



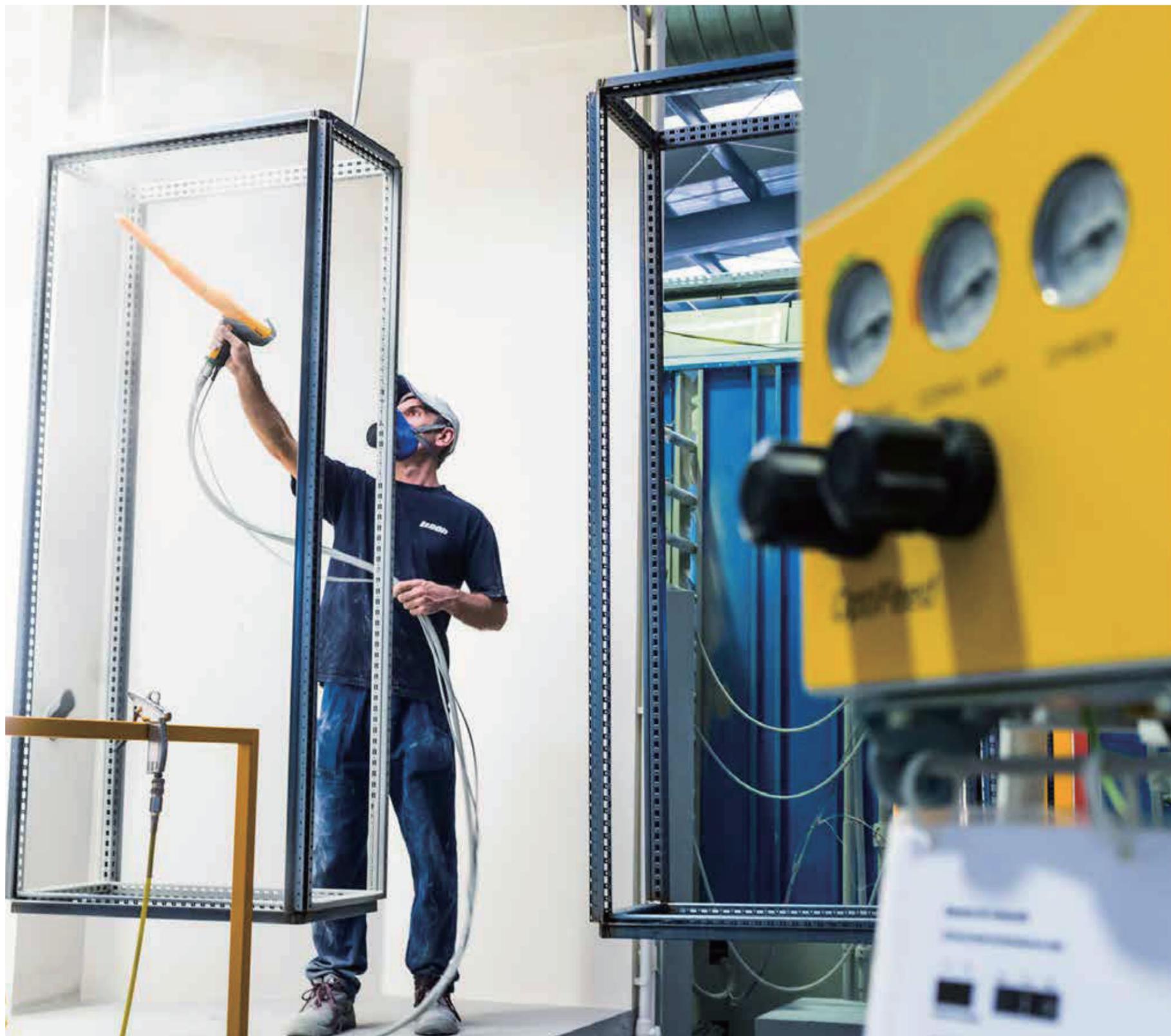
CONNECT AND PROTECT

nVent HOFFMAN粉末喷涂系统

白皮书


nvent

HOFFMAN



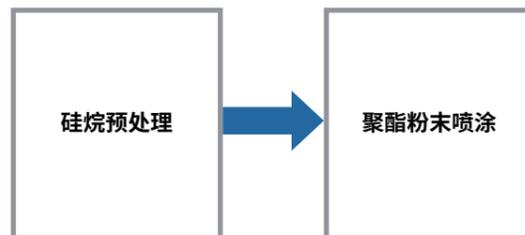
目录

1、粉末喷涂简介	4
2、白皮书范围概要	5
3、nVent HOFFMAN标准粉末喷涂	6
3.1、喷粉线布局	6
3.2、预处理工艺	6
3.3、标准粉末涂料	8
3.4、粉末喷涂工艺	8
4、nVent HOFFMAN定制粉末喷涂	9
4.1、nVent HOFFMAN常用特殊涂层工艺	9
4.2、普通户外环境	9
4.3、恶劣应用环境	9
5、ISO 12944漆膜体系标准	10
5.1、概念及定义	10
5.2、大气腐蚀性C类标准	10
5.3、耐久性标准定义	11
5.4、人工环境测试要求	11
5.5、nVent HOFFMAN碳钢标准粉末防腐蚀级别	11
6、工厂实验室性能测试	12
6.1、中性盐雾测试	12
6.2、冲击测试	12
6.2、划格测试	13
6.3、杯突试验	13
6.4、铅笔测试	13
7、nVent HOFFMAN符合性声明	14
7.1、碳钢粉末喷涂(单层粉末)	14
7.2、碳钢粉末喷涂(双层粉末)	15



nVent HOFFMAN 采用粉末喷涂工艺来保护机柜表面免受腐蚀、刮擦和老化等环境因素的伤害。粉末涂料具有较好的涂层性能，如较好的附着力，避免溶剂型涂料的不平衡性造成的涂层缺陷等。粉末涂料可控制成膜厚度、饰面更耐用，涂层种类更多，可用于功能定制或装饰饰面定制。一般来说，粉末涂料具有易于使用、耐腐蚀、经济实惠且环保等特点。在上述几方面，粉末涂料是优于溶剂型涂料的。

nVent HOFFMAN 标准粉末喷涂系统



nVent HOFFMAN 标准粉末喷涂系统包括表面的化学预处理以及聚酯RAL 7035粉末喷涂。

几乎在任何环境中，未经保护的金属都会遭受腐蚀，因为物理化学相互作用会使金属特性发生变化，这通常会导致金属损坏。主要防腐措施是喷涂防腐涂料；这是根据所需防腐类别和粉末涂层进行化学预处理的一种综合方法。

ISO 12944是钢结构涂层防腐系统的主要国际标准。虽然本标准仅适用于厚度不小于3mm的构件，在周围条件下干燥或固化的油漆产品并不包括粉末涂料，而它可作为机柜表面防腐保护系统的通用框架。由于粉末喷涂使用条件更加苛刻、质量要求更加严格，这需要对保护性涂层系统的防腐耐久性数据进行验证。

nVent HOFFMAN的定制服务包括可满足多数应用的各种表面处理选项。户外场所暴露在太阳紫外线和各种气候条件下，聚酯粉末涂料提供了出色的防紫外线保护层。在具有高盐分和腐蚀性气体的恶劣环境中，防腐蚀则更具挑战性。对于在此类环境下的设备，应使用额外的保护底粉进行保护。

nVent HOFFMAN 通过在工厂进行测试来检验表面处理质量。这些测试旨在对不连续漆面、孔隙或损坏漆面进行快速分析。测试内容包括盐雾测试等环境测试，以及划伤或杯突等机械因素测试等。本文描述了nVent HOFFMAN标准粉末喷涂工艺，主要包括预处理和具体喷涂工艺两部分。

还介绍了户外及恶劣应用环境下的表面处理定制工艺。

本文还介绍了ISO 12944关于防腐的基本概念，以及应用环境中可能遇到的从C1至C5等各种腐蚀环境。

为了验证各处涂层的质量的一致性，nVent HOFFMAN 工厂已对涂层进行多项测试。

nVent HOFFMAN 标准粉末喷涂

该工艺包括初始预处理以及粉末涂料喷涂两部分。先清洁金属表面，去除在生产中附着在金属表面的污垢、油脂和残留物，然后进行化学处理，以增强粉末涂层的附着力和防腐性能。粉末涂料喷涂有三个步骤：将机柜表面干燥，涂上粉末涂料，然后对其进行烘烤固化。在金属表面形成一层非常薄的硅烷涂层，在最外层形成一层 60-200 μm 的粉末涂层。

粉末涂层—环氧树脂/聚酯 (60-200 μm)
硅烷预处理
基材 (钢表面)

喷粉线布局

自动化喷粉线由一个环形系统组成，其中包括预处理、干燥、粉末涂料喷涂以及在烘箱中固化等步骤。

预处理工艺

该工艺包括清洁表面和预处理等几个步骤。当钢材到达时，表面涂油，以防钢材生锈。当将机柜零件输送至喷粉工序时，它们可能会携带前面生产工序（如冲压、焊接、折弯或切割）遗留的污垢和残留物。清洁阶段负责去除所有这些不需要的物质。预处理是用化学工艺对机柜表面进行转化处理。将其转化为具有良好防腐性和粉末附着力的表面。这样做的目的是为了在随后的粉末喷涂工艺中使粉末能够很好地附着在金属表面。我们将预处理的目的总结为如下几点：

去除钢材表面的固体颗粒和盐等杂质；去除钢材表面的污垢、油脂和油污；这样做可使钢材表面对粉末涂料具有良好的附着力；提高防腐性，以确保粉末涂层的性能。

与含有溶剂的液体涂料有所不同，预处理在不涉及溶剂的喷粉工艺（如粉末涂料）中尤为重要。表面处理取决于金属种类、表面类型、表面条件和所需性能等。

工业上通常有三种预处理技术：磷酸铁预处理，磷酸锌预处理，硅烷预处理。

磷酸铁最常用于粉末涂料；磷酸锌可提供更好的防腐性，但没有磷酸铁环保。硅烷技术是最先进的预处理技术，具有良好的防腐性、最佳的附着力和最环保的技术。

以前很长时间内，nVent Hoffman在喷涂工艺中采用磷酸铁进行表面预处理，近年来，我们已将预处理工艺升级为更先进的硅烷技术，该技术有以下优势：

- 更出色的防腐性能
- 可提高粉末涂料的附着力
- 更好的工艺过程控制
- 更细腻的肌理
- 更安全
- 更环保

预处理后的表面基材：左侧为磷酸铁系技术（FePhos），右侧为硅烷技术



nVent HOFFMAN 预处理工艺分为8个步骤：

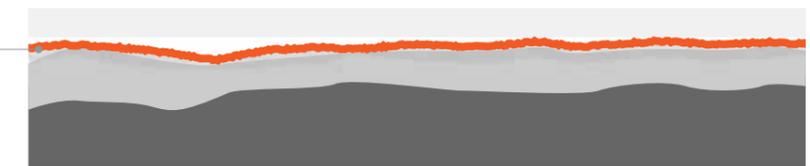
1	2	3	4	5	6	7	8
热水洗	预脱脂 (碱性)	脱脂 (碱性)	水洗	纯水洗	硅烷	水洗	纯水洗

第1步：

用热水喷淋，去除工件上的部分油脂，或使其软化。

第2-3步：

为了提高预处理的有效性，须在硅烷步骤之前清洁部件，去除表面污垢。通常使用三种清洁剂：溶剂、酸和碱。nVent HOFFMAN 使用碱性清洁剂，可以有效清洁金属表面。在碱性脱脂步骤中，从钢材表面去除那些可能会影响硅烷工艺的油以及有机和无机污染物。



残留物：油类、有机物、无机物。

第4步：

在该步中，去除前一步中留下的化学物质，以防在后续步骤中受到污染。

第5步：

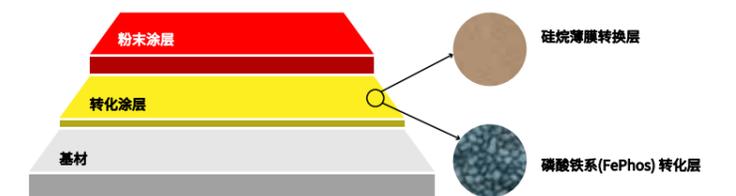
在该步中，去除所有的盐残留物。持续监控除盐水的电导率，并将其控制在阈值以下。

第6步：

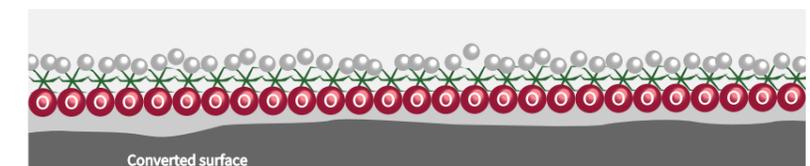
通过该溶液，硅烷材料沉积在零件表面，可以提高金属表面的防腐性和附着力。该硅烷膜在烘干过程中和后道的喷粉通过交联反应结合在一起，形成牢固的化学键。基材、硅烷和粉层之间可以通过化学键形成稳固的膜层结构。

第7-8步：

这些步骤终止了前面几个步骤的化学反应。



与以前的磷酸铁系转换层比较



nVent HOFFMAN 标准粉末喷涂



标准粉末涂料

粉末涂层是一种基于静电喷粉的干式饰面工艺，涂料由聚合物树脂组成，并添加了固化剂、颜料和其他添加剂。将所有这些成分熔化、混合、冷却并研磨成均匀的粉末。

粉末涂料包括如下成分：

- 树脂/固化剂：可固化并生成人们称之为粘合剂的涂层膜的成分。这些成分具有机械、化学、户外以及防腐性等特性。
- 填料：具有耐磨和高硬度等特性的无机成分。
- 颜料：为面漆提供各种颜色。
- 添加剂：提供各种纹理、光泽感和流动性。

nVent Hoffman标准品室内粉为环氧酯粉末涂料。这种涂料是基于环氧树脂而制成，具有出色的耐溶剂耐腐性，能提供良好的防腐保护。另外，该涂料还具有出色的化学特性：不易燃、不含铅或镉等重金属成分。根据 DIN 43.656 标准规定，nVent HOFFMAN 将环氧酯结构粉末涂料用于 RAL 7035 颜色。具有如下有益特性：

- 可用于户内；
- 良好的耐化学性；
- 良好的机械性能。

粉末喷涂工艺

烘干

首先，将机柜零件在烘箱中进行烘干，以去掉在预处理步骤中残留的水分。

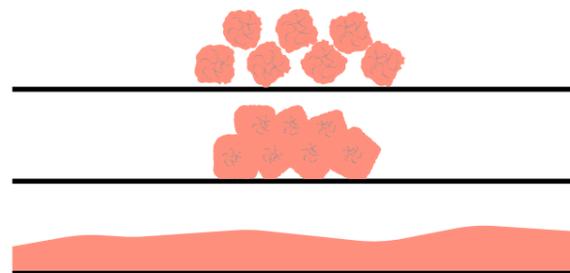
喷粉

下一步，用喷涂机在粉末颗粒上施加静电荷，然后粉末颗粒被静电吸引至悬挂在接地喷粉线上的机柜零件表面。静电粉末喷粉工艺可提供坚韧的粉层，并在尖角及锐边处形成良好的粉层。由于粉层附着力较好，这可确保在材料钻孔或冲孔时粉层不会开裂。

固化

在涂上粉末涂料后，将机柜零件送入固化炉，粉末在炉中发生化学反应，生成不易分解的长分子链。固化作用将粉末粘合在一起，形成均匀的粉层。为了让漆面得到适当的固化，须满足下述两个条件：正确的温度和时间。即使重新加热，已固化的热固性粉末涂料也不会熔化。

在整个工艺完工之后，用电子仪表测量粉层的厚度，检查并确保其厚度在 60-200 μm 之间。



nVent HOFFMAN 定制粉末喷涂

nVent HOFFMAN常用特殊涂层工艺：

根据机柜的应用环境不同，nVent HOFFMAN为您提供差异化的粉末喷涂方案。标准粉末喷涂可满足一般气候和户内应用环境。普通户外环境，可使用100%聚酯粉喷涂。恶劣环境，如空气中含有较高浓度的盐分、化学污染物、暴露在阳光或复杂气候条件中，需要增强防腐效果时，则需增加额外的底粉进行处理。nVent HOFFMAN 为您提供如下粉末喷涂组合方案：



nVent HOFFMAN对机柜及其附件的粉末喷涂提供定制服务，还有多种颜色以及各种纹理供您选择，下表总结了更为详细的粉末材质和喷涂方式：

	普通环境	恶劣环境
户内	标准粉末面涂 (环氧聚酯粉)	底涂+标准粉末面涂 (环氧富锌粉+环氧聚酯粉)
户外	户外粉末面涂 (100%聚酯粉)	底涂+户外粉末面涂 (环氧富锌粉+100%聚酯粉)

普通户外环境：

普通户外环境可使用100%聚酯粉喷涂，可提供多种颜色及纹理选项，具有如下特性：

- 出色的抗紫外线性能；
- 良好的耐热性；
- 无 TGIC*。



* (三聚氰酸环氧树脂)

恶劣应用环境：

若机柜使用环境较为恶劣，不管位于户内还是户外，均可通过增加底粉涂层来提高防腐性能。底粉涂层并不作为一种耐用的饰面，它主要是用于提高涂层的其他性能，如防腐性、填充性，或作为两层物质之间的粘合层，以提高金属表面和涂层之间的附着力。nVent HOFFMAN 底粉是一种纯环氧屏障，用来保护粉末涂料，旨在增强碳钢的防腐保护性能。另外，还可将这种底粉用于各种基材和环境。同时，该底粉的固化条件较为宽松、边缘覆盖力强，并具有强化脱气性能，这些特点使其成为一种用途广泛的底粉。在喷粉后，立刻将其放入固化炉中烘烤并固化。为确保获得最大限度的保护作用，粉层的层厚为 50-90 μm。



ISO 12944漆膜体系标准

ISO 12944 标准定义了防护漆系统的概念，并讨论了对涂料系统防腐性能颇为重要的一些特点，其中包括表面处理、质量测试、维护和设计指南等。

ISO 12944 标准涉及许多主题，如结构类型以及无涂层、有涂层的表面处理。本文只涉及在该标准中提到的三种环境中的一种，即大气环境。

该标准的一个相关主题是腐蚀性 C类标准，稍后我们将对其进行解释。

概念及定义

涂层:	单次施工所形成的一种金属材料的连续层面或是漆膜。
腐蚀:	一种金属与其环境之间的物理化学作用导致金属性能的各种变化，可能会导致金属材料功能的受损。
腐蚀应力:	加速腐蚀的环境因素。
大气:	围绕物体的一种气体混合物，而且正常情况下还有气溶胶和颗粒物。
耐用性:	一种保护性涂层系统的预期使用时间
涂料:	一种加入了颜料的涂层材料，产品形态为液体、浆料或是粉料，在施工到一种基材上的时候，形成一种不透明的漆膜，具备保护、装饰或是其他特定的功能。
保护性涂层系统:	对一种基材进行加工以提供防腐保护的各种涂层的总和
防护漆系统:	对一种基材进行加工以提供防腐保护的各种油漆涂层的总和
基材:	进行涂层材料加工的表面

大气腐蚀性C类标准

不同的环境因素会造成不同的腐蚀影响。

ISO 12944-2 将大气腐蚀性划分为以下六个类别:

腐蚀性类别:	示例
C1: 非常低	供暖建筑，大气环境洁净，诸如办公室和学校等。
C2: 低	没有供暖的建筑，其中可能出现冷凝，诸如仓库等。污染水平较低，诸如乡村地区等。
C3: 中等	湿度较高而且存在一些污染的生产车间，诸如食品加工厂和洗衣房等。二氧化硫中度污染的城市和工业区。盐度较低的滨海地区。
C4: 高	化工厂、游泳池、沿海船舶和造船厂。工业区和盐度中等的滨海地区。
C5: 非常高	存在几乎是持续性冷凝和高污染的建筑或是区域。存在较高湿度和侵蚀性大气的工业区以及盐度较高的滨海区域。
CX: 极端	存在极端的湿度和侵蚀性大气的工业区。盐度较高的近海区域以及存在极端高湿度和侵蚀性大气和亚热带和热带气候的工业区。

此标准建议对各样本进行定期的曝晒，以确定每种情况中适用的腐蚀性类别。



耐久性标准定义

此概念是对防护漆膜的使用时间的估算。本标准中根据防腐系统的耐久性引入三种时间跨度。

耐久性	时间范围
L 低	2 至 5 年
M 中等	5 至 15 年
H 高	15 至 25 年
VH 非常高	超过 25 年

注：涂层系统的保修时间与耐久性时间范围无关。

人工环境测试要求

标准 ISO 12944-6 针对每一种前述的腐蚀性类别给出了某些实验室性能测试方法以及以小时为单位的所需时间。首先要根据标准进行冷凝水和中性盐雾测试。

此外，对于C4-VH测试、C5-H和C5-VH类别，ISO12944-6标准允许2种模式任选其一进行测试。

以C4-VH等级为例，以下两种模式，任选其一测试即可。

模式1：720h冷凝水+1440h中性盐雾

模式2：1680h循环老化

下表中给出了针对每一种腐蚀性类别所要求的测试小时数：

腐蚀性类别 ISO 12944-6	耐久性	冷凝水测试 ISO 6270	中性盐雾测试 ISO 7253:1996	循环老化测试 ISO 12944-6
C2	低	48	-	-
C2	中等	48	-	-
C2	高	120	-	-
C2	非常高	240	480	-
C3	低	48	120	-
C3	中等	120	240	-
C3	高	240	480	-
C3	非常高	480	720	-
C4	低	120	240	-
C4	中等	240	480	-
C4	高	480	720	-
C4	非常高	720	1440	1680
C5	低	240	480	-
C5	中等	480	720	-
C5	高	720	1 440	1680
C5	非常高	-	-	2688

nVent HOFFMAN碳钢标准粉末防腐等级

- 单层粉末喷涂已达到C4-M等级
- 双层粉末喷涂已达到C5-M等级

工厂实验室性能测试

中性盐雾测试

进行盐雾测试是为了验证喷粉系统，而不是验证基材（碳钢、不锈钢、铝材）。盐雾测试所针对的是适用性，以及对各种不连续性、孔隙和损伤进行快速分析。测试环境不代表实际工况。

测试方法	按照标准 ASTM B-117中的要求。对数值的描述是划格线两侧的油漆剥落的长度，以毫米为单位。通常以24小时的整数倍的时间作为实验的时间评定节点。。
nVent HOFFMAN 的验收标准	标准涂层在480小时的测试之后，划格线两侧的粉层剥落的腐蚀性蔓延的宽度≤2毫米。

下表为nVent HOFFMAN中性盐雾测试时长（单位：小时）

nVent HOFFMAN 粉末涂层系统	中性盐雾测试 ASTM B-117
标准	480
恶劣环境	720

冲击测试

测试方法	采用标准 ASTM D-2794，通过一种落锤的冲击，对油漆、清漆、或是相关产品的干膜从底材上抗剥落的性能进行评估。所规定的测试方法在测试时施加所规定的单位载荷，结果以“通过/失败”表示，用以评估针对特定规格的符合性。
nVent HOFFMAN 的验收标准	1公斤的落锤从50厘米高度落下，涂层表面无目视可见裂痕。
频率	每批次样品粉末一次



盐雾试验箱

划格测试（附着力）

测试方法	依据ASTM D-3359标准，在涂层上划出深度抵达基材的直角网格线，对油漆、清漆、或是相关产品的干膜从底材上抗剥落的性能进行评估。划格宽度为2毫米。
nVent HOFFMAN 的验收标准	在划格网线交汇处的涂层上，小片剥落，等级G0-G1受影响的面积不超过划格面积的5%。
频率	同粉号每批次一次



杯突测试

测试方法	通过对固定环和冲模之间夹持的试件下压球形末端冲头形成压陷，直至出现完整的裂纹。标准参考：ISO 1520。
nVent HOFFMAN 的验收标准	在3毫米深度上无目视可见裂纹。
频率	每批次样品粉末一次



铅笔测试（硬度）

测试方法	通过在涂层表面推压已知硬度标号的铅笔来测定漆膜硬度。标准参考ASTM D-3363
nVent HOFFMAN 的验收标准	H-2H
频率	同粉号每批次一次



盈凡电气产品（青岛）有限公司
中国山东省青岛市即墨区
湘江二路 39 号甲, 266108

符合性声明

由生产制造商发布
盈凡电气产品（青岛）有限公司
中国山东省青岛市即墨区湘江二路 39 号甲, 266201

产品描述: MCS, MCD, MCF, MCI, MKS, MKD, MAS, MAD, MAP, STB
碳钢粉末喷涂（单层粉末）

产品名称: nVent Hoffman 系列机柜

防护等级: 满足ISO12944-6: 2018的 C4-M要求,
满足ISO 6270的 240小时冷凝测试的要求,
满足ISO 9227的 480 小时盐雾测试的要求。

应用标准: ISO12944-6: 2018 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: 实验室性能试验方法
ISO6270-1: 2017 色漆和清漆--耐湿性的测定 第1部分:冷凝
ISO9227: 2017 人造环境中的腐蚀试验-盐雾试验
ISO4628-2: 2016 色漆和清漆--涂层老化评定--起泡等级评定
ISO4628-3: 2016 色漆和清漆--涂层老化评定--生锈等级评定
ISO4628-4: 2016 色漆和清漆--涂层老化评定--开裂等级评定
ISO4628-5: 2016 色漆和清漆--涂层老化评定--剥落等级评定
ISO4624: 2016 色漆和清漆--拉开法附着力试验--方法B
ISO2049: 2020 色漆和清漆--划格试验

授权人: _____



5/23/2022 (日期)

如有变更, 自行调整, 不另通知



盈凡电气产品（青岛）有限公司
中国山东省青岛市即墨区
湘江二路 39 号甲, 266108

符合性声明

由生产制造商发布
盈凡电气产品（青岛）有限公司
中国山东省青岛市即墨区湘江二路 39 号甲, 266201

产品描述: MCS, MCD, MCF, MCI, MKS, MKD, MAS, MAD, MAP, STB
碳钢粉末喷涂（双层粉末）

产品名称: nVent Hoffman 系列机柜

防护等级: 满足ISO12944-6: 2018的 C5-M要求,
满足ISO 6270的 480小时冷凝测试的要求,
满足ISO 9227的 720 小时盐雾测试的要求。

应用标准: ISO12944-6: 2018 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: 实验室性能试验方法
ISO6270-1: 2017 色漆和清漆--耐湿性的测定 第1部分:冷凝
ISO9227: 2017 人造环境中的腐蚀试验-盐雾试验
ISO4628-2: 2016 色漆和清漆--涂层老化评定--起泡等级评定
ISO4628-3: 2016 色漆和清漆--涂层老化评定--生锈等级评定
ISO4628-4: 2016 色漆和清漆--涂层老化评定--开裂等级评定
ISO4628-5: 2016 色漆和清漆--涂层老化评定--剥落等级评定
ISO4624: 2016 色漆和清漆--拉开法附着力试验--方法B
ISO2049: 2020 色漆和清漆--划格试验

授权人: _____



5/23/2022 (日期)

如有变更, 自行调整, 不另通知

中国/青岛

山东省青岛市即墨区湘江二路39号甲
电话: 0532 - 8771 6101 0532 - 8771 5237

中国/北京

北京市东城区王府井大街138号新东安写字楼
T1座8层813
电话: 010 - 5965 4000

中国/成都

成都市武侯区科华北路62号力宝大厦1003室
电话: 028 - 8417 0019

日本:

3F YS Shin-Yokohama Building
2-15-10, Shin-Yokohama Kohoku
Yokohama Kanagawa, 222-0033 Japan
电话: +81. 45. 471 7630

新加坡:

390 Havelock Road #04-01, King's
Center Singapore 169662
电话: +65. 6768 5800

中国/上海

上海市宜山路1009号创新大厦21层
电话: 400 820 1133

中国/西安

西安市莲湖区唐延路北段22号金辉国际广场
706室
电话: 029 - 8133 4488

中国/深圳

深圳市南山区科技南十二路011号方大大厦
1610室
电话: 0755 - 8629 0598

韩国:

5F Hyunjuk Building Seolleung-ro 94-gil 7
Gangnam-gu Seoul 06161 Korea
电话: +82. 2. 2129 7700



我们强大的品牌组合:

CADDY ERICO HOFFMAN RAYCHEM SCHROFF TRACER



hoffman.nvent.com/zh-cn/