401
参考文献	402

第 1 章 大气腐蚀与防锈包装

金属制品（包括轴承）在制造、运输、储存过程中，基本处于大气条件下。因而如何正确选择防护方法，防止大气腐蚀，是金属制品的一大重要课题。

1.1 金属大气腐蚀与防护

腐蚀是不可避免的。自然界中除金、银、铂、铱等是以金属状态存在外，绝大多数的金属是以金属化合物存在的。例如铁，是以氧化物、硫化物或碳酸盐形式存在于矿石中。从热力学观点看，金属化合物处于低能位状态，因而较稳定，而单体金属则是处于高能位状态，为不稳定状态，处于不稳定状态的金属会自发地转化为其化合物。即，对大多数金属而言，腐蚀是自然趋势。

在大气条件下，铁是最易被腐蚀的，铝、铜、钛等有很好的耐大气腐蚀性能，尤其是钛。在普通碳钢中加入 0.08% 的铜，则可明显提高钢的耐大气腐蚀性能，若同时有磷存在防腐性能则可进一步提高。若添加铬、锰、镍、钨、钛、铜、硅、硼、矾等，不但可大大提高钢材的抗大气腐蚀性能，还可改善钢材的诸多综合性能。如：在钢中添加 0.5%~2.0% 的镍，可明显提高耐海洋大气腐蚀性能，还可提高钢的抗腐蚀疲劳；低碳钢中添加 3% 以上的铬，能明显提高其耐海洋大气、工业大气腐蚀性能，同时提高了耐 H_2S 的腐蚀性，含铬 13% 以上的不锈钢可自发钝化，耐蚀性良好；在低合金高强度钢中加硅，可提高钢的抗应力腐蚀性能。钢中硅含量大于 1.5%

时，其在 3.5%NaCl 水溶液中应力腐蚀开裂速度减慢。因而在满足结构要求的同时，合理选择材料是防止和减轻腐蚀的重要环节。

在金属表面覆盖上一层防锈膜是金属表面保护的另 一类，其中包括化学和电化学转化层、表面合金化、金属镀层、非金属镀层、涂层等。这类膜与金属表面有良好的结合力，在金属制件使用过程中一直保护金属，这是一种长期的保护方法。

在金属制件的生产、储存、运输过程中则需要一种暂时性的防腐蚀保护方法，所谓“暂时”并非指防腐蚀期较短，而是指容易去除。这类方法在我国国家标准 GB/T 7631 中、英国标准 BS 1133 中、美国标准 MIL-P-116 中及国际标准 ISO 6473 中，均被称为暂时性保护防腐蚀。而国内通常称为“防锈”（这种说法并不很确切）。金属表面的镀层、涂层、化学转化膜也是防止大气腐蚀的保护方法，但是属于非暂时性的、不需去除的保护方法一类，应该也属于“防锈”范畴，土壤腐蚀、海水腐蚀、介质腐蚀的防护也属“防锈”。日本标准 JIS Z 0303 则一直沿用“防锈包装”，2000 年修订的 GB/T 4879 也采用“防锈包装”，这是可行的，因为包装本身就含有暂时、可去除的意思。

总结起来，防止大气腐蚀的方法见表 1-1。

表 1-1 防止大气腐蚀的方法

防护方法	简 要 说 明
提高金属的抗蚀能力	(1)改变金属内部的组成,如,制成合金钢、不锈钢,即在炼钢时加入铬、镍、锰、硅、矾、钨、钛、钼、硼等合金元素,增强钢的抗蚀能力 (2)适当提高金属表面的光洁度 (3)通过适当的热处理工艺,表面加工方式和改变金属表面形态来提高抗蚀性
使金属表面形成“转化层”和加上一层坚固的保护层	(1)化学及电化学转化层,如氧化、磷化、铬酸化、氟化等 (2)表面合金化,如氮化、渗金属(渗铝、渗铬、渗氮等) (3)金属镀层,如单金属和合金电镀、复合镀、喷镀、化学镀、离子镀、气相镀、包镀、渗镀 (4)非金属涂层。有机涂层如橡胶、塑料、有机涂料涂层等,无机涂层如搪瓷、陶瓷等 这些方法都是通过使被保护金属与外界介质隔离(有时也通过牺牲防护)来防止金属生锈

续表

防护方法	简 要 说 明
电化学方法	(1)主要采用阴极保护,即被保护金属为阴极,例如利用镀锌或镀铝层作为阳极,使钢板作为阴极,这样以牺牲阳极性材料的方法使钢不受腐蚀,形成阴极保护 (2)在特殊情况下有时也可以通过外加电源输入电流的方法,达到保护金属的目的
控制环境条件	(1)采用干燥空气封存。即降低金属所处环境的相对湿度,使之比较干燥,如用除湿机和加温法降低库房湿度。在密闭封存容器中,一般相对湿度低于 35%,金属不易生锈;低于 60%;非金属不会发霉变质;低于 60%~70%,金属锈蚀较慢 (2)充以惰性气体,如充氮封存或真空处理 (3)远离、清除腐蚀介质气氛或降低其腐蚀性
暂时性保护防腐蚀	主要指可以去除的防锈材料封存方法,防锈期可以从几个月到几年甚至十几年。主要有以下几种方法: (1)防锈水 (2)防锈油脂 (3)气相缓蚀剂 (4)可剥性塑料 (5)包装用纸类,包括涂蜡纸、气相防锈纸等

1.2 防锈包装标准体系

1.2.1 有关的防锈包装标准

防锈包装是在储存、运输中,防止金属制件锈蚀的包装方法。GB/T 4879《防锈包装》是十余种包装系列标准中的一例。另外,还有《防水包装》(GB/T 7350)、《防潮包装》(GB/T 5048)、《防霉包装》(GB/T 4768)、《缓冲包装》(GB/T 8166)等等。

由于储存、运输都是置于大气条件下,所以防锈包装就是为了防止金属制件大气腐蚀的一类包装方法。在使用前包装是暂时性的,即为可去除性。可去除性不但指内包装,而且还包括包装内用

的防锈材料，也是可去除的，亦属暂时性的一类。

在生产过程中，装配工序、防锈包装，入库储存多直接相连，并对工作环境都有清洁度的要求，其中包括温湿度、空气质量等。

防锈包装在工艺上包括清洁、干燥、防锈、包装等程序。对工作环境的要求，大致与装配、库房的要求一致。且对环境清洁度亦有相应要求。金属制件经防锈、包装以后就基本上与外界大气环境隔离。即使在海洋大气下，在严重的工业大气下，对其中的金属制件也影响甚小。

防锈包装效果的检测用循环试验的次数来评定。一个循环次数是指在 $(40 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $(90 \pm 5)\%$ 环境下放置 5 天， $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下放置 2 天为一循环周期（见 JIS Z 0303 防锈包装通则）。

在 GB/T 4879—1999 中将防锈包装分为 1 级包装（防锈期 3～5 年内）、2 级包装（2～3 年）、3 级包装（2 年内），对应的循环周期分别为 3 个、2 个、1 个周期。

在 GB/T 8597—2003 滚动轴承防锈包装中，对应半年防锈期、一年防锈期、两年防锈期的分别为 1 个、2 个、3 个循环周期（试验条件与上述略有差别）。对比之下，GB/T 8597 要苛刻一些。

在日本工业标准 JIS Z 0303 防锈包装通则中，将上述的试验条件定为一个循环周期，但却没有规定循环周期次数与防锈包装防锈期之间的关系。具体的循环周期次数按“当事者之间协定”，应该说，由用户、供应方双方根据具体储运要求协定是合理的。因为防锈包装实际的储运状态、要求之间差异很大，只有以实际的包装储运为依据，通过验证后，才能由当事者之间确定具体的循环周期次数。

目前，滚动轴承防锈包装在清洁、干燥后，多采用聚乙烯薄膜包装，在成品储存、运输过程中还有外包装。鉴于防锈油与聚乙烯薄膜的隔离，包装内的金属制品不直接受到大气中的腐蚀介质作用，但仍受到大气温差变化的影响，由温差变化而导致的包装内相对湿度的变化，与上述特定的环境相似，所以可以用上述循环周期试验次数来推论防锈包装的实际储存期限。但这并不是说，上述循

环周期试验可以用以推论裸露金属或涂覆防锈油而无包装状态下金属的储存期限。

而在 SH/T 0692 防锈油的试验方法中，则是根据不同的油品，既有无内包装的湿热、盐雾甚至耐候试验，也有有内包装后的包装贮存试验，其指标为 360 天合格。其目的也都是为了在各个方面都更贴近实际贮运状态。

1.2.2 防锈包装标准体系

GB/T 4879 防锈包装是适用于所有金属制品的通用性工艺标准，而 GB/T 8597—2003 滚动轴承防锈包装是特定金属制品，即轴承类的标准。与轴承类类似的还有出口汽轮机、出口柴油机、光学仪器、出口机床、量具刀具、军械等众多标准，其中大部分均属行业标准。这类特定的防锈包装标准是 GB/T 4879 标准的细化，应与 GB/T 4879 保持协调性。日本工业标准 JIS B 1517 滚动轴承的包装与 JIS Z 0303 防锈包装方法通则也是协调的。

在 GB/T 4879 中，将防锈包装方法分为清洁、干燥、防锈、包装四个步骤，这四个步骤都涉及相关材料的分类及材料标准、工艺标准、检测标准、专用的检测装置标准以及相关的管理标准。这类相关标准的总和可能在百余种以上。

防锈包装标准体系即由上述两类标准构成，在这些标准之间，在整体结构上要保持其系统性、完整性、合理性，而每个标准个体要定位准确，相互之间既需联系紧密、配套合理，又应协调有序。

防锈包装标准体系在发达国家已是一个成熟的标准。其中 JIS Z 0303 是 1959 年根据美军 MIL-9-116 封存包装通则中的相关内容制定的。至 2006 年近半个世纪，曾确认 7 次，改正 3 次。JIS 标准，“确认”是仅更换年号，“改正”是改动内容同时更换年号，并附有更换的说明。JIS Z 0303 于 2006 年再次确认，实际仍是 1985 年的改正版，也即该标准至今已沿用了 20 余年，显示了该标准的成熟。

名词、术语标准是相应专业的基础标准，按标准的程序上看，应该是这类专业标准的起点。所以 GB 11372—1989 防锈术语即为防锈包装标准体系中的基础标准。

日本工业标准 JIS Z 0103 防锈、防蚀用语标准是 1965 年制定的，40 多年来经历了 2 次改正，7 次确认。2006 年确认的 JIS Z 0103 仍为 1996 年的改正版，说明该标准也已沿用了 10 余年。

近 20 年，国内的国家标准、行业标准与国外标准接轨进展甚快。在防锈包装体系内，由石油化工科学院归口制定的 GB/T 7631.6 暂时保护防腐蚀材料分类和 GB/T 7631.5 金属加工润滑剂分类两个标准即直接采标于国际标准 ISO 6743/8、ISO 6743/7。由航空部某研究院等单位归口制定的 GB/T 14188 气相防锈包装材料选用通则，采标于美军标准 MIL-I-8574E。GB 12339 防护用内包装材料则部分采标于 JIS Z 1705。

由石油化工院归口的 SH/T 0692—2000 防锈油，直接采标 JIS K 2246—1994。并在前言中又明确了三处差异，第一、产品命名用了 ISO 6743/8 的命名；第二、不包括 JIS K 2246 的试验方法；第三、在一般润滑油型防锈油中增加了叠片试验。SH/T 0692 融合了 ISO 6743/8 命名，由于在原有体系中已将试验方法单列为标准所以不包括在其内，防锈油的重叠性是国内某些油品会有重叠性不稳定的实例，其原因与国内基础油、添加剂的质量相关，所以增加了此项目，其指标为协定。在 SH/T 0692 的附录中，又列出相应产品代号与 JIS K 2246 中 NP 系列命名的对应表。而日本 NP 防锈油的代号又与美军 MIL-P-116 中 P 系列完全对应。

采标于国外先进标准，又考虑到国际标准及国内现状，是严谨的。

由于 JIS K 2246 已有 2007 年的改正版，但 SH/T 0692—2000 还未见同步修订。

GB/T 16267 气相缓蚀能力是试验方法标准。其 1996 年版就是采标于美国联邦标准 FED-STD-101，4031。在 2008 年修订时，根据多年的实践，又核对 JIS Z 1535、JIS Z 1519 标准和国外品牌