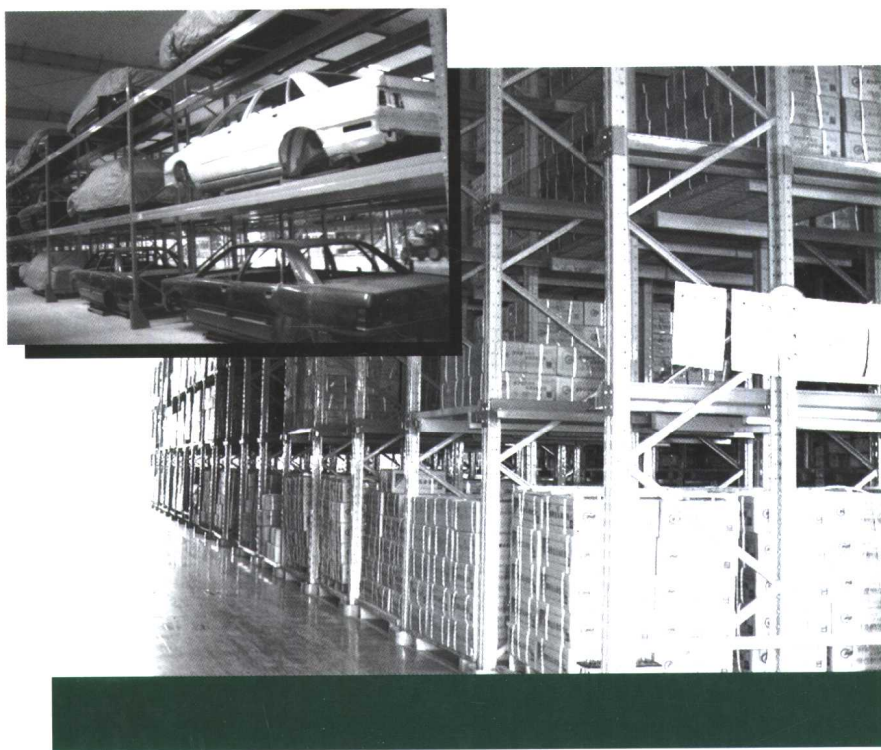


胡林林 徐文嘉 主编

汽车防锈技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

胡林林 徐文嘉 主编

汽车防锈技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车防锈技术/胡林林, 徐文嘉主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 2
ISBN 7-5025-5189-1

I. 汽… II. ①胡…②徐… III. 汽车-防锈 IV. U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 006226 号

汽车防锈技术

胡林林 徐文嘉 主编

责任编辑: 段志兵

文字编辑: 王清颢

责任校对: 顾淑云

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 20 $\frac{1}{4}$ 字数 455 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5189-1/TH·184

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

金属材料制品在加工运输和储存时，常常会发生锈蚀，这是世界上客观存在的一个普遍性的严重问题，给国民经济造成了巨大的经济损失。据调查统计，世界上每年发生的金属腐蚀的总量大约相当于当年金属产量的1/3，如果考虑部分可以回收修复利用的金属材料，则至少有1/10被完全腐蚀掉。世界各国每年因金属腐蚀所造成的直接经济损失约占国民生产总值的4%。最近美国公布了涉及26个行业的腐蚀调查结果，平均每年直接经济损失高达2760亿美元。我国2001年因腐蚀造成的损失估计达4000亿人民币，损耗钢材约为1500万吨。

汽车工业是国民经济的支柱产业之一，汽车工业的发展水平在很大程度上决定着一个国家的工业水平和科技水平。近些年来，我国的汽车工业坚持改革开放，引进外资，大力推进技术进步，整体素质和实力有所增强，制造水平和质量均有较大提高，汽车生产无论是数量、品种还是质量都有飞跃地发展，为我国社会主义现代化建设做出了贡献。但是，也应当看到与工业发达国家和国际先进水平相比，我国的汽车制造业还存在着一定的差距。因此，我们必须加快科技进步和提高专业技术素质，改进传统的制造工艺，开发和应用先进技术包括汽车防锈技术，发展汽车产业，不断增加国产汽车在国内外两个市场的竞争能力。

《汽车防锈技术》一书的作者是长期在汽车行业从事教学、生产工作并从事汽车防锈技术研究实验、开发应用的防锈专家。他们以多年的研究与实践为基础，吸收国内外的最新成果，编著了这部全面系统地阐述汽车在设计、加工制造和维护过程中防锈、防腐、防护技术的专著，不仅对汽车工业，而且对所有机电制造业都具有指导意义，有很强的实用性。该书既有丰富的基础理论知识，更多地是为读者提供了大量详实而有用的技术信息、工艺方法、工艺规程、质量检测方法和工艺材料选择、操作应用范例等内容，为促进和发展机械制造业表面防护技术将做出新的贡献。值此书出版之际，谨向作者表示祝贺。

中国表面工程协会防锈专业委员会 理事长

萧懷斌

2003年11月28日

汽车工业在国民经济中的地位越来越重要，在许多地方已经是支柱产业，特别进入 21 世纪后，随着经济的发展，我国的汽车工业得到了突飞猛进的发展，汽车的数量、质量都有飞跃。然而我国汽车的质量在某些方面还有待提高，如汽车在防止腐蚀方面与国外尚有差距。国产汽车投入使用 1~2 年后就出现腐蚀，3~4 年就有部件腐蚀穿孔。而加拿大汽车的腐蚀规范要求表面出现穿孔腐蚀至少为 3 年，支承部件出现穿孔腐蚀至少为 6 年；美国的标准要求表面出现腐蚀至少为 3 年，支承部件出现穿孔腐蚀至少为 6 年；日本的要求分别为 6 年和 10 年。由此可见我国汽车工业在这方面还需要提高。

另一方面，汽车生产方式正发生变化：采购零部件全球化、生产装配模块化、以较快的速度开发新产品、降低成本指标，满足市场需求。汽车零部件的防锈包装技术，能够有效提高汽车的制造质量和使用寿命。为此我们参考有关防锈资料和近年来国外的新材料、新工艺、新设备、新技术编写本书，希望与大家共同提高和交流汽车防止腐蚀的经验。

造成汽车腐蚀的原因不仅有外部环境因素，还有材料、设计、工艺、使用和管理等多方面的原因，因此解决汽车腐蚀的问题需要各方面的共同配合。所以我们希望本书能给汽车制造、材料生产、设计单位以及管理部门的管理人员、技术人员和生产人员以参考，也希望能供研究部门的研究人员和大专院校有关专业的师生参考。

本书由胡林林和徐文嘉组织编写。第 1 章由徐文嘉、胡林林编写；第 2 章由徐文嘉编写；第 3、4 章由胡林林编写；第 5 章由胡林林、王克俭、刘冰、李成编写；第 6 章由刘冰编写；第 7、8 章由姜婷娟编写；第 9 章由胡林林、黄竹山编写。全书由胡林林和徐文嘉统稿。王锡春和萧怀斌研究员级高级工程师审核全稿，并提供大量的资料，谨在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

编著者

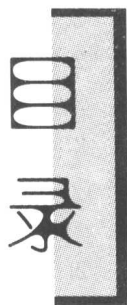
2003 年 11 月

内 容 提 要

本书全面、系统地介绍汽车设计、加工制造和维护过程中，涉及的防锈、防蚀和防护技术，对汽车工业和机电制造业均有一定的指导意义。本书共计9章，分别介绍汽车腐蚀及其防锈技术基础，除锈、清洗和防锈包装材料，金属表面除锈处理，清洗技术，防锈工艺和防锈管理，劳动安全保护，废料处理和环境保护，防锈材料的检验分析方法和标准。

本书可为读者提供大量详实而有用的技术信息、工艺方法、应用实例等，实用性较强。

本书可供汽车和汽车零部件生产技术人员、管理人员使用，可供机车、客车、农机和其他机械制造的表面技术人员使用，亦可作汽车防锈技术培训教材。



第 1 章 汽车防锈技术概论 / 1

- 1.1 汽车防锈的重要性 / 1
 - 1.1.1 防锈技术对汽车的影响 / 1
 - 1.1.2 汽车防锈技术的现状与发展趋势 / 3
- 1.2 金属腐蚀基础 / 5
 - 1.2.1 化学腐蚀 / 5
 - 1.2.2 电化学腐蚀 / 6
 - 1.2.3 金属腐蚀类型及预防措施 / 10
- 1.3 大气腐蚀及其控制 / 13
 - 1.3.1 大气腐蚀特征 / 13
 - 1.3.2 工业大气腐蚀 / 15
 - 1.3.3 海洋大气腐蚀 / 16
 - 1.3.4 防止大气腐蚀的方法 / 17
- 1.4 汽车腐蚀与防护 / 18
 - 1.4.1 汽车的腐蚀 / 18
 - 1.4.2 汽车的防护技术 / 23
- 参考文献 / 29

第 2 章 除锈、清洗和防锈包装材料 / 30

- 2.1 缓蚀剂 / 30
 - 2.1.1 缓蚀剂的作用机理 / 30
 - 2.1.2 中性水溶液缓蚀剂 / 34
 - 2.1.3 酸性介质中的缓蚀剂 / 37
 - 2.1.4 碱性介质中的缓蚀剂 / 39
 - 2.1.5 油溶性缓蚀剂 / 39
 - 2.1.6 缓蚀剂研究进展 / 43
- 2.2 清洗材料 / 44
 - 2.2.1 清洗液分类 / 44
 - 2.2.2 表面活性剂 / 45
 - 2.2.3 助洗剂及缓蚀剂 / 51
 - 2.2.4 各类清洗剂的特点及选用 / 52

- 2.3 防锈水及其选用 / 53
- 2.4 防锈油脂及其选用 / 54
- 2.5 防锈保护蜡、防锈保护涂料及防锈保护膜 / 57
- 2.6 防锈切削冷却液 / 60
 - 2.6.1 油基切削液 / 61
 - 2.6.2 水基切削液 / 63
- 2.7 气相缓蚀剂、气相防锈材料及其选用 / 64
- 2.8 可剥性塑料 / 68
- 2.9 包装材料及其他 / 69
- 参考文献 / 71

第3章 金属表面除锈处理 / 73

- 3.1 常见的金属锈层特征 / 73
- 3.2 金属表面除锈的目的 / 74
- 3.3 钢铁材料除锈标准 / 75
 - 3.3.1 瑞典 SIS 055900 标准 / 76
 - 3.3.2 GB 8923—88 标准 / 77
- 3.4 机械法除锈 / 79
 - 3.4.1 手工除锈 / 79
 - 3.4.2 机械打磨除锈 / 81
 - 3.4.3 滚光法除锈 / 83
 - 3.4.4 喷丸(砂)和抛丸除锈 / 83
 - 3.4.5 火焰法清除旧涂膜 / 87
- 3.5 化学法除锈 / 87
 - 3.5.1 钢铁材料除锈 / 88
 - 3.5.2 有色金属酸洗 / 98
- 3.6 钢板除锈方法比较 / 99
- 3.7 典型的除锈应用实例 / 99
 - 3.7.1 铸件抛丸处理 / 99
 - 3.7.2 大梁钢板硫酸酸洗工艺 / 101
 - 3.7.3 转向轴等工件盐酸酸洗工艺 / 103

参考文献 / 105

第4章 清洗技术 / 106

- 4.1 清洗技术要素 / 107
- 4.2 清洗方法的特点 / 107
- 4.3 清洗工艺及设备 / 109
 - 4.3.1 浸泡清洗 / 109
 - 4.3.2 电解清洗 / 109
 - 4.3.3 喷射清洗 / 110
 - 4.3.4 气相清洗及其组合清洗 / 111

- 4.3.5 高压喷射清洗 / 113
- 4.3.6 超声波清洗 / 116
- 4.3.7 多步清洗 / 120
- 4.3.8 熔盐法清洗 / 120
- 4.3.9 功能装置 / 121
- 4.4 清洗工艺的选择 / 128
- 4.5 清洗效果评价方法 / 128
 - 4.5.1 定性评价方法 / 129
 - 4.5.2 定量评价方法 / 130
- 4.6 清洗缺陷及解决措施 / 131
- 4.7 清洗工艺实例 / 132
 - 4.7.1 钢板清洗工艺 / 132
 - 4.7.2 发动机缸体清洗工艺 / 134
 - 4.7.3 发动机装配前清洗工艺 / 137
 - 4.7.4 变速箱结合齿超声波清洗工艺 / 138
 - 4.7.5 汽车修理中的清洗 / 139
- 参考文献 / 140

第5章 汽车的防锈保护 / 141

- 5.1 工序间防锈 / 141
 - 5.1.1 防锈方法 / 141
 - 5.1.2 防锈工艺及静电涂油设备 / 145
 - 5.1.3 仓库防锈 / 152
 - 5.1.4 运输过程中防锈要求 / 154
- 5.2 汽车零部件的防锈包装 / 154
 - 5.2.1 汽车备件防锈包装方法 / 154
 - 5.2.2 汽车备件的防锈包装工艺 / 161
 - 5.2.3 散装车 CKD 和 SKD 件的防锈包装 / 165
 - 5.2.4 防锈包装设备 / 167
- 5.3 整车的防锈保护技术 / 168
 - 5.3.1 汽车内腔防锈 / 168
 - 5.3.2 发动机、底盘部位的防锈保护 / 174
 - 5.3.3 涂膜的保护工艺 / 175
 - 5.3.4 工装及设备的技术要求 / 177
 - 5.3.5 出口载货汽车防锈保护应用实例 / 182
- 5.4 机械设备及工具类的防锈 / 186
 - 5.4.1 使用中机械设备的防锈 / 186
 - 5.4.2 暂停使用设备及工具的防锈 / 187
- 5.5 轿车维修中的防锈保护 / 188
- 参考文献 / 188

第 6 章 防锈管理 / 190

- 6.1 汽车防锈管理的特点 / 190
- 6.2 防锈管理目标 / 191
- 6.3 质量管理与质量保证体系 / 192
 - 6.3.1 ISO 9000 族质量管理与质量保证标准 / 192
 - 6.3.2 ISO 14000 系列环境质量管理与保证标准 / 194
 - 6.3.3 美国汽车工业质量保证标准 QS 9000 / 195
 - 6.3.4 德国汽车工业质量保证标准 VDA 6 / 196
 - 6.3.5 传统的防锈管理方案 / 197
- 6.4 防锈管理信息系统 / 198
- 6.5 防锈管理环节 / 198
 - 6.5.1 营销过程的防锈管理 / 199
 - 6.5.2 产品设计过程的防锈管理 / 199
 - 6.5.3 工艺规划过程的防锈管理 / 200
 - 6.5.4 改进过程的防锈管理 / 209
 - 6.5.5 采购过程的防锈管理 / 210
 - 6.5.6 制造过程的防锈管理 / 211
 - 6.5.7 储存过程的防锈管理 / 213
 - 6.5.8 装卸过程的防锈管理 / 215
 - 6.5.9 运输过程的防锈管理 / 215
 - 6.5.10 其他过程的防锈管理 / 219
- 6.6 防锈管理实例 / 220
 - 6.6.1 制造过程的质量控制 / 220
 - 6.6.2 某拨权厂防锈工作的改进 / 220
 - 6.6.3 准时化生产 / 222
 - 6.6.4 防锈设备运营成本控制 / 223
 - 6.6.5 油嘴的防锈包装 / 224
 - 6.6.6 齿轮防锈 / 224
 - 6.6.7 除锈质量控制 / 224
 - 6.6.8 清洗过程管理 / 226
 - 6.6.9 防锈质量控制 / 226
- 参考文献 / 227

第 7 章 劳动安全保护 / 228

- 7.1 酸洗操作的安全防护 / 228
- 7.2 清洗操作的劳动安全和环境保护 / 229
- 7.3 防锈作业的劳动安全 / 231
 - 7.3.1 防锈材料贮存的安全注意事项 / 231
 - 7.3.2 防火安全设施及灭火方法 / 232
- 7.4 化验室安全知识 / 233

参考文献 / 234

第 8 章 废料处理和环境保护 / 235

- 8.1 废气、废水的来源与危害 / 235
- 8.2 工业废水允许排放标准 / 236
- 8.3 废气的治理 / 236
- 8.4 废水的处理 / 237
 - 8.4.1 减少废水排放量 / 237
 - 8.4.2 酸洗废水的处理 / 238
 - 8.4.3 废酸液的回收处理 / 240
 - 8.4.4 清洗及切削废水的处理方法 / 241
 - 8.4.5 亚硝酸钠防锈废水的处理方法 / 244
- 8.5 悬浮物的处理 / 244
- 8.6 清洗作业的噪声治理 / 245
- 参考文献 / 245

第 9 章 防锈材料的检验、分析方法 / 246

- 9.1 酸洗材料及检验方法 / 246
 - 9.1.1 生产过程中的分析方法 / 246
 - 9.1.2 酸洗缓蚀剂的检验方法 / 248
- 9.2 金属清洗剂、合成切削液及检验方法 / 250
 - 9.2.1 清洗过程中的分析方法 / 250
 - 9.2.2 金属清洗剂检验方法 / 251
 - 9.2.3 合成切削液的检验方法 / 254
- 9.3 防锈材料及检验方法 / 255
 - 9.3.1 试验准备 / 255
 - 9.3.2 防锈水的性能分析 / 257
 - 9.3.3 防锈油脂的检验方法 / 258
 - 9.3.4 防锈蜡的检验方法 / 259
 - 9.3.5 气相防锈材料的检验方法 / 262
 - 9.3.6 涂膜保护涂料及其去除剂的检验方法 / 265
 - 9.3.7 轿车保护膜的检验方法 / 267
- 9.4 整车的腐蚀耐久性试验方法 / 268
 - 9.4.1 试验设备 / 268
 - 9.4.2 试验场的试验项目 / 269
 - 9.4.3 整车腐蚀的评价方法 / 271
- 参考文献 / 271

附录 1 常用的油溶性缓蚀剂 / 272

附录 2 国产部分酸性介质用缓蚀剂 / 282

附录 3 水基清洗剂配方举例 / 285

- 附录 4 防锈油配方举例 / 288
- 附录 5 防锈脂配方举例 / 292
- 附录 6 切削液配方举例 / 294
- 附录 7 常用的气相防锈纸及粉末 / 299
- 附录 8 液体手套配方 / 302
- 附录 9 相关标准目录 / 303

所有的金属材料及其制件在各种环境中加工、贮存和使用时，不可避免地受到环境的作用，发生腐蚀、磨损、疲劳和断裂，导致金属件早期失效和损坏。

汽车损坏主要有事故损坏、磨损损坏、腐蚀损坏等三种形式，其中腐蚀损坏最为严重。众所周知，目前汽车所用的材料仍以金属材料为主，包括黑色金属和有色金属。2000年，我国汽车用钢铁材料的年需量为532万吨。而钢铁材料普遍存在着腐蚀的问题，造成的损坏也最为严重。腐蚀不仅破坏汽车的外观装饰，还直接影响汽车的使用寿命，同时还带来环境的污染、交通事故的发生以及材料和能源的浪费。在1985~1992年间，我国原冶金工业部钢铁研究总院专家和瑞典腐蚀研究所的专家合作，对轿车和载货汽车腐蚀调查的结果表明：除意外交通事故损坏或部分零部件的损坏外，汽车腐蚀是汽车损坏报废的重要原因之一。

1.1 汽车防锈的重要性

在汽车工业的发展过程中，为了保证汽车的外观装饰和使用寿命，发达国家的汽车厂商对汽车的防腐都提出了相应的标准。加拿大汽车的腐蚀防护规范规定，表面腐蚀为3年，支承部件穿孔腐蚀为6年；美国的标准规定，表面腐蚀为3年，支承部件穿孔腐蚀为6年；日本的标准规定，表面腐蚀和穿孔腐蚀分别为6年和10年。我国汽车的耐腐蚀性与世界的先进水平相比还存在着一定差距，尤其载货汽车和中、小客车，投入使用后1~2年内就出现表面腐蚀，3~4年就有部件腐蚀穿孔。因此，我国汽车的耐腐蚀性能已引起汽车制造业的高度关注。

1.1.1 防锈技术对汽车的影响

汽车的耐腐蚀性能受服役环境的影响，但与汽车使用的材料、结构设计、制造工艺和维修保养等因素也有着直接的关系，防锈技术也有着很重要的影响。世界各国汽车厂家生产的汽车使用寿命有着一定的差距，各国轿车和卡车的平均使用寿命见表1-1。近

十几年来，我国汽车制造业也得到了跨越式的发展，不断地开展汽车防锈技术的研究，使汽车的耐腐蚀性能有所提高，也减少了因汽车腐蚀带来的大量经济损失。

表 1-1 各国轿车和卡车的平均使用寿命 (1973 年)

国 家	轿车平均寿命/年	卡车平均寿命/年	国 家	轿车平均寿命/年	卡车平均寿命/年
日本	6.8	6.1	法国	11.5	11.4
美国	11.2	11.0	前西德	9.8	10.3
英国	11.7	7.0			

国外从 20 世纪 60 年代开始了整车道路强化腐蚀试验，这项试验对于提高汽车的腐蚀防护能力具有极其重要的意义。我国海南汽车试验研究所在 1997 年首先建立了整车道路强化腐蚀试验站，吉林农安和湖北襄樊又相继建立了汽车道路强化腐蚀试验场。从 1999 年开始整车道路强化腐蚀试验，试验的样车选择了国内不同制造技术水平的汽车产品，基本能够代表国内汽车耐腐蚀性能的现状。下面以轿车和轻型客车的样本为例，介绍采用不同防锈技术生产的试验对比结果。

(1) 结构设计方面

① 部分轿车的发动机采用防护措施，使底部封严，看不到发动机舱内部的结构情况（这种结构设计方法代表了目前国内汽车防腐设计的先进水平），与发动机底部没有任何防护措施的轿车进行比较，结果如下。当试验车驶过盐水槽后，发动机舱直接受盐水溅射，发动机底部没有任何防护措施的轮系、发电机、启动机、空调储液罐、转向助力泵及转向系回油管、离合器总泵连接管、风扇电机、喇叭、空调控制装置、机油滤清器、散热器和冷凝器等都发生了严重腐蚀或出现故障。发动机底部封严的轿车防锈性好。

② 车门与门框有 1~2 层密封胶条、车门铰链处有保护层的轿车试验后，车的门框、铰链、门锁处只有较轻的腐蚀。没有密封胶条的轻型客车，车门关上时，从外面可以直接看到车门锁。当试验车进行盐雾试验时，盐水直接喷到没有防锈保护的门锁上，车的门锁都因此生锈失效。

③ 试验车玻璃升降器拉索和手制动拉索是一根裸露的钢丝，结果都因腐蚀锈断而导致玻璃升降器和手制动失效。但在拉索线外覆盖一层塑料保护的轿车，钢丝未出现断裂。

④ 刮水器和喇叭都没有保护时，腐蚀情况比较严重，有的喇叭失效。

⑤ 制动器结构设计不同，防腐蚀效果也不同。嵌套结构的制动鼓，盐水很难进去，当整个试验结束时，没有出现腐蚀。而普通结构的制动鼓则出现了严重腐蚀甚至失效。

(2) 材料方面

① 发动机进回油管和制动油管采用工程塑料的，试验中没有发生故障；而采用薄壁镀锌管的管道抗腐蚀能力不足，出现穿孔腐蚀。

② 较长的排气消声系统除了正常的腐蚀，还存在着高温氧化和高温硫化的问题，工作环境极其恶劣，如采用普通碳钢或热镀铝材料的，会出现严重腐蚀以至穿孔。而采用不锈钢材料的排气系统耐腐蚀效果就较好。

③ 所有试验车的后视镜镜座和加油口盖都是金属结构，试验中都发生严重腐蚀。

(3) 防锈工艺方面

① 没有涂密封胶和防锈蜡的试验车, 发动机罩、左右翼子板、行李箱盖、前后轮罩、车门下部及铰链、前后立柱内板等钣金件的边缘, 各种孔边缘和焊接处都发生不同程度的锈蚀。

② 轻型客车车身底部表面防护薄弱, 大部分没有聚氯乙烯防石击厚涂料(简称 PVC) 和防锈蜡涂层, 试验过程中受碎石击打, 涂层很快脱落而露出金属基体, 腐蚀较严重。有 PVC 和防锈蜡涂层的轿车腐蚀就比较轻。

③ 轻型客车大部分螺栓、螺钉和卡箍都缺乏有效的保护, 腐蚀严重。

另外, 从整车道路强化腐蚀试验的结果也可以看出, 采用不同防锈保护技术生产的汽车, 耐腐蚀性能的差距是很大的。因此, 不断开展汽车防锈技术的研究、提高汽车的耐腐蚀性能是非常重要的。

1.1.2 汽车防锈技术的现状与发展趋势

防止金属材料在加工、储运和使用过程中发生腐蚀的技术称为防锈技术。汽车防锈技术贯穿于汽车选用材料、结构设计、制造工艺和维修保养的全过程, 其特点是涉及广泛、针对性强、实施面小、对整车的防腐蚀性能影响很大。汽车防锈技术为了不断满足汽车工业的发展要求, 广泛应用了新材料、新工艺、新装备、新技术。

(1) 防锈技术现状

① 汽车结构用材料及结构设计。汽车所用的材料绝大多数是钢铁材料, 也有部分有色金属、塑料、橡胶、玻璃和其他材料。在欧美及日本等发达国家, 轿车车身钢板普遍采用了镀锌钢板、镀锌铁合金及锌镍合金钢板制造, 全铝、全塑的轿车车身也已在某些车型上得到应用。我国也有部分汽车制造公司生产的轿车采用镀锌钢板制造车身。同时, 不断改进的结构设计, 提高了汽车的耐腐蚀性能。

② 汽车制造中的清洗、防锈包装材料。生产中使用的低温、低泡、防霉金属清洗剂, 可 3 个月更换一次, 减少了清洗废液的排放量; 清洗后的零部件表面无碱点。这种清洗剂具有短期的防锈作用, 同时也解决了发动机缸体在清洗时, 由于热清洗引起热膨胀而影响尺寸测量精度的问题; 该性能的清洗剂与传统的碱性清洗剂相比, 可节约 30%~50% 的生产综合费用。

超薄防锈油用于工序间和汽车备件的防锈, 便于静电自动喷涂设备的操作, 其成膜性和防锈性好, 有利于下道工序的清除。而气相防锈材料的应用, 使带有深孔、盲孔的零部件都能得到很好的防锈保护, 同时简化了操作过程, 方便检查, 降低了劳动强度。

防锈蜡与防锈涂料用于点焊形成的焊缝、涂膜较薄的螺钉装配孔、车门铰链总成、汽车前后横梁内腔、纵梁内腔、底板空腔、车门下部空腔等部位的防锈, 提高了整车的防腐蚀性能。如用于发动机、传动轴、车身底盘和汽车驾驶室、车箱的保护, 可保证整车在高温、高湿地区和海运中的防腐蚀性能。

轿车表面保护膜作为面漆的暂时性保护, 用于减少面漆受大气中的紫外线、酸雨、鸟粪、小昆虫、微生物和海岸、海洋中盐雾等因素的影响, 同时防止面漆被划伤, 提高储运中轿车的耐候性能。

瓦楞纸箱、菱镁砧结构板作为包装材料的推广应用, 节约了大量的木材, 提高了防锈包装自动化水平, 带来了较好的经济和社会效益。

③ 防锈工艺及工装设备。铸件毛坯采用了水剂防锈工艺, 解决了发动机缸体因砂

粒脱落影响总成清洁度的问题，保证了发动机的制造质量，同时也降低了生产成本。钢板静电涂油设备，解决了酸洗后钢板长期防锈的问题，并有利于钢板在焊接、涂装前的清洗。发动机缸体和缸盖采用多步、大容量转毂式多工位定点清洗设备，清洗后的工件直接进行防锈，满足生产线的同步要求。缸体自动涂油线，保证了贮存和运输中缸体的防锈质量。与涂装线配套的轿车内腔喷蜡和注蜡设备，用计算机进行全过程控制，喷蜡的流量由磁码与计算机联网确定，保证了轿车内腔的耐腐蚀性能。

④ 防锈管理。各汽车制造厂都制订了酸洗、清洗、防锈保护工艺文件，并指导生产。依据工艺文件的要求，各工序都有详细的操作规程和切实可行的防锈管理制度。做到进厂材料检验合格后，方可用于生产。同时制定了酸洗、清洗、防锈包装的技术条件及汽车备件贮存和运输、出口汽车件的防锈保护等标准，这些标准多为工艺性和基础性标准，使防锈工艺得以有效落实。

(2) 防锈技术发展趋势

① 研究汽车防腐蚀结构设计规范。合理的设计能够提高汽车的耐腐蚀能力。如排气孔准确定位，能减少气流飞溅引起的泥土与道路盐的沉积；正确的材料搭接，减少缝隙处无法涂覆电泳涂层引起的电化学腐蚀。通过整车的静态和动态环境试验，在汽车用材上，选择耐腐蚀性能良好的镀锌钢板、铝合金、钛合金、塑料及复合材料等可大大提高汽车的防锈性能，同时减轻汽车的质量，提高汽车的经济性。

② 研究和推广环保的清洗、防锈包装材料。金属清洗剂要适应限制闭塞河、湖营养化的排放法规，不采用三聚磷酸钠作为助洗剂，在未能找到完全相当于三聚磷酸钠助洗剂替代物之前，必须减少三聚磷酸钠的用量。我国环境标志产品技术要求（洗涤剂）中，规定了工业用清洗剂产品中总磷酸盐含量（以 P_2O_5 计）不大于 1.1%。同时规定了产品中不得使用四聚丙烯烷基苯磺酸盐、烷基酚聚氧乙烯醚等，以有利于金属清洗剂的生物降解。

推广使用低温、长寿命的清洗剂，因其中一般添加了防霉剂，可延长工作寿命。也有使用自行破乳的清洗剂，即在清洗剂中加入破乳剂，使清洗剂中的乳化油经破乳后漂浮到液面，通过溢流孔排出，以延长清洗剂工作寿命。用低温、长寿命的清洗剂代替传统的苏打水清洗剂，清洗温度可由 $80\sim 90^\circ\text{C}$ 降到 $30\sim 40^\circ\text{C}$ ，废水排放周期由 1 周延长到 3 个月，可改善操作环境，节约能源消耗，同时减少清洗废液的排放量。

目前，我国大多使用溶剂型防锈保护蜡，大部分产品芳香烃的含量在 15% 左右。而发达国家环保型的防锈保护蜡芳烃含量低于 1%，操作时可以大大减少对空气的污染。研究和推广热熔性内腔防锈蜡、水溶性底盘防锈涂料、水溶性面漆保护涂料和面漆塑料保护膜等，代替溶剂型防锈蜡，可减少对环境的污染。

积极开发高档专用防锈材料并与成套设备配套使用。专用防锈材料防锈要求高，还能够满足一些特殊的物理性能和力学性能要求。如发达国家研制的防锈冲压油与静电喷涂设备配套使用，喷涂油膜重只有 $0.5\text{g}/\text{m}^2$ ，防锈期达到 1 年，使用时易去除，不影响焊接和涂装质量。

开展高效低毒气相缓蚀剂的研究和应用。发达国家规定在采购气相缓蚀剂时必须附有 MSDS（材料安全数据）。据报道，高效低毒和高稳定性的钢铁用气相缓蚀剂多系咪唑类化合物，如 3-氨基-1,2,4-三唑的缓蚀剂， LD_{50} 为 $14700\text{mg}/\text{kg}$ ，防锈性能好，毒性

低。我国华东理工大学等国内许多大专院校和科研院所都已研制出防锈性能好、毒性低的气相缓蚀剂，值得大力推广。

在开发高效低毒气相缓蚀剂的同时，要研究和使用的绿色环保型气相缓蚀剂的载体材料，使气相防锈与包装技术实现绿色化。

③ 研究和推广先进的防锈包装工艺和装备。在汽车制造过程中，严禁带锈工件流入下道工序；完善散装车的 CKD（完全散件）和 SKD（半散件）在储运过程中防锈措施；全面推广汽车内腔喷蜡或注蜡的防锈技术、发动机部分喷涂防锈蜡或防锈保护涂料技术、汽车底盘防锈保护技术；推广多功能的专用清洗设备，保证汽车零部件加工的清洁度；开展喷丸工艺代替部分钢板酸洗工艺的研究，以减少制造过程中的“三废”排放。

汽车零部件 90% 以上需采用不同的包装形式，研究包装新工艺，推广以纸代木、以竹代木的包装。如 50kg 以下的汽车零部件包装箱，采用瓦楞纸箱或框架木箱进行包装。开展水基清洗材料与气相防锈包材料配套的研究，推广托盘包装、缠绕式裹包装方法，有利于降低成本，提高效率。

④ 成立专业化防锈包装物流中心，应用计算机系统对汽车零部件进行调度，对存、取零部件、及时处理各种信息资料、散装车的装配件进行管理。采用先进的工装装备，如高架仓库内配备蓄电池叉车、堆垛专用车等，有利于实现防锈包装设备的系列化、标准化，提高防锈包装操作的机械化、自动化水平。

⑤ 开展清洗、防锈材料快速检验方法的研究；制定汽车零部件储运防锈包装标准、制定出口汽车的防锈技术条件以及汽车大修保养中清洗、防锈标准，保证和提高汽车的耐腐蚀性能和使用寿命。

⑥ 加强防锈技术交流和人员培训，贯彻防锈包装的技术标准，普及防锈技术及相关知识，提高技术人员的理论水平和相关人员的操作技能。

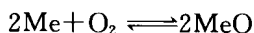
• 5 •

1.2 金属腐蚀基础

自然界中，绝大部分的金属都是以金属的化合物状态存在的。按热力学原理，大部分化合态的金属处于低能位状态，而单体金属处于高能位状态，属于不稳定的高能位的金属会自发地转化成其化合物。对于大多数金属，腐蚀是自然的趋势。金属的腐蚀按作用机理可分为：化学腐蚀和电化学腐蚀。汽车在服役环境中的金属腐蚀绝大部分属于电化学腐蚀。

1.2.1 化学腐蚀

当干燥气体或电解质液体与金属发生化学反应而引起破坏，为化学腐蚀。包括高温氧化、高温渗碳、脱碳、高温氢腐蚀等。典型的氧化过程反应式：



化学腐蚀受温度的影响很大。常温时化学腐蚀是缓慢的，在高温下，腐蚀随着温度的升高而大大增加。例如钢铁在空气中加热，在低温 200~300℃ 开始就可见到氧化膜，温度继续升高，氧化的速率加大。汽车消声器和排气管的腐蚀，就是高温氧化和高温硫化的腐蚀过程。