

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义..... 1

4 分类和型号..... 2

5 订货内容..... 3

6 要求..... 3

7 试验方法..... 5

8 检验规则..... 6

9 包装、标志、搬运和贮存..... 7

附录 A （规范性附录）9

附录 B （资料性附录） 12

前 言

本标准的编写GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》

本标准由厦门新钢金属制品有限公司提出。

本标准起草单位：厦门新钢金属制品有限公司、福建海西防护新材料联合研究院、厦门大学、厦门宝飞达道桥新技术有限公司、厦门鑫宁钢材有限公司。

本标准主要起草人：郑玉飞、郑菁菁、Daniel Liu、郑栩、林昌健、陈光章、孔纲、Frank E. Goodwin、郑龙、郑剑伟、郑榆。

锌铝合金环氧复合涂层钢筋

1 范围

本标准规定了锌铝合金环氧复合涂层钢筋的术语和定义、分类和型号、订货内容、要求、试验方法、检验规则、包装、标志、搬运和贮存。

本标准适用于锌铝合金环氧复合涂层带肋钢筋和普通光圆钢筋（以下简称复合钢筋）。先制作的锌铝合金层是采用热浸镀方法生产的，后制作的环氧涂层是采用静电喷涂方法生产的。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 470 锌锭

GB 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋

GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋

GB/T 1499.3 钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网

GB/T 1768 色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法

GB/T 3082 铠装电缆用热镀锌或热镀锌-5%铝-混合稀土合金镀层低碳钢丝

GB/T 3505 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数

GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法

GB/T 4957 非磁性基体上非导电覆盖层 覆盖层厚度测量 涡流法

GB/T 8923.1-2011 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 12689.1 铝含量的测定 铬天青 S-聚乙二醇辛基苯基醚-溴化十六烷基吡啶分光光度法、CAS 分光光度法和 EDTA 滴定法

GB 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定

GB 13788 冷轧带肋钢筋

GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法

GB/T 14978 连续热镀铝锌合金镀层钢板及钢带

GB/T 20492 锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线

GB/T 20624.2 色漆和清漆 快速变形（耐冲击性）试验 第2部分：落锤试验（小面积冲头）

GB/T 26110 锌铝涂层 技术条件

GB 50152-1992 混凝土结构试验方法标准（附条文说明）

SY/T 0037 管道防腐层阴极剥离试验方法

SY/T 0039 管道防腐层化学稳定性试验方法

SY/T 310 热镀用锌合金锭

3 术语和定义

下列界定的术语和定义适用于本标准

3.1

复合涂层 combined coating

在洁净的钢筋表面上先热浸镀锌铝合金层，后涂覆环氧涂层。

3.2

熔结环氧粉末涂层 fusion-bonded epoxy coating

以粉末形式喷涂在已加热的洁净锌铝合金层表面上，固化后形成的连续涂层。涂层包含热固性环氧树脂、固化剂、颜料及其他添加剂。

3.3

热浸镀锌铝合金 hot dip zinc-aluminium alloy

将经过前处理的钢筋浸入熔融锌铝合金浴中，在其表面形成锌铝合金镀层的工艺过程和方法。

3.4

热浸镀锌铝合金层 hot dip zinc-aluminium alloy coating

采用热浸镀方法在钢筋表面上获得的锌铝合金镀层。

3.5

漏点 holiday

环氧涂层上存在肉眼不可见的不连续缺陷。

3.6

漏镀面 uncoated areas

钢筋制件表面未与熔融锌铝合金发生反应的区域。

3.7

修补材料 sealing material

用于修补受损部位和涂层缺陷区域。

3.8

剥离 disbonding

熔融结合环氧涂层与锌铝合金层表面间粘结失效。

3.9

润湿剂 wetting agent

降低钢筋和水的表面张力的介质，使水可以更好的渗透到涂层的漏点，更准确的测得漏点数量。

4 分类和型号

4.1 分类

4.1.1 按镀层类别分类

复合钢筋按镀层类别分为两类：

- 锌-0.25%铝合金镀层，用符号 0.25%A1 表示；
- 锌-5%铝-混合稀土合金镀层，用符号 5%A1 表示。

4.1.2 按加工方式分类

锌铝钢筋按加工方式分为镀锌铝前加工和镀锌铝后加工两类，除买方要求外，原则上采用镀锌铝后弯曲加工方式。

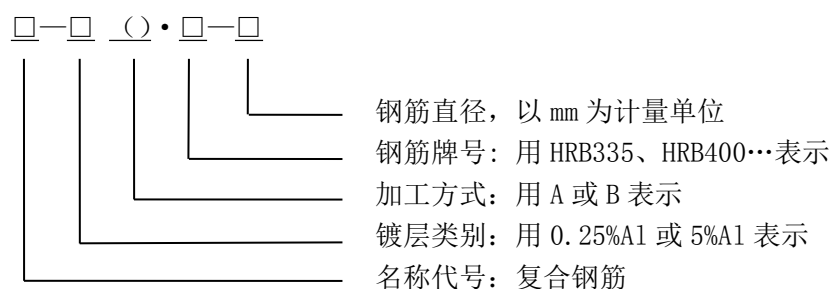
- 镀锌铝后加工的钢筋，用符号 A 表示；
- 镀锌铝前加工的钢筋，用符号 B 表示。

4.2 代号

复合钢筋的名称代号为 ZECR, 取自钢筋混凝土用锌铝合金环氧复合钢筋的英文缩写 (Zinc-aluminium alloy and epoxy combined coated steel bars for the reinforcement of concrete)。

4.3 产品型号和示例

复合钢筋的型号由名称代号、镀层类别、加工方式、钢筋牌号、钢筋直径组成。型号按以下方式表示:



示例 1:

用直径为 20mm、牌号为 HRB400 热轧带肋钢筋制作的 A 类、镀层类别为锌-0.25%铝合金的复合钢筋, 其产品型号为 “ZECR-0.25%A1 (A) • HRB400-20”。

示例 2:

用直径为 20mm、牌号为 HRB400 热轧带肋钢筋制作的 B 类、镀层类别为锌-5%铝-混合稀土合金的复合钢筋, 其产品型号为 “ZECR-5%A1 (B) • HRB400-20”。

5 订货内容

按本标准订货的合同应包括以下内容:

- a) 产品名称;
- b) 本标准号;
- c) 产品型号;
- d) 镀层类别;
- e) 重量;
- f) 长度;
- g) 特殊要求。

6 要求

6.1 材料

6.1.1 钢筋

用于制作复合涂层的钢筋, 其质量应符合 GB 1499.1、GB 1499.2、GB/T 1499.3、GB 13788 或需方提出的其他产品标准要求。钢筋表面应有毛刺、影响涂层质量的尖角及其他缺陷, 并应无油、脂或漆等污染。

6.1.2 锌锭

热浸镀用锌锭应符合 GB/T 470 中的 Zn99.995 或 Zn99.99 的规定。

6.1.3 锌合金锭

热浸镀用锌铝稀土合金锭的化学成分应符合 YS/T 310 的规定。

6.1.4 锌铝合金浴

用于制作锌-0.25%铝合金镀层，合金浴中的铝含量应控制在 0.2%~1%；用于制作锌-5%铝-混合稀土合金镀层，合金浴中的铝含量应控制在 4.2%~6.2%。

6.1.5 环氧粉末

6.1.5.1 环氧粉末应储存在温控的环境中。

6.1.5.2 环氧粉末形成的涂层应符合附录 A 的规定。

注：合同如有规定，涂料生产商从每批涂料中抽取 0.2kg 试样提供给用户。试样分别储存在密闭的容器中并标明批次名称。

6.1.6 修补材料

6.1.6.1 环氧涂层的修补材料应与涂层有相容性，在混凝土中具有惰性。

6.1.6.2 锌铝合金层的修补材料应提供牺牲阳极及隔绝层保护功能。

6.2 涂层制作

6.2.1 前处理

6.2.1.1 钢筋涂覆前表面应使用钢砂喷射清理，其质量应符合以下要求：

a) 达到 GB/T 8923.1-2011 规定的目视评定除锈等级 Sa3 级；

b) 平均粗糙度应在 $40\text{ }\mu\text{m}\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ ，平均偏差采用 GB/T 3505 中 Ra 值。

6.2.1.2 采用高压气刀吹净喷砂后钢筋表面应无灰尘、砂砾或其他异物。

6.2.2 涂层涂覆

6.2.2.1 钢筋应在净化处理之后静电喷涂环氧粉末之前热浸入锌铝合金浴中，形成锌铝合金层。

6.2.2.2 锌铝合金层的制作应尽快在净化处理后的钢筋表面上进行，钢筋净化处理后至涂覆涂层的时间间隔不宜超过 30min，且钢筋表面不得有肉眼可见的氧化现象，否则应对锌层表面以轻度抛丸的方式进行表面处理。

6.2.2.3 在连续涂覆的过程中，至少每 30min 测量一次锌铝合金层的表面温度，宜选用红外测温仪或测温笔进行温度测量。

6.3 涂层的要求

6.3.1 厚度

6.3.1.1 锌铝合金层厚度不得低于 $35\text{ }\mu\text{m}$ ；

6.3.1.2 对于直径 $d < 20\text{mm}$ 的钢筋，固化后复合涂层的总厚度 $175\text{--}300\text{ }\mu\text{m}$ ；对于直径 $d \geq 20\text{mm}$ 的钢筋，固化后复合涂层的总厚度 $175\text{--}400\text{ }\mu\text{m}$ 。

注：上述涂层厚度的要求，不包括由于涂层缺陷或破损而做修补的区域。

6.3.3 涂层连续性

6.3.3.1 锌铝合金层表面应完整平滑，不应有漏镀、锌刺、滴瘤、锌灰和结渣等，放大 1000 倍观察无裸露的钢基体。

6.3.3.2 环氧层固化后，应无孔洞、空隙、裂纹和其他目视可见的缺陷。

6.3.3.3 复合钢筋每米长度上的漏点数目不应超过 3 个。

6.3.4 涂层可弯性

复合钢筋经弯曲试验后，试样弯曲外表面上应无肉眼可见的裂纹或剥离现象。

6.3.5 涂层附着性

复合涂层附着性应进行阴极剥离试验评价，从人为缺陷孔的边缘起始进行量测时，涂层剥离距离的平均值不应超过 4mm。

6.4 钢筋混凝土用复合钢筋作业指导应符合附录 B。

6.5 允许的涂层损伤和修补

6.5.1 每 0.3 米钢筋表面修补的涂层最大数量不得超过总面积的 1%（不包括切割部位）。

6.5.2 涂层破损部位或切割部位，应采用含锌量 94%以上的富锌涂料三度修补，再涂覆环氧涂料加以修补，以避免局部腐蚀。

6.5.3 修补后的涂层厚度应不少于 180 μm 。

6.5.4 受损涂层的修补应使用生产厂商推荐的修补材料。

7 试验方法

7.1 材料检验

7.1.1 钢筋

材料按 GB 1499.1、GB 1499.2、GB/T 1499.3 或 GB 13788 进行检验。钢筋表面采用目测进行检查。

注：如按需方提出的其他材料产品标准要求进行制造，则按该标准进行检验。

7.1.2 锌锭

锌锭按 GB/T 470 进行检验。

7.1.3 锌合金锭

锌合金锭按 YS/T 310 进行检验。

7.1.4 锌铝合金浴

锌铝合金浴中铝含量应按照 GB/T 12689.1 的规定进行检测。

7.1.5 环氧粉末

环氧粉末形成的涂层按附录 A 的规定进行检查。

7.2 涂层制作检查

7.2.1 前处理

7.2.1.1 钢筋涂覆前表面应使用钢砂喷射清理，其质量按以下要求进行检查：

- a) 除锈等级按 GB/T 8923.1-2011 的规定进行评定；
- b) 平均粗糙度按 GB/T 3505-2009 的规定进行检查。

7.2.1.2 高压气刀吹净喷砂后钢筋表面采用目测进行检查。

7.2.2 涂层涂覆

涂层涂覆按 6.2.2 的工艺要就进行检查。

7.3 涂层的要求

7.3.1 涂层厚度

分别测量和记录锌铝合金层和复合涂层的厚度。每个厚度记录值为 4 个相邻肋间厚度测量值 3 次不同读数的平均值。应在钢筋相对的两侧进行测量，且沿钢筋的每一侧至少应取 5 个间隔大致均匀的涂层厚度记录值（每个试样最少 10 个记录值）。

7.3.2 涂层连续性

交货前应使用电压不低于 67.5V，电阻不小于 80k Ω 的湿海棉直流漏点检测器或相当的方法，并按照漏点检测器的说明书进行检测。漏点检测器应使用固定检测电压，并检定有效。漏点检测器应装有指示灯或蜂鸣器，以指示涂层的不连续性。探头应检测涂层钢筋的整个表面。

浸泡海绵的水中应添加润湿剂。

7.3.3 涂层可弯性

7.3.3.1 涂层可弯性的检验应采用弯曲试验机进行测量。试验样品应处于 20℃~30℃ 之间热平衡状态。弯曲机的芯轴应套以专用尼龙套管。

7.3.3.2 应将试验样品的两纵肋置于与弯曲试验机上的芯轴半径相垂直的平面内，以均匀的且不低于 8r/min 的速率弯曲钢筋，具体测试参数见表 1。

7.3.3.3 对于涂层钢筋的弯曲性能有较高级别要求的，应由供需双方协商。

表 1 涂层钢筋弯曲测试参数

钢筋公称直径 (mm)	芯轴直径 (mm)	弯曲角度 (°)
20mm<d	6d	180
20mm<d≤36mm	8d	180
36mm<d	8d	90

7.3.4 涂层附着性

应按照 A.2 规定进行阴极剥离试验。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

8.1.1 出厂检验

8.1.1.1 出厂检验可由生产厂家的质量检验部门在日常生产中进行；也可由用户指定的第三方代理机构进行。生产厂家的质量检验部门或第三方代理机构应出具每批产品的检验报告，作为该批产品出厂的质量依据。

8.1.1.2 出厂检验的检验项目应包括涂层的厚度、连续性、可弯性和附着性的检验等。

8.1.2 型式检验

8.1.2.1 凡属下列情况之一者，应进行型式检验：

- a) 原料、工艺等有较大改变时；
- b) 生产设备改造后或生产过程中设备发生较大故障时；
- c) 产品长期停产后，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验时。

8.1.2.2 型式检验的检验项目应包括净化处理后钢筋表面质量的检验、涂层厚度、连续性、可弯性、附着性的检验、抗化学腐蚀、阴极剥离、盐雾试验、氯化物渗透性、涂层钢筋的粘结强度、耐磨性、冲击试验等。

8.2 检测项目和试样数量

8.2.1 复合钢筋应分批进行检验。每一检验批由同一条生产线在不超过 4h 且不间断的生产过程中生产出的同一尺寸的钢筋组成。

8.2.2 每一检验批复合钢筋的试验样品应在生产线上随机抽取，其数量可按下列要求确定：

- a) 涂层厚度检验，每 2 个工时每种规格至少检测 2 根；
- b) 涂层连续性检验，每 2 个工时每种规格至少检测 2 根；
- c) 涂层可弯性的检验，每 4 个工时每种规格至少检测 1 根；
- d) 涂层附着力的检验，每 8 个工时至少检测 1 根。

8.3 判定规则和复验

8.3.1 当有不符合本标准规定技术指标要求的检验项目时，应在同一检验批产品中，随机抽取双倍数量的试样，对该项目进行复验。如复验结果全部达到本标准规定的技术指标要求，该检验批复合钢筋仍为合格产品。

8.3.2 当对检验批进行复验的结果仍至少有一项不符合本标准规定的技术指标要求时，该批复合钢筋为不合格产品。

9 包装、标志、搬运和贮存

9.1 包装

9.1.1 复合钢筋产品应采用不透光的抗紫外线照射性能的黑色塑料布包装；

9.1.2 复合钢筋包装应按照不同规格分捆进行，其分捆应与钢筋材料进厂时一致，但每捆涂层钢筋的重量不应超过 2 吨。

9.2 标志

每捆复合钢筋应保留原钢筋的标准内容外，尚应标志出涂层钢筋的生产厂家、生产日期、产品名称及代号等，并做出合格标记。

9.3 搬运

复合钢筋的吊装应采用对涂层无损坏的绑带及多支点吊装系统进行，并防止钢筋与吊索之间及钢筋与钢筋之间因碰撞、摩擦等造成的涂层损坏。

9.4 贮存

9.4.1 复合钢筋在室外存放不宜超过 2 个月，总存放期不宜超过 6 个月。室外存放时，应采取不透明材料或其他合适的保护罩覆盖，避免暴露在日照、盐雾和大气中。对于分层堆放的钢筋捆，遮盖物料应盖严。遮盖应固定牢固，并保持复合钢筋周围空气流通，避免覆盖层下凝结水珠。

9.4.2 复合钢筋在堆放时，钢筋与地面之间应架空并设置保护层支承，各捆钢筋之间应以宽木条隔开，堆放层数不应超过 5 层。

附录 A
(规范性附录)
复合钢筋有机涂层的检验

A.1 抗化学腐蚀

涂层的抗化学腐蚀性应按照 SY/T 0039 进行评定。将无微孔及含有人为缺陷孔的涂层钢筋样品浸泡于下列各溶液中：蒸馏水、3mol/L CaCl_2 水溶液、3mol/L NaOH 水溶液以及 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液。人为缺陷孔应穿透涂层，其直径应为 6mm；检验溶液的温度应为 $24 \pm 2^\circ\text{C}$ ，试验最短时间应为 45d；在这段时间内，涂层不得起泡、软化、失去粘着性或出现微孔，人为缺陷孔周围的涂层也不应发生凹陷。

A.2 阴极剥离

A.2.1 应根据以下条件及 SY/T 0037 的规定进行阴极剥离试验。

- a) 阴极应是一根长为 250mm 的涂层钢筋；
- b) 阳极应是一根直径为 1.6mm、长为 150mm 的纯铂电极或直径为 3.2mm 的镀铂金属丝；
- c) 参比电极应使用甘汞电极；
- d) 电解液应是蒸馏水配制的 3%NaCl 溶液；
- e) 电解液温度应为 $24 \pm 2^\circ\text{C}$ ；
- f) 涂层人为缺陷孔的直径为 3mm；
- g) 应施于 1.5V 的电压；
- h) 试验应持续 168h。

A.2.2 阴极剥离检测设备结构图见图 A.1。在距离端头 50mm 处制作一个 3mm 的人为缺陷孔。将样品的人为缺陷孔所在端固定在烧杯底部。倒入电解液使样品端头浸没，浸没高度在样品 100mm 高处。

A.2.3 试验结束后，将涂层钢筋取出放置 1h 后进行测试。应量测在 0° 、 90° 、 180° 和 270° 处人为缺陷孔的涂层剥离距离并计算其平均值。当从人为缺陷孔的边缘起始进行量测时，三根钢筋的涂层剥离距离的平均值不应超过 4mm。

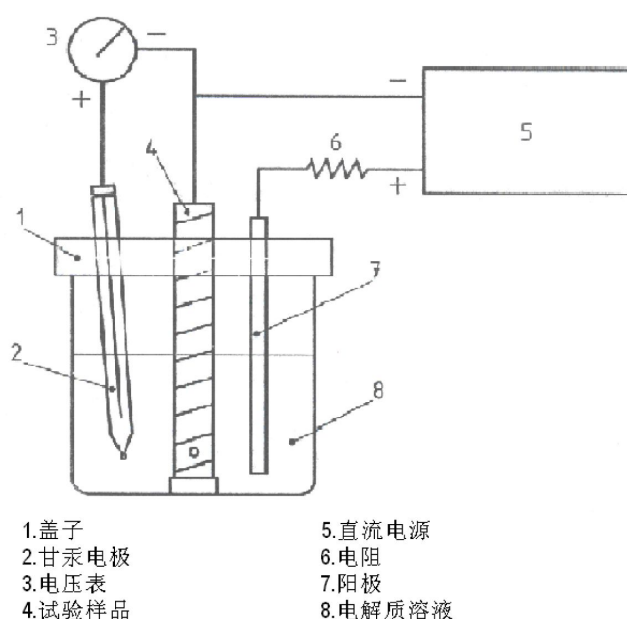


图 A.1 阴极剥离检测设备结构图

A. 3 盐雾试验

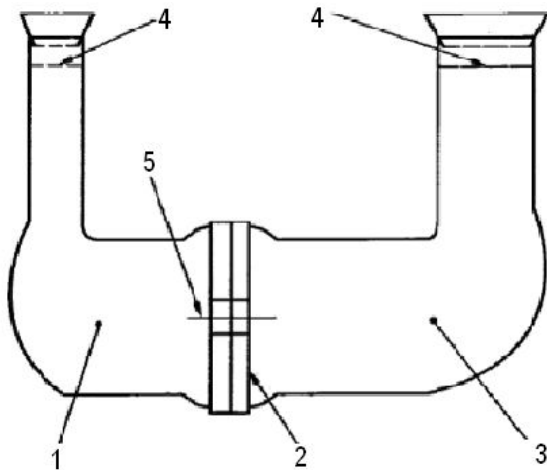
涂层对热湿环境的抵抗性应通过盐雾试验评定。沿每根试验钢筋的一侧制作三个直径为 3mm 且穿透涂层的人为缺陷孔，孔心应位于肋间、孔距应大致均匀。将包含人为缺陷孔的长度为 250mm 的涂层钢筋暴露在由 NaCl 和蒸馏水配制成的浓度为 5%NaCl 溶液所形成的盐雾中 800h±20h，溶液的温度应为 35℃±2℃；涂层钢筋水平放置在试验箱中，缺陷点朝向箱边（90°）；在三根试验钢筋的 9 个人为缺陷孔中，当从缺陷的边缘起始进行量测时，其剥离半径的平均值不应超过 3mm。

A. 4 氯化物渗透性

A. 4. 1 应检测厚度 175 μm~225 μm 的已固化涂层的氯化物渗透性。

A. 4. 2 氯化物渗透性试验装置见图 A. 2。玻璃容器的两个隔间被两块玻璃隔开，每块玻璃板的中心位置都有一个直径为 25mm 的开口，环氧涂膜夹在两块玻璃之间。在大隔间注入 175mL 浓度为 3mol/L 的 NaCl 水溶液，小隔间注入 115mL 蒸馏水。此时两个隔间的液面水平线平齐。

A. 4. 3 在 24℃±2℃ 的温度下试验 45d 后，测量小隔间水溶液中的氯离子浓度，氯离子的累积浓度应小于 1×10⁻⁴mol/L。



- 1.放置115mL蒸馏水的隔间
- 2.中心带25mm开口的两块玻璃板之间的环氧涂膜
- 3.放置175mL浓度为3mol/L的NaCl水溶液的隔间
- 4.水平标记
- 5.25mm的中心开口

图 A. 2 氯化物渗透性试验装置

A. 3. 6 涂层钢筋的粘结强度

钢筋与混凝土的粘结强度试验，应符合 GB 50152 的有关规定。涂层钢筋的粘结强度应不小于无涂层钢筋粘结强度的 85%。

A. 3. 7 耐磨性

涂层抗磨损性可按照 GB/T 1768 规定的方法进行测定，涂层的耐磨性在采用 CS-10 磨轮时应达到在 1kg 负载下每 1000 周涂层的重量损失不超过 100mg。经供需双方协商也可采用其他磨轮，具体指标由双方协商。

A. 3. 8 冲击试验

涂层钢筋的抗机械损伤能力应通过落锤试验进行评定。采用 GB/T 20624. 2 中描述的试验装置，及

一个 $1800\text{g} \pm 10\text{g}$ 、锤头直径 $16\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$ 的重锤。试样固定在刚性材料上。试验在 $24^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的温度下进行，冲击在涂层钢筋的横肋与脊之间，在 $9\text{N}\cdot\text{m}$ 的冲击能量下，除了由重锤冲击引起永久变形的区域，涂层不应发生破碎、裂缝或粘结损失。

附录 B
（资料性附录）
钢筋混凝土用复合钢筋作业指导

B.1 适用范围

B.1.1 复合钢筋适用于沿海港口码头，跨海大桥和需要洒盐水除冰雪的机场和高速公路等重防腐工程的钢筋混凝土结构中。

B.1.2 在实际结构中，可根据工程的具体要求，全部或部分采用复合钢筋。

B.2 复合钢筋特性

B.2.1 复合钢筋与混凝土之间的粘结强度，应取为无涂层钢筋粘结强度的 80%。

B.2.2 复合钢筋的锚固长度应取为不小于有关设计规范规定的相同等级和规格的无涂层钢筋锚固长度的 1.25 倍。

B.2.3 复合钢筋的绑扎搭接长度，对受拉钢筋，应取为不小于有关设计规范规定的相同等级和规格的无涂层钢筋锚固长度的 1.5 倍且不小于 375 mm；对受压钢筋，应取为不小于有关设计规范规定的相同等级和规格的无涂层钢筋锚固长度的 1.0 倍且不小于 250mm。

B.2.4 当复合钢筋进行弯曲加工时，对直径 d 不大于 20mm 的钢筋，其弯曲直径不应小于 $6d$ ；对直径 d 大于 20mm 的钢筋，其弯曲直径不应小于 $8d$ 。

B.3 钢筋涂层保护

在施工现场的模板工程、钢筋工程、混凝土工程等各分项施工中，均应根据具体工艺采取有效措施，使钢筋涂层不受损坏，对在施工操作中造成的少量涂层破损，必须及时予以修补。

B.4 腐蚀监测

根据工程需要可对钢筋混凝土实施腐蚀状况监测。腐蚀监测点宜安装在较易暴露在含氯离子环境的位置。