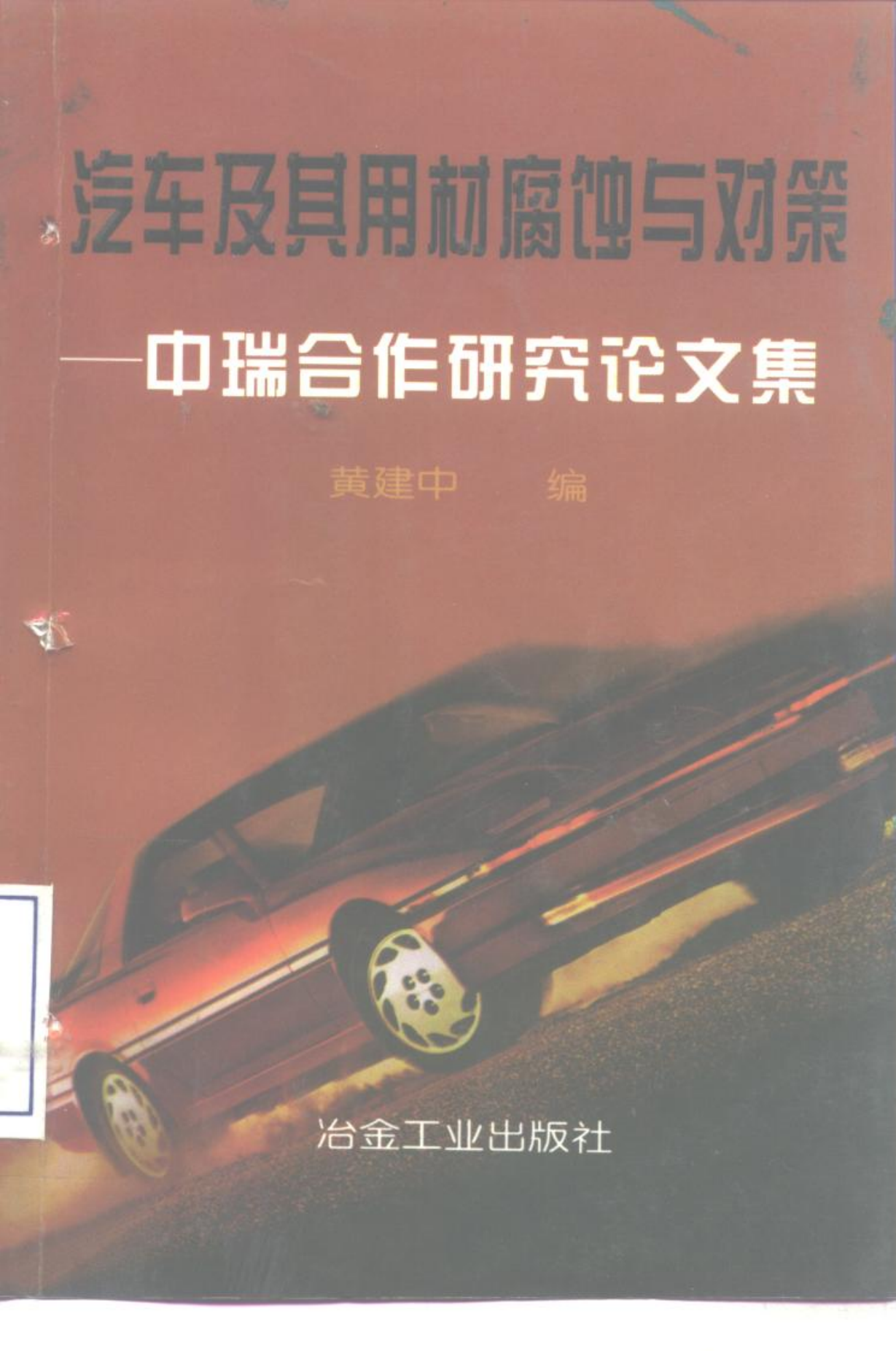


汽车及其用材腐蚀与对策

——中瑞合作研究论文集

黄建中 编



冶金工业出版社

汽车及其用材腐蚀与对策 ——中瑞合作研究论文集

黄建中 编

北 京
冶金工业出版社
1998

内 容 提 要

本文选编了中国冶金工业部钢铁研究总院和瑞典腐蚀研究所在汽车及其用材的腐蚀与对策研究项目方面进行 10 余年合作研究的部分论文, 包括中国汽车腐蚀调查结果; 汽车用材在中国、瑞典两国大气腐蚀试验结果; 汽车穿孔腐蚀机理与评价方法等。

本书可供从事汽车用材和冶金材料的有关技术人员参考, 也可供大专院校材料、腐蚀、汽车专业师生参考。

2R64/03

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车及其用材腐蚀与对策: 中瑞合作研究论文集/黄建中编. —北京: 冶金工业出版社, 1998. 5

ISBN 7-5024-2158-0

I. 汽… I. 黄… III. 汽车-工程材料-防腐-文集 IV. U465-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 01326 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 王雪涛 王成蓓 封面设计 李至云 责任校对 刘倩
北京昌平新兴胶印厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销
1998 年 5 月第 1 版, 1998 年 5 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/32; 4.875 印张; 108 千字; 149 页; 1-500 册
10.00 元

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

在中国冶金工业部和瑞典技术发展局的资助下，冶金工业部钢铁研究总院和瑞典腐蚀研究所进行合作，从 1985 至 1997 年间共同研究汽车腐蚀与对策项目。这项合作是中国-瑞典冶金科技合作项目之一，共分三个合作阶段，定于 1997 年结束。

合作研究内容主要涉及：

两个国家重型汽车（公共汽车与卡车）腐蚀现状调查与分析；

在两个国家大气腐蚀试验站进行汽车用材暴晒（静态）试验；

在两个国家若干城市进行汽车底部用材的挂片（动态）试验；

在两国实验室进行汽车常见穿孔腐蚀基础理论研究。

合作研究或者是两国科技工作者共同完成，或者是按照相同或相似研究方法各自独立完成。

本项目共完成研究报告和论文 20 篇，其中 8 篇已在 1992 年冶金工业出版社出版的《中国-瑞典冶金科技合作第三阶段共同研究论文集》发表，它们是：

(1) 重型运输车辆的腐蚀——对斯德哥尔摩运输公司所属车辆调查；

(2) 瑞典重型卡车腐蚀状况调查报告；

(3) 重型运输车辆腐蚀——在瑞典及中国的试验站暴晒一年及汽车挂片结果；

(4) 重型车辆腐蚀——在中国和瑞典的试验场地两年挂片试验；

(5) 重型运输车辆的腐蚀——四年暴露试验后的报告；

(6) 中国公共汽车腐蚀损伤调查报告；

(7) 中国卡车腐蚀状况调查报告；

(8) 瑞典与中国重型运输车辆的腐蚀——分析及对策。

本书收集的 10 篇论文和报告主要是近年的工作，只有少数（2 篇）是未曾收进已出版论文集的稍早的工作。

众所周知，近年来我国汽车工业飞速发展，为了提高汽车质量、延长汽车寿命、增强市场竞争力，增加企业效益，人们希望汽车及其用材有良好的抗腐蚀性能，需要汽车及其用材的腐蚀与防护知识。我们希望本书的出版能满足汽车行业、冶金行业从业人员的需要，或许还能作为高等院校相关专业教师和学生的参考书。

编 者

目 录

1. 中国汽车腐蚀与其防护对策——黄建中 钟积礼 … (1)
2. 重型车辆的腐蚀——瑞典及中国的试验站暴晒试验
——S. Hedlund V. Kucera 黄建中 钟积礼 吕秦
潘金山 …………… (8)
3. 中国和瑞典不同地区大气腐蚀研究——八年暴晒试
验结果分析——朱峰 S. Hedlund V. Kucera 黄建中
…………… (19)
4. 我国汽车用金属及其涂镀材料的耐蚀性能——黄建中
堵新心 关秀卿 李性林 刘思良 叶舟 …………… (45)
5. 电化学阻抗谱测量法在汽车材料穿孔腐蚀研究中的
应用——朱峰 S. Hedlund D. Thierry …………… (60)
6. 汽车用钢板的穿孔腐蚀——室内加速腐蚀试验与现
场腐蚀情况的对比——朱峰 D. Thierry S. Hedlund
…………… (77)
7. 交流阻抗方法在研究镀锌板缝隙腐蚀中的应用——
李民保 黄建中 …………… (102)
8. 镀锌板耐蚀性的研究——胡小萍 黄建中 …………… (111)
9. 镀锌板缝隙腐蚀原理的等效电路分析——李民保
黄建中 …………… (124)
10. 汽车用涂镀层钢板的现状与发展——黄建中
王向东 …………… (137)

1 中国汽车腐蚀与其防护对策

黄建中 钟积礼

(中国冶金工业部钢铁研究总院)

摘 要

本文根据作者对中国公共汽车和卡车腐蚀调查研究,论述了汽车腐蚀问题的重要性;我国汽车腐蚀的现状;影响汽车腐蚀的主要因素以及我国对汽车腐蚀采取的防护对策,最后提出了提高汽车耐蚀性需要解决的几个问题。

1 引言

从“七五”开始,我国已将汽车工业作为支柱产业并得到了飞速发展,到1992年全国已拥有汽车整车制造厂125家,改装厂达600余家。汽车产量已突破百万辆大关,达到108万辆^[1]。

在汽车发展中,各国追求的目标之一是延长汽车服役寿命。一般造成汽车损坏的因素有三个,即腐蚀、磨损、意外事故。其中以腐蚀损坏最为普遍和严重。汽车腐蚀不仅造成巨大的经济损失,造成材料、能源浪费,而且还带来环境污染、交通事故。

据报道,全世界因腐蚀使每辆汽车平均年损失为150~250美元/辆·年。欧美各国汽车腐蚀造成的年损失,美国为200亿美元,原西德为20亿马克,英国为2.5亿英镑,前苏

联为 25 亿卢布，瑞典为 5 亿克朗。

在我国^[2]，80 年代的行业规定，汽车平时有 1~4 级保养制度，两年要整修，四年一中修，八年一大修。据 1987 年数据，中修一次费用为 8000 元，大修一次 25000 元，粗略估计 80 年代初每年对全国汽车腐蚀损坏进行维修的材料费就达 10 亿多元人民币。

为保证汽车服役寿命，国外各汽车厂商对汽车防腐提出了要求。1989 年前，以加拿大腐蚀防护规范为标准，对汽车车身涂装防腐期要求为 1.5 年，穿孔腐蚀期为 5 年，支承部件穿孔腐蚀期为 6 年。目前，美国有关标准规定，汽车涂装防腐期为 3 年，支承部件腐蚀穿孔期为 6 年，日本则分别为 6 年和 10 年。

冶金工业部钢铁研究总院与瑞典腐蚀研究所合作研究“重型运输车辆腐蚀分析与对策”，项目重要内容之一是，采用统一方法调查两国汽车腐蚀情况^[3~6]。本文将对中国五城市 808 辆 1973~1988 年间生产的公共汽车和 524 辆 1978~1988 年间生产的卡车腐蚀调查结果作一评述。

2 我国汽车腐蚀现状

本文调查了在各种不同气候环境下运营的汽车，即北京、青岛、成都、广州、乌鲁木齐。公共汽车大都是各城市公交系统所属工厂制造。卡车主要包括解放牌、东风牌和黄河牌。调查是按国际通用方法进行，结果进行了统计分析。

结果表明，我国汽车一般在投入服役 1~2 年后即出现锈蚀现象，3~4 年局部地区出现腐蚀穿孔，国产汽车出现腐蚀和腐蚀穿孔时间较国外（如瑞典）汽车短 1/2，耐蚀性能远较国外汽车差。

汽车腐蚀以一般均匀腐蚀、点腐蚀、缝隙腐蚀、电偶腐蚀、垢下腐蚀等最为常见，腐蚀穿透常发生在缝隙腐蚀处。

公共汽车出现腐蚀较为频繁和严重的部位为：前面板下部、侧面板裙带部位、面板搭接处、顶篷四角及连接处、车身骨架与面板连接处、门框下部、窗框四角、车尾部纵横梁、靠近后轮横轴上方大梁、车轮罩、翼子板、燃油箱、电瓶箱底部、消音排气系统。这些部位常出现较严重腐蚀，有时腐蚀穿孔。

卡车出现腐蚀较频繁的部位在：驾驶室前风窗下角框架、车门下部叠合区、侧板和后板的底边，顶篷、侧板转折处、门槛脚踏板、翼子板下缘、翼子板与侧板连接处、地面板、发动机罩、水箱面罩、梁框架、燃油箱前部表面、压缩空气罐、焊缝与紧固件、底盘连接螺栓、横梁前脸、前后挡泥板、装饰物等。

3 影响汽车腐蚀的因素

汽车服役环境、汽车设计、材料选择、制造工艺、维修保养等都影响汽车腐蚀发生和服役寿命的长短。

在我国，大气中含 SO_2 和 Cl^- 高的青岛，汽车腐蚀最严重，其次是温度高、湿度高、潮湿时间长的成都，汽车腐蚀较轻的是广州，而干燥、低温的北京和乌鲁木齐汽车腐蚀最轻。

汽车设计中采用了防护设计，汽车腐蚀将大为减轻，如若避免了袋状结构和滞留，就可以防止泥砂雨水的积存，从而减轻垢下腐蚀。所有部件连接采用封闭设计，堵塞缝隙，防止缝隙腐蚀。北京公共汽车侧窗由上下手摇开启改为左右推拉开启，大大减轻窗角和面板腐蚀。

广州、成都公共汽车后期采用铝板做车身面板，青岛的汽车有些部位采用玻璃钢制作，有些卡车用镀锌板制作燃油箱、挡泥板、脚踏板，有些车用不锈钢制作装饰物，这些都大大提高了汽车耐蚀性能。

汽车车身上漆之前，采用严格的除锈、脱脂、磷化与钝化预处理工艺，将大大提高油漆附着力，从而提高汽车耐蚀性能。我国早年汽车制造中，有些厂家只采用简单的人工打磨除锈一道工序即行上漆，加上油漆性能不好，涂漆工艺落后，致使汽车服役后短时间（如半年至1年）就出现多处面漆鼓泡，脱落、锈斑。

我国各地汽车使用部门，都有一套保养维修制度，这无疑对延长汽车服役寿命大有好处，但对汽车的定时冲洗没有规定。实际上及时冲洗汽车的尘土、泥砂积存，将会大大减轻汽车的腐蚀，从而达到延寿的目的。

4 我国汽车防护的进展

为提高汽车耐蚀性能，应从如上所述的各个影响汽车腐蚀的环节着手。只有汽车设计、制造、使用等各部门共同努力，才能最有效地延长汽车服役寿命。

近些年来，随着国外汽车制造技术与汽车生产线的引进以及市场竞争机制的推动，许多先进，行之有效的汽车防护对策在各个有关部门运用和推广。

在汽车制造中，广泛采用耐蚀性优良的材料是延长汽车寿命的重要对策。至今，国外应用较广的耐蚀材料有塑料、铝、不锈钢，各类涂镀层钢板。如前所述，这些耐蚀材料在我国汽车制造中都逐渐推广应用，但无论从应用范围还是从应用数量来说，耐蚀材料在我国汽车制造业中还只是处于起步阶

段。

用于汽车制造的涂镀层钢板种类很多,主要有热镀锌板、热镀铝板、热镀锌铝合金和铝锌合金板、热镀铅板;有电镀锌板、电镀锌镍、锌铁合金板;有富锌涂料涂层板,有机涂层板及电镀锌有机涂层复合板。在我国,这些涂层板经过“六五”、“七五”和“八五”攻关,除少数1~2种外大部分都能生产。钢铁研究总院协助黄石银龙镀铝薄板厂建造的热镀铝板厂和协助宝钢冷轧厂改造的电镀锌镍生产线在“八五”末期预计即可供货。

汽车涂覆是汽车防护的最重要环节。油漆和涂料产品质量、油漆和涂料的涂覆工艺很大程度决定着汽车的防护效果。近10多年来,我国汽车工业都在陆续采用优质油漆和涂料以及先进的涂覆工艺。早期汽车车身采用溶剂基喷底漆,到后来改用水基性浸底漆,近来不少厂家研制、引进了水基阴极电泳漆和塑料专用底漆。由于国家汽车发展重点转向轿车工业,不少厂家又陆续开发和引进一些性能优良的金属闪光漆,高光泽、高硬度、耐晒面漆,罩光清漆以及中涂涂料等等。

我国汽车涂覆工艺随着汽车工业的发展逐渐走向现代化。目前许多厂家都增建了或引进了程序有别的漆前预处理设备。有些厂家引进了整车磷化、钝化生产线和处理液。在一些引进的汽车制造厂,也引进了完整的、严格的脱脂、漂洗、磷化、钝化、烘干生产线。这些预处理生产线的建立,大大改善了汽车油漆的防护性能。

近几年,我国不少汽车制造厂陆续引进了整车阴极电泳上漆的成套生产设备、电泳工艺以及阴极电泳漆。有些造漆厂也陆续研制和引进阴极电泳漆的生产线。这将对提高我国

汽车防护性能做出重要贡献。

5 结束语

我国汽车腐蚀较为严重,维修次数较频繁,材料耗费较大。近10多年,随着汽车工业的飞速发展,汽车防护对策日益增强,但同国外相比,我国汽车的防护性能还有相当的差距。

(1) 我国汽车工业有重视产量轻视质量的倾向,对汽车防腐蚀的意识较差。在汽车设计与制造中,没有主动采取防护对策。

(2) 对汽车耐蚀性至关重要的各类涂镀层钢板,国内虽然大多能生产,但其产量、质量、规格、品种等还不能满足要求。

(3) 各类性能优良的防护涂料和工艺,国内虽然进行了攻关研究,但其品种和性能,涂覆工艺和设备也还存在不少问题,引进设备和工艺的国产化问题,也还有许多工作要做。

(4) 在汽车维修与使用中,理应采取的一些防护措施,目前国内尚未列入有关的规程中。汽车维修、使用人员没有防护意识,也缺少防护知识。

参 考 文 献

- [1] 周一兵,中国汽车工业协会汽车相关工业分会成立大会报告,1993。
- [2] 黄建中,刘钟毓,汽车腐蚀及其防护,冶金工业出版社,1994。
- [3] Hedlund, S. 黄建中,中国-瑞典冶金科技合作第三阶段共同研究论文集,冶金工业出版社,1992,第511~520页。
- [4] Hedlund, S., 钟积礼,中国-瑞典冶金科技合作第三阶段共同研究论文集,冶金工业出版社,1992,第521~529页。

[5] 黄建中等, 中国-瑞典冶金科技合作第三阶段共同研究论文集, 冶金工业出版社, 1992, 第 615~627 页。

[6] 钟积礼等, 中国-瑞典冶金科技合作第三阶段共同研究论文集, 冶金工业出版社, 1992, 第 628~644 页。

2 重型车辆的腐蚀——瑞典及中国的试验站暴晒试验

S. Hedlund V. Kucera

(瑞典腐蚀研究所)

黄建中 钟积礼 吕 秦 潘金山

(中国冶金工业部钢铁研究总院)

摘 要

试片的试验站大气暴晒试验作为中瑞合作项目的一部分,分别在瑞典的三个、中国的六个试验站进行。碳钢、锌、铜、铝、锌铝合金涂层板、PVF₂涂层镀锌板等几种不同的试样同时在不同的大气环境下暴晒一年、两年及四年后,记录其腐蚀数据。大气环境的比较表明,中国试验站的气温较瑞典大气站的高约5~15℃。中国的大多数试验站潮湿时间较长,雨水的pH值较高。所有材料的腐蚀在中国的海洋试验站最为严重,氯的沉降率及SO₂浓度均很高。碳钢试样的大气站暴晒试验结果与车辆底盘挂片试验结果比较表明,防冻盐的使用对重型车辆的腐蚀是一个最重要的影响因素。

1 前言

“重型车辆的腐蚀分析及对策”是始于1985年的中国钢

铁研究总院 (CISRI) 和瑞典腐蚀研究所 (SCI) 合作项目。此项目由中国冶金工业部和瑞典技术发展局资助, 同时得到瑞典一些机构和公司的赞助。

此课题广泛研究的目的是描述出公共汽车及重型车辆在不同的气候环境类型下的腐蚀, 区分其原因并提出可行的对策。此项工作分为三部分, 同时在瑞典及中国进行:

(1) 分析重型运输车辆腐蚀破坏发生的范围及其分布情况;

(2) 试验站内大气暴晒试验;

(3) 公共汽车车底挂片试验。

第一次公开发表的此项报告主要涉及试验站挂片试验所得到的结果。

2 实验

为了解重要的气象参数对大气腐蚀的影响, 在瑞典三个试验站和中国六个试验站对碳钢、锌、铜、铝、锌铝涂层钢板及 PVF₂ 涂层板进行了挂片试验研究。

2.1 试验场地

用于暴晒试验的瑞典和中国的腐蚀试验站 (图 1), 各试验站的特点及主要气象参数示于表 1。

表 1 环境参数

试验站地点	大气类型	气象参数			降 水			空气 SO ₂ /μg· m ⁻³
		温度 /℃	湿度 /%	潮湿 时间 /h· a ⁻¹	pH	SO ₄ /mg · L ⁻¹	Cl /mg · L ⁻¹	
斯德哥尔摩	温和城市气候	5.0	73	2890	4.6	2.6	2	34
哥德堡	温和城市海洋气候	6.1	76	3679	4.3	4.5	6	26
BM 科望威科	温和海洋溅射	6.2	80	3300	4.4	3.9	41	5

续表 1

试验站地点	大气类型	气象参数			降 水			空气 SO ₂ /μg· m ⁻³
		温度 /℃	湿度 /%	潮湿 时间 /h· a ⁻¹	pH	SO ₄ /mg · L ⁻¹	Cl /mg · L ⁻¹	
北京	温和城市气候	11.5	60	840	6.3	15	4.7	127
青岛	温和海洋溅射	12.4	72	3240	7.5	15	60	323
成都	亚热带城市	16.4	83	6240	6.7	1.4	1.6	106
广州	亚热带城市	20.4	80	5064	5.6	14	0.8	42
武汉	亚热带城市	16.2	78	4056	6.1	6.0	0.6	34
舟山	亚热带海洋	16.1	78	5100	6.0	n. d.	n. d.	11

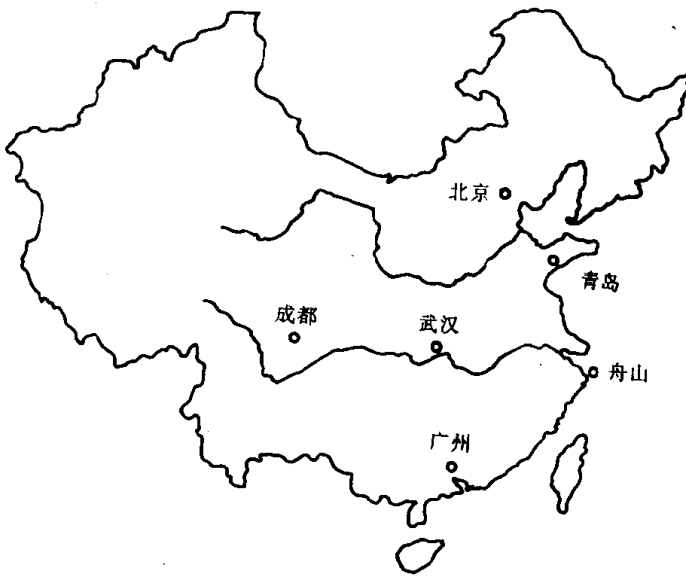


图 1 中国的试验站分布

2.2 环境参数的测量表

实测的环境参数见表 1。基本气象参数——温度及相对湿度是连续测得或至少每天测 3 次。根据以上数据计算出平均温度及潮湿时间。

潮湿时间是以温度 $>0^{\circ}\text{C}$ 时,相对湿度 $>80\%$ 的时间来计算的。

降水一栏中收集了硫酸根、氯离子及 pH 值。

空气中 SO_2 含量用两种方法测得,体积法为用已知体积的空气通过吸收溶液得到,第二种方法通过计算氧化铅板上的沉淀率测得。中国用的第二种方法通过 SO_2 的沉淀速率转换为 SO_2 含量浓度。

2.3 腐蚀测量

用于挂片试验的有以下材料:

碳钢 (SS1147), 锌 ($>98.5\%\text{Zn}$), 铜 ($>99.5\%\text{Cu}$), 铝 ($>99\%\text{Al}$), 锌铝合金镀层钢板 (55%Al, 45%Zn, $20\mu\text{m}$), PVF₂ 涂层钢板 ($20\mu\text{m}$ 镀锌钢板, $40\mu\text{m}$ PVF₂ 涂层)。

试样尺寸为 $150\text{mm}\times 150\text{mm}\times 1\text{mm}$, 与地面成 45° 角悬挂, 面朝南。挂片始于 1986 年 11 月至 12 月。一年、两年及四年后每种材料取回 3 片作评价。腐蚀程度以失重来评价。至少四次连续酸洗去掉腐蚀产物, 计算失重用线性回归和外推到零的酸洗时间方法进行。酸洗根据规范的步骤进行 (碳钢—Clark 溶液, 锌—5% (质量分数) 醋酸, 铜—10% (质量分数) H_2SO_4 , 铝—浓 HNO_3 加饱和 CrO_3 (50g/L) 或磷酸 (50g/L) 加 CrO_3 (20g/L), 锌铝镀层板—含 BaCrO_4 的 CrO_3 溶液)。