

文章编号:1006-3471(2001)02-0215-05

钢在中国大陆的大气腐蚀研究

梁 彩 凤

(钢铁研究总院青岛海洋腐蚀研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 本文分析了我国七个试验点十七种钢的八年大气腐蚀试验结果. 表明, 对碳钢和低合金钢, 危害最大的污染是二氧化硫及氯离子, 与公认一致. 但是, 二氧化硫仅在开始头 1 - 2 年内危害突出, 其后作用明显下降. 对非耐候钢, 湿热条件在短期里对腐蚀的影响并不大, 但长期暴露危害作用非常大, 如果同时存在污染, 更会造成很严重的腐蚀, 值得特别注意. 由于腐蚀情况与时间因素有关, 碳钢、低合金钢在不同腐蚀环境中, 暴露第一年所显示的大气腐蚀性规律与长期暴露所显示的不同, 如果用短期暴露数据判断钢的耐蚀性或环境的腐蚀性, 都会导致错误的结论.

关键词: 大气腐蚀; 钢; 环境因素; 大气腐蚀性

中图分类号: TG 172

文献标识码: A

大气腐蚀所造成的损失, 占全部腐蚀损失的一半. 碳钢和普通低合金钢的大气腐蚀又占大气腐蚀总损失的一半以上. 自本世纪初, 钢的大气腐蚀便成为一个重要的研究领域. 近年来比较系统的有 Kucera 等^[1]和 Shastry 等^[2]的暴露试验. 我国从 60 年代开始进行钢的大气腐蚀研究及相应的大气暴露试验.

从各国的试验结果看, 对不同的环境, 钢的大气腐蚀性相差很大. 人们试图通过环境的气象和污染数据来确定其大气腐蚀性, 但并不很成功.

了解大气腐蚀性, 对于选材和用材有着极为重要的作用. 我国幅员辽阔, 气候、环境相差悬殊, 了解不同地区的腐蚀特点, 对于建设及生活都有重大的意义.

为了获得全面而系统的腐蚀数据, 国家科委和国家自然科学基金委组织了全国环境腐蚀试验研究网站, 从 1983 年开始了 5 个周期 20 年的数据积累及研究计划, 到目前为止已取得 15 年环境污染数据及四个周期 8 年的大气腐蚀数据. 本文以钢的腐蚀数据为基础, 探讨我国各种典型地区的大气腐蚀性.

1 试 验

试验钢的成分, 试验方法及所获得的腐蚀数据见文献^[3,4,5], 这里只将各试验站的环境特点列于表 1, 表 2.

收稿日期: 2000-12-25

* 通讯联系人

基金项目: 国家自然科学基金(59899140)资助项目

表 1 不同地区环境气象数据

Tab. 1 Meteorological data of the atmosphere at exposure sites

Site	Temp. Average/	Humidity Average/ %	Time of wetness/ h a ⁻¹	Precipitati on/ mm a ⁻¹	Sun shine/ h a ⁻¹	Climate	Distance to sea/ m
Beijing	12.0	57	2358	552	2150	Dry	34
Qingdao	12.5	71	4049	643	2078		
Wuhan	16.9	77	4871	1234	1641		
Jiangjin	18.4	81	5304	939	1312		
Guangzhou	22.4	78	5048	1494	1636		
Qionghai	24.5	86	6314	1881	2116	Hum. hot	350
Wanning	24.6	86	6736	1563	2043	Hum. hot	

表 2 不同地区大气污染物含量

Tab. 2 Corrosive factors of the atmosphere at exposure sites

Site	Cl ⁻ Deposition/ mg · 100cm ⁻² · d	SO ₂	NO ₂ Content	H ₂ S/ mg · m ⁻³	Rain			Pollution character
					pH	Cl ⁻ / mg · m ⁻³	SO ₄ ²⁻ / mg · m ⁻³	
Beijing	0.049	0.442	0.022	0.000	5.5			Marine
Qingdao	0.250	0.704	0.038	0.013	6.1	11044	81654	
Wuhan	0.011	0.272	0.089	0.004	6.5	917	11390	
Jiangjin	0.006	0.667	0.007	0.004	4.4	1994	31642	Acid rain
Guangzhou	0.024	0.107	0.035	0.007	5.8	353	13702	
Qionghai	0.199	0.150	0.008	0.029	6.9	1873	9625	
Wanning	0.387	0.060	0.005	0.000	5.0	11229	3552	Marine

2 影响大气腐蚀性的因素

通过多年大气腐蚀研究,通常认为影响大气腐蚀性的主要环境因素有三个:1)温度在零度以上时湿度超过临界湿度(80%)的时间-润湿时间;2)二氧化硫的含量;3)盐粒子的含量。

从我们的结果看,影响大气腐蚀的因素非常复杂,而且对于碳钢和耐候钢情况完全不同。图 1 给出碳钢-A3 钢在我国七个地区的 8 年腐蚀发展情况。

可以看出,对碳钢第一年的腐蚀,大气的污染的确起着较大的影响,并以青岛和江津的腐蚀率最高,分别显示了盐粒子和二氧化硫污染增强大气腐蚀性的效果。而被认为是最主要因素的润湿时间,仅在北京与武汉、广州相比较时才看到作用明显。这几个点的污染都比较轻,北京的年润湿时间只有 2 358 h,武汉、广州的润湿时间都超过 4 000 h,北京,由于气候干燥、润湿时间低而具有比武汉和广州低得多的第一年腐蚀率。但如将北京与琼海相比时,润湿时间的作

用却似乎相反. 琼海的环境特点是平均温度为 24℃, 润湿时间 6 314h, 这样高的润湿时间不仅没有增强腐蚀性, 反而降低了初始大气腐蚀率, 其第一年的腐蚀率比北京还低, 仅为 0.002. 另一个与润湿时间作用相反的例子是万宁和青岛的对比. 万宁和青岛都有盐粒子污染, 万宁的年润湿时间为 6 736 h, 青岛的年润湿时间为 4 049 h, 但万宁的第一年腐蚀率却低得多, 仅为 0.003 mm/a 左右, 而在青岛则为 0.005 mm/a.

长期暴露后的情况又不一样:

在青岛和江津, 虽然分别有海洋性和工业性污染, 腐蚀深度并不很大. 但在万宁腐蚀深度很大, 这就是说, 从长远看湿热的气候具有很高的腐蚀性, 单纯工业性或海洋性的环境, 腐蚀性并不是很高. 倘如湿热环境下再加海洋性污染, 则将产生极高的腐蚀性, 这就是万宁的情况.

琼海和万宁的高雨量和日照时数两个条件同时存在可能起很大作用, 琼海的年降雨量达 1 881 mm, 年日照时数为 2 116 h, 万宁的年降雨量为 1 563 mm, 年日照时数为 2 043 h. 对普通碳钢来说这两个因素的长期作用与短期作用正好相反. 第 1、2 年时锈层很薄, 丰富雨水的冲刷使薄锈层中的污染物不能积累, 从而使得湿状态下的电解液膜导电性和腐蚀性不高, 高的日照时数又使表面较长时间也保留在干燥状态, 因而腐蚀率并不高. 但锈层生长到一定厚度时, 丰富的雨水冲不进锈层, 而日照却受到屏蔽, 高的润湿时间又使其不易干燥, 即积累了污染物质又提供了腐蚀所必须的浸润状态, 因而腐蚀率急剧上升, 大大超过了江津及青岛.

对于耐候钢来说情况完全不同, 图 2 给出耐候钢在上述七地区的 8 年腐蚀发展情况.

耐候钢, 于其初期年份, 各种环境因素的作用与碳钢相似. 大气的污染起着较大的影响. 在青岛和江津其第一年的腐蚀率最高, 分别显示了盐粒子和二氧化硫污染的作用. 润湿时间的作用则仅在北京与武汉、广州相比时才见明显. 但比较北京与琼海, 润湿时间的作用则相反. 比较万宁和青岛也相反, 这里仍然可能是, 琼海和万宁的高雨量和日照时数两个条件同时存在起了很大作用.

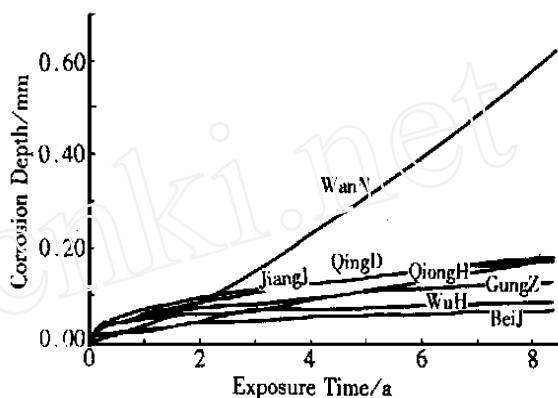


图 1 A₃ 碳钢在不同地区的大气腐蚀

Fig. 1 Atmospheric corrosion of carbon steel A3 at various sites

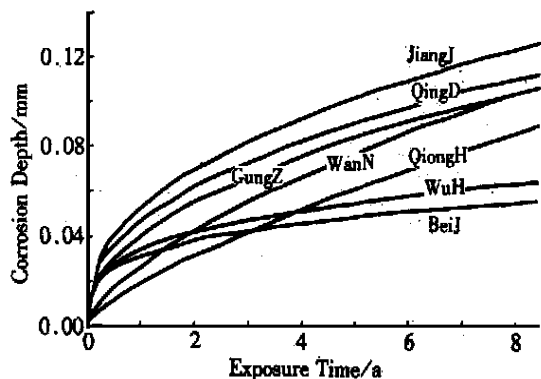


图 2 耐候钢在不同地区的大气腐蚀

Fig. 2 Atmospheric corrosion of steel 06CuPtire at various sites

耐候钢经长期暴露后的情况与碳钢不一样,与其短期暴露的情况也不一样,环境污染的影响不很显著. 湿热不起太大的作用,连盐粒子污染的作用也较小,主要的污染因素是二氧化硫,因而在江津的耐候钢腐蚀率较高. 这一点和 Southwell 等^[6]在巴拿马的 16 年试验结果是一致的. 在那里的湿热环境中,耐候钢的腐蚀并不比在温带并有盐粒子污染的 Curc Beach 严重.

耐候钢中铜、磷元素的存在是造成上述结果的原因. 它们使内锈层的晶粒细化、致密、阻抗高. 当暴露时间加长,锈层加厚,形成连续的覆盖层,保护性增强而使腐蚀率明显下降. 这一过程,随环境的不同而不同. 在污染较轻,气候干燥的地区,一年即能完成,如北京、武汉. 而污染严重的地区,则需 2 年,如江津.

表 3 列出于青岛暴露 4 年的 4 种钢样内锈层分析结果,实验方法包括 1) 交流阻抗, 2) X 射线衍射测定晶粒大小, 3) 扫描电镜测定致密度. 表中同时列出对应的腐蚀率. 此外用能谱法在 09CuPCrNi 钢的锈层中观察 Cr、Cu 的富集,在 09CuPTiRE 钢的锈层中观察到 Cu 的富集,在 10CrMoAl 钢的锈层中观察到 Cr 的富集.

表 3 暴露 4 年的钢样内锈层分析结果(试验地点:青岛)

Tab. 3 Results of rust analysis(4 year exposure coupon)

Steel	Impetance /ohm·cm	Porosity	Grain size	Corr. rate /mm a ⁻¹
A3	635	Higher	Coarser	0.030
09CuPTiRE	3062	Lower	Finer	0.025
09CuPCrNi	4285	Lower	Finer	0.021
10CrMoAl	5346	Lower	Finer	0.018

综上,不同的环境对不同的材料可以具有相差很大的大气腐蚀性. 为此针对不同材料的大气腐蚀状况,对于选材和用材有着极为重要的作用. 特别是在海南的建设中,对于大气的湿热特点要引起足够的重视,在钢结构设计中宜采用耐候钢.

3 结 论

1) 碳钢、低合金钢在不同腐蚀环境中,暴露第一年期间所显示的大气腐蚀规律与长期暴露所显示的是不相同的.

2) 对碳钢和低合金钢,危害最大的污染是二氧化硫及氯离子. 对非耐候钢,湿热条件对长期腐蚀的影响非常大,如果加上污染,会造成特别高的腐蚀,值得特别注意. 二氧化硫在开头 1~2 年危害作用很突出,其后作用则明显下降.

附言:本文由中国国家自然科学基金委员会资助,数据是北京航空材料研究所、钢铁研究总院青岛海洋腐蚀研究所、武汉材料保护研究所、重庆五九研究所、广州电器科学研究所,五个院所的七个试验站联合长期工作成果.

Atmospheric Corrosion of Steels in China

LIANG C *

(*Qingdao Marine Corrosion Institute, Central Iron &
Steel Research Institute, Qingdao 266071, China*)

Abstract : Data of eight year atmospheric exposures of 17 steels at 7 sites in China were analyzed. The result showed that the most detrimental pollution is sulfur dioxide and chloride ion for corrosion of carbon steels and low alloy weathering steels. This is in accordance with the common knowledge. The effect of sulfur dioxide is serious in the first few years and becomes weak obviously in the later years. The environment factor of humid hot is much more important in long run than the ordinarily acknowledged humidity ,pollution for non weathering steels ,although it is not obvious in the beginning. If pollution were existed ,a severe corrosion may resulted. As a result of these two factors ,the corrosivity obtained in short term exposure is different from that obtained from long term exposure.

Key words : Atmospheric corrosion ,Steel ,Environmental factor ,Atmospheric corrosivity.

References :

- [1] Kucera V , et al. Proc. Corrosion of structural metals in atmospheres with different corrosivity at 8 year exposure in sweden and czechoslovakia ,10th Int. Cong. Met. Corros[C]. India :1987. 167.
- [2] Shastry C R ,Friel J J ,Townsend H E. Sixteen year atmospheric corrosion performance of weathering steels in marine , rural and industrial environments. Degradation of Metals in Atmosphere. ASTM STP965 ,1988. 5.
- [3] Hou Wentai ,et al. Atmospheric corrosion of carbon steels and low alloy steels[J]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection , 1993 ,13(4) :291.
- [4] Liang Caifeng ,Hou Wentai. Atmospheric corrosion exposure of steels at eight years[J]. Corrosion Science & Protection Technology ,1995 ,7(3) ,P182 .
- [5] Hou Wentai , Liang Caifeng. Eight-year atmospheric corrosion exposure of steel in China [J]. Corrosion , 1995 ,55(1) ,P65.
- [6] Southwell C R ,Bultman J D. Atmospheric Corrosion[M]. Ailer. W H ed. New York : John Wiley & Sons , 1982. 934.