

飞溅区挂样位置、高度对钢腐蚀的影响

杨海洋^{1,2}, 黄桂桥^{1,2}, 丁国清^{1,2}, 杨朝晖^{1,2}

(1.青岛钢研纳克检测防护技术有限公司, 山东 青岛 266071;

2.钢铁研究总院青岛海洋腐蚀研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 目的 研究飞溅区挂样位置、高度对钢腐蚀的影响。方法 采用海水飞溅区暴露试验。结果 在青岛和三亚获得了5种钢在飞溅区暴露的腐蚀结果。结论 在不同海域试验地点的飞溅区暴露, 因环境条件不同, 钢的飞溅区范围区间有较大差别, 腐蚀速率峰值相对平均高潮位的高度也不同。在同一试验地点, 暴露位置、条件的不同都会使钢的飞溅区范围区间及腐蚀速率峰值的高度不同。

关键词: 飞溅区; 暴露试验; 钢; 腐蚀

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2017.02.007

中图分类号: TJ71

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2017)02-0036-04

Influences of Position and Height of Exposure on Corrosion of Steels in Splash Zone

YANG Hai-yang^{1,2}, HUANG Gui-qiao^{1,2}, DING Guo-qing^{1,2}, YANG Zhao-hui^{1,2}

(1.Qingdao NCS Testing & Corrosion Protection Technology Co., Ltd, Qingdao 266071, China;

2.Qingdao Research Institute for Marine Corrosion, Qingdao 266071, China)

ABSTRACT: Objective To research influences of exposure position and height on corrosion of steels in splash zone.

Methods Exposure test was carried out in the splash zone of seawater. **Results** Corrosion results of five kinds of steel in Qingdao and Sanya were obtained. **Conclusion** Large difference exists in the corrosion range and peak value of corrosion rate when steels are exposed in different test sites of sea areas because of different environmental conditions. Meanwhile, in the same test site, different exposure position and conditions can cause different range of splash zone and peak value of corrosion rate.

KEY WORDS: splash zone; exposure test; steel; corrosion

飞溅区是指海水的平均高潮位以上, 受海水飞溅的区域, 它上接海洋大气区。在飞溅区, 材料常常被充分充气的水所湿润, 水分蒸发后能在材料表面析出盐粒。在风浪的作用下, 海水和浪花可飞溅到试样表面。在大潮期的高潮位时, 飞溅区的下部会被海水浸泡, 海水的冲击作用会加剧材料在飞溅区的破坏。对于很多材料, 特别是钢铁, 飞溅区是所有海洋环境中腐蚀最严重的区带。钢在飞溅区的腐蚀速率与挂样高度间的关系图是有一个腐蚀速率峰值的变化曲线。飞溅区高度范围下起平均高潮位, 上至腐蚀速率变化

临界点(飞溅区和大气区的分界点)。

GB/T 6384—2008 中规定飞溅区挂样应置于试验海域腐蚀最严重的高度范围。以碳钢为试验材料, 通过为期不少于 1 a 的不同高度的预备挂片暴露试验, 找出具体地点和具体设施上腐蚀最严重的高度范围^[1]。除环境因素(如海水盐度、浪高、大气海盐含量、温度、湿度、风速、风向、雨量、太阳照射等)外, 挂样高度和位置对钢的飞溅区腐蚀也有重要影响。文中将论述飞溅区挂样位置条件、高度对钢腐蚀的影响。

1 试验

试验材料为碳钢 A3，20#，14MnMoNbB，09CuPTiRE 和 10CrMoAl，共 5 种，它们的化学成分

见表 1。试样取自供货状态的板材，机加工制样，表面磨光，粗糙度为 3.2 μm。试样尺寸 200 mm ×100 mm×6~8 mm。试验在青岛海水试验站和三亚海水试验站进行。试验方法符合国家标准 GB/T 5776—2005。

表 1 碳钢和低合金钢的化学成分

钢种	C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr	Mo	其他	Fe
A3	0.20	0.55	0.26	0.009	0.015					余量
20#	0.25	0.49	0.26	0.027	0.013					余量
14MnMoNbB	0.15	1.53	0.34	0.010	0.022			0.55	Nb: 0.037 B: 0.0038	余量
09CuPTiRE	0.08	0.40	0.28	0.019	0.089	0.29			Ti: 0.013 RE: 0.024	余量
10CrMoAl	0.09	0.45	0.35	0.002	0.012	0.09	0.98	0.26	Al: 0.57	余量

在青岛站，试验场建有挡浪坝防护。在试验场外无挡浪坝阻挡，处于自然风浪影响状态；在试验场内无挡浪坝阻挡，风浪相对较小。A3 暴露在海水腐蚀试验场内、外的飞溅区，两者位置相距 40 m，相对挂样高度位置相同。一组（列）11 个 200 mm×100 mm 的试样自下而上挂放（短样），试样间距为 85 mm，高度在平均高潮位以上 0.2~3.25 m，试验时间为 1 a。在青岛站海水腐蚀试验场飞溅区腐蚀最严重的区域（平均高潮位以上 0.4~1.29 m）进行自下而上一组 4 个 200 mm×100 mm 试样（短样）的暴露试验，试验间距为 30 mm。试样为 20#，14MnMoNbB，09CuPTiRE，试验时间为 1，2，4 a。

在三亚站，试验平台（潮差飞溅试验平台）建有拦栅式水泥笼防护。在试验平台外，处于自然风浪条件下；在试验平台内，有拦栅式水泥笼阻隔，风浪相对较小。进行 10CrMoAl 电连接长钢样的飞溅区暴露试验。10CrMoAl 试样用防水导线焊接，制成电导通的长试样（长样），焊点用环氧树脂涂封。一组 12 个试样，试样垂直海平面，试样间距离为 85 mm，高度在平均高潮位以上—0.57~2.76 m。试验同时在潮差飞溅试验平台内、外挂放，内外挂放点至海岸的距离相等。试验时间为 1，2 a。在三亚站进行 20#，14MnMoNbB 和 09CuPTiRE 的 200 mm×100 mm 试样自下而上的短样暴露试验，一组（列）6 个试样，试样垂直海平面（200 mm 长边平行于海平面），试样间距为 30 mm。海水腐蚀试验场潮差飞溅试验平台内挂放，高度在平均高潮位以上 0.19~0.94 m。试验时间为 1 a。

2 结果和讨论

图 1 是 A3 在青岛站海水腐蚀试验场内、外的飞溅区暴露 1 a 的腐蚀速率随高度的变化曲线。结果表明，由于挡浪坝的阻挡作用，减小了试验场内的风浪，对

试验场内飞溅区的腐蚀造成较大的影响，使试验场内的腐蚀减轻，腐蚀速率峰值的高度下降。A3 试验场内的腐蚀速率峰值为 0.47 mm/a，试验场外峰值为 0.59 mm/a。试验场内、外的飞溅区腐蚀速率峰值的高度分别在平均高潮位以上约 0.6 m 和 1.1 m，试验场内比试验场外约低 0.5 m。如图 1 所示，A3 在青岛站试验场内外暴露 1 a 的飞溅区范围约为 2.6 m 和 2.9 m。

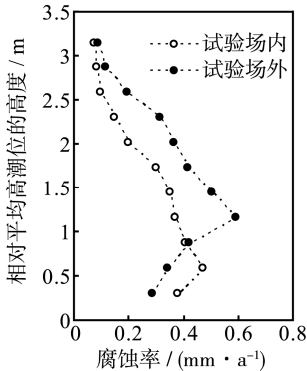


图 1 A3 在青岛站海水腐蚀试验场内、外的飞溅区暴露 1 a 的腐蚀速率（短样）

表 2 是 20#，14MnMoNbB，09CuPTiRE 在青岛站飞溅区不同高度暴露 1，2，4 a 的腐蚀速率，可以看出，试验钢腐蚀速率最大的试样的高度位置是变化的。暴露 1 a，20#，14MnMoNbB，09CuPTiRE 都是最下面那一片（平均高潮位以上 0.63~0.83 m）试样的腐蚀速率最大；暴露 2 a 是中间一片（平均高潮位以上 0.86~1.06 m）试样的腐蚀速率最大；暴露 4 a 是最上面那一片（平均高潮位以上 1.09~1.29 m）试样的腐蚀速率最大。这表明，钢在飞溅区的腐蚀速率峰值的高度位置是变化的，随着暴露时间的延长，腐蚀速率峰值的高度位置升高。从不同高度的试样腐蚀速率变化来看，0.4~0.6 m 和 0.63~0.83 m 的试样的腐蚀速率随暴露时间延长降低，1.09~1.29 m 的试样的

腐蚀速率随暴露时间延长有增大趋势。3 种钢的耐蚀性优劣顺序为 14MnMoNbB, 09CuPTiRE, 20#。

表 2 钢在青岛站飞溅区不同高度暴露 1, 2, 4 a 的腐蚀速率

相对平均高潮位的高度/m	20#			14MnMoNbB			09CuPTiRE		
	1 a	2 a	4 a	1 a	2 a	4 a	1 a	2 a	4 a
1.09~1.29	0.31	0.31	0.32	0.21	0.21	0.23	0.21	0.25	0.24
0.86~1.06	0.34	0.32	0.29	0.26	0.22	0.20	0.26	0.27	0.23
0.63~0.83	0.36	0.31	0.27	0.27	0.21	0.20	0.28	0.24	0.22
0.4~0.6	0.33	0.29	0.24	0.24	0.20	0.18	0.25	0.23	0.20

10CrMoAl 电连接长钢样在三亚站潮差飞溅试验平台内、外的飞溅区暴露试验结果如图 2 所示, 结果显示了与青岛站试验场内、外飞溅试验结果相似的情形。潮差飞溅试验平台周围的水泥围栏及内部的台板、试验架和试样对风、浪、阳光等有阻挡和遮蔽作用, 使平台内挂放的飞溅区试样的腐蚀减轻, 腐蚀速率峰值的高度降低, 飞溅区范围减小。10CrMoAl 在平台内暴露 1 a 的峰值为 0.44 mm/a, 在平台外为 0.57 mm/a。在平台内、外腐蚀速率峰值的高度分别在平均高潮位以上约 0.5 m 和 1 m。

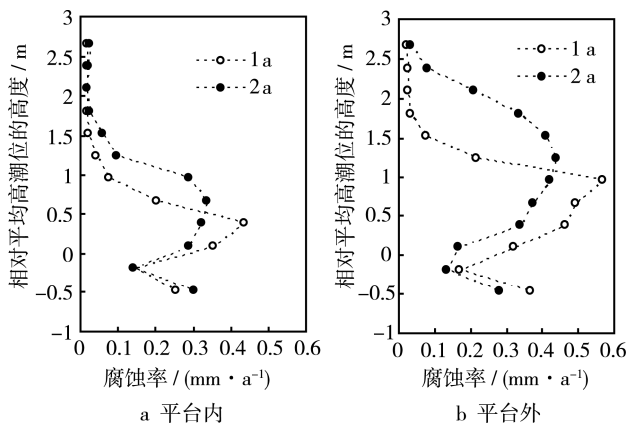


图 2 10CrMoAl 在三亚站潮差飞溅试验平台内、外飞溅区暴露的腐蚀速率(长样)

10CrMoAl 长钢样在平台内、外暴露 2 a 的腐蚀速率曲线形状及特征都与 1 a 时不同, 平台外长钢样的变化更大。通过图 2 可以看出, 在平台内暴露 2 a, 飞溅区范围比 1 a 时略有扩大, 从 1.2 m 扩大为 1.4 m。在平台外暴露 2 a, 飞溅区范围比 1 a 时显著向上扩大, 从 1.8 m 扩大为 2.7 m。平台内、外暴露 2 a 的腐蚀速率峰值都比 1 a 减小。平台内、外暴露 2 a 的腐蚀速率峰值的高度位置都比 1 a 时升高(上升了一个试样, 0.285 m)。这与在青岛站飞溅区腐蚀严重区域暴露的 20#, 14MnMoNbB, 09CuPTiRE 的腐蚀速率峰值的高度位置随暴露时间延长而升高是一致的。

10CrMoAl 长钢样最下端两个试样的腐蚀速率不是像单独挂放的短钢样一样顺序上升, 而是最下一个

试样比其上一个大。这是由于在高潮位时, 以及在较高潮位并有大浪时, 下部 2 个、3 个或更多的试样会被海水浸泡, 下部浸泡的试样之间形成宏观腐蚀电池。最下端的试样为阳极, 腐蚀加速, 其上面的试样为阴极被保护, 腐蚀减慢。

20#, 14MnMoNbB, 09CuPTiRE 在三亚站潮差飞溅平台内飞溅区不同高度暴露的腐蚀速率见表 3。可以看出, 3 种钢暴露 1 a, 其腐蚀速率峰值都在同一高度, 在平均高潮位以上 0.58~0.68 m。它们的飞溅区范围约 1 m, 这与 10CrMoAl 长钢样潮差飞溅试验平台内的腐蚀结果一致。腐蚀数据表明, 3 种钢的耐蚀性优劣顺序为 14MnMoNbB, 09CuPTiRE, 20#, 与青岛站的耐蚀性顺序一致。

表 3 钢在三亚站试验平台内飞溅区不同高度暴露 1 a 的腐蚀速率

相对平均高潮位的高度/m	20#	14MnMoNbB	09CuPTiRE
0.84~0.94	0.14	0.10	0.10
0.71~0.81	0.47	0.22	0.38
0.58~0.68	0.67	0.41	0.52
0.45~0.55	0.56	0.37	0.46
0.32~0.42	0.49	0.27	0.44
0.19~0.29	0.36	0.33	0.36

关于贯穿整个飞溅区和潮差区以下的长钢样钢的腐蚀速率的文献^[2-13]较多。在不同海域的试验地点的飞溅区暴露, 因环境条件、位置条件的不同, 钢的飞溅区范围有较大差别, 腐蚀速率峰值的高度也不同。朱相荣等^[3]总结了在青岛、舟山、厦门和湛江等四个海区港湾内暴露的长钢样试样结果, 认为飞溅区的范围在海水平均高潮位以上约 0~2.4 m 的区间, 腐蚀峰的高度在平均高潮位以上 0.6~1.2 m 处。Humble^[4]报道的在美国北卡罗纳州哈博(Harbor)岛海滨暴露 155 天的长钢样的腐蚀速率峰值的高度距平均高潮位很近, 约 0.2 m。张明洋等^[5]在北海港的暴露 2 a 的 7 种钢的长钢样腐蚀结果表明, 腐蚀速

率峰值大约出现在平均高潮位以上 1.5 m 的位置。

根据以上结果和论述可知,当需要在某一海域的试验地点进行飞溅区暴露腐蚀试验时,飞溅区的挂样高度范围应通过碳钢和/或低合金钢暴露 1, 2 a 或更长时间的试验来确定。试验时,一个项目的所有暴露试样,挂样面积应尽量邻近,以减小因位置条件不同给腐蚀带来的影响。

3 结论

1) 在不同海域试验地点的飞溅区暴露,因环境条件不同,钢的飞溅区范围区间有较大差别,腐蚀速率峰值相对平均高潮位的高度也不同。在同一试验地点,暴露位置、条件的不同都会使钢的飞溅区范围区间及腐蚀速率峰值的高度不同。

2) 挡浪坝或构筑物等的阻挡、遮掩使挂放的飞溅区试样的腐蚀减轻,腐蚀速率峰值的高度降低,飞溅区范围减小。

3) 在该试验条件下,钢在飞溅区腐蚀速率峰值的高度位置随暴露时间延长而升高。当需要在某一海域的试验地点进行飞溅区暴露腐蚀试验时,飞溅区的挂样高度范围应通过碳钢和/或低合金钢暴露 1, 2 a 或更长时间的试验来确定。

参考文献:

[1] GB/T 6384—2008, 船舶及海洋工程用金属材料在天然

环境中的海水腐蚀试验方法[S].

- [2] 黄桂桥, 尤建涛. 海洋环境中长钢样与短钢样腐蚀差别的研究[J]. 材料保护, 2000, 33(9): 4—5.
- [3] ZHU Xiang-rong, HUANG Gui-qiao, LIANG Cai-feng. Study on the Corrosion Peak of Carbon Steel in Marine Splash Zone[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 1997, 15(4): 378—380.
- [4] HUMBLE A A. The Cathodic Protection of Steel Piling in Seawater[J]. Corrosion, 1949, 5(9): 292—302
- [5] 张明洋, 戴如华, 林定一, 等. 海洋工程结构用耐蚀低合金钢 10CrCuSiV 的研制[J]. 海洋工程, 1983(4): 51—60.
- [6] 黄桂桥. 合金元素对钢在海水飞溅区腐蚀的影响[J]. 腐蚀与防护, 2001, 22(12): 511—513.
- [7] 黄桂桥, 郁春娟. 金属材料在海洋飞溅区的腐蚀[J]. 材料保护, 1999, 32(2): 28—30.
- [8] 邵怀启, 韩文礼, 王雪莹, 等. 海洋飞溅区钢结构的腐蚀规律与防护措施[J]. 腐蚀与防护, 2008, 29(11): 646—647.
- [9] 朱相荣, 王相润, 黄桂桥. 钢在海洋飞溅带的腐蚀与防护[J]. 海洋科学, 1995(3): 23—26.
- [10] 黄桂桥. 铜合金在海洋飞溅区的腐蚀[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005, 25(2): 65—68.
- [11] 黄桂桥. 不锈钢在海水飞溅区的腐蚀[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002, 22(4): 211—215.
- [12] 黄桂桥, 韩冰, 张万灵. Cr, Ni 对钢在海水飞溅区的锈层及耐蚀性的影响[J]. 材料保护, 2014, 47(3): 56—58.
- [13] 侯保荣. 海洋钢结构浪花飞溅区腐蚀防护技术[J]. 中国材料进展, 2014, 33(1): 26—29.