国际标准

ISO12944-4

第二版

2017-11

色漆和清漆－防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护－

第 4 部分：

表面类型和表面处理

参考编号
ISO12944-4-2017(E)

目录----------2

前言----------4
简介----------5
1．范围----------6
2．参考的标准规范----------6
3．术语和定义----------7
4．总则----------8
5．要处理的表面类型----------8
5.1 总则----------9
5.2 无涂层表面----------9
5.3 金属涂层表面----------10
5.3.1 热喷涂表面----------10
5.3.2 热浸锌表面----------10
5.3.3 电镀锌表面----------10
5.3.4 粉末镀锌表面----------10
5.4 涂了预涂底漆的表面----------10
5.5 其它涂漆表面----------10
5.6 经过化学处理的表面----------10
6. 表面处理方法----------10
6.1 总则----------10
6.2 水、溶剂和化学清理----------11
6.2.1 水清洗----------11
6.2.2 蒸汽清理----------11
6.2.3 乳液清理----------11
6.2.4 碱清理----------11
6.2.5 有机溶剂清理----------11
6.2.6 剥离----------11
6.2.7 酸洗----------11
6.2.8 化学处理----------11
6.3 机械清理----------12

6.3.1 手工清理----------12
6.3.2 动力工具清理----------12
6.3.3 喷射清理----------12
6.3.4 水喷射清理----------13
7．表面处理等级----------14
7.1 总则----------14
7.2 无涂层表面----------15
7.3 金属涂层表面----------15
7.4 涂装了预涂底漆的表面----------15
7.5 其它涂层表面----------15
8．表面轮廓（粗糙度）和表面轮廓（粗糙度）等级----------16
9．经处理后的表面评定----------16
10．表面处理后的暂时保护（防腐蚀或防污染）----------16
11．临时或部分保护的表面进一步涂漆前的表面处理----------17
12．热浸镀锌钢的表面处理----------17
12.1 未老化表面----------17
12.2 已老化表面----------17
13．热喷涂金属（锌和铝）面的表面处理----------18
14．电镀锌和粉末镀锌面的表面处理----------18
15．其它涂漆表面的处理----------18
16．关于污染和环保的建议----------18
17．健康和安全----------18
附录 A（规范性）：主要的表面处理标准等级----------20
附件 B（规范性）：二次表面处理标准等级----------21
附录 C（资料性）：除去外来层和外来物质、原生层和污染物的应用程序----------23
参考资料----------24

译者后记----------26

前言

ISO（国际标准化组织）是各个国家的标准化机构（ISO 成员团体）共同组织的世界性联合机构。国际标准的制订工作由 ISO 技术委员会负责。每个成员团体都有权派

代表参加所关注课题的技术委员会，各政府性或非政府性的国际组织，凡与 ISO 有联系的，也都参与这项工作。有关电工标准化方面的内容，ISO 与国际电工委员会（IEC）保持着密切合作关系。

本文件的制订和进一步修订程序在 ISO/IEC 指令中第 1 部分中有描述，须特别注意针对不同类型的 ISO 文件，有不同的审批标准。本文件的起草符合 ISO/IEC 指令中第 2 部分的相关规则（见 see www.iso.org/directives）。

请注意本文件有些部分可能涉及专利权。ISO 不对识别这些专利权负责。关于制订该文件所涉专利权的细节，都 ISO 专利声明清单上有介绍(见 www.iso.org/patent)。

本文档中使用的任何商业名称都是为了方便用户而提供的信息，而不是构成背书。

关于标准的自愿性质、ISO 特定术语的含义以及与符合性评估有关的表达的含义，以及关于 ISO 在技术性贸易壁垒(TBT)中遵守世界贸易组织(WTO)原则的信息，请参见以下内容。URL:www.iso.org/iso/foreword.html 。

这个国际标准是由 ISO/TC35 技术委员会.色漆和清漆-钢结构防腐蚀涂料系统.SC14 分委会制订的 ISO12944-2 国际标准是由 ISO/TC35 技术委员会.色漆和清漆-钢结构防腐蚀保护涂料体系.SC14 分委会制订。

经过技术修订的本第二版取代了第一版(ISO 12944-4:1998)。

和旧版相比，主要的变化如下：

—删除了未用在此部分的术语和定义；

—资料性附录已更新；

—增加了 5.6 条“经过化学处理的表面”；

—增加了 6.2.8 条“化学处理”；

—附录 C 进行了重组，包含了两个表面，分别为“外来层和外来物质”和“原生层和污染物”；

—更新了参考文献；

—原文经过编辑修改。

ISO12944 所有部分都可以 ISO 官网上找到。

北京力龙涂料有限公司

Beijing lilong coatings Co., ltd

本公司是水性无机硅酸盐树脂（锂基）专业生产商，水性无机富锌底漆和无机富锌防锈防滑涂料专业生产商。

我公司开发的针对海洋腐蚀环境下的钢结构重防腐配套方案：

1) 水性无机富锌底漆（100μm）+水性复合防腐面漆（120μm）。

2) 水性无机富锌底漆（40μm）+环氧富锌底漆（40μm）+环氧云铁中间漆（160μm）+丙烯酸聚氨酯面漆（80μm）。

二者都通过了 ISO20340 标准要求的 4200 小时的循环老化试验，划痕处的腐蚀蔓延为 0mm。

地　　址：北京市丰台区望园东里

电　　话：010-83811799

微 信 号：力龙涂料

网　　址：www.lilongcoat.cn

电子邮箱：lilongcoat@139.com

扫一扫，关注公众号

简介

未经保护的钢材在大气、水和土壤中会因腐蚀而损坏。因此，为了避免腐蚀损坏，在钢结构服役期间需采取一些防腐蚀保护措施。

有很多种不同的方式可以用来保护钢结构免遭腐蚀。ISO12944 针对的是采用涂料体系和涂覆层来保护。该标准的各部分内容，都是为了获得适当的、成功的钢结构防腐蚀保护效果而编写。其它的一些防腐蚀措施也可能是有效的，但需要各相关方达成一致意见。

为了确保钢结构防腐蚀措施的有效性，业主、设计人员、咨询顾问、防腐蚀施工承包商、涂料制造商、涂装检查员都应以简明的方式陈述他们关于涂料体系防腐蚀保护方面的最新最先进的技术进展，这些信息应尽可能完善、清晰和易于理解，以免在实际履行防腐蚀工作时各相关方之间产生误解和偏差。

这个国际标准-ISO12944-旨在给出关于这些信息的一些说明。这是为那些具有一定专业技术知识的人而编写，并且假定 ISO12944 标准的使用者也熟悉其它相关的国际标准，特别是那些关于表面处理的标准和有关国际规范。

尽管 ISO 12944 不处理商业和合同问题，但是请注意一个事实，当不遵从 ISO12944 标准的要求和建议，采用不合适的防腐蚀措施时，就可能造成严重的经济后果。

ISO 12944-1 定义了 ISO12944 标准的范围。它给出了一些基本术语和定义，还有对 ISO 12944 的其它部分的大致介绍。此外，它还包含了健康、安全和环境保护方面的内容，以及针对某个特定项目使用 ISO 12944 标准的指南。

ISO12944-4这一部分介绍了需要防腐蚀保护的不同底材表面类型，并给出了对这些表面进行化学和机械处理的一些信息。它涉及了表面处理等级、表面轮廓（粗糙度）、表面处理级别评定、已处理钢材的暂时保护、进行了暂时保护的钢材进一步涂漆前的准备、金属涂层的表面处理以及环境因素等。它尽可能地参考了有关涂装涂料和相关产品前钢材表面处理的国际标准。

国际标准 ISO12944-4：1998

1. 范围

ISO12944 这部分研究了碳钢或低合金钢结构的以下几种表面类型以及它们的表面处理：

—无涂层表面；

—热喷涂锌、铝或锌铝合金的表面；

—热浸镀锌表面；

—电镀锌表面；

—粉末镀锌表面；

—涂装了预涂底漆的表面；

—其它的涂漆表面。

ISO12944 的这一部分定义了一些表面处理等级，但没有详细说明对表面处理前基材状况的任何要求。

高抛光的表面和加工硬化的表面没有包含在 ISO12944 这部分内容中。

2. 参考的标准规范

下列标准通过本标准的引用而成为标准不可缺少的文件。对于有日期的，只有版本适用；为未注明日期的参考资料，最新版本的参考文件(包括任何修订)适用。

ISO 1461， 钢铁制件热浸镀锌—技术要求和试验方法

ISO 2063（所有部分），金属涂层和其它无机物涂层—热喷涂锌、铝及其合金

ISO 4628-1，色漆和清漆—涂层老化的评定—一般类型缺陷的强度、数量和大小的规定—第 1 部分：概述和等级说明

ISO 4628-2，色漆和清漆—涂层老化的评定—一般类型缺陷的强度、数量和大小的规定—第 2 部分：起泡等级

ISO 4628-3，色漆和清漆—涂层老化的评定—一般类型缺陷的强度、数量和大小的规定—第 3 部分：锈蚀等级

ISO 4628-4，色漆和清漆—涂层老化的评定—一般类型缺陷的强度、数量和大小的规定—第 4 部分：开裂等级

ISO 4628-5，色漆和清漆—涂层老化的评定—一般类型缺陷的强度、数量和大小的规定—第 5 部分：剥落等级

ISO 4628-6，色漆和清漆—涂层老化的评定—一般类型缺陷的强度、数量和大小的规定—第 6 部分：拉开法测定粉化等级

ISO 8501-1：2007，涂料和有关产品使用前的钢底材的处理—表面清洁度的视觉评价—第 1 部分：未涂层钢材表面锈蚀等级和处理等级及除去所有前涂层的钢材的表面处理等级。

ISO 8501-2：1994，涂料和有关产品使用前的钢底材的处理—表面清洁度的视觉评价—第 2 部分：已涂覆涂料后的钢材表面局部去除原有涂层后的处理等级

ISO 8501-3，涂料和有关产品使用前的钢底材的处理—表面清洁度的视觉评价—第 3 部分：焊缝、边缘以及其它表面缺陷的处理等级

ISO 8501-4，涂料和有关产品使用前的钢底材的处理—表面清洁度的视觉评价—第 4 部分：初始表面条件、处理等级及高压水喷射清理后的闪锈等级

ISO 8504（所有部分），涂料和有关产品使用前的钢底材的处理—表面处理方法

ISO 12944-1， 色漆与清漆—防护涂料体系对钢结构的防腐蚀防护—第 1 部分：总则

ISO16276（所有部分），防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护-涂层附着力及内聚力（失效强度）的评定和验收准则

EN 10238，自动喷射清理和自动涂装预涂底漆的结构钢制品

3. 术语和定义

除 ISO12944－1 给出的定义外，以下术语和定义被用于 ISO12944 的这一部分：

ISO 和 IEC 在下列网址维护用于标准化的术语数据库：

—IEC Electropedia： http://www.electropedia.org

—ISO 在线浏览平台：https://www.iso.org/obp

3.1 磨料喷射清理（abrasive blast-cleaning）

高速运动的高能量的磨料（3.2）流冲击要处理的表面。

[来源: ISO 11124-1:1993, 2.2]

3.2 喷射清理用磨料（blast-cleaning abrasive）：

用于喷射清理（3.1）的固体材料

[来源: ISO 11124-1:1993, 2.1]

3.3 灰尘（dust）：

存在于要涂装的钢材表面的疏松微粒，来自于喷射清理（3.1）或其它表面处理过程中，或来自环境作用

[来源：ISO8502-3：2017，3.1]。

3.4 露点（dew point）：

导致空气中湿气在固体表面产生冷凝的温度。见 ISO8502-4。

3.5 闪锈（flash rusting）：

在经处理后的钢结构表面很快形成的微锈。

3.6 砂粒（grit）：

大部分由具有断面、锐角的颗粒，半园形状的很少

[来源：ISO 11124-1：1993，2.4]。

3.7 氧化皮（mill scale）：

钢材热加工或热处理过程中形成的严重氧化层。

3.8 锈（rust）：

就含铁金属来说，指的是可见的腐蚀产物，主要由水合氧化铁构成。

3.9 丸（shot）：

主要是圆形的颗粒，长度在宽度的两倍以内，没有边角、裂面或其它尖锐表面瑕疵。

[来源：ISO 11124-1：1993，2.3]。

3.10 基材（substrate）：

涂层材料被施涂或将被施涂的表面。

[来源：ISO 4618：2014，2.244]。

3.11 表面处理（surface preparation）：

为了涂覆而处理表面的所有方式。

3.12 白锈（white rust）：

在锌面上的白色至暗灰色的腐蚀产物

3.13 化学处理（chemical treatment）：

用于改良金属底材薄薄的（表面）、基于化学或电化学反应的表面处理工艺

4．总则

表面处理的主要目的是确保除去有害物，获得令人满意的底漆与基材间附着力，另外，减少会导致腐蚀的污染物的数量。

有压力的是，涂装前需要清理的钢材表面状况是多种多样的，特别是已涂漆需维修的钢材表面。钢结构的年龄和它们所处的位置、先前表面的特性、原涂层体系的性能、涂层损坏的范围、钢结构以前和将来所处腐蚀环境的类型和严重程度、将要应用的新涂层体系都影响所需的表面处理工作量。

当选择一种表面处理方法时，很有必要考虑需要达到一定水平的清洁度的处理等级，如果需要，将应用在钢材表面的涂层体系所需的表面轮廓（粗糙度）也要考虑。既然表面处理的费用通常和清洁度水平成比例，满足要求的适合的表面处理等级和涂层体系的类型或者说某个涂层体系类型适合的表面处理等级都可以选择。

人们进行表面处理工作时，需要适用的设备和充足的相关技术知识以确保他们的工作符合相关技术要求。所有关于健康和安全的规则都应该被遵守。重要的是所要处理的表面易于迅速进出和光线充足。所有的表面处理工作都应被有效地监督和检查。

如果涂装前，所选择的表面处理方式没能达到所要求的表面处理等级，或者已处理表面的状态随后发生了变化。处理程序的相关部分可能需要重做以达到所要求表面处理等级。

关于焊缝的处理、焊渣的去除、毛刺和其它尖锐边缘的去除，应符合 ISO8501-3 的要求。详细信息参见 ISO 12944-3。这些措施通常与表面处理前的制造工艺相关。

更多详细信息，请参看 ISO 8504-1。

5．要处理的表面类型

5.1 总则

要处理的表面的不同类型在 5.2 至 5.6 中进行了描述。

5.2 无涂层表面

无涂层表面由裸钢组成，表面可能被氧化皮、锈或其它污染物所覆盖。它们应该按 ISO8501-1 进行评估（生锈等级 A、B、C、D）。

5.3 金属涂层表面

5.3.1 热喷涂表面

指按 ISO2063（所有部分）标准进行火焰或电弧喷锌、喷铝或锌铝合金的钢材表面。

5.3.2 热浸镀锌表面

指按 ISO1461 标准，浸入锌或锌合金熔炉（池）中进行镀锌的钢材表面。

5.3.3 电镀锌表面

指涂覆了电镀锌层的钢材表面。

5.3.4 粉末镀锌表面

通过在一个容器中同时加热钢工件和锌粉，从而涂覆了一层锌铁合金的钢材表面。

5.4 涂装了预涂底漆的表面

指在工厂按 EN10238 标准进行自动喷射清理并自动喷涂了预涂底漆的钢材表面。

注：在 ISO12944 这部分中，词句“涂装了预处理底漆的表面”有特定的意思。即指按 EN10238 标准，限定是自动喷射清理和自动涂装底漆。

5.5 其它涂漆表面

包括已经涂漆的钢表面和金属涂层钢表面。

5.6 经过化学处理的表面

在一些特殊用途中，在金属喷漆操作之前的化学处理是为了增强耐腐蚀和/或改善油漆附着能力。

在本文件中，化学处理是针对热浸镀锌、电镀锌和粉末镀锌表面的。

化学处理包括用喷雾、冲淋或浸泡来进行化学处理的专用清洗，通常以冲洗作为最后一步结束。

涂料制造商应事先确认涂料体系和化学处理的相容性。

6．表面处理方法

6.1 总则

根据 ISO8504（所有部分），表面处理所需各种方法的用途在 6.2 和 6.3 中进行了描述。在进一步表面处理前，油、油脂、盐、灰尘和类似的污染物都应采用合适的方式尽可能地被去除。另外，先采用合适的手工或机械技术去除重锈、牢固附着的锈和氧化

皮也许是必要的。当处理金属涂镀层钢结构表面时，采用的技术和工艺方法不需除去完好的金属涂层。附录 C 中给也了清理方法的调查。所列出的不同方法不是全部而无遗漏的。

6.2 水、溶剂和化学清理

6.2.1 水清洗

这种方法主要指直接用一股清洁淡水来清洗，表面所需要的水压根据表面所需去除的污染物如水溶性物质、疏松的锈、附着不牢的涂层。为去除油、油脂等，加入合适的清洗剂是必要的。当使用了清洗剂后，用清洁淡水漂洗是必要的。

6.2.2 蒸气清理

蒸气清洗用于除去油和油脂。如果蒸气中加入了清洗剂，随后用清洁淡水冲洗是必要的。

6.2.3 乳液清理

乳液清洗指用乳状清洗剂除去油和油脂，然后用清洁淡水（热水或冷水）冲洗。

6.2.4 碱清理

碱清洗指用碱性清洗剂除去油脂和油，然后用清洁淡水（热水或冷水）冲洗。

6.2.5 有机溶剂清理

有机溶剂清洗是指用合适的有机溶剂除去油/脂。使用有机溶剂浸渍的抹布通常只用于小面积。

6.2.6 剥离

剥离是指采用含溶剂的脱漆糊（用于可溶于溶剂中的油漆涂层）和碱糊（用于可皂化的油漆涂层）来脱除漆层。这种方式通常局限于小面积应用，其后还需要适当的后续清理程序。

6.2.7 酸洗

酸洗是指将工件浸入含有合适的缓蚀酸的池中以除去氧化皮和锈，表面不能受到太大的侵害。

酸洗只适用于在严格控制的工厂条件下进行，通常不能在现场进行。

6.2.8 化学处理方式清理

表面处理的质量应按照表面处理供应商的规格进行评估，然后再进行油漆应用。

在完成化学预处理后，所提供的表面被认为可以涂装的。工件表面应是完全干燥的。如有必要，根据表面处理供应商的建议，应特别注意开始涂装的最长恢复时间。

6.3 机械清理

6.3.1 手动工具清理

典型的手动工具包括钢丝刷、除锈铲、刮刀、植入磨料的合成纤维布（砂布）、金刚砂布、除锈锤等，更多详细信息可参看 ISO8504-3。

6.3.2 动力工具清理

典型的动力工具包括旋转的钢丝刷、各种型式的打磨工具、撞击锤和针枪。这些工具不能到达的表面区域须采用手工清理。清理操作不能造成结构件的损害和变形。应小心避免凿平工具易造成的各种型式的表面损害（如凹陷、切口）。

当使用旋转钢丝刷时，应确保锈和污染物不是只被擦亮磨光，磨光的锈和氧化皮能形成看起来象洁净金属一样的光泽，但是损害任何应用在其上的涂层的附着力。动力工具清理在作业效率和获得的表面清洁程度方面比手工表面处理更高，但不能和喷射清理相比（不如喷射清理有效）。应注意，在一些情况下，和采用喷射清理相比，采用动力工具清理可能更合适（例如可避免灰尘积聚或磨料堆积）。更多细节可参看 ISO8504-3。

6.3.3 喷射清理

ISO8504-2 中指定的一种方法应被采用。喷射清理用磨料参照 ISO11124 和 ISO11126 中相关部分的规定。

6.3.3.1 干磨料喷射清理

6.3.3.1.1 离心式磨料喷射清理（译注:指抛丸）

离心式磨料喷射清理是指在固定装置中或移动式设备上，磨料装在旋转轮或放置的叶轮上，被均匀地抛出，高速抵达被清理表面。

关于这种技术的应用范围、效果和局限性，请参看 ISO8504-2。

6.2.3.1.2 压缩空气磨料喷射清理（译注:指喷砂）

压缩空气磨料喷射清理是指将磨料输入到空气流中，经高速将磨料/空气混合物从喷咀射向要清理的表面。

磨料可在一个压力容器中混合进空气流，也可以从非压力容器中吸取而被投入到空气流中。

关于这种技术的应用范围、效果和局限性，请参看 ISO8504-2。

6.3.3.1.3 真空或负压头磨料喷射清理

这种方法同压缩空气磨料喷射清理（见 6.3.3.1.2）相类似，只是喷咀封固在与钢表面紧贴的负压头上来回收用过的磨料及污染物。空气/磨料流通过负压头处的减压而吸入到待处理表面。

关于这种技术的应用范围、效果和局限性，请参看 ISO8504-2。

6.3.3.2 注水式磨料喷射清理(注水式压缩空气磨料喷射清理)

这种方法同压缩空气磨料喷射清理（见 6.2.3.1.2）相类似，只是有少量的液体（通常是清洁淡水）加入到空气/磨料流中，以减少喷射清理过程中的灰尘（主要是粒径在 50μm 以下的悬浮颗粒物）产生。可以控制水的消耗量，通常在 15-25 升/小时。

关于这种技术的应用范围、效果和局限性，请参看 ISO8504-2。

6.3.3.3 湿式磨料喷射清理

6.3.3.3.1 压缩空气湿式磨料喷射清理

这种方法同压缩空气磨料喷射清理（见 6.2.3.1.2）相类似，只是外加了水（通常是清洁淡水），产生的是空气、水和磨料混合流。

关于这种技术的应用范围、效果和局限性，请参看 ISO8504-2。

6.3.3.3.2 砂浆喷射清理

将研磨剂分散在水或其它液体中，用泵或压缩空气为动力将它喷向要清理的表面。关于这种技术的应用范围、效果和局限性，请参看 ISO8504-2。

6.3.3.3.3 高压液体喷射清理

磨料（或磨料混合物）被引进液流（通常是清洁淡水）中，通过喷咀直接喷射向表面。

喷射流体主要是加压的液体，加入的固体磨料通常比压缩空气湿磨料喷射清理要少。

磨料可以以干的型式（有空气或无空气）或以泥浆的型式被引入到流体中。

关于这种技术的应用范围、效果和局限性，请参看 ISO8504-2。

6.3.3.4 喷射清理的特殊应用方式

6.3.3.4.1 扫射喷射清理

扫射喷射清理的目的仅仅是清理或糙化有机涂层或金属涂层的表面，以去除（全部或部分）表面层（或附着不牢的涂层）。在它的下方既不会被磨料撞击而产生点蚀，也不会被从底材剥离。所需达到的表面效果需由相关方各商定。为此，可以制备和评估一块试喷区域，并优化各种喷砂清理参数，如磨料硬度、喷射角度、喷嘴到基材的距离、空气压力和磨料粒度。正常情况下，对于扫射喷射清理，采用低气压和细的棱角状磨料。

6.3.3.4.2 局部喷射清理

局部喷射清理是一种常用的方式，是采用压缩空气（或者加湿磨料）喷射清理在完好涂层中独立的（个别的）斑点（如锈或焊斑），可能随后就对那些不经处理不能覆涂的表面进行扫射喷射清理。根据喷射清理的强度，处理结果可等同于处理等级 P Sa 2 级或 P Sa 2.5 级。

6.3.4 水喷射清理

这种方法是指直接采用一股高压清洁淡水喷射清理表面。根据要去除的污染物（如可溶性物质、松锈和附着不牢的涂层）的情况而确定水压。如果清理过程中使用了清洁剂，随后采用清洁淡水漂洗是必要的。

以下水喷射清理技术通常被用到：

—高压水喷射清理技术（水压：70-170Mpa）；

—超高压水喷射清理技术（水压在 170Mpa 以上）。

注：水压在低于 70 Mpa 时称为水清洗。

7. 表面处理等级

7.1 总则

各个表面处理等级的要求列在附录 A 和附录 B 中。

其它表面处理等级应与典型摄影样例或结构（或组元）上的样板区域保持一致。样板区域应被有效地保护（例如覆盖塑料薄膜）以避免外观改变。或者保留照片作为典型样例。

有两种表面处理型式：

—一次（全部的）表面处理（将整个表面处理成裸钢面）：

这种表面处理型式包括去除氧化皮、锈、原有涂层和污染物，经一次表面处理后，

整个表面由裸钢面组成。

处理等级：Sa、St 和 Be。

—二次（部分的）表面处理（留下有机涂层或金属涂层的合理部分）：

这种表面处理型式包括去除锈和污染物，但留下完整的油漆涂层或金属涂层。

处理等级：P Sa、P St 和 P Ma。

在施工涂料及相关材料前，经湿喷射清理的表面需干燥。如果处理过的表面发生了闪锈则需要去除，否则会对后道涂层产生不良影响。

ISO8501-1 给出了经喷射清理后的表面处理等级 Sa1、Sa2、Sa2½、Sa3、经手工和动力工具清理的表面处理等级 St2、St3。

ISO8501-1：2007 附录 A 含有当采用不同磨料（高碳钢丸、钢砂、冷硬铸铁砂、铜矿砂、煤炉熔渣）喷射清理后钢结构表面外观变化的典型摄影图片样例。

7.2 无涂层表面

钢结构经表面处理后的最终表面外观取决于钢材表面原始状态（例如锈蚀等级 A-D）和所采用的表面处理方法。ISO8501-1 和附录 A 中描述了不同的钢材表面锈蚀等级和表面处理等级。

7.3 金属涂层表面

如果这些金属涂层（热喷涂金属、热浸锌、电镀锌或粉末镀锌）需要完全从基材上去除，采用 ISO8501-1 中的定义的表面处理等级是可行的。

如果合理的金属涂层需要保留，一个二次（部分的）表面处理工作可能要执行，这个表面处理等级不能按照现行的标准来执行。

7.4 涂装了预处理底漆的表面

如果这些预处理底漆涂层需要完全从钢基材上去除，采用 ISO8501-1 中定义的表面处理等级是可行的。

如果预处理底漆涂层需要保留，一个二次（部分的）表面处理工作可能要执行，适用的表面处理等级的定义在 ISO8501-2 和附录 B 列出的一些文件中有。

7.5 其它涂漆表面

待处理表面应按 ISO4628-1、ISO4628-2、ISO4628-3、ISO4628-4、ISO4628-5 和 ISO4628-6 标准进行评估（起泡、锈蚀、开裂、剥落和粉化的程度）。附着力应按

ISO16276 进行评估。

以前涂漆钢材上的局部涂层失效而锈蚀（点锈）的区域可以采用局部（斑点）喷射清理方式进行处理，但应小心不要损坏周围区域完好涂层。

如果这些所有旧涂层需要完全从钢基材上去除，采用 ISO8501-1 中的定义表面处理等级是可行的。

如果油漆涂层需要从金属涂层表面完全去除，一个二次（部分的）表面处理工作可能要执行，这个表面处理等级不能按照现行的标准来执行。

如果有些区域的油漆涂层需要保留，一个二次（部分的）表面处理工作可能要执行，对于哪些有油漆涂层残余和裸钢的表面，表面处理等级以 P--级定义，ISO8501-2 中给出了采用喷射清理的 P Sa2、P Sa2½ 和 P Sa3 级定义和采用局部手工或动力工具清理的的 P St2 、P St3 级定义以及采用局部机械打磨处理的 P Ma 级定义。

8. 表面轮廓（粗糙度）和表面轮廓（粗糙度）等级

ISO8503-1 指定了用于采用丸（S）或砂（G）喷射清理的钢基材表面粗糙度特性的视觉和触觉比较用 ISO 表面（轮廓）粗糙度比较器（比较器 S 和比较器 G）的规范和定义。

ISO8503-2 描述了采用 ISO8503-1 中指定的 ISO 表面轮廓（粗糙度）比较器来评定经喷射清理的钢基材表面的粗糙度等级的方法。

基材的表面轮廓（粗糙度）影响涂层的附着力。对于防护涂料体系来说，达到 ISO8503-1 中的“中等（G）”或“中等（S）”表面（轮廓）粗糙度等级是特别合适的。在这个标准的应用方面，指定要达到的表面粗糙度（轮廓）公差值或特别的表面粗糙度（轮廓）值不是必要的，但各相关方应达成一致意见。

9. 经处理后的表面评定

在经过表面处理程序（按规定的要求清理）后，经处理的表面应按照 ISO8501-1 和 ISO8501-2 中的描述进行评定，也就是通过评估表面外观评定清洁度。更多的已处理表面的评估可以按个例由各相关方达成一致。这些方法在 ISO8502 各部分中有规定。

10. 表面处理后防腐蚀和/或防污染的暂时保护

如果经处理的表面在涂装预定的油漆（底漆或整个涂层体系）前，清洁度可能会发生变化（例如锈蚀形成），此时经处理表面应采取暂时保护措施，这条也适用于那些不准备涂漆的区域。

预处理底漆、胶黏纸、粘合膜、可剥油漆和其它可除去的防护材料通常用于暂时保护。在最后涂装前，这些表面需要进一步的处理直至达到技术要求指定的表面状态。

11. 暂时或部分保护的表面进一步涂漆前的表面处理

可能需要采用扫射清理或其它合适的方式恰逢去旧涂层和糙化表面，然后去除灰尘，确保后道涂层的牢固附着。在装配后，底涂层的接头和损坏区域需要再清理和修补。在进一步涂漆前，在此期间形成的所有污染物、锈蚀和老化产物都应采用适当方法去除。

对于已经喷射清理和涂装了车间底漆作为预涂底漆的钢表面，只要各相关方同意，剩余的底漆可以是整个油漆系统的一部分，并定义表面轮廓（粗糙度）。如果底漆不适合于修补或进一步涂装，或与其他涂层不相容，则应完全去除。

12. 热浸镀锌钢的表面处理

12.1 未老化的表面

有缺陷或损坏的锌面应修补以恢复锌层的防护功能。未风化的热浸锌钢表面的污染物（如油脂、油、残余焊剂或标记材料）都应被去除。

锌层可采用非金属磨料进行扫射喷射清理（见 6.2.3.4.1），其它处理方式须符合技术规格书要求。

在扫射喷射清理后，锌层应该是连续的，没有机械损坏。镀锌表面应没有会损害防腐蚀涂层（锌层和随后施工的油漆涂层）耐久性的附着杂质。

镀锌层的不正常情况有以下一些：

有流挂或局部过厚；

有气孔（针孔）；

锌层和钢材间的附着力差；

有锌滴；

有锌灰。

经扫射喷射清理后的表面应具有均匀的暗淡外观。表面轮廓（粗糙度）和最低限度

的锌层保留应经相关各方同意。

12.1 已老化的表面

在已风化的热浸锌钢表面，锌腐蚀产物（白锈）已形成，外来污染物可能积聚。表面应该根据污染的范围和污染物的性质采用合适的方法进行处理。氧化产物、某些盐和其它一些污染物能够采用含清洁剂的清洁淡水清洗方式和采用合成纤维丝为研磨剂的砂轮（或打磨刷）打磨去除，然后用热水彻底清洗。或许，采用热水清洗、高压水清洁、蒸气清洁、扫射喷射处理或手工及动力工具清理方法可以合适的。

13. 热喷涂金属（锌和铝）面的表面处理

有缺陷或损坏的热喷涂金属面应修补以恢复金属涂层的防护功能。

为延长涂层的服务年限，热喷涂金属面应在任何冷凝可能发生前立即涂装（防护漆）。在涂装防护漆前，表面应根据第 11 条的要求进行处理。

要了解关于热喷涂金属面用油漆的更多信息，可参看 ISO2063 标准（所有部分）。

14. 电镀锌和粉末镀锌面的表面处理

有缺陷或损坏的电镀锌或粉末镀锌面应修补以恢复金属涂层的防护功能。

附着不牢的电镀锌或粉末镀锌涂层应该被去除。

电镀锌或粉末镀锌表面的污染物（如油脂、油、标记材料或盐）应该被去除。采用专用的清洁剂、热水、蒸气清洁或化学方式处理（见 6.2.6 条）可能是适合的。

电镀锌或粉末镀锌表面随后的涂装也需要和热浸锌表面一样的处理（见 12 条）。

15. 其它涂漆表面的处理

附着不牢的或有缺陷的涂层应该被去除。

有缺陷或损坏的涂层区域应修补以恢复防护涂层体系的的防护功能。

表面的污染物（如油脂、油、标记材料或盐）应该被去除。采用专用的清洁剂、热水、蒸气清洁或化学方式处理（见 6.1.6 条）可能是适合的，然后，表面可以采用惰性砂或其它经证实是适用的材料（见 11 条）进行扫射喷射清理。

16. 关于污染和环保的建议

国家关于安全和环境法规（规章）中通常涵盖了表面处理产生的污染。如果不存在

这些法规（规章），应特别小心有关工业废物、灰尘、噪音、气味、有机溶剂等（的防治和处理）。

废物（如用过的磨料、锈、旧涂层）应按符合国家法规的方式进行收集和处理，并经各相关方达成一致。

17. 健康和安全

见 ISO12944-1。

湖南省德谦新材料有限公司

防腐是一项系统工程，即便是优质的材料也仅是半成品，材料的性能需要先进的设备和工艺、经验和责任兼备的施工队伍、严格的过程控制来实现。而这些正是德谦新材具备的—我们拥有住建委颁发的防腐、防火、保温施工资质，高校为背景的科研技术实力，拥有通过 FROSIO、NACE 国际防腐检验资格的工程师，可针对项目状况和所处的环境、施工条件、预算、期望的防护，设计并实施整体解决方案。历经多年的探索和积累，业绩遍布：装备制造、基础设施、能源电力、石油化工、海洋工程等领域。

德谦新材-专注于工业防腐，更可靠的选择！

优势领域：

1、 腐蚀的检测评估、腐蚀解决方案的提供;

2、 金属热喷锌：喷铝、喷锌;

3、 混凝土的修复、防渗;

4、 玻璃钢、玻璃鳞片防腐衬里;

5、 主题公园、水公园的系统防护;

6、 防腐维修工程;

7、 风电涂层防护、叶片维修。

湖南省德谦新材料有限公司

地址：长沙市岳麓区文轩路 27 号

网站：www.paint123.cn

电话：0731-85869850 85262346

手机：13574808502

传真：0731-89791538

邮箱：83411569@QQ.COM

附录 A（规范性）
主要的（一次）表面处理标准等级

标准处理等级 [a]	表面处理方式	ISO8501-1 中的典型摄影样例 [b,c,d]	处理后表面的重要特征（包括前处理和后处理（栏 2）的更多信息见 ISO8501-1）	应用领域
Sa 1	喷射清理（6.3.3）	B Sa 1 C Sa 1 D Sa 1	附着不牢的氧化皮、锈、油漆涂层和外来物被去除。	a) 无涂层钢结构； b) 有涂层钢结构，如果涂层被去除到达到表面处理等级的要求。[f]
Sa 2		B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2	大多数氧化皮、锈、油漆涂层和外来物被去除，所残留下来的都非常牢固地附着在表面上。	
Sa 2.5		A Sa $2^1/_2$ B Sa $2^1/_2$ C Sa $2^1/_2$ D Sa $2^1/_2$	氧化皮、锈、油漆涂层和外来物被彻底去除，只有极少量以斑点或条纹形式存在。	
Sa 3[g]		A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	氧化皮、锈、油漆涂层和外来物被非常彻底去除，整个表面呈现均匀一致的金属本色。	
St 2	手工或动力工具清理（6.3.1、6.3.2）	B St 2 C St 2 D St 2	附着不牢的氧化皮、锈和油漆涂层及外来物被去除。[e]	
St 3		B St 3 C St 3 D St 3	附着不牢的氧化皮、锈和油漆涂层及外来物被去除。但是，比 St2 级处理要彻底得多，以致表面呈现金属底材的金属光泽。	—
Be	酸洗（6.2.7）		氧化皮、锈、残余油漆涂层被完全去除。油漆涂层应在酸洗前采用适当方式去除。	例如，热浸锌前的处理

[a] 用到的符号的来源：
Sa=喷射清理（ISO 8501-1）
St=手工或动力工具清理（ISO 8501-1）
Fl=火焰清理（ISO 8501-1）
Be=酸洗

[b] A、B、C、D 是指无涂层钢材的原始表面状态（见 ISO 8501-1）。

[c] 典型摄影样例呈现的是先前没有涂层的钢结构表面或表面区域经采用石英砂喷射清理后的状态。许多国家都禁止采用石英砂进行喷射清理。采用其它磨料（因为它们的颜色）喷射清理后的表面可能呈现其它外观（即使它们在被完全清理后）。

[d] 对于有或没有涂装金属涂层的钢材表面，如果在这种情况下具有在给定条件下的技术可行性，某几个表面处理标准等级也是可以接受（采用）的。

[e] 氧化皮如果能用钝的油灰刀咬起去除，则被认为是附着不牢的氧化皮。

[f] 影响评估的因素应特别注意。

[g] 这个表面处理等级在现场可能无法获得和保持，而只能在一定特定条件下获得和保持。

附录 B（规范性）
二次表面处理标准等级

标准处理等级 [a]	表面处理方式	ISO8501-1 或 ISO8501-2 中的典型摄影样例 [bdf]	处理后表面的重要特征（包括前处理和后处理（栏 2）的更多信息见 ISO8501-2）	应用领域
P Sa 2[e]	局部（定点区域）的喷射清理	B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2 (用于表面无涂层部分)	牢固附着的油漆涂层须完好无损 [e]。其它表面上疏松的油漆涂层和绝大多数氧化皮、锈和外来物被去除。所残留下来的都非常牢固地附着在表面上。	一些油漆涂层需要保留的已涂漆钢材的表面处理 [g]。
P Sa $2^1/_2$[c]		B Sa $2^1/_2$ C Sa $2^1/_2$ D Sa $2^1/_2$ (用于表面无涂层部分)	牢固附着的油漆涂层须完好无损 [e]。其它表面上疏松的油漆涂层和所有氧化皮、锈和外来物都被彻底去除，只有极少量以斑点或条纹形式的痕迹保留存在。	
P Sa 3[eh]		C Sa 3 D Sa 3 (用于表面无涂层部分)	牢固附着的油漆涂层须完好无损 [e]。其它表面上疏松的油漆涂层和所有氧化皮、锈和外来物被非常彻底去除后，表面呈现均匀一致的金属本色。	
P Ma[e]	局部的机械打磨	P Ma	牢固附着的油漆涂层须完好无损 [e]。其它表面上疏松的油漆涂层和所有氧化皮、锈和外来物被彻底去除，只有极少量以斑点或条纹形式的痕迹保留存在。	
P St 2[e]	局部的手工或动力工具清理	C St 2 D St 2	牢固附着的油漆涂层须完好无损 [e]。其它表面上附着不牢的氧化皮、锈和油漆涂层及外来物被去除。[e]	
P St 3[e]		C St 3 D St 3	牢固附着的油漆涂层须完好无损 [e]。其它表面上附着不牢的氧化皮、锈和油漆涂层及外来物被去除。但是，比 P St2 级处理要彻底得多，以致表面呈现金属底材的金属光泽。	
备注见下页				

[a] 用到的符号的来源：

P Sa=已有涂层表面的局部的喷射清理（ISO 8501-2）

P St=已有涂层表面的局部的手工或动力工具清理（ISO 8501-2）

P Ma=已有涂层表面的局部的机械打磨处理（ISO 8501-2）

[b] 对于涂装了金属涂层或者没有涂装金属涂层的钢材表面，如果在这种情况下具有在给定条件下的技术可行性，某几个表面处理标准等级也是可以接受（采用）的。

[c] 没有 P 级的典型摄影样例，因为经处理的整个表面的外观受旧涂层类型和状态的明显影响。对涂层的表面区域，给出了没有 P 的相符合的摄影样例。关于 P 级的进一步澄清，ISO8501-1 中给出了这些处理前和处理后的各种摄影样例。至于 P Sa2、P St2 和 P St3 级，没有合适的摄影样例，残余涂层的外观应该类似 P Sa2.5 或 P Ma 级。

[d] 影响评定的因素应特别注意。

[e] P 用于表示先前涂了油漆层的表面允许牢固附着的油漆层保留的这种情况下的表面处理等级。列在相关条目中的两种经处理表面（译者注：有 P 的和没 P 的）的主要特征在于一个有牢固附着的油漆涂层保留或完全没有任何油漆涂层保留。P 级不仅是针对那些经表面处理后不涂漆的表面，而总是针对要覆涂的全部表面。关于保留的油漆涂层的的处理，见 ISO8501-1：1994 第 4.5 条。

[f] 油漆涂层如果不能用钝的油灰刀去除，则被认为是附着牢固的。

[g] 以下关于原来涂层的信息应该了解：

a) 涂料（如：基料和颜料的类型）或金属涂层的类型、还有大致的厚度和涂装时间；

b) 按 ISO4628-3 定义的锈蚀等级，如果可能，还要了解膜下腐蚀的详细情况；

c) 按 ISO4628-2 定义的起泡等级；

d) 其它相关信息如：附着力（例如按 ISO2049 测试后的结果）、开裂（ISO4628-4）、粉化（ISO4628-5）、化学或其它污染以及其它重要的细节。

检查计划涂层与原有涂层或其残留物的相容性是防护涂料体系设计的一个不可缺少部分。

[h] 这个表面处理等级在现场可能无法获得和保持，而只能在一定特定条件下获得和保持。

附录 C（资料性）

除去外来层和外来物质、原生层和污染物工作程序

要除去的物质	应用程序	备注 [a]
油脂和油	水清洗（6.2.1）	加清洁剂的淡水。可能用到高压水（<70Mpa）。然后用淡水冲洗。
	蒸气清洗（6.2.2）	然后要用淡水冲洗。
	乳液清洗（6.2.3）	然后要用淡水冲洗。
	碱清洗（6.2.4）	如果使用强碱溶液，铝、锌或其它某些类型的金属易受腐蚀。
	有机溶剂清洗（6.2.5）	许多有机溶剂对健康有害。如果清洁过程中使用抹布，要频繁更换抹布，否则不但油脂无法被清除，反而在抹布上溶剂挥发干燥后，碎布上的油脂会污染表面。
水溶性污染物，如：盐	水清洗（6.2.1）	淡水。可能用到高压水（<70Mpa）。
	蒸气清洗（6.2.2）	然后要用淡水冲洗。
	碱清洗（6.2.4）	如果使用强碱溶液，铝、锌或其它某些金属易受腐蚀。然后要用淡水冲洗。
油漆涂层	剥离（6.2.6）	溶剂基的脱漆糊用于对有机溶剂敏感的涂层，残留物用溶剂去除。碱脱漆糊用于可皂化涂层的去除，然后彻底地用淡水冲洗。剥离限定仅用于小面积。
	干磨料喷射清理（6.3.3.1）	丸或砂磨料。残留的灰尘或松的沉积物要用干燥无油的压缩空气吹除或真空吸除。
	湿磨料喷射清理（6.3.3.2）	然后要用淡水冲洗。
	水喷射清理（6.3.4）	用于去除附着不牢的油漆涂层。超高压水（>170MPa）可用于去除牢固附着的油漆涂层。
	扫射喷射清理（6.3.3.4.1）	用于糙化涂层表面或去除最外层涂层。
	局部喷射清理（6.3.3.4.2）	用于去除局部涂层
氧化皮	酸浸洗（6.2.7）	这个工艺在现场无法进行。随后要用淡水冲洗。
	干磨料喷射清理（6.3.3.1）	丸或砂磨料。残留的灰尘或松的沉积物要用干燥无油的压缩空气吹除或真空吸除。
	湿磨料喷射清理（6.3.3.2）	然后要用淡水冲洗。
锈	除了和去除氧化皮同样的应用程序，再加上以下一些：	
	动力工具清理（6.3.2）	机械刷可用在有松锈的区域。打磨可用于牢固附着的锈。残留的灰尘和松的沉积物必须清除。
	水喷射清理（6.3.4）	用于松锈的去除。钢材的表面轮廓（粗糙度）不受影响。
	局部喷射清理（6.3.3.4.2）	用于局部锈蚀的去除。
锌腐蚀产物	扫射喷射清理（6.3.3.4.1）	非金属磨料可用于锌面的扫射喷射清理。
	碱清洗（6.2.4）	5%（m/m）的氨水溶液结合植入磨料的人造丝砂布可用于局部的锌腐蚀面。碱清洗剂可用于大面积。在高 PH 值下，锌易受腐蚀。
[a] 当冲洗和干燥时，有槽或铆钉的结构应特别小心地处理。		

参考资料

[1]ISO 2409, Paints and varnishes — Cross-cut test
[2]ISO 4618:2014, Paints and varnishes — Terms and definitions
[3] ISO 8502-3:2017, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Tests for the assessment of surface cleanliness — Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method)
[4]ISO 8502-4, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Tests for the assessment of surface cleanliness — Part 4: Guidance on the estimation of the probability of condensation prior to paint application
[5] ISO 8503-1, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces
[6]ISO 8503-2, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 2: Method for the grading of surface profile of abrasive blast-cleaned steel — Comparator procedure
[7] ISO 8503-5, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 5: Replica tape method for the determination of the surface profile
[8] ISO 9000, Quality management systems — Fundamentals and vocabulary
[9] ISO 9001, Quality management systems — Requirements
[10] ISO 9004, Managing for the sustained success of an organization — A quality management approach
[11] ISO 11124-1:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 1: General introduction and classification
[12] ISO 11124-2, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 2: Chilled-iron grit
[13] ISO 11124-3, Preparation of steel substrates before application of paints and

related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 3: High-carbon cast-steel shot and grit
[14] ISO 11124-4, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 4: Low-carbon cast-steel shot
[15] ISO 11126-1, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 1: General introduction and classification
[16] ISO 11126-3, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 3: Copper refinery slag
[17] ISO 11126-4, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 4: Coal furnace slag
[18] ISO 11126-5, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 5: Nickel refinery slag
[19] ISO 11126-6, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 6: Iron furnace slag
[20] ISO 11126-7, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 7: Fused aluminium oxide
[21] ISO 11126-8, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 8: Olivine sand
[22] ISO 12944-3, Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 3: Design considerations
[23] SABS 0120: Part 3, HC-1988
[24] Japanese Standard JSRA/SPSS 1984
[25] SSPC: Vol.1, Vol.2, Vis-1-1990
[26] NACE: RP0172-72, RP0175-75, RP0170-70

译者后记

ISO 12944 系列标准因其优异的有效性和实用性，受到世界各地的业主、涂料商和防腐蚀设计人员等的良好赞誉。

本人曾于 2008 年在朋友们的协助下将老版本的 ISO12944 系列标准译成了中文。并参与了国家涂料与颜料标准化技术委员会组织的将该标准系列翻译转化为国标（GB/T 30790 系列）的工作。现 ISO12944 系列标准进行了更新。继续将更新版译成中文供业内人士方便使用，也算本人为行业所尽的微薄之力吧。

需要说明的是，该版系由 BS EN12944-3（英国版）而非 ISO 官方版翻译而来，可能有和 ISO 官方版不一致的地方。另，由于译者水平有限和语言的差异性，疏忽、遗漏乃至错误之处在所难免，所以建议读者对有疑问之处多对照英文原版，以免误解。如能向译者指出错误之处以便更正，将令译者十分感激。

经过技术修订的本第二版取代了第一版(ISO 12944-4:1998)。和旧版相比，主要的变化如下：

—删除了未用在此部分的术语和定义；

—资料性附录已更新；

—增加了 5.6 条“经过化学处理的表面”；

—增加了 6.2.8 条“化学处理”；去除了火焰清理的相关内容；

—附录 C 进行了重组，包含了两个表面，分别为“外来层和外来物质”和“原生层和污染物”；

—更新了参考资料；

—原文经过编辑修改。

译者简介：从事防腐蚀涂料相关工作 20 多年，先后从事防护涂料产品开发、技术服务、技术管理及产品推广等工作，微信号：zblhx84， QQ：153754367。

十头鸟 2018 年 3 月