

# The Corrosion Behavior of Gray Cast Iron in the Solution of Snowmelt Agent Containing Chlorine Salt

Chenglin Zhang, Yan Wang\*, Wansheng Zhang, Hongyu Qu, Yachao Fang, Xingli Jia

Materials and Metallurgical Engineering Experiment Center, Liaoning Institute Science and Technology  
Metallurgical Engineering Institute, Benxi Liaoning  
Email: 2335052058@qq.com, \*wyyanzifei2013@163.com

Received: May 4<sup>th</sup>, 2017; accepted: May 23<sup>rd</sup>, 2017; published: May 26<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

The corrosion behavior of grey cast iron, which are used to make auto parts, in the industrial salt solution and environment-friendly snowmelt agent solution respectively, are studied by metal corrosion full immersion test method. The relationships of the corrosion rate of gray cast iron and the corrosion time as well as the snowmelt agent concentration are discussed. The results showed that: the corrosion rate of gray cast iron in the environment-friendly snowmelt agent solution is lower than that in the industry salt solution. With the increase of corrosion time, the corrosion rate of gray cast iron first increases then decreases, the maximum value appeared in 48 h. The corrosion rate of gray cast iron in industrial salt solution increases with the solution concentration, and first decreases then increases. When the concentration is 2%, the corrosion rate appears minimum value.

## Keywords

Chlorine Salt Snowmelt Agent, The Corrosion Behavior, Gray Cast Iron, Soak

---

# 车用灰铸铁在含氯融雪剂环境中的腐蚀行为研究

张成林, 王艳\*, 张万胜, 曲宏宇, 方亚超, 贾兴丽

辽宁科技学院冶金工程学院材料与冶金工程实验中心, 辽宁 本溪  
Email: 2335052058@qq.com, \*wyyanzifei2013@163.com

---

\*通讯作者。

文章引用: 张成林, 王艳, 张万胜, 曲宏宇, 方亚超, 贾兴丽. 车用灰铸铁在含氯融雪剂环境中的腐蚀行为研究[J]. 材料科学, 2017, 7(3): 318-322. <https://doi.org/10.12677/ms.2017.73043>

收稿日期：2017年5月4日；录用日期：2017年5月23日；发布日期：2017年5月26日

## 摘要

利用金属腐蚀全浸泡试验方法测定了工业盐和环保型融雪剂对车用灰铸铁的腐蚀性，研究了腐蚀时间、融雪剂浓度对灰铸铁腐蚀速率的影响。结果表明：灰铸铁在环保型融雪剂溶液中的腐蚀速率低于其在工业盐溶液中的腐蚀速率；随着腐蚀时间增加，灰铸铁的腐蚀速率呈先增加后减小的趋势，48 h达到最大值；灰铸铁在工业盐溶液中的腐蚀速率随着溶液浓度的增加，先减小后增大；当浓度为2%时，腐蚀速率出现最小值。

## 关键词

含氯融雪剂，腐蚀行为，灰铸铁，浸泡

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在下雪的冬季，路面积雪是造成交通阻塞及影响行车安全的主要问题，当人工和机械清雪都不能满足路面及时除雪需要时，融雪剂应运而生，并被世界上许多国家和地区广泛使用。融雪剂是利用盐类物质可使冰点下降这一原理，降低雪的熔点，达到消除路面积雪的目的，例如，向 100 g 冰或雪水中加入 33 g 氯化钠可以使冰点降至 $-21^{\circ}\text{C}$ 以下[1]。市面上成熟的融雪剂种类很多，大致可分为非含氯型和含氯型两类，含氯型又可分为氯盐型和混合型两种。目前，大多数国家都采用含氯化钠的融雪剂，挪威和日本使用氯化钙，美国和俄罗斯曾使用非氯盐型的过钙镁乙酸盐和乙酸钾，但因价格昂贵，没有推广[2]。但含氯融雪剂对道路、桥梁等基础设施造成严重的腐蚀损坏[3]。而且雪后车辆出行，带有融雪剂的雪水会大量溅附在车辆的底盘、发动机、排气管、制动系统等很多由铸铁材料制成的金属构件上，使其受到腐蚀和破坏，降低汽车的使用寿命，甚至可能发生交通事故。本文以车用灰铸铁为研究对象，采用浸泡法，考察了不同条件下灰铸铁在融雪剂溶液中的腐蚀行为，探讨了其腐蚀规律。

## 2. 实验方法

### 2.1. 实验原料

浸泡试验所用灰铸铁为市售的、主要用于汽车底盘的 HT250，其成分及组织如表 1 所示。试样尺寸为  $50\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 。

选用的融雪剂为市售的、常用的工业盐和环保型融雪剂。工业盐中含有 98.5%以上的氯化钠，钙镁离子和硫酸根离子的含量在 0.5%以下。环保型融雪剂主要由氯化钠、氯化镁、氯化钙和缓蚀剂组成。

### 2.2. 实验方法

将清洗、吹干、称重后的灰铸铁试样分别放入不同浓度的融雪剂溶液中于室温下连续浸泡 120 h，每隔 24 h 取出试样、清洗、称重。腐蚀速率的计算如式(1)所示。

**Table 1.** The composition and microstructure of HT250**表 1.** HT250 的成分及组织

成分	C	Si	Mn	P	S	基体组织
含量(%)	3.16~3.30	1.79~1.93	0.98~1.04	0.120~1.170	0.094~0.125	铁素体 + 珠光体

$$V = \frac{(W_1 - W_2)k}{A \cdot T \cdot D} \quad (1)$$

式中 V——试样腐蚀速率, mm/a;

W<sub>1</sub>——试样实验前质量, g;

W<sub>2</sub>——试样试验后质量, g;

k——计算常数, k = 87600;

A——试样表面积, cm<sup>2</sup>;

T——试验时间, h;

D——试样材料密度, D = 7.25 g/cm<sup>3</sup>。

### 3. 结果与讨论

#### 3.1. 浸泡时间对铸铁腐蚀速率的影响

室温下, 铸铁试样在 1% 的工业盐(记为 A)和环保型融雪剂(记为 B)溶液中连续浸泡 120 h, 试样的腐蚀速率与浸泡时间的关系如图 1 所示。

由图 1 可知, 在相同浓度的工业盐和环保型融雪剂溶液中, 铸铁都发生了明显的腐蚀; 当浸泡时间相同时, 铸铁在环保型融雪剂溶液中的腐蚀速率明显低于其在工业盐溶液中的腐蚀速率, 因此在条件允许的情况下应尽量选用环保型融雪剂以降低对汽车材料的腐蚀。

随着浸泡时间的增加, 铸铁试样在融雪剂溶液中的腐蚀速率呈先增加后减小的趋势。在工业盐溶液中的铸铁的腐蚀速率在 48 h 达到最高值; 由于工业盐中的主要成分就是 NaCl (含量达到 98.5% 以上), 铸铁试样在工业盐溶液中腐蚀速率随时间的变化趋势与文献[4]中报道的片铁在 15℃、5% 的氯化钠溶液中的腐蚀规律相一致。在环保型融雪剂溶液中, 铸铁试样的腐蚀速率在 48 h 和 92 h 存在两个峰值, 但整体呈下降趋势。由此可见, 环保型融雪剂中以氯化镁、氯化钙等部分代替氯化钠, 并添加缓蚀剂, 达到了降低铸铁腐蚀速率的目的[5]。

如图 1 所示, 在 48 h 以内, 铸铁在两种融雪剂溶液中腐蚀速率都是随着时间的增加而增加的, 因此车辆在融雪剂路面行驶后及时清洗是非常必要的, 可以减少融雪剂对车身下部的腐蚀。

#### 3.2. 融雪剂浓度对铸铁腐蚀速率的影响

室温下, 铸铁试样分别在浓度为 1%、2%、3%、4% 及 5% 的工业盐溶液(记为 A)和环保型融雪剂溶液(记为 B)中浸泡 48 h 和 120 h, 试样的腐蚀速率与融雪剂浓度的关系如图 2 所示。

由图 2 可知, 当腐蚀时间相同, 虽然融雪剂浓度不同, 但铸铁试样在工业盐溶液中的腐蚀速率始终高于在环保型融雪剂溶液中的腐蚀速率。试样在工业盐溶液中的腐蚀速率随着溶液浓度的增加, 先减小后增大, 与文献[4]中报道的一致; 试样在环保型融雪剂溶液中的腐蚀速率随溶液浓度的增加而减小。

当工业盐溶液浓度为 2% 时, 铸铁的腐蚀速率出现最小值; 且腐蚀时间为 48 h 时, 铸铁在工业盐溶液中的腐蚀速率与其在环保型融雪剂溶液中的腐蚀速率接近。

因此, 当没有条件使用环保型融雪剂时, 通过控制工业盐的使用量可以达到与环保型融雪剂相似的使用效果, 但应综合考虑降雪量对融雪剂使用量的要求, 对工业盐的使用量加以修正。

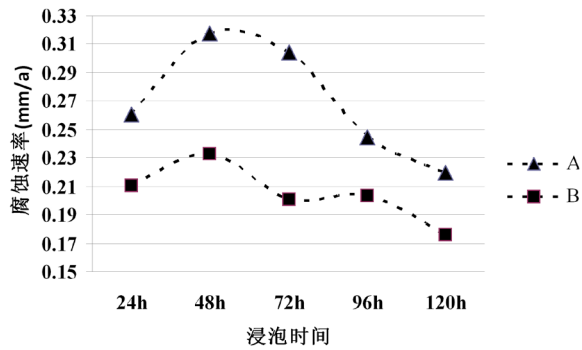


Figure 1. The influence of corrosion time on cast iron corrosion rate

图 1. 腐蚀时间对铸铁腐蚀速率的影响

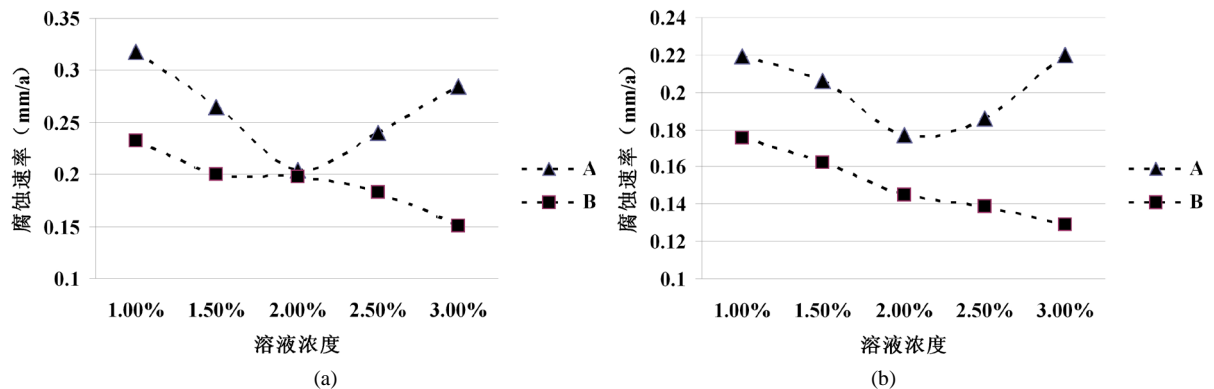


Figure 2. The influence of snowmelt agent's concentration on cast iron corrosion rate. (a) The corrosion time is 48 h; (b) The corrosion time is 120 h

图 2. 融雪剂浓度对铸铁腐蚀速率的影响。(a) 腐蚀时间 48 h; (b) 腐蚀时间 120 h

### 3.3. 腐蚀机理分析

国内外学者对铸铁材料在淡水、海水、柴油、自来水等液体中的腐蚀行为做了大量的研究工作[6] [7] [8] [9]。一般认为, 铸铁材料在盐溶液中的腐蚀是电化学腐蚀, 表现为氧去极化腐蚀, 如式(2)、(3)所示。



本实验采用的 HT250 的显微组织由铁素体、珠光体和片层状石墨组成。其中, 铁素体区域电极电位低, 是腐蚀电池的阳极区, 发生铁的氧化反应; 而石墨区域电极电位较高, 是腐蚀电池的阴极区, 发生氧的还原反应。由于融雪剂溶液中存在氯离子, 带负电的氯离子会不断向阳极区迁移、富集, 与  $\text{Fe}^{2+}$  生成可溶于水的  $\text{FeCl}_2$ , 并向外扩散;  $\text{FeCl}_2$  电离后, 与阴极区的  $\text{OH}^-$  结合成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , 释放出  $\text{Cl}^-$  又向阳极区迁移, 带出更多的  $\text{Fe}^{2+}$ , 如此反复, 加速阳极反应。由于环保型融雪剂与工业盐相比, 成分中含有缓蚀剂, 试样在环保型融雪剂溶液中的腐蚀速率始终低于其在工业盐中的腐蚀速率。

根据文献[6]报道, 在铸铁的电化学腐蚀中石墨表现出双重作用。石墨是强阴极相, 在腐蚀初期可加速铁基体的腐蚀, 但随着试样基体中 Fe 原子的离子化溶解, 石墨在试样表层逐渐沉积, 形成“网络”状石墨骨架附于铸铁表面, 随着浸泡时间的增加, 石墨层加厚, 增加了电阻, 使融雪剂溶液中的腐蚀电流进一步减弱, 抑制了石墨层下铁的腐蚀。另外, 腐蚀产物渗入到“网状”石墨骨架的空隙中将形成较致

密的产物层, 溶液中的氯离子被固定在产物层中, 可减缓铸铁的腐蚀。因此, 试样在融雪剂溶液中的腐蚀速率呈现先增加后减小的趋势。

铸铁材料的腐蚀速度与溶液中的溶解氧含量成正比, 与氧的扩散层厚度成反比[10]。随着工业盐溶液浓度升高, 其溶解氧含量必然降低, 使氧的极限扩散电流密度下降, 腐蚀电流下降, 其腐蚀率降低; 另一方面, 盐溶液的浓度对电导率影响的一般规律是随盐浓度的提高, 溶液电导率增大, 电阻减小, 其腐蚀率提高; 两者综合作用的结果使试样在工业盐溶液中的腐蚀速率随着溶液浓度的增加, 先减小后增大。

上文的分析提到过, 环保型融雪剂与工业盐相比, 成分中含有缓蚀剂, 缓蚀剂的作用就是在金属表面阳(阴)极区发生反应, 反应产物覆盖在阳(阴)极区上形成保护膜, 通过抑制腐蚀反应达到缓蚀目的。随着环保型融雪剂浓度的增加, 溶液中缓蚀剂的浓度也增加, 另外, 实验采用的是静止状态的溶液, 溶液的流动速度为零, 试样表面的覆盖层被破坏的可能性较小, 阻碍腐蚀的作用更加明显, 因此, 试样在环保型融雪剂溶液中的腐蚀速率随溶液浓度的增加而减小。

#### 4. 结论

1) 在实验条件相同时, 灰铸铁在环保型融雪剂溶液中的腐蚀速率始终低于其在工业盐溶液中的腐蚀速率。使用环保型融雪剂对车辆下部金属材料的危害较小。

2) 室温下, 当融雪剂浓度一定时, 灰铸铁在融雪剂溶液中的腐蚀速率随着腐蚀时间增加, 呈先增加后减小的趋势。在 48 小时以内, 灰铸铁在两种融雪剂溶液中的腐蚀速率都是增加的, 雪后行车应及时对车辆进行清洗。

3) 室温下, 当腐蚀时间一定时, 灰铸铁在工业盐溶液中的腐蚀速率随着溶液浓度的增加, 先减小后增大; 当浓度为 2% 时, 腐蚀速率出现最小值; 且当腐蚀为 48 h 时, 灰铸铁在工业盐溶液中的腐蚀速率与其在环保型融雪剂溶液中的腐蚀速率接近。通过控制工业盐的使用量可以达到与环保型融雪剂相似的使用效果, 但应综合考察降雪量对融雪剂使用量的要求, 对工业盐的使用量加以修正。

#### 基金项目

辽宁科技学院博士启动基金项目(1406B11), 校级大创项目(201611430044)。

#### 参考文献 (References)

- [1] 骆虹, 罗立斌, 张晶. 融雪剂[J]. 中国环境监测, 2004, 20(1): 55-56.
- [2] 赵莹莹. 化学融雪剂的环境影响探讨研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 东北师范大学, 2006.
- [3] 史艳华, 梁平, 刘峰. 含氯融雪盐对汽车用镀锌钢腐蚀行为的影响[J]. 材料保护, 2014, 47(3): 53-55.
- [4] 刘靖, 刘恒明, 朱莹. 几种融雪剂对金属材料的腐蚀性研究[J]. 广东化工, 2015, 42(23): 16-18.
- [5] 龙江虹, 曾平, 阳杰, 岳元媛, 田艳. 环境友好型氯盐融雪剂的研制[J]. 中国井矿盐, 2014, 45(5): 1-4.
- [6] 师素粉. 铸铁材料在水环境(海水、淡水、盐水)中的腐蚀研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 太原科技大学, 2008.
- [7] Frateur, I., Deslouis, C., Kiene, L., Levi, Y. and Tribollet, B. (1999) Free Chlorine Consumption Induced by Cast Iron Corrosion in Drinking Water Distribution Systems. *Water Research*, **38**, 1781-1790. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00369-8](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00369-8)
- [8] El-Sayed, M.S., Hany, S.A. and Abdulhakim, A.A. (2015) Corrosion Behavior of Cast Iron in Freely Aerated Stagnant Arabian Gulf Seawater. *Materials*, **8**, 2127-2138. <https://doi.org/10.3390/ma8052127>
- [9] Fazal, M.A., Haseeb, A.S.M.A. and Masjuki, H.H. (2011) Effect of Different Corrosion Inhibitors on the Corrosion of Cast Iron in Palm Biodiesel. *Fuel Processing Technology*, **92**, 2154-2159. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.06.012>
- [10] 桑连海, 黄薇, 廖志丹. 长江流域城市污水处理现状与节水效应浅析[J]. 长江科学院院报, 2007, 24(4): 23-25.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ms@hanspub.org](mailto:ms@hanspub.org)