

黄建中 主编

汽车腐蚀与 防护技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

汽车腐蚀与防护技术

黄建中 主编



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

汽车腐蚀与防护技术/黄建中主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 6
ISBN 7-5025-5690-7

I. 汽… II. 黄… III. 汽车-防腐 IV. U472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 070753 号

汽车腐蚀与防护技术

黄建中 主编

责任编辑: 段志兵

文字编辑: 余德华

责任校对: 顾淑云 于志岩

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 787mm×1092mm 1/16 印张 16 彩插 2 字数 387 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5690-7/TQ · 2021

定 价: 36.00 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

前 言

汽车运输在客运、货运以及周转中占有整个运输业的大部分份额，是运输业中的重要角色。汽车制造业对推动国民经济各行业的发展起着重要作用，是整个制造业中的重要一员，对国民经济发展有着重要影响。

汽车工业的发展在国外已有 200 多年历史，到 2001 年全世界汽车产量前 15 名国家总的年产量已达到 5570 万辆。我国汽车生产起步较晚，历史较短，但发展很快。“七五”期间，汽车工业作为发展国民经济的重要支柱产业，得到了高速发展，到 2001 年，中国民用汽车拥有量达到 1802 万辆，2003 年全国汽车年产总量突破 400 万辆，名列世界第四位，中国成为了世界汽车生产大国。

随着我国汽车逐步进入家庭，汽车市场竞争日趋激烈，人们对汽车外观质量、售后服务服役寿命更为关注。

汽车的损坏除了突发交通事故之外，腐蚀损坏和磨损损坏是主要原因。

汽车腐蚀损坏会造成巨大的经济损失，全世界每辆汽车因腐蚀造成的损失平均每年为 150~250 美元，美国汽车腐蚀每年损失约达 200 亿美元。汽车腐蚀损坏还会带来材料和能源的惊人浪费，带来环境的严重污染，甚至造成交通事故和人员伤亡。

在汽车工业飞速发展的今天，为提高汽车质量，延长汽车服役寿命，从而提高我国汽车的市场竞争力，人们迫切需要有关汽车腐蚀的产生原因、影响因素以及汽车设计、制造、服役中的防护技术等方面的知识，本书的编写力求为广大读者提供有关汽车腐蚀与防护技术的全面知识和最新信息。

本书涉及的内容包括：汽车腐蚀的危害性、腐蚀的基本知识、汽车用材的腐蚀、汽车车辆的腐蚀、影响汽车腐蚀的环境因素、汽车设计中的防护技术、汽车制造中的防护技术、汽车服役中的防护技术、汽车腐蚀的试验方法等。其中以较多篇幅突出了汽车腐蚀的防护技术，并提供了丰富的资料和最新的信息。

本书的编写人员都是多年从事金属腐蚀与防护研究的高级科研人员，其中主编曾赴瑞典参与中瑞两国“汽车腐蚀分析与对策”课题的合作研究，并主持中瑞汽车腐蚀与防护技术合作研究项目十余年，积累了丰富经验，获得了大量信息。具体编写人员有：黄建中（第一、四、七、八章）、江社明（第二、三章）、王向东（第五、十章）、俞钢强（第六章）、陈小平（第九章）。

希望本书的出版与发行，对从事汽车设计、制造与维修的技术人员和使用者有所帮助，对高等院校相关专业的教师和学生有参考价值，并对我国汽车工业的发展有所贡献。

由于编者水平所限，本书难免存在疏漏或错误，敬请读者批评指正，我们将衷心感谢！

编 者

2004 年 3 月



图 4-2 面板锈蚀(第 61 页)

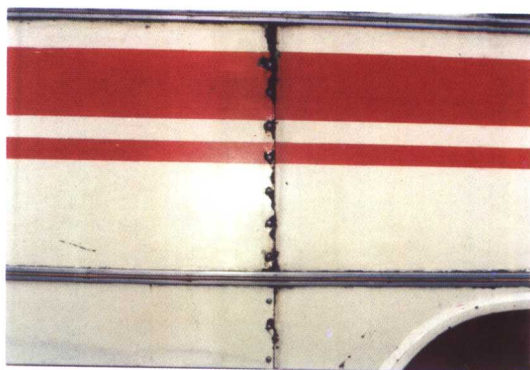


图 4-3 面板搭接处的腐蚀(第 61 页)



图 4-4 铆接造成的缝隙腐蚀(第 62 页)



图 4-5 裙带区面板腐蚀穿透(第 62 页)



图 4-6 车门踏脚附近面板的腐蚀穿透(第 62 页)



图 4-7 车门下部腐蚀穿透(第 62 页)



图 4-8 门槛立板腐蚀穿透(第 62 页)



图 4-9 窗框与密封橡胶条间的腐蚀(第 62 页)



图 4-10 车窗框焊接处腐蚀和裂纹(第 62 页)



图 4-11 装饰条附近的穿透腐蚀(第 62 页)



图 4-12 车轮附近骨架腐蚀穿透(第 62 页)



图 4-13 骨架与面板间的缝隙腐蚀(第 62 页)



图 4-14 汽车导水槽的腐蚀(第 63 页)



图 4-15 汽车大梁腐蚀穿透(第 63 页)



图 4-16 车轮挡泥板腐蚀(第 63 页)



图 4-17 燃油箱外侧腐蚀(第 64 页)



图 4-18 电瓶箱腐蚀穿透(第 64 页)



图 4-21 脚踏地板腐蚀穿透(第 66 页)

目 录

第一章 绪论	1
第一节 汽车公路运输的重要地位.....	1
一、汽车公路运输的优点.....	1
二、汽车公路运输在国民经济中的重要地位.....	1
第二节 汽车工业的发展.....	2
一、国外汽车工业的发展.....	2
二、中国汽车工业的发展.....	5
第三节 汽车腐蚀的危害性.....	6
一、汽车腐蚀概况.....	6
二、汽车腐蚀造成巨大的经济损失.....	7
三、汽车腐蚀造成大量材料和能源的浪费.....	8
四、汽车腐蚀带来严重的环境污染.....	8
五、汽车腐蚀常是交通事故隐患.....	9
第四节 汽车防护技术概述.....	9
一、提高材料的耐蚀性能,合理选用耐蚀材料.....	9
二、改善汽车及其零部件所处腐蚀环境.....	10
三、阻隔材料与环境的联系.....	10
参考文献.....	13
第二章 腐蚀基本原理	15
第一节 电化学腐蚀过程.....	15
一、腐蚀现象的复杂性.....	15
二、电化学的几个基本概念.....	15
三、电化学腐蚀过程.....	16
第二节 腐蚀的热力学.....	18
一、腐蚀的热力学基础.....	18
二、电化学序.....	18
三、电位-pH图.....	18
第三节 腐蚀动力学.....	20
一、腐蚀速度.....	20
二、极化.....	21
三、极化曲线与腐蚀极化图.....	23
第四节 去极化与钝化.....	25
一、去极化.....	25
二、钝化.....	26

第五节 腐蚀的基本形态	28
一、全面腐蚀	28
二、局部腐蚀	28
第六节 影响腐蚀的主要因素	34
一、材料因素	34
二、环境因素	35
参考文献	37
第三章 汽车用材的耐蚀性	38
第一节 汽车用材的现状和发展	38
一、汽车用材的组成	38
二、汽车用材的使用现状	38
三、汽车用材的发展趋势	42
第二节 黑色金属的耐蚀性	44
一、碳钢	44
二、合金钢	46
三、不锈钢	47
四、铸铁	49
第三节 有色金属的耐蚀性	49
一、铝及铝合金	49
二、镁及镁合金	50
三、钛及钛合金	51
四、锌及锌合金	51
五、铜与铬	52
第四节 非金属材料的耐蚀性	52
一、高分子材料	52
二、无机非金属材料	54
第五节 复合材料的耐蚀性	56
一、复合材料	56
二、涂镀层材料	57
参考文献	57
第四章 汽车车辆的腐蚀	58
第一节 汽车腐蚀常见类型	58
一、斑状腐蚀	58
二、缝隙腐蚀在汽车腐蚀中的几种特殊形态	58
三、汽车的其它局部腐蚀	59
四、受载下的腐蚀	60
第二节 汽车腐蚀频发部位	61
一、车身	61
二、车下底盘	63

三、发动机系统及附近部位	64
四、驾驶舱	66
五、热交换器	66
第三节 小轿车腐蚀	67
一、小轿车腐蚀调查	67
二、车轮罩及附近的腐蚀	70
三、车门及其附近部件的腐蚀	70
四、底盘和车下部位的腐蚀	71
五、行李箱及附近部位的腐蚀	71
六、排气系统的腐蚀	71
第四节 公共汽车腐蚀	72
一、我国四城市公共汽车腐蚀统计评估	72
二、影响公共汽车腐蚀的因素	74
三、公共汽车零部件的腐蚀	75
第五节 货车腐蚀	77
一、我国五城市货车腐蚀统计评估	77
二、货车零部件的腐蚀	79
参考文献	81
第五章 影响汽车腐蚀的环境因素	83
第一节 汽车运行的环境	83
一、气候的划分	83
二、大气腐蚀性的划分	83
第二节 气象因素的影响	85
一、相对湿度的影响	85
二、温度的影响	86
三、降雨的影响	86
四、酸雨的影响	86
五、氯化物的影响	88
六、固体尘粒的影响	88
第三节 道路环境的影响	89
一、泥沙和碎石飞溅的影响	89
二、路面水的影响	90
三、道路盐的影响	90
参考文献	92
第六章 汽车设计中的防护技术	93
第一节 防腐设计概述	93
一、防腐蚀设计的重要性	93
二、汽车设计者应具备的知识	93
三、进行汽车设计时应考虑的问题	94

第二节 设计中的选材	94
一、构件选用耐蚀材料	94
二、车身采用防锈材料	98
三、防护涂料的选用	100
四、密封胶和防锈蜡的选用	103
第三节 预防汽车不同腐蚀类型的设计	106
一、无载下腐蚀的防护设计	106
二、受载下腐蚀的防护设计	108
第四节 连接的防护设计	108
一、焊接	108
二、不同金属的铆接	109
三、不同金属的螺栓连接	110
四、避免滞留区的连接	111
五、管的焊接	112
第五节 构件的防护设计	113
一、封闭构件孔的设计	113
二、防滞留区设计	114
三、零件的外形设计	116
四、装饰嵌件和零件设计	117
第六节 电器件的防护设计	117
一、电器件的防护	117
二、电器连接的防护	119
三、车灯的防护	120
第七节 轿车车身结构的防护设计案例	121
一、合理设计布置电泳工艺孔和泄液孔	121
二、结构上避免积泥和积水	122
三、结构上避免构件毛边外露	123
第八节 防护设计可行性评估	124
参考文献	125
第七章 汽车制造中的防护技术（上）	126
第一节 涂装预处理	126
一、脱脂清洗处理	126
二、除锈和氧化皮	127
三、化学处理	128
四、有色金属的涂前处理	129
五、钢铁零部件涂前处理工艺	130
六、预处理的新发展	131
第二节 电泳涂装技术	131
一、电泳涂装原理和优点	131

二、电泳涂装的参数控制	134
三、电泳涂装的主要设备	136
第三节 其它涂装技术	139
一、常用普通空气喷涂技术	139
二、静电喷涂技术	143
三、静电粉末涂装技术	147
第四节 汽车涂装涂料	150
一、底漆	150
二、中间层涂料	154
三、汽车面漆	154
四、特种涂料	157
五、汽车涂料的新发展	159
第五节 汽车涂装工艺	161
一、汽车车身涂装	161
二、车箱（货车）及其部件的涂装	161
三、车架涂装	162
四、车轮涂装	162
五、发动机涂装	162
六、底盘件涂装	163
七、水箱、散热器、钢板弹簧等涂装	163
参考文献	163
第八章 汽车制造中的防护技术（下）	165
第一节 电镀技术	165
一、电镀锌及锌合金	165
二、电镀铜、镍、铬	169
三、电镀铅	173
第二节 其它镀锌技术	174
一、热镀锌	174
二、粉末渗锌	175
三、机械镀锌	176
第三节 达克罗涂层及其它防护技术	178
一、达克罗涂层技术特点	178
二、达克罗处理液成分	178
三、达克罗处理方法	179
四、达克罗处理工艺	181
五、达克罗技术在汽车制造中的应用	182
六、其它表面防护技术	183
第四节 汽车制造临时防护材料	184
一、水溶性缓蚀剂与防锈水	184

二、油溶性缓蚀剂及防锈油品·····	186
三、气相缓蚀剂及其应用·····	189
四、可剥性塑料·····	190
第五节 汽车制造中的临时防蚀技术·····	191
一、切削液的防锈技术·····	191
二、包装材料及应用技术·····	192
三、防锈处理工艺及实例·····	194
四、防锈蜡的防护技术·····	195
五、各类防锈剂性能汇总·····	199
参考文献·····	204
第九章 汽车服役中的防护技术 ·····	206
第一节 汽车定期保养与维护·····	206
一、汽车的维护·····	207
二、汽车的保养·····	208
第二节 汽车车身的局部修复防护技术·····	210
一、车身划痕的修复·····	210
二、车身腐蚀部位的修复·····	214
第三节 汽车的冲洗和表面防护技术·····	215
一、汽车的冲洗·····	216
二、汽车漆面的维护·····	217
三、封闭内表面的防腐蚀·····	217
四、外露接缝的防护·····	218
五、外露表面的防护·····	218
第四节 汽车服役中的临时防护技术·····	219
一、临时防护材料的应用·····	219
二、防锈蜡保护·····	220
三、整车防锈保护·····	223
第五节 缓蚀剂和阴极保护技术·····	223
一、缓蚀剂的应用·····	223
二、阴极保护技术·····	226
参考文献·····	228
第十章 汽车腐蚀试验方法 ·····	229
第一节 汽车腐蚀试验概述·····	229
一、汽车腐蚀试验的提出·····	229
二、汽车腐蚀试验的设计·····	229
三、国外的汽车腐蚀试验方法·····	230
第二节 试验室试验·····	234
一、浸泡试验·····	235
二、大气试验·····	235

三、电化学试验.....	236
四、老化试验.....	237
五、模拟服役试验.....	237
第三节 户外试验.....	238
一、大气试验.....	238
二、动态试验.....	239
第四节 整车试验.....	240
一、旧车解剖.....	240
二、试车场试验.....	240
三、实际检测调查.....	240
第五节 试验的评估与置信度.....	241
一、结果评价.....	241
二、腐蚀试验的置信度.....	242
参考文献.....	242

第一章 绪 论

第一节 汽车公路运输的重要地位

一、汽车公路运输的优点^[1]

在各种交通运输当中，汽车公路运输有着突出的优点。

(1) 机动灵活，使用方便

汽车运输能够很方便地深入工厂、矿山、企业、机关、学校、车站、码头、居民点、农村、山区等地，不受地点和时间限制，还可以实现“门对门”运输，非常灵活、方便。

(2) 纵横交错、干支结合、网络稠密

汽车公路运输网络纵横交错，干线与支线结合，相比其它运输网络稠密，不仅是点与点间运输，而且是面上运输，对国民经济和社会发展起到动脉作用，又有毛细管功能。

(3) 投资少，易管理

相对于其它运输行业，汽车公路运输一般投资少，回收快，设备容易更新，经营管理也较简单、容易。

(4) 技术不高，易于修理

一般公路技术要求不是很高，当遭受破坏时也较容易很快予以修理。

二、汽车公路运输在国民经济中的重要地位^[2,3]

汽车公路运输有其突出的优点，它不仅是短途客、货运输的主力，而且是高价物，鲜活易腐物集装箱等中长运输的主要力量。表 1-1～表 1-3 分别列出了中国近年各种运输中的货运量及货运周转量，客运量及客运周转量以及各种运输所占运输量的比例。从这些数据不难看出，无论是货运、客运还是它们的周转量，汽车的公路运输都占有绝对优势，占有各种运输总量的绝大份额。例如客运量占 90% 以上，货运量占 75% 以上，而客运周转近年连续 3 年均在 54% 以上（见表 1-3）。由此说明汽车公路运输在我国国民经济中扮演着重要角色，占有重要的地位。

表 1-1 中国各种运输客运量及其周转量

年 份	项 目	总 量	铁 路	公 路	水 运	民 航
2000	客运量/万人	1478573	105073	1347392	19386	6722
	周转量/亿人·公里	12261	4533	6657	101	971
2001	客运量/万人	1534122	105155	1402798	18645	7524
	周转量/亿人·公里	13155	4767	7207	90	1091

表 1-2 中国各种运输货运量及其周转量

年 份	项 目	总 量	铁 路	公 路	内 河	民 航	管 道
2000	长度/万公里		5.87	140.27	11.93	150.29	50.84
	运量/万吨	1358124	178023	1038813	122391	18700	197
	周转/亿吨·公里	44452	13902	6129	23734	636	50

续表

年 份	项 目	总 量	铁 路	公 路	内 河	民 航	管 道
2001	长度/万公里		5.91	169.80	12.15	155.36	51.69
	运量/万吨	1401177	192580	1056312	132075	19439	197
	周转/亿吨·公里	47591	14575	6330	25989	653	40

表 1-3 中国各种运输所占比例/%

年 份	项 目	铁 路	公 路	水 运	民 航	管 道
1999	货 运	12.9	76.6	8.9	—	1.6
	客 运	7.1	91.0	1.4	0.4	—
	客运周转	36.6	54.86	0.95	7.59	—
2000	货 运	13.1	76.5	9.0	—	1.4
	客 运	7.1	91.1	1.3	0.5	—
	客运周转	36.97	54.30	0.82	7.92	—
2001	货 运	13.7	75.4	9.5	—	1.4
	客 运	6.8	91.4	1.2	0.5	—
	客运周转	36.24	54.79	0.68	8.30	—

据统计，工业发达国家，如美国、英国、法国等，公路运输业每年产值都占其本国国民经济总值的6%~8%，这说明汽车公路运输在世界各国的国民经济中均占有重要位置。

第二节 汽车工业的发展

一、国外汽车工业的发展^[4]

汽车工业从早期到现代经历了 200 余年的发展历史。

(一) 早期汽车

早期出现的汽车是为了代替马车，所以主要是轿车。货车在 1896 年问世，而客车则出现在 1898 年。

早期汽车有蒸汽汽车、蓄电池汽车和电力汽车三种。

(1) 蒸汽汽车

1769 年，法国人 N. J. 居诺制成三轮蒸汽汽车，可载 4 人，时速为 3.5km/h。1801 年英国人 R. 特里维西克制造的第一辆蒸汽汽车开上山坡，1803 年第二辆蒸汽汽车在街上以 14.2km/h 时速行驶。19 世纪中叶，英国、法国、美国有许多蒸汽汽车的研制，但由于蒸汽汽车噪声大，黑烟多，破坏路面，又不安全，1896 年英国废止使用蒸汽汽车，随后蒸汽汽车日渐衰落。

(2) 蓄电池汽车

1881 年巴黎出现了蓄电池汽车，该种汽车启动、加速、减速很简便，振动小、噪声低，其发展速度快于汽油车。19 世纪末~20 世纪 20 年代，美国汽车的拥有量中，蓄电池汽车占 38%，蒸汽汽车占 40%，汽油汽车占 22%，1912 年蓄电汽车发展达到顶峰，当时美国拥有量达 33842 辆，但是蓄电池汽车一次充电行驶距离小，需要经常充电，很麻烦，该种汽车也逐渐被淘汰。

(3) 汽油汽车

19 世纪 60~70 年代，煤气机、汽油机相继出现，参与发明改进者有法国人 E. 勒