



CECS 133:2002

中国工程建设标准化协会标准

包覆不饱和聚酯树脂复合材料
的钢结构防护工程技术规程

Technical specification for protective project of steel structure
covered with unsaturated polyester composite materials

中国工程建设标准化协会标准

包覆不饱和聚酯树脂复合材料的
钢结构防护工程技术规程

Technical specification for protective project of steel structure
covered with unsaturated polyester composite materials

CECS 133:2002

主编单位:武汉理工大学

成都宏亿复合材料工程技术有限公司

批准单位:中国工程建设标准化协会

施行日期:2002年8月1日

前 言

根据中国工程建设标准化协会(2001)建标协字第 10 号文《关于印发 2001 年第一批标准制、修订项目计划的通知》的要求,制订本规程。

本规程是在总结我国工程实践经验和吸取国际先进经验的基础上制订的。

根据国家计委标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》要求,现批准协会标准《包覆不饱和聚酯树脂复合材料的钢结构防护工程技术规程》,编号为 CECS133:2002,推荐给工程建设设计、施工、使用单位采用。本规程由中国工程建设标准化协会防腐蚀委员会归口管理,由武汉理工大学材料科学与工程学院(武汉市珞狮路 122 号,邮编:430070)负责解释。在使用中如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位:武汉理工大学

成都宏亿复合材料工程技术有限公司

主要起草人:曾黎明 王钧 单松高 朱能安 杨玉玺

中国工程建设标准化协会

2002 年 6 月 25 日

目 次

1 总则	1
2 一般规定	2
3 设计要求	3
4 原材料和制成品的质量要求	4
5 基层处理	6
6 防护层施工	7
7 防护工程质量要求	9
8 工程验收	10
附录 A 原材料和制成品及工程质量检测方法	11
本规程用词说明	16
附:条文说明	17

1 总 则

1.0.1 为保证钢结构防护工程的设计和施工质量,避免因钢腐蚀而造成损失,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于大气环境介质条件下,钢结构表面包覆玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂复合材料防护工程(以下简称钢结构防护工程)的设计、施工及验收。

1.0.3 钢结构防护工程所采用的原材料,必须具有产品质量合格证和检测资料,并应符合本规程的规定。必要时应进行复验。

1.0.4 钢结构防护工程的施工,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 一般规定

2.0.1 钢结构防护工程施工前,必须对钢基层进行表面处理。未经表面处理的钢结构,不得进行下一工序的施工。

2.0.2 钢结构防护工程施工环境温度不应低于 5℃,相对湿度不宜大于 80%。当环境温度低于 5℃时,应采取加热保温措施使材料温度满足施工对环境温度的要求,但不得用明火或蒸汽直接加热。

2.0.3 施工期间应防火、防雨、防雪和防雾。

2.0.4 树脂等化工原材料应密封贮存在阴凉、干燥的通风处,并应防火。玻璃纤维布应防潮、防污染。

3 设计要求

3.0.1 玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂复合材料防护层如图 3.0.1 所示。

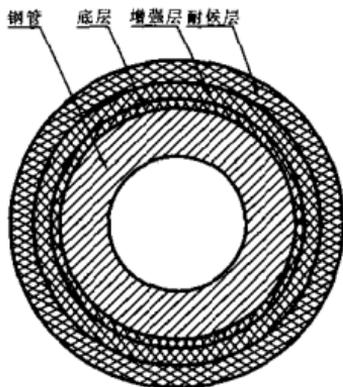


图 3.0.1 防护层示意

3.0.2 防护层由底层、增强层、耐候层组成。先在钢结构表面均匀喷涂一层不饱和聚酯树脂胶料作为底层,然后铺贴玻璃纤维布增强不饱和聚酯树脂作为增强层,最后再均匀喷涂一层不饱和聚酯树脂胶料作为耐候层。固化后的防护层总厚度应符合设计要求;当设计未作规定时,不宜小于 0.8mm。

3.0.3 当工程所处环境条件较恶劣时,应加大增强层的厚度以提高防护层的总厚度。

3.0.4 在底层外被覆玻璃纤维布时,同层布的搭接宽度不应小于 30mm。上下两层布的接缝应错开不小于 50mm。

4 原材料和制成品的质量要求

4.0.1 不饱和聚酯树脂投入使用前,应在工厂中加入触变剂并分散均匀,同时进行预促进。耐候层用不饱和聚酯树脂应具有空气干燥性能,或加入封面助剂,在空气中自然固化后表面应无粘着感。

4.0.2 耐候层用不饱和聚酯树脂投入使用前,应在工厂中加入紫外线吸收剂、抗氧剂、防老剂等助剂,并分散均匀。

4.0.3 在投入使用时,不饱和聚酯树脂的质量指标应符合表 4.0.3 的规定。

表 4.0.3 不饱和聚酯树脂施工时的质量控制指标

项目	酸 值 (mgKOH/g)	25℃粘度 (Pa·s)	25℃凝胶 时间(min)	固体含量 (%)	外观
底层用树脂	14~23	0.11~0.24	7~14	52~61	浅黄-微红混浊液体
增强层用树脂	14~23	0.10~0.23	7~14	52~61	浅黄-微红混浊液体
耐候层用树脂	14~23	0.15~0.34	7~14	51~63	浅黄-微红混浊液体

4.0.4 触变剂宜使用气相二氧化硅,其比表面积应不小于 $350\text{m}^2/\text{g}$ 。

4.0.5 不饱和聚酯树脂采用过氧化甲乙酮(MEKP)为固化剂时,其活性氧含量应不小于 9.5%。

4.0.6 不饱和聚酯树脂采用未经稀释的异辛酸钴为促进剂时,异辛酸钴的钴含量应不小于 10%。

4.0.7 增强材料应采用非纤维型玻璃的无碱或中碱无碱玻璃布

玻璃纤维方格布,其厚度宜不大于 0.4mm,也可采用玻璃纤维表面毡。中碱无捻粗纱玻璃纤维方格布的性能应符合《中碱玻璃纤维无捻粗纱布》JC/T576 的规定。无碱无捻粗纱玻璃纤维方格布的性能应符合《无碱玻璃纤维无捻粗纱布》JC/T281 的规定。

4.0.8 矿物填料中不应有块状杂质,粒径应不大于 0.05mm,含水率应不大于 0.5%。

4.0.9 不饱和聚酯树脂浇铸体标准试样的巴柯尔硬度应不小于 35。

4.0.10 玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂复合材料的力学性能应符合表 4.0.10 的规定。

表 4.0.10 玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂复合材料的力学性能指标

项 目	指 标
抗拉强度(MPa)	≥ 180
弯曲强度(MPa)	≥ 200
冲击韧性(kJ/m ²)	≥ 80
弯曲弹性模量(MPa)	$\geq 1.0 \times 10^4$
断裂延伸率(%)	≥ 2.5

5 基层处理

5.0.1 施工前,应将钢结构基层表面的油污、焊渣、毛刺、铁锈等清除干净,突起处的曲率半径应不小于 50mm。

5.0.2 钢结构基层表面的油污可采用溶剂或碱性溶液清洗处理。碱性溶液清洗处理后应用水清洗掉残存碱液。

5.0.3 钢结构基层表面的除锈等级,应达到 St2 级。

5.0.4 钢结构基层表面的凹陷处,应采用与底层相同的不饱和聚酯树脂与干燥的矿物填料调制的腻子修平。

5.0.5 经处理过的钢结构基层表面干燥后,应及时进行喷涂底层树脂胶料的施工,其间隔时间应不超过 24h。

6 防护层施工

- 6.0.1** 防护层的施工应按底层、增强层、耐候层的顺序分层施工。
- 6.0.2** 视施工现场条件,底层、增强层用的不饱和聚酯树脂和固化剂,可按要求的比例采用专用喷射设备同时喷涂或以手工混合涂刷。耐候层用的不饱和聚酯树脂和固化剂,可按要求的比例采用专用喷射设备同时喷涂到增强层表面。
- 6.0.3** 树脂和固化剂混合后的凝胶时间宜为 30~40min。当凝胶时间过长时,应在现场补加促进剂。促进剂的加入应根据施工环境温度经试验确定,并应准确称量,分散均匀。
- 6.0.4** 盛装或配制不饱和聚酯树脂及其胶料的容器和工具应保持干燥、无油污、无固化残渣。
- 6.0.5** 底层施工时,在钢基层表面均匀喷涂或涂刷的一层树脂胶料隔离膜,厚度应不小于 0.1mm。不得有漏涂、流挂等现象。
- 6.0.6** 在底层树脂凝胶后 8h 内,应进行增强层施工。
- 6.0.7** 增强层应采用连续法施工,一次达到设计要求的厚度。当设计未提出要求时,增强层的厚度不应小于 0.4mm。施工时,在底层外被覆玻璃纤维布,将玻璃纤维布密实地贴于底层外表面,然后用树脂胶料充分浸透,并随即赶净气泡。
- 6.0.8** 喷涂耐候层前应对增强层表面进行打磨处理,除去灰尘和污染物并保持表面干燥,然后均匀喷涂一层与大气介质直接接触的耐候层树脂胶料。耐候层的厚度应达到设计要求。当设计未提出要求时,耐候层的厚度应不小于 0.3mm。
- 6.0.9** 在耐候层树脂中宜加入适量的色浆进行着色。加入色浆

后,应使用电动高速剪切分散机至少搅拌 45min,使色浆均匀。

6.0.10 耐候层应一次喷涂到要求厚度。如需补喷或重喷,应对固化的表面打磨粗糙至无光泽后方可进行。

6.0.11 防护层施工完成至工程验收前的自然固化时间,应不少于 7d。

7 防护工程质量要求

7.0.1 防护层三层干膜的平均总厚度应符合设计要求,最小实测厚度应不低于设计要求的 90%。当设计未提出要求时,平均总厚度应不小于 0.8mm,最小实测厚度应不小于 0.72mm。宜用磁性测厚仪无损检测总厚度。

7.0.2 防护层的外观和表面应符合下列要求:

- 1 树脂应固化完全,实样表面的巴柯尔硬度应不小于 30;
- 2 表面无纤维外露,无气泡、皱折、起壳、脱层等现象,涂层料饱满,表面应光滑、无毛刺,钢结构基层凸起的焊缝等处应圆滑过渡;
- 3 表面色泽应均匀,无明显花纹或色差;
- 4 表面不得有大于 1mm 的孔隙和针眼,在任取 1000mm×1000mm 面积内小于 1mm 的孔隙或针眼不应超过 5 个。

7.0.3 防护层与钢结构基层的结合性能,应按本规程附录 A 规定的方法进行试验。试验后,任何部位的底层都应不与基层金属剥离。

7.0.4 防护效果可采用等效未着色的样板进行乙酸盐雾加速腐蚀试验。连续试验 720h 后,试件表面应无腐蚀并无明显的颜色变化。

7.0.5 防护层材料的耐候性能可按本规程附录 A 规定的方法进行试验。当连续试验使试件表面单位面积上累计接受的能量达到 $3.6 \times 10^9 \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ 后,试件表面应无龟裂、银纹、斑点、孔眼、疏松状态、脱层现象和容易擦除的物质或渗析物出现。

8 工程验收

8.0.1 钢结构防护工程的验收,应包括中间验收和交工验收。

8.0.2 钢结构防护工程施工前,应对基层检查验收,合格后方可办理工序交接手续。

8.0.3 每一层施工完成后,应进行中间验收,合格后方可进行下一工序施工。

8.0.4 钢结构防护工程的交工验收,应提交下列资料:

- 1 原材料的出厂合格证或复检报告;
- 2 原材料和制成品的主要技术性能试验报告;
- 3 工序交接记录;
- 4 修补和返工记录。

8.0.5 交工验收应按下列要求进行:

- 1 总厚度应按本规程 7.0.1 的要求进行验收。
- 2 外观应按本规程 7.0.2 的要求进行验收。对不符合要求的部位,允许进行修整直至合格。

3 结合性能应按本规程 7.0.3 的要求进行验收。在已完成施工的工件上任意取一处进行试验,然后对试验部位进行修复。

8.0.6 对防护的效果,可根据有关方商定,采用等效样板进行试验,按本规程 7.0.4 的要求进行验收。也可采取提供以往试验报告的方法进行验收。

8.0.7 对防护层材料的耐候性能,可根据有关方商定,采用制作试件进行试验,按本规程 7.0.5 的要求进行验收。也可采取提供以往试验报告的方法进行验收。

8.0.8 钢结构防护工程的交工验收,应有正式的验收记录。

附件 A 原材料和制成品及工程质量检测方法

A.0.1 不饱和聚酯树脂酸值的测定,按《不饱和聚酯树脂 酸值的测定》GB/T 2895 执行。

A.0.2 不饱和聚酯树脂粘度的测定,按《不饱和聚酯树脂 粘度测定方法》GB/T 7193.1 执行。

A.0.3 不饱和聚酯树脂 25℃凝胶时间的测定,按《不饱和聚酯树脂 25℃凝胶时间测定方法》GB/T 7193.6 执行。

A.0.4 不饱和聚酯树脂固体含量的测定,按《不饱和聚酯树脂 固体含量测定方法》GB/T 7193.3 执行。

A.0.5 不饱和聚酯树脂浇铸体巴柯尔硬度的测定,按《纤维增强塑料巴氏(巴柯尔)硬度试验方法》GB/T 3854 执行。

A.0.6 增强层的抗拉强度的测定,按《玻璃纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447 执行。

A.0.7 增强层的弯曲强度的测定,按《玻璃纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449 执行。

A.0.8 增强层和耐候层的冲击韧性的测定,按《玻璃纤维增强塑料简支梁冲击韧性试验方法》GB/T 1451 执行。

A.0.9 钢结构基层表面的除锈等级,按《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923 执行。

A.0.10 防护层厚度的测定,按《磁性金属基体上非磁性覆盖层厚度测量磁性方法》GB/T 4956 执行。

A.0.11 外观检查,在自然光下用肉眼目测。

A.0.12 综合性能试验方法

1 原理

将防护层切断至基体,使之形成一个具有给定尺寸的方形格子,施加正向外拉力,防护层不应产生剥离。

2 装置

装有硬质合金切口铣刀的电动大理石切割机,其形状如图 A.0.12-1 所示。

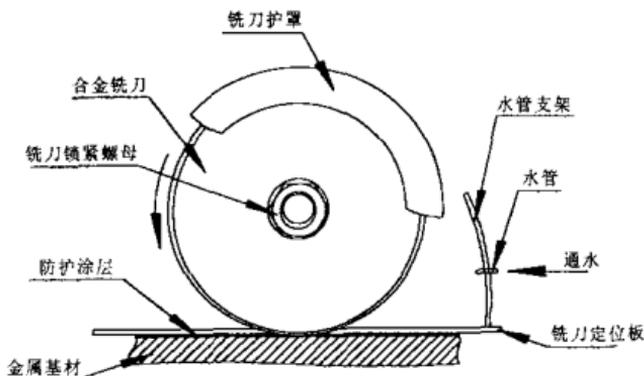


图 A.0.12-1 电动大理石切割机

3 操作

使用图 A.0.12-1 所示电动大理石切割机,切出表 A.0.12 规定的格子尺寸,且必须将防护层切断至基体金属。

如有可能,切割成格子后,采用封箱胶带或供需双方协商认可的一种合适的粘胶带,借助一个辊子或手施以 50N 的载荷将粘胶带压紧在这部分防护层上,然后沿垂直防护层表面的方向快速将粘胶带拉开,参见图 A.0.12-2 所示。

表 A.0.12 格式尺寸

覆盖格子的近似表面积	检查的防护层厚度(μm)	切痕间距(mm)
100mm \times 100mm	≥ 800	10(不含合金铣刀切口宽度)

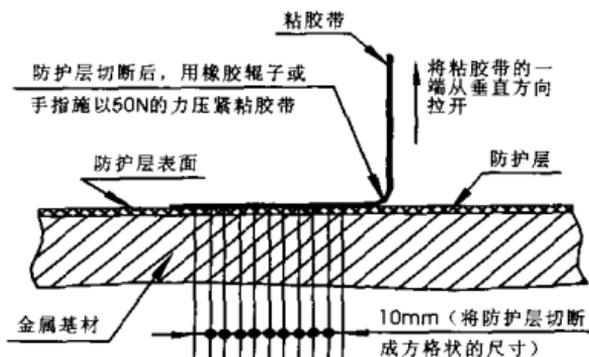


图 A.0.12-2 粘胶带拉开方式示意图

A.0.13 乙酸盐雾腐蚀试验,按《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》GB/T 10125 执行。

A.0.14 防护层耐候性能试验方法

1 原理

将试件暴露于封闭的试验箱内,接受紫外线辐照,达到一定辐照能量后,防护层表面应无明显老化现象。

2 装置

使用装有紫外灯的封闭试验箱。试验箱内除试件外其余表面均采用铝箔或锡箔等反射材料覆盖,其形状如图 A.0.14 所示意。

为了模拟日光的光谱分布,宜采用型号为 UV-A340 的荧光紫外灯。

当使用的荧光紫外灯功率较大时,试验箱应配置排风装置,保证试验箱内温度低于 50℃。

光源中心应对齐试件中心,且距离应在 250~350mm。

试件暴露口尺寸应不小于 150mm×150mm,试件嵌入框尺寸应比暴露口尺寸每边至少大 20mm。

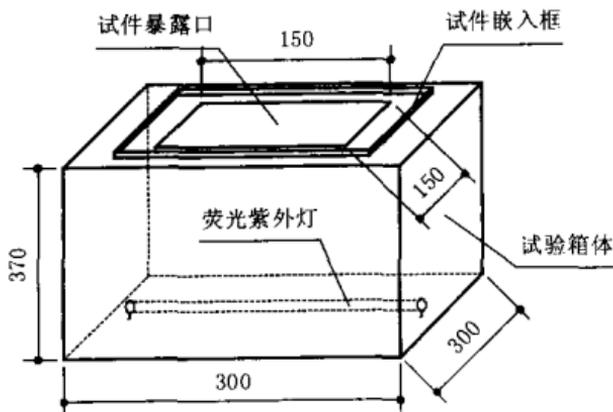


图 A.0.14 荧光紫外灯暴露试验箱示意图

3 试件准备

按照图 A.0.14 所示的试件嵌入框尺寸准备试件,应保证试件能嵌入框中。

为便于观察表面老化现象,试件表面的耐候层应不着色;同时,为避免由于受高热量辐射产生变形而影响老化结果的观察,增强层厚度应不低于 4mm。

试件制作好后,在 25℃ 左右环境下至少应放置 7d 方可进行暴露试验。

4 操作

将准备好的试件置入图 A.0.14 所示暴露试验箱的试件嵌入框中,并固定好。

打开荧光紫外灯及排风装置的电源,同时开始暴露计时。当暴露时间达到公式(A.0.14)的计算结果时,关掉电源,停止暴露试验。取下试件观察暴露面表面老化情况,并做好记录。

$$T = 10^{-6} \frac{WS}{3600P} \quad (\text{A.0.14})$$

式中 T ——暴露时间(h);

W ——规定的试件表面单位面积上累计接受的能量值
($\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$),取 3.6×10^9 ;

S ——试件暴露口面积(mm^2);

P ——荧光紫外灯的额定功率(W)。

本规程用词说明

一、 为便于执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”。

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

二、 规程中指明应按其他有关标准执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中国工程建设标准化协会标准

包覆不饱和聚酯树脂复合材料的
钢结构防护工程技术规程

CECS 133:2002

条 文 说 明

目 次

1	总则	17
2	一般规定	18
3	设计要求	19
4	原材料和制成品的质量要求	20
5	基层处理	21
6	防护层施工	22
7	防护工程质量要求	23
8	工程验收	24

1 总 则

1.0.2 本规程适用于大气环境条件下钢结构表面包覆玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂复合材料的防护工程(即“GCM 防护系统”,“GCM”是玻璃纤维复合材料“glass fiber composite material”的缩写)。本规程的原材料为适于大气环境介质条件下使用的不饱和聚酯树脂,它在其他化学腐蚀环境(如酸、碱等化学介质)下防护效果不理想,故规程仅适用于钢结构在大气环境下的防护工程。

2 一般规定

2.0.2 不饱和聚酯树脂的最佳施工温度为 $10^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 。钢结构的防护工程多为露天施工,地域从南到北,冬天和夏天温差很大。本规程放宽了对施工环境温度的限制,适当扩大了允许范围,有利于延长可施工时段,避免因采取加热保温措施而增加的成本。采取的措施是通过固化剂的用量来调节树脂的凝胶时间。只要凝胶时间能满足施工工艺要求,就可以施工。

2.0.3 雨、雪天不能进行露天施工。因为水份对树脂固化有很大影响,直接关系到施工质量。

3 设计要求

3.0.2 底层的作用是增加钢结构与防护层界面的粘接强度；增强层的作用是提高防护层的强度；耐候层的作用是提高防护层的耐老化性能。

4 原材料和制成品的质量要求

4.0.2 在耐候层树脂中加入紫外线吸收剂等助剂,是为了提高其抗老化能力,延长防护层的使用寿命。

4.0.3 由于喷射成型施工的要求,不饱和聚酯树脂在冬、夏两季所要求的粘度不一样,夏季粘度较大,冬季粘度较小,有利于保证施工质量。

4.0.5 不饱和聚酯树脂的固化剂采用过氧化甲乙酮是因为它呈溶液状,易于在树脂中分散均匀。手糊工艺中常用的固化剂过氧化环己酮在喷射工艺中不适用。

4.0.7 采用非石蜡乳液型的玻璃纤维布,是为了提高玻璃纤维布与树脂之间的界面粘接强度。

5 基层处理

5.0.4 采用不饱和聚酯树脂腻子,是为了使基层和底层的原材料一致,增加相容性,提高基层和防护层之间的剥离强度。

5.0.5 规定经过处理的基层应及时进行底层施工,是为了避免基层表面再次污染或生锈。

6 防护层施工

6.0.2 本条对树脂的涂覆工艺方法做出了限制。耐候层只能用喷枪喷涂树脂,除局部范围外不能用涂刷的方法。

6.0.9 色浆在树脂中均匀分散较为困难,如果搅拌不充分,会造成花纹和色差过大。

6.0.10 耐候层一次喷涂如达不到规定的厚度,则必须等到已喷涂的树脂完全固化后进行表面打磨处理,方可进行第二次喷涂。这是为了保证两次喷涂层间的结合牢固,不致分层、起壳、掉皮。

6.0.11 耐候层施工完成后采取 7d 的自然固化期,这是由树脂的固化特点决定的。自然固化 7d 后,防护层的性能才趋于稳定。

7 防护工程质量要求

7.0.1 因施工完成后各层的厚度不易测量,所以采用三层平均总厚度来控制防护层的质量。同时,为了保证厚度均匀,规定了最低实测值的要求。

7.0.2 巴柯尔硬度可以表征树脂固化的程度。树脂的完全固化是保证施工质量的基本条件,且该项指标可在现场进行非破损测量。

7.0.3 防护层与基层的结合性能试验,是参照一般涂层材料的试验方法并结合工程实际制定的。

8 工程验收

8.0.4 外观验收不合格的部位允许进行修整,是考虑到工程量较大时容易产生小范围的、局部的表观缺陷。为了保证工程质量和经济效益,应允许进行修整。