

团 体 标 准

T/CFA 02010121—2023

大气环境球墨铸铁件防腐技术规范

Anti-corrosion technical specification for spheroidal graphite cast

iron in atmospheric environment

2023-02-27 发布

2023-05-27 实施

中国铸造协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	3
4 防腐涂装体系设计	3
5 防腐涂装技术要求	6
6 试验方法	11
7 检验规则	12
8 验收要求	13
附录 A（规范性）大气环境球墨铸铁件常见防腐涂层体系	14
附录 B（规范性）球墨铸铁件用涂料性能要求和试验方法	16
表 1 大气腐蚀典型环境分类实例	4
表 2 球墨铸铁件主表面典型防腐涂层体系	5
表 3 球墨铸铁件附属结构防腐涂层体系	6
表 4 C3 级腐蚀环境涂层配套体系性能	6
表 5 C4 级腐蚀环境涂层配套体系性能	6
表 6 C5 级腐蚀环境涂层配套体系性能	7
表 7 喷砂预处理表面检验项目及技术要求	8
表 8 涂料涂层检验项目及技术要求	9
表 9 热喷锌涂层检验项目及技术要求	10
表 A.1 耐候环境球墨铸铁件表面防腐其它常见涂层体系	14
表 A.2 非耐候环境球墨铸铁件表面防腐涂层体系	15
表 B.1 球墨铸铁件用富锌底漆性能要求和试验方法	16
表 B.2 球墨铸铁件用环氧漆性能要求和试验方法	17
表 B.3 球墨铸铁件用聚氨酯面漆性能要求和试验方法	17
表 B.4 球墨铸铁件用聚天门冬氨酸酯面漆性能要求和试验方法	18
表 B.5 球墨铸铁件用氟碳面漆性能要求和试验方法	18
表 B.6 球墨铸铁件用聚硅氧烷面漆性能要求和试验方法	19

前 言

本文件按 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》起草。请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国铸造协会风电铸件分会提出。

本文件由中国铸造协会归口。

本文件起草单位：新疆金风科技股份有限公司、上海海隆赛能新材料有限公司、宁波日星铸业有限公司、哈电风能有限公司、邦飞利传动设备(上海)有限公司、宜昌市先锋防腐保温有限公司、江阴市大阪涂料有限公司。

本文件主要起草人：万曙雄、张志训、刘强、方涛、赵益锋、唐斌、杨卫利、兰德平、陈雷、高斯、张紫平、林文光、阳雪兵、任卫东、童鹏、刘木生、桑振峰、徐开拓、王栋、朱畅、熊思刚、郭峰、骆德华、罗兵、江林峰、李明远。

本文件为首次发布。



大气环境球墨铸铁件防腐技术规范

1 范围

本文件规定了大气环境下球墨铸铁件的防腐涂装体系设计、防腐涂装技术要求、试验方法、检验规则和验收要求。

本文件适用于大气环境下球墨铸铁件的防护涂装，其它相似应用环境可参考本文件执行。

本文件不适用于浸泡、埋地及高温环境下球墨铸铁件的防护涂装。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1728 漆膜、腻子膜干燥时间测定法
- GB/T 1766 色漆和清漆涂层老化的评级方法
- GB/T 1768 色漆和清漆耐磨性的测定旋转橡胶砂轮法
- GB/T 1771 色漆和清漆耐中性盐雾性能的测定
- GB/T 1865 色漆和清漆人工气候老化和人工辐射曝露滤过的氙弧辐射
- GB/T 3186 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料取样
- GB/T 5210 色漆和清漆拉开法附着力试验
- GB/T 5611 铸造术语
- GB/T 6514 涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化
- GB/T 6739 色漆和清漆铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 6753.1 色漆、清漆和印刷油墨研磨细度的测定
- GB 7691 涂装作业安全规程 安全管理通则
- GB 7692 涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化
- GB/T 8264 涂装技术术语
- GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级
- GB/T 9264 色漆和清漆抗流挂性评定
- GB/T 9272 色漆和清漆通过测量干涂层密度测定涂料的不挥发物体积分数
- GB/T 9274 色漆和清漆耐液体介质的测定
- GB/T 9286 色漆和清漆漆膜的划格试验
- GB/T 9761 色漆和清漆色漆的目视比色
- GB 11375 金属和其他无机覆盖层热喷涂
- GB/T 12608 热喷涂火焰和电弧喷涂用线材、棒材和芯材分类和供货技术条件
- GB/T 13288.1 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第 1 部分：用于评定喷射清理后钢材表面粗糙度的 ISO 表面粗糙度比较样块的技术要求和定义

GB/T 13288.4 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理后的钢材表面粗糙度特性第 4 部分：ISO 表面粗糙度比较样块的校准和表面粗糙度的测定方法触针法

GB/T 13288.5 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理后的钢材表面粗糙度特性第 5 部分：表面粗糙度的测定方法复制带法

GB/T 13452.2 色漆和清漆漆膜厚度的测定

GB/T 13893 色漆和清漆耐湿性的测定连续冷凝法

GB/T 18570.3 涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的评定试验第 3 部分：涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)

GB/T 18570.6 涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的评定试验第 6 部分：可溶性杂质的取样 Bresle 法

GB/T 18570.9 涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的评定试验第 9 部分：水溶性盐的现场电导率测定法

GB/T 18838.3 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理用金属磨料的技术要求第 3 部分：高碳铸钢丸和砂

GB/T 18838.4 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理用金属磨料的技术要求第 4 部分：高低碳铸钢丸

GB/T 20624.1 色漆和清漆快速变形(耐冲击性)试验第 1 部分：落锤试验（大面积冲头）

GB/T 23985 色漆和清漆挥发性有机化合物(VOC)含量的测定差值法

GB/T 23986 色漆和清漆挥发性有机化合物(VOC)含量的测定气相色谱法

GB/T 30790.1 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第 1 部分：总则

GB 30981 工业防护涂料中有害物质限量

GB/T 35602 绿色产品评价涂料

GB/T 38597 低挥发性有机化合物含量涂料产品技术要求

GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范

GB 50212 建筑防腐蚀工程施工规范

HG/T 3668 富锌底漆

HG/T 3792 交联型氟树脂涂料

HG/T 4755 聚硅氧烷涂料

ISO 12944-2 色漆和清漆—防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护第 2 部分：环境分类 (Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 2: Classification of environments)

ISO 12944-6 色漆和清漆—防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护第 6 部分：实验室性能测试方法 (Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 6: Laboratory performance test)

ISO 12944-9 色漆和清漆—防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护第 9 部分：海上建筑及相关结构用防护涂料体系和实验室性能测试方法 (Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 9: Protective paint systems and laboratory performance test methods for offshore and related structures)

SSPC-SP1 溶剂清洗 (Solvent Cleaning)

3 术语和定义

GB/T 5611 和 GB/T 8264 界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

耐候型 weather resistant

具有耐受室外气候的考验，如光照、冷热、风雨等造成的综合破坏的材料类型。

3.2

非耐候型 non-weather resistant

应用于室内环境，无需耐受光照、风雨等综合破坏的材料类型。

3.3

涂层体系 coating system

已被涂装或将被涂装到基材上提供防腐蚀保护的金属材料 and/或色漆涂层，或相关产品的总称。

[来源：GB/T 30790.1-2014，定义 3.8]

3.4

挥发性有机化合物含量 volatile organic compounds content

VOC_s 含量

在规定条件下测得的涂料中存在的挥发性有机化合物的质量。

[来源：GB/T 30981-2020，定义 3.15]

3.5

额定干膜厚度 nominal dry film thickness, NDFT

规定的每道涂层或涂层体系的干膜厚度。

3.6

最大干膜厚度 maximum dry film thickness

不至于引起涂料或涂层体系性能出现不良后果的最大可接受的干膜厚度。本文件中规定最大干膜厚度为额定干膜厚度的 2 倍。

3.7

设计使用年限 design service life

设计规定的结构或构件不需要进行大修即可满足预定目的使用的年限。

3.8

循环腐蚀试验 cycle corrosion test

在紫外和凝露/盐雾/冷冻等环境条件下按一定顺序进行周期性的循环暴露试验。

3.9

维修涂装 repairing coating

结构在装配或使用过程中，防护涂层局部破坏或劣化时，对局部破坏区域进行表面预处理、修复涂装的过程。

4 防腐涂装体系设计

4.1 设计原则

防腐体系设计应根据下列因素确定：

- a) 球墨铸铁件防腐涂料体系设计应根据环境条件、结构特性、设计使用年限、施工环境，以及施工季节、工厂涂装、现场涂装及维修保养等施工条件确定；
- b) 涂料应符合下列环保要求：
- 1) 液体涂料，除封闭漆外，挥发性有机化合物（VOCs）不高于 420 g/L，优先采用满足 GB/T 38597 或 GB/T 35602 要求的涂料产品。
 - 2) 涂料中铅、镉、六价铬、汞等有害金属含量应符合 GB 30981 的规定。

4.2 涂层设计年限

球墨铸铁件涂层设计使用年限可根据球墨铸铁件在结构中的重要性，分为下列类型：

- a) 长效型，用 H 代表，防护期为 15 y~ 25 y；
- b) 超长长效型，用 VH 代表，防护期为 25 y 以上。

4.3 大气腐蚀环境分类

4.3.1 大气腐蚀典型环境分类实例可参照表 1，分类评定方法可参照 ISO 12944-2 执行。

表 1 大气腐蚀典型环境分类实例

腐蚀性等级	典型环境分类	
	外部	内部
C1 很低	—	加热的建筑物内部，空气洁净。如办公室、商店、学校和宾馆等
C2 低	污染水平较低。大部分是乡村地区	未加热的地方，冷凝有可能发生，如库房、体育馆等
C3 中等	城市和工业大气，中等二氧化硫污染。低盐度沿海区	具有高湿度和一些空气污染的生产车间，如食品加工厂、洗衣店、酿酒厂、牛奶场。
C4 高	中等盐度的工业区和沿海区	化工厂、游泳池、沿海船舶和造船厂
C5 很高	高湿度和恶劣气氛的工业区及高盐度的海岸区域	总是有冷凝和高污染的建筑物和地区
CX 极端	具有高含盐度的海上区域以及具有极高湿度和侵蚀性大气的热带亚热带工业区域	具有极高湿度和侵蚀性大气的工业区域

4.3.2 球墨铸铁件处于舱室、房间或容器内部时，腐蚀环境级别可较外部腐蚀环境类别相应降低一级。

4.4 防腐涂料类型

防腐涂料类型应为自然环境下固化的涂料产品，不包括热固型涂料。

4.5 防腐涂层体系分类

4.5.1 涂装防护体系按涂层结构可分为下列类型：

- a) 涂料涂层体系：

- 1) 底漆 +面漆；
 - 2) 底漆 +中间漆 +面漆。
- b) 热喷涂金属涂层体系：
- 1) 金属热喷涂涂层 +封闭漆+面漆；
 - 2) 金属热喷涂涂层 +封闭漆+中间漆 +面漆。
- 4.5.2 涂装防护体系按铸件结构可分为下列类型：
- a) 球墨铸铁件主表面；
 - b) 球墨铸铁件螺栓连接法兰面等附属结构。
 - c) 对应结构下典型涂层体系可参照表 2 及表 3，其它常见涂层体系配套可参照附录 A。

表 2 球墨铸铁件主表面典型防腐涂层体系

环氧底漆涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H ^a
底漆	环氧类	N/A	80	80	80	80	80	80
中间漆	环氧类	N/A	230	170	170	110	110	50
面漆	聚氨酯类 [#]	N/A	50	50	50	50	50	50
总干膜厚度		N/A	360	300	300	240	240	180
富锌底漆涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H
底漆	环氧富锌类	60	60	60	60	60	60	60
中间漆	环氧类	250	210	150	150	90	90	50
面漆	聚氨酯类 [#]	50	50	50	50	50	50	50
总干膜厚度		360	320	260	260	200	200	160
热喷涂金属底漆涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H
底漆	热喷涂锌/铝	60	60	60	60	60	60	60
封闭漆	环氧类	30	30	30	30	30	30	30
中间漆	环氧类	210	160	120	120	80	80	40
面漆	聚氨酯类 [#]	50	50	50	50	50	50	50
总干膜厚度		350	300	260	260	220	220	180

注：低腐蚀环境(C1级,C2级)涂层配套防腐方案应按 C3 级环境涂层配套要求执行；高腐蚀环境下的防护涂层体系适用于低腐蚀环境，反之不适用。

a. C3 H 级代表为中等腐蚀环境下长效型涂层设计年限，其它类推。

* 可根据需要采用聚天门冬氨酸酯涂料，高固体份氟碳涂料，聚硅氧烷涂料。

非耐候环境要求时，可采用环氧类涂料作为面漆。

表 3 球墨铸铁件附属结构防腐涂层体系

涂层	额定干膜厚度 μm
无机硅酸锌底漆	60~90
热喷锌	100~200

5 防腐涂装

5.1 防腐涂层配套体系

- C3 级腐蚀环境下涂层配套体系性能应符合表 4 的规定。
- C4 级腐蚀环境下涂料体系性能应符合表 5 的规定。
- C5 级腐蚀环境下涂料体系性能应符合表 6 的规定。
- C1 级和 C2 级腐蚀环境下涂层配套体系性能应按 C3 级环境涂层配套体系性能确定。

表 4 C3 级腐蚀环境涂层配套体系性能

序号	项目	技术要求
1	附着力（拉开法） MPa	≥ 5
2	耐连续冷凝	C3 H: 240 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落 C3 VH: 480 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落
3	耐中性盐雾	C3 H: 480 h, 无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 附着力应 ≥ 5 MPa, 划线处单向锈蚀蔓延 M 应 ≤ 1.5 mm C3 VH: 720 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 附着力应 ≥ 5 MPa, 划线处单向锈蚀蔓延 M 应 ≤ 1.5 mm
4	耐温变性	10 个周期, 涂层应不开裂不脱落
5	耐汽油性	240 h, 外观应无变色, 应无异常
6	耐候性*	1000 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 变色应 < 1 级, 失光应 < 1 级
7	耐冲击性	≥ 400 mm, 涂层应无开裂、无剥落
注: *仅适用于耐候型面漆。		

表 5 C4 级腐蚀环境涂层配套体系性能

序号	项目	技术要求
1	附着力（拉开法） MPa	≥ 5
2	耐连续冷凝	C4 H: 480 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落 C4 VH: 720 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落
3	耐中性盐雾性	C4 H: 720 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 附着力应 ≥ 5 MPa, 划线处单向锈蚀蔓延 M 应 ≤ 1.5 mm C4 VH: 1440 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 附着力应 ≥ 4 MP, 划线处单向锈蚀蔓延 M 应 ≤ 1.5 mm
4	耐温变性	10 个周期, 涂层应不开裂、不脱落

表 5 (续)

序号	项目	技术要求
5	耐汽油性	240 h, 外观应无变色, 应无异常
6	耐候性*	1000 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 变色应不大于 1 级, 失光应 < 1 级
7	耐冲击性	≥ 400 mm, 涂层应无开裂、无剥落

注: *仅适用于耐候型面漆。

表 6 C5 级及 CX 级腐蚀环境涂层配套体系性能

序号	项目	技术要求
1	附着力 (拉开法), MPa	≥ 5
2	耐连续冷凝	720 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落
3	耐中性盐雾性	1440 h, 未划线区应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 附着力应 ≥ 4 MPa, 划线处单向锈蚀蔓延 M 应 ≤ 1.5 mm
4	耐循环老化性	C5 H: 1680 h, 未划线区应无起泡、锈蚀、开裂、脱落; 划线区单边锈蚀蔓延 M 应 ≤ 3 mm C5 VH: 2688 h, 未划线区应无起泡、锈蚀、开裂、脱落; 划线区单边锈蚀蔓延 M 应 ≤ 3 mm CX: 4200 h, 未划线区应无起泡、锈蚀、开裂、脱落; 划线区单边锈蚀蔓延 M 应 ≤ 3 mm
5	耐温变性	10 个周期, 涂层应不开裂、不脱落
6	耐汽油性	240 h, 外观应无变色, 应无异常
7	耐候性*	1000 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 变色应 < 1 级, 失光应 < 1 级
8	耐冲击性	≥ 400 mm, 涂层应无开裂、无剥落

注: *仅适用于耐候型面漆。

5.2 涂料产品性能要求

球墨铸铁件涂料产品技术要求可参照附录 B。

5.3 防腐涂装技术要求

5.3.1 表面预处理

5.3.1.1 脱脂清洗

喷砂清理前应去除铸件表面油、脂、水、灰和盐等。有油污或探伤润湿剂等污染物时, 应按 SSPC-SP1 溶剂清洗, 清洗至无油污。

5.3.1.2 喷砂清理

5.3.1.2.1 磨料选择

喷砂清理磨料应符合下列要求：

- a) 喷砂用磨料应符合 GB/T 18838.3 或 GB/T 18838.4 的规定；
- b) 磨料颗粒应均匀，应确保喷砂后表面达到规定的除锈等级和粗糙度；
- c) 磨料允许重复使用，但应确保喷砂后表面达到规定的除锈等级、粗糙度和灰尘度。

5.3.1.2.2 喷砂质量

喷砂应符合下列要求：

- a) 喷砂清理后，除锈等级应达到 GB 8923-1--2011 中表 1 规定的 Sa 2½ 级。粗糙度应达到 GB/T 13288.4—2013 触针法或应达到 GB/T 13288.5—2009 中复制胶带法规定的 Rz 60 μm~ 100 μm 或应符合 GB/T 13288.1—2008 中表 2 的粗糙度比较板规定的中 G 级别；
- b) 喷砂达不到的局部位置，可采用动力工具机械打磨除锈，宜达到 GB/T 8923-1-2011 中表 1 规定的 St3 级。

5.3.1.2.3 喷砂条件控制

喷砂条件应符合下列要求：

- a) 喷砂前应检查并确认空气压力在 0.5 MPa~ 0.8 MPa；
- b) 油水分离器应定期清理，喷砂前应进行油水测试，压缩空气吹扫距离应为 50 cm、吹扫时间为 1 min 的白纸，应无变脏变潮现象；
- c) 喷砂清理区照明应方便检查喷砂面，照明设施应为防爆型；
- d) 铸件表面温度低于露点 3 °C 时或相对湿度高于 85 % 时，不应喷砂；应采用除湿设备、通风设备、加热设备等方法保证喷砂条件符合要求。

5.3.1.2.4 喷砂预处理表面检验

喷砂预处理表面检验项目及技术要求应按表 7 进行。

表 7 喷砂预处理表面检验项目及技术要求

序号	项目	技术要求
1	除锈等级	待喷锌/铝表面除锈等级应为 Sa3，待喷漆表面除锈等级应为 Sa2½
2	粗糙度	比较样板：ISO 粗糙度比较样板“Medium(G)”； 复制胶带法或粗糙度仪：待喷锌表面 Rz 50 μm~ 100 μm，待喷漆表面 Rz 40 μm~ 120 μm
3	表面灰尘	灰尘度应 ≤ 2 级
4	表面盐分	盐分含量应 ≤ 50 mg/m ²

5.3.2 涂装施工

5.3.2.1 健康、安全和环境要求

健康、安全和环境应符合下列要求：

- a) 施工单位应遵守环境与职业健康安全法规、行业标准。
- b) 涂装作业安全、卫生应按 GB 6514、GB 7691、GB 7692 和 GB 50212 规定执行。

- c) 热喷涂装备的安全操作及操作人员的安全和通风净化，应按 GB 11375 规定执行。
- d) 遵照国家清洁生产和文明生产的要求，保持施工现场清洁，产生的垃圾等应及时收集并妥善处理。

5.3.2.2 资质要求

供方（涂料施工单位）应具备相应涂料涂装资质；涂装施工人员应经过专业培训并取得上岗证及行业资质证明。

5.3.2.3 施工条件

涂装施工条件应符合以下要求：

- a) 涂装施工应在空气流通、光线明亮、清洁干净的厂房内进行；
- b) 待涂装表面温度低于 5℃或环境温度高于 40℃时不应施工；
- c) 待涂装表面温度低于露点 3℃不应施工；
- d) 环境相对湿度大于 85%时不应施工；
- e) 待涂装表面潮湿或出现返锈、沾污时，不应施工。

5.3.2.4 涂料施工

5.3.2.4.1 调漆

双组份涂料应按涂料产品说明书的配比混合并采用电动或气动搅拌装置搅拌均匀，应按涂料产品说明书的规定，添加稀释剂调节至适合粘度。

5.3.2.4.2 预涂

整体喷涂前，应对拐角、边缘、凹坑等难以喷涂局部区域采用刷涂或辊涂预涂。

5.3.2.4.3 喷涂

主要平面应采用无气喷涂，小面积修补可采用有气喷涂，施工过程应符合下列规定：

- a) 喷漆前应对法兰接触面等不需喷漆区域采取保护措施，涂装完成后应清理残余油漆；
- b) 喷砂后应在 4 h 内完成底漆喷涂，当所处环境相对湿度小于 60%时可适当延长，但最长不应超过 12 h。如表面出现返锈现象，应重新进行喷砂清理；
- c) 喷嘴与待涂装表面距离应保持 25 cm~ 35 cm，宜与表面垂直。喷涂过程中应采用湿膜卡检查湿膜厚度，干膜厚度应符合设计要求；
- d) 底漆喷涂完成后，根据涂料产品说明书中的涂装间隔进行中间漆和面漆的涂装。超过最大涂装间隔时，应对表面拉毛和清洁处理后再进行涂装。

5.3.2.4.4 检验

涂料涂层检验项目及技术要求应按表 8 执行。

表 8 涂料涂层检验项目及技术要求

序号	项目	技术要求
1	外观	漆膜应表面平整，应色泽一致，应无流挂、漏涂、针孔、气泡、裂纹等缺陷

表 8 (续)

序号	项目	技术要求
2	厚度	1) 符合 90/10 原则: 90 %的测量值应不低于额定干膜厚度, 其余 10 %的测量值也应不低于额定干膜厚度的 90 %; 2) 最大干膜厚度应不大于额定干膜厚度的 2 倍
3	附着力	拉开法: 破坏强度应不小于 5 MPa, 且不应出现 100 %A/B 破坏类型; 划格法: 仅适用于漆膜厚度小于 250 μm 时, 应为 0 级或 1 级

5.3.2.5 热喷锌

5.3.2.5.1 材料选择

喷涂用金属材料应符合下列规定:

- a) 线材应为锌或锌铝合金, 直径 2 mm 或 3 mm, 直径公差应符合 GB/T 12608 —2003 中第 4 条款的规定;
- b) 锌及锌铝合金的化学成分应符合 GB/T 12608 的规定。

5.3.2.5.2 施工过程

热喷锌施工过程应符合下列规定:

- a) 热喷锌施工应在喷砂完成后 4 h 内完成, 所处环境相对湿度小于 60 %时可适当延长, 但最长不应超过 12 h。如表面出现返锈, 污染等现象, 应重新进行表面清理;
- b) 热喷涂枪与待涂装表面应垂直并保持适合距离, 施工人员应通过相互垂直、交叉的方法确保涂层厚度均匀;
- c) 热喷涂的封闭处理应在施工完成后 4 h 内进行。

5.3.2.5.3 热喷锌涂层要求

热喷锌涂层检验项目及技术要求应按表 9 执行。

表 9 热喷锌涂层检验项目及技术要求

序号	项目	技术要求
1	外观	铸件表面金属涂层分布应均匀一致, 应无基体裸露点和气孔, 应无附着不牢固的金属颗粒, 应无起皮、鼓泡、粗颗粒、裂纹、掉块等缺陷
2	厚度	1) 最小局部厚度应不小于表 2 的规定; 2) 最大干膜厚度应不大于额定干膜厚度的 2 倍
3	附着力	拉开法: 破坏强度应不小于 5 MPa

5.3.3 涂层修复

5.3.3.1 涂料修复

- a) 涂料施工结束后、固化前应避免雨淋、曝晒、踩踏, 搬运中应避免对涂层损伤。装卸、倒运、电焊、切割过程造成的漆膜损伤, 应在铸件出厂前完成修补。
- b) 修补前, 应对涂层损伤区域评估, 总损伤面积不得超过 5 %; 超过应整体重涂, 未超过可采取

局部修补。

- c) 局部修补应首先检查涂层损伤程度，损伤至金属基体应采用手动或动力工具打磨至 St3 级，采用刷涂、滚涂或有气喷涂逐层修补，损伤未至金属基体应对旧涂层拉毛处理后逐层修补。修补区域过渡区宽度应有 50 mm，确保新旧涂层搭接完好。
- d) 修补时环境及涂层厚度应符合本文件要求。
- e) 涂层修补工艺和材料，应由供需双方商定。

5.3.3.2 热喷锌修复

- a) 热喷锌修补前，应对涂层损伤区域评估，总损伤面积不得超过 5%；超过应整体重喷，未超过可采取局部修补。
- b) 局部修补应采用手动或动力工具打磨至 St3 级，然后热喷锌喷涂至规定的涂层厚度，修补区域过渡区宽度应有 50 mm，确保新旧涂层搭接完好。
- c) 修补时环境及涂层厚度应符合本文件要求。
- d) 允许采用富锌底漆或冷喷锌修复热喷锌涂层损伤区域，涂层修补工艺和材料，应事先得到需方认可。

6 试验方法

6.1 防腐涂层配套体系性能

6.1.1 附着力

涂层附着力测试：拉开法应按 GB/T 5210 执行，划格法应按 GB/T 9286 执行。

6.1.2 耐连续冷凝

涂层耐连续冷凝测试应按 GB/T 13893 执行。

6.1.3 耐中性盐雾

涂层耐中性盐雾测试应按 GB/T 1771 执行，其中划线破坏应按 ISO 12944-6: 2018 附录 A 规定执行，划线宽度应为 (2 ± 0.2) mm。

6.1.4 耐温变性

涂层耐温变性测试应按下列程序执行：

a) 按配套膜厚制备的样板经养护后，应先于 23℃ 水中浸泡 18 h，取出后迅速置于 -40℃ 冷冻箱中冷冻 3h，再取出后应立即置于 60℃ 烘箱中加热 3 h，此为 1 个周期；

b) 测试完成后，应采用 10 倍放大镜观察漆膜开裂及其它异常情况。

6.1.5 耐汽油性

涂层耐汽油性测试应按 GB/T 9274--1988 中条款 5 中甲法程序 A 执行，汽油浸泡深度应为试板高度的 2/3。

6.1.6 耐循环老化性

涂层耐循环老化性测试程序可参照 ISO 12944-9:2018 中附录 A 执行,划线试验应按 ISO 12944-9:2018 中附录 A 执行。

6.1.7 耐候性

涂层耐候性测试应按 GB/T 1865-2009 中方法 1 循环 A 的规定执行。测试后涂层样板老化性评估应按 GB/T 1766 执行。

6.1.8 耐冲击性

涂层耐冲击性测试应按 GB/T 20624.1 执行,冲击高度应是 400 mm,冲击重量应是 (1000±1) g。

6.1.9 挥发性有机化合物 (VOCs) 含量

溶剂型或无溶剂型涂料挥发性有机化合物 (VOCs) 含量测试应按 GB/T 23985 执行,水性涂料挥发性有机化合物含量测试应按 GB/T 23986 执行。

6.2 涂料产品性能

涂料产品性能试验应按附录 B 执行。

6.3 防腐涂装

6.3.1 表面预处理

6.3.1.1 脱脂清洗后清洁度应使用黑光灯检查。

6.3.1.2 除锈等级评定应按 GB 8923.1 执行。

6.3.1.2 粗糙度评定应按 GB/T 13288.1、GB/T 13288.4 或 GB/T 13288.5 执行。仲裁检验应按 GB/T 13288.4 执行。

6.3.1.2 表面灰尘评定应按 GB/T 18570.3 执行。

6.3.1.2 表面盐分检验取样应按 GB/T 18570.6 执行,试验应按 GB/T 18570.9 执行。

6.3.2 涂装施工

6.3.2.1 涂料粘度检测方法应由供需双方商定。

6.3.2.2 涂料涂层外观采用目测方式检测。

6.3.2.3 涂层厚度试验应按 GB/T 13452 执行。

6.3.2.4 附着力试验应按 GB/T 5210 或 GB/T 9286 执行。仲裁检验应按 GB/T 5210 执行。

6.4 涂层检验

热喷漆涂层、涂料修复涂层和热喷漆修复涂层外观、厚度和附着力检验,应分别按本文件 6.3.2.2、6.3.2.3 和 6.3.2.4 执行。

7 检验规则

7.1 取样

7.1.1 涂料产品取样宜按 GB/T 3186 执行，也可按供需双方商定方法取样。取样量应根据检验要求确定。

7.1.2 取样搅拌应采用电动或气动搅拌装置，应确保抽检产品均匀一致。

7.2 检验项目

7.2.1 表面预处理质量检验应按本文件表 7 执行。

7.2.2 涂层及涂料性能检测项目见本文件表 4、表 5、表 6 及附录 A。

7.2.3 涂料涂层检验应按本文件表 8 执行。

7.2.4 热喷锌涂层检验应按本文件表 9 执行。

7.3 检验分类

7.3.1 检验分为型式检验和现场检验。

7.3.2 型式检验应包括涂层配套体系性能检测的全部项目。

7.3.3 现场检验应包括涂层外观、干燥时间、干膜厚度、附着力等。

7.4 判定规则

7.4.1 型式检验应包括涂层配套体系性能检测的全部项目，应由涂料供应商提供国家认可检测机构出具的涂层性能合格的检测报告。

7.4.2 现场涂层检测结果全部符合本文件要求应为合格。检测结果有指标不符合要求时，均应在现场处理至供需双方认可后方可进入下道工序。

8 验收要求

8.1 供方应提交下列验收资料：

- a) 涂料出厂合格证和质量检验文件；
- b) 铸件表面处理和检验记录；
- c) 涂装施工记录，包括施工过程中对重大技术问题和其它质量检验问题处理记录；
- d) 修补和返工记录；
- e) 其它涉及涂层质量的记录。

附录 A

(规范性)

大气环境球墨铸铁件常见防腐涂层体系

A.1 耐候型大气环境

耐候型大气环境球墨铸铁件表面其它常见防腐涂层体系可参照表 A.1。

表 A.1 耐候型大气环境球墨铸铁件表面防腐其它常见涂层体系

环氧底漆涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H
底漆	环氧类	N/A	80	80	80	80	80	80
中间漆	环氧类	N/A	230	170	170	110	110	50
面漆	聚天门冬氨酸酯/ 氟碳/聚硅氧烷	N/A	50	50	50	50	50	50
总干膜厚度		N/A	360	300	300	240	240	180
富锌底漆涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H
底漆	环氧富锌类	60	60	60	60	60	60	60
中间漆	环氧类	250	210	150	150	90	90	50
面漆	聚天门冬氨酸酯/ 氟碳/聚硅氧烷	50	50	50	50	50	50	50
总干膜厚度		360	320	260	260	200	200	160
热喷涂金属底漆涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H
底漆	热喷涂锌/铝	60	60	60	60	60	60	60
封闭漆	环氧类	30	30	30	30	30	30	30
中间漆	环氧类	210	160	120	120	80	80	40
面漆	聚天门冬氨酸酯/ 氟碳/聚硅氧烷	50	50	50	50	50	50	50
总干膜厚度		350	300	260	260	220	220	180

A.2 非耐候型大气环境

非耐候型大气环境球墨铸铁件表面常见防腐涂层体系可参照表 A.2。

表 A.2 非耐候型大气环境球墨铸铁件表面防腐常见涂层体系

环氧底漆涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H
底漆	环氧类	N/A	80	80	80	80	80	80
中间漆	环氧类	N/A	230	170	170	110	110	50
面漆	环氧类	N/A	50	50	50	50	50	50
总干膜厚度		N/A	360	300	300	240	240	180
富锌底漆涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H
底漆	环氧富锌类	60	60	60	60	60	60	60
中间漆	环氧类	250	210	150	150	90	90	50
面漆	环氧类	50	50	50	50	50	50	50
总干膜厚度		360	320	260	260	200	200	160
热喷涂金属底漆涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H
底漆	热喷涂锌/铝	60	60	60	60	60	60	60
封闭漆	环氧类	30	30	30	30	30	30	30
面漆	环氧类	260	210	170	170	130	130	90
总干膜厚度		350	300	260	260	220	220	180
热喷涂金属涂层体系								
涂层	涂料类型	额定干膜厚度 μm						
		CX	C5 VH	C5 H	C4 VH	C4 H	C3 VH	C3 H
底漆	热喷涂锌/铝	300	280	180	180	150	150	120
封闭漆	环氧类	60	60	60	60	60	60	60
总干膜厚度		360	340	240	240	210	210	180

附录 B

(规范性)

球墨铸铁件用涂料性能要求和试验方法

B.1 富锌底漆

球墨铸铁件用富锌底漆产品性能和试验方法应符合表 B.1 规定。

表 B.1 球墨铸铁件用富锌底漆性能要求和试验方法

序号	项目		性能指标		试验方法
			环氧富锌底漆	无机富锌底漆	
1	漆膜颜色及外观		符合标准样板及其色差范围，漆膜应平整		GB/T 9761
2	在容器中状态		搅拌混合后应无硬块，应呈均匀状态		目视
3	体积固含量	%	≥ 58		GB/T 9272
4	不挥发物中金属锌含量		≥ 75	≥ 80	HG/T 3668
5	流挂性	μm	≥ 250		GB/T 9264
6	25℃干燥时间	表干	≤ 1		GB/T 1728
		实干	≤ 6		
7	耐冲击性能		≥ 500，涂层应无开裂、无剥落		GB/T 20624.1
8	附着力	拉开法, MPa	≥ 5		GB/T 5210
		划格法, 级	≤ 1		GB/T 9286
9	耐盐雾		600 h, 划线处单向锈蚀蔓延应不大于 2 mm, 未划线处应无起泡、锈蚀、开裂、剥落	1000 h, 划线处单向锈蚀蔓延应不大于 2 mm, 未划线处应无起泡、锈蚀、开裂、剥落	GB/T 1771
10	抗滑移系数 (适用于法兰面, 初始值)		—	≥ 0.5	GB 50205

B.2 环氧漆

球墨铸铁件用环氧漆产品性能和试验方法应符合表 B.2 规定。

表 B.2 球墨铸铁件用环氧漆性能要求和试验方法

序号	项目		性能指标	试验方法
1	漆膜颜色及外观		符合标准样板及其色差范围, 漆膜应平整	GB/T 9761
2	在容器中状态		搅拌混合后应无硬块, 应呈均匀状态	目视
3	体积固含量	%	≥ 60	GB/T 9272
4	细度	μm	≤ 100	GB/T 6753.1
5	流挂性	μm	≥ 600	GB/T 9264
6	25 °C干燥 时间 h	表干	≤ 3	GB/T 1728
		实干	≤ 8	
7	耐冲击性能		≥ 500 , 涂层应无开裂、无剥落	GB/T 20624.1
8	附着力	拉开法, MPa	≥ 5	GB/T 5210
		划格法, 级	≤ 1	GB/T 9286
9	耐盐雾		1000 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、剥落	GB/T 1771

B.3 聚氨酯面漆

球墨铸铁件用聚氨酯面漆性能和试验方法应符合表 B.3 规定。

表 B.3 球墨铸铁件用聚氨酯面漆性能要求和试验方法

序号	项目		性能指标	试验方法
1	漆膜颜色及外观		符合标准样板及其色差范围, 漆膜应平整	GB/T 9761
2	在容器中状态		搅拌混合后应无硬块, 应呈均匀状态	目视
3	体积固含量	%	≥ 55	GB/T 9272
4	细度	μm	≤ 30	GB/T 6753.1
5	流挂性	μm	≥ 300	GB/T 9264
6	25 °C干燥 时间 h	表干	≤ 2	GB/T 1728
		实干	≤ 8	
7	硬度		$\geq \text{H}$	GB/T 6739
8	耐冲击性能		≥ 500 , 涂层应无开裂、无剥落	GB/T 20624.1
9	耐酸性 (50 g/L H ₂ SO ₄ 溶液)		168 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、剥落	GB/T 9274
10	耐磨性 (1000 g/ 500 r) mg		≤ 30	GB/T 1768
11	附着力	拉开法, MPa	≥ 5	GB/T 5210
		划格法, 级	≤ 1	GB/T 9286
12	耐人工气候老化		1000 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 允许变色 1 级和失光 1 级	GB/T 1865

B.4 聚天门冬氨酸酯面漆

球墨铸铁件用聚天门冬氨酸酯面漆性能和试验方法应符合表 B.4 规定。

表 B.4 球墨铸铁件用聚天门冬氨酸酯面漆性能要求和试验方法

序号	项目		性能指标	试验方法
1	漆膜颜色及外观		符合标准样板及其色差范围，漆膜应平整	GB/T 9761
2	在容器中状态		搅拌混合后应无硬块，应呈均匀状态	目视
3	体积固含量	%	≥ 70	GB/T 9272
4	细度	μm	≤ 50	GB/T 6753.1
5	流挂性	μm	≥ 300	GB/T 9264
6	25 °C 干燥 时间, h	表干	≤ 1	GB/T 1728
		实干	≤ 3	
7	硬度		$\geq \text{H}$	GB/T 6739
8	耐冲击性能	mm	≥ 500 ，涂层应无开裂、无剥落	GB/T 20624.1
9	耐酸性（50 g/L H ₂ SO ₄ 溶液）		168 h，应无起泡、锈蚀、开裂、剥落	GB/T 9274
10	耐磨性（1000 g/ 500 r）mg		≤ 30	GB/T 1768
11	附着力	拉开法 MPa	≥ 5	GB/T 5210
		划格法 级	≤ 1	GB/T 9286
12	耐人工气候老化		2000 h，应无起泡、锈蚀、开裂、脱落，允许变色 2 级 和失光 2 级	GB/T 1865

B.5 氟碳面漆

球墨铸铁件用氟碳面漆性能和试验方法应符合表 B.5 规定。

表 B.5 球墨铸铁件用氟碳面漆性能要求和试验方法

序号	项目		性能指标	试验方法
1	漆膜颜色及外观		符合标准样板及其色差范围，漆膜应平整	GB/T 9761
2	在容器中状态		搅拌混合后应无硬块，应呈均匀状态	目视
3	体积固含量	%	≥ 60	GB/T 9272
4	基料中可溶物氟含量	%	≥ 22	HG/T 3792--2014 附录 A
5	细度	μm	≤ 30	GB/T 6753.1
6	流挂性	μm	≥ 300	GB/T 9264
7	25 °C 干燥 时间, h	表干	≤ 2	GB/T 1728
		实干	≤ 9	

表 B.5 (续)

序号	项目	性能指标	试验方法	
8	硬度	$\geq H$	GB/T 6739	
9	耐冲击性能 mm	≥ 500 , 涂层应无开裂、无剥落	GB/T 20624.1	
10	耐酸性 (50 g/L H ₂ SO ₄ 溶液)	168 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、剥落	GB/T 9274	
11	耐磨性 (1000 g/ 500 r), mg	≤ 30	GB/T 1768	
12	附着力	拉开法 MPa	≥ 5	GB/T 5210
		划格法 级	≤ 1	GB/T 9286
13	耐人工气候老化	3000 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 允许变色 2 级和失光 2 级	GB/T 1865	

B.6 聚硅氧烷面漆

球墨铸铁件用聚硅氧烷面漆性能和试验方法应符合表 B.6 规定。

表 B.6 球墨铸铁件用聚硅氧烷面漆性能要求和试验方法

序号	项目	性能指标	试验方法	
1	漆膜颜色及外观	符合标准样板及其色差范围, 漆膜应平整	GB/T 9761	
2	在容器中状态	搅拌混合后应无硬块, 应呈均匀状态	目视	
3	体积固含量 %	≥ 70	GB/T 9272	
4	基料中硅氧键含量 / (全漆) %	≥ 15	HG/T 4755--2014 附录 A	
5	细度 μm	≤ 50	GB/T 6753.1	
6	流挂性 μm	≥ 300	GB/T 9264	
7	25℃ 干燥 时间 h	表干	≤ 3	GB/T 1728
		实干	≤ 6	
8	硬度	$\geq H$	GB/T 6739	
9	耐冲击性能 mm	≥ 500 , 涂层应无开裂、无剥落	GB/T 20624.1	
10	耐酸性 (50 g/L H ₂ SO ₄ 溶液)	168 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、剥落	GB/T 9274	
11	耐磨性 (1000 g/ 500 r) mg	≤ 30	GB/T 1768	
12	附着力	拉开法 MPa	≥ 5	GB/T 5210
		划格法 级	≤ 1	GB/T 9286
13	耐人工气候老化	3000 h, 应无起泡、锈蚀、开裂、脱落, 允许变色 2 级和失光 2 级	GB/T 1865	