

陆上风力发电混凝土塔筒用外表面保护涂层

编制说明

(征求意见稿)

标准编制组

2025年2月

目 录

一、工作简况	1
(一) 任务来源	1
(二) 编制目的	1
(三) 参加单位	2
(四) 单位分工和主要起草人	3
(五) 工作过程	3
二、标准编制原则和主要内容	4
(一) 标准编制的原则	4
(二) 标准的主要内容	5
三、主要试验（或验证）情况分析	17
四、标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明	22
五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益等情况	22
六、采用国际标准和国外先进标准情况	22
七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准	23
八、重大分歧意见的处理经过和依据	23
九、标准性质的建议说明	23
十、贯彻标准的要求和措施建议	23
十一、废止现行相关标准的建议	23
十二、其他应予说明的事项	23

一、工作简况

（一）任务来源

根据中国混凝土与水泥制品协会《关于下达 2024 年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第一批）的通知》（中制协字[2024]6 号）的要求，《陆上风力发电混凝土塔筒用外表面保护涂层》为协会标准制定项目，项目计划号 2024-03-cbjh。

本标准由中国混凝土与水泥制品协会归口管理，由中国混凝土与水泥制品协会混塔分会牵头制定，由上海电气研砿（木垒）建筑科技有限公司负责起草并组织相关参编单位共同完成。

（二）编制目的

随着国内风电市场的快速发展，混塔的应用越来越广泛，混塔外表面涂层也因此有了一定的需要。但外表面的涂层在项目实际应用中选用混乱，没有规范可以依据，应用过程中产生的问题也较多。为防止混塔外表面涂层产生质量问题，确保混塔涂层的质量可靠，安全环保，在混凝土塔筒外表面涂层设计和施工中，应依据文件内容严格把控各个环节的工艺、流程及质量，规范混凝土塔筒外表面涂层的涂装施工及质量评定。

（三）参加单位

本标准由中国混凝土与水泥制品协会负责管理，由中国混凝土与水泥制品协会风电混塔分会牵头制定。主编单位有中国混凝土与水泥制品协会风电混塔分会、上海电气研砿（木垒）建筑科技有限公司、北京天杉高科风电科技有限责任公司、浙江华东新能科技有限公司、内蒙古金海新能源科技股份有限公司、上海风领新能源有限公司。参编单位有珠海展辰新材料股份有限公司、协合新能源集团有限公司、辽宁昌和风电设备有限公司、中德新亚建筑材料有限公司、广东坚派新材料有限公司、荷优新材料（上海）有限公司、佐敦涂料（张家港）有限公司。

（四）单位分工和主要起草人

本标准共分 9 章，主要起草人及单位分工情况如表 1 所示。

表 1 主要起草人及单位分工

章节名称	单位分工	主要起草人
标准编制进度统筹	上海电气研砮（木垒建筑）科技有限公司	张后禅、孙莉丽、张君
1 范围	珠海展辰新材料股份有限公司	张君、张余英、赵雪、黄张裕
2 规范性引用文件	北京天杉高科风电科技有限责任公司	刘晨光、王飞、李宁、常晓东、李华刚、周云
3 术语和定义	广东坚派新材料有限公司	张余英、张君、张凯、赵雪
4 腐蚀环境	浙江华东新能科技有限公司	王飞、李宁、黄张裕、张凯、刘晨光、周云
5 性能要求	珠海展辰新材料股份有限公司	张君、张余英、张后禅、孙莉丽、赵雪、黄张裕、王飞
6 试验方法	内蒙古金海新能源科技股份有限公司	黄张裕、张君、张余英、李华刚、常晓东、张凯
7 检验分类	上海风领新能源有限公司	李宁、刘晨光、王飞、常晓东、张余英
8 标识、包装和贮存	协合新能源集团有限公司	赵雪、张君、张后禅、黄张裕、常晓东、刘晨光
附录	珠海展辰新材料股份有限公司	张君、张余英、张后禅、常晓东、赵雪、周云
统稿	上海电气研砮（木垒建筑）科技有限公司	张后禅、张君、张余英、孙莉丽

（五）工作过程

2024年3月26日，编制组成立暨第一次工作会议在上海召开。会上，由上海电气研砮（木垒）建筑科技有限公司张后禅对标准前期调研和准备工作情况进行汇报，编制组成员对于当前混凝土塔筒用涂料的产品品种、技术路线和技术要求执行标准情况，以及产品的技术性能和使用要求进行了充分的交流，明确了参编单位的分工及标准编制进度，并针对标准编制原则、标准适用对象及范围、标准架构及主要技术要求等关键点提出了意见和建议。

2024年5月13日，编制组以线上会议形式召开了第二次会议。会上，编制组通报了标准草稿的编制进度情况，就草稿的相关内容等进行了讨论和交流，就标准草稿的修改反馈意见进行了通报和讨论，对于标准草稿的初步修改提出了修改意见和建议，明确了下一次会议讨论的主要技术要求内容和会议时间。

2024年12月27日，标准编制组成员以线上会议形式召开了第三次会议暨

本标准的草稿修改稿讨论会，对本标准的每章条文内容、章节标题、术语等进行了讨论和修改，对于核心技术指标，如产品性能和参数指标要求等，进行了充分讨论，并确定了编制意见，提出了具体指标的修改意见及确定完成征求意见稿的时间。

2025年1月17日，编制组成员召开了本标准征求意见稿送审稿定稿的线上讨论会，确定了送审稿中的具体内容和技术要求，完善了本标准的编制架构，就送审稿的优化内容进行了讨论和确定，由标准编制组统稿负责单位和相关人员针对会议讨论的对标准的修改内容进行最后统稿修改。

2025年2月24日，标准编制组完成对征求意见稿送审稿的最后定稿修改，2025年2月27日，本标准征求意见稿送审稿送交中国混凝土与水泥协会标准质量部审查批准。

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准编制的原则

本标准按照《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》GB/T 1.1-2020的规则进行编写。本标准的编制遵从以下规则：贯彻执行国家的政策、法规，与现行其他国家标准协调一致的原则；技术指标制定先进可行、规范合理的原则；标准制定突出产品特性，促进风电预制混凝土塔筒行业健康发展和产品推广的原则。

为了加强陆上风力发电机组混凝土塔筒外表面涂料产品的产品技术要求，明确规范混凝土塔筒外表面涂料的技术性能要求，编制本标准。本标准的内容借鉴混凝土塔筒生产企业和混凝土预制构件行业在混凝土表面涂料方面的技术要求，以及大量的风电塔筒外表面涂装工程的应用实践经验，提出切实可行的混凝土塔筒外表面涂料涂层的技术要求的条文内容。本标准适用于风力发电机组混凝土塔筒结构外表面的涂料涂层技术性能要求。凡本标准未作规定的，应符合国家现行有关标准的规定。

（1）标准编制原则（总体原则、特殊性原则）

标准编制坚持以下基本原则：

——按照 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》的要求编写；

——按照国标委、化工行业以及全国涂料与颜料标准化委员会对标准工作的指导意见编写；

——标准编写体现先进性和前瞻性，在总结成熟技术、成功经验的同时，推出新产品和新技术；

——标准编写把环保特性置于突出的地位，引入水性涂料，对标国家强制性标准 GB 30981.2，对 VOC 含量，以及重金属指标提出了明确的要求。

（二）标准的主要内容

本标准共分 9 章，分别为：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 腐蚀环境；5 性能要求；6 试验方法；7 检验和质量；8 包装、储存和标识；附录 A~附录 E。

必要说明的有关内容，参见下文内容：

1 范围

风力发电机组混合塔筒技术已经在我国大批量推广应用，本标准的制定旨在规范和指导混凝土塔筒外表面的涂料涂层技术性能要求，确保涂装工程质量。本标准主要根据我国现有的混凝土表面涂料涂层的标准规范和实践经验，并参考其他行业混凝土表面涂料涂层的先进标准制定而成。

本标准适用于陆上风力发电机组混凝土塔筒外表面涂料涂层体系的技术性能要求、质量检验和验收等，对于海上环境和涉及浸泡环境的混凝土结构，对于产品类型和技术要求有着很大的不同，故本标准没有纳入。

本标准不涉及混凝土塔筒外表面的涂装施工要求等，也不包含现场涂装安全的评估技术内容。

2 规范性引用文件

混凝土塔筒外表面的涂料涂层，涉及不同的国家标准和行业标准，在使用中除应执行本标准外，还应按所属工程类别符合国家现行相关标准的规定。当设计文件对混凝土塔筒外表面涂层及其涂装有不同于本标准的专门要求时，应遵守设计文件执行。

混塔的表面涂层的技术要求，在早先的混塔项目中，更多地是参考并引用了建筑涂料标准中底漆和面漆的性能要求。但并不完全符合作为工业建筑的混塔的实际要求。比如说要求中间漆和面漆要求具有耐洗刷性，并非必要性能。

在制订本标准的过程中，充分参考了现行的其它行业混凝土表面涂层要求，因此规范性引用文件中引用了现行各行业关于混塔和混凝土结构防护相关的标准和规范。

3 术语

本章节中的术语都是在混凝土塔筒外表面涂料涂层设计和涂装时用到的重要定义内容，为了明确其定义，编制专门的说明内容。

3.1 腐蚀性分级的术语，混凝土底材与碳钢及其合金的材料腐蚀性分级会有较大差别。混凝土的腐蚀性分级目前国内外尚无统一的标准。本标准中引用了GB/T50046中2.01的术语说明，“在腐蚀性介质长期作用下，根据其对建筑材料劣化的程度，外观变化、重量变化、强度损失以及腐蚀速度等因素，综合评定腐蚀性等级，并划分为：强腐蚀、中腐蚀、弱腐蚀、微腐蚀四个等级。”在本标准中，把“建筑材料”明确为“混凝土塔筒”，等级分为“微弱腐蚀、中等腐蚀和强腐蚀”三个等级。

3.2 涂层的保护年限，设计使用年限，是预估的使用年限。要实现预估的使用年限，需要从设计、施工、维护保养等各个环节上正确严格地把控。“合理设计”是指建筑防腐蚀设计应以本标准为依据，正确分析设计条件，采取合理的防护措施。如果设计不合理，实际使用效果一定很差。例如，混凝土底材是碱性的，采用醇酸树脂类产品，就会因为不耐碱而很快涂层剥落。“正确施工”是指建筑防腐蚀工程应以现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212为依据，精心施工，确保工程质量。混塔涂装工程的施工与一般建筑装饰工程的施工是有区别的。在有些项目上看到采用普通装饰工程的油灰腻子打底，虽然看上去表面很平整，但是粘结力非常差，在生产安装过程中有脱落现象。根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的规定，“正常维护”应包括必要的检测、防护及维修防护层使用年限是预估的年限，不是防护层的实际使用年限。当使用年限超过预估使用年限时，应对防护层进行全面的评估，确定是否需要维修或继续使用。一般情况下，当出现气泡、开裂变色、粉化、脱落等现象后应进行及时维修。

4 腐蚀环境

4.1 混凝土建筑材料的腐蚀性级与腐蚀性介质的含量或浓度、潮润时间等综合因素有关。

混凝土塔筒外表面涂层的使用，首先要考虑到腐蚀环境，陆上风电的混凝土塔筒的环境，属于大气环境，并不涉及其他混凝土结构形式，如港口码头或贮槽等面临的液体介质问题。主要的腐蚀因素有的是自然环境中的碳化、工业环境下的硫化、氯离子环境、微生物腐蚀等，化学物质的侵蚀，以及相对湿度的影响等。相对湿度导致的表面潮润时间，在各类腐蚀性介质中起到了更为关键的作用。

碳化对混凝土的影响，实则上也是对钢筋等碳钢金属材料在混凝土中的影响。钢筋混凝土中水泥的水化产物氢氧化钙是一种高碱性物质，pH 值在 12.5 以上，混凝土中钢筋表面会形成氧化亚铁面膜，它可以钝化钢筋，阻止氧接触钢筋，对钢筋起到保护作用。这种钝化作用在碱性环境中是很稳定的。当水分通过孔洞形态的混凝土，在里面形成氢氧化钙。氢氧化钙是一个碱性环境，由于外来的酸性气体，如二氧化碳渗入混凝土与氢氧化钙发生化学反应，变成碳酸钙，整个反应称为碳化作用。当大量的碳酸钙形成时，混凝土内部碱性环境受到破坏，达到一定程度时，例如 pH 值在 9 以下时，钝态铁的保护层就失去作用，混凝土内的钢筋因为没有受到碱性环境的保护而产生锈蚀。钢筋因截面和强度的损失减弱了承载力就会导致混凝土的开裂剥落等情况发生。

大自然环境中二氧化碳浓度大致在 400.00ppm，相当于 $0.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。除了工业环境下高浓度的二氧化碳（大于 $2000\text{mg}/\text{m}^3$ ），混凝土的碳化腐蚀危害，要远弱于氯离子或二氧化硫对于钢筋混凝土的危害。除非业主要求，鉴于涂层的优异的封闭性能，并未对涂层加速碳化测试作出具体要求。

对混塔来说，混凝土内的某些盐类，包括自身的或外来的，在湿度较大时，会溶解在水中，在湿度较低时结晶析出，对混凝土孔壁造成的结晶压很大，从而引起混凝土的膨胀开裂。

寒冷地区的冻融循环对混塔破坏也很大。当水在混凝土孔隙中存在时，经过冷冻就会膨胀，在其内部产生压力。冷冻会在混凝土表面引起开裂和剥落。如果在裂缝中的冰开始解冻融化，那么这些水会引起下一次的冷冻进行，新形成的冰就会使裂缝更加扩大。

大气环境下的氯离子、二氧化硫污染，是钢筋混凝土腐蚀的最主要危害因素，同时也深受相对湿度的影响。因此，酸雨环境、海洋大气、内陆盐湖环境或高盐土环境下的混凝土表面，处于强腐蚀环境。

实际上，除非处于工业环境附近，或者海边、盐湖和盐碱地，混塔外表面作

为混凝土底材，受到的腐蚀是极其轻微的。因此，大部分混塔处于微弱腐蚀环境。

4.2 在国内外有关的防腐蚀标准中，腐蚀性介质对建筑材料腐蚀性程度，有的分为3级，也有的分为4级或者更多级。腐蚀性分级，尤其是对非金属材料中的混凝土的腐蚀性分级，至今国内外尚无统一的标准。本标准主要参考《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》JT/T 695-2007，《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046-2018的相关内容，将陆上混凝土塔筒的腐蚀环境分级，分为3级，即微弱腐蚀、中等腐蚀和强腐蚀环境。

5 性能要求

5.1 混凝土表面涂层，预期设计使用年限为10年以上。有些项目出于商业目的，提出设计寿命只需要2~3年即可，这是不可取的。短期的涂层使用寿命，产生脱皮、褪色等严重缺陷会极大地影响装饰性，严重影响产品视觉观感。现在有些前期项目，已经出现涂层严重开裂剥落。以目前的涂料技术水平，只要是符合现行的国家和行业标准规范的产品，正确地进行涂装施工，完全可以达到10年的设计使用寿命。业主和设计单位，可以根据实际使用情况和工程经验，合理确定使用年限。

设计使用年限，并不是法律意义上的担保年限，使用年限是为业主制定维护计划时提供技术上的参考。从理论上讲，通常担保期限比使用年限要短。有时由于褪色、粉化、污染、磨损或基于美观以及其他方面的原因，在使用期间要进行一定的维护。

5.1 混塔外表面涂层，考虑到涂料技术水平，以及混塔工程的经济性，参考了国内其他行业的相关标准和规范要求，规定了预期设计使用年限为10年以上。业主设计单位，也可以根据实际使用情况和工程经验，合理确定使用年限。

《混凝土桥梁结构表面涂料防腐技术条件》JT/T 695-2007中规定了普通型（10年）和长效型（20年）。《水运工程结构耐久性设计要求》JTS153-2015，对大气区防护涂层设计要求为不低于10年，以及20年以上两个等级。《液化天然气（LNG）储罐用防腐涂料》HG/T 5060-2016，涂层防护设计寿命分为小于15年和大于等于15年两个等级。不同行业具体要求见表1。

聚脲类产品，现有的材料技术和产品应用，表明其有着很高的体积固体分，非常低的VOC含量，弹性拉伸率高，以及干燥迅速等应用特性。但其双组

表1 不同行业混凝土表面的涂层设计使用寿命

应用领域	规范标准	设计使用寿命
混凝土桥梁	JT/T 695-2007	10年和20年
水运工程	JTS153-2015	10年和20年
液化天然气（LNG）储罐	HG/T 5060-2016	<15年和≥15年
自然通风冷却塔	DL/T 5546-2018	不少于10年

分混合后极短的时间内黏度迅速上升，使用窗口期较短（通常低于30分钟），限制了它的扩大化应用。改性后的聚脲涂料产品，施工性能更接近于丙烯酸聚氨酯涂料，可以作为耐候型面漆推荐用于混塔表面。

氟碳、聚硅氧烷具有更为优异的耐老化性能，设计防护寿命在民用建筑、桥梁等作为20年以上的超长期防护应用，在高原等强紫外线地区，业主和设计单位可按需选用。

5.2 混凝土塔筒外表面所用涂料，主要包括水性、溶剂型涂料，和无溶剂涂料，主要产品包括但不仅限于丙烯酸树脂类、硅丙树脂、环氧树脂类、聚氨酯树脂和聚脲等涂料产品。但是醇酸树脂涂料不能用于碱性的混凝土表面，容易因为皂化反应导致涂层脱落。用于混凝土表面的涂层，必须具有很好的耐碱性。

5.3 对于体系配套要求，因为适用的涂料体系品种较多，因此没有作具体规定，仅按水性涂料和溶剂型涂料分为两类，针对微弱腐蚀环境、中等腐蚀环境和强腐蚀环境下，作了相应涂层的推荐。根据具体项目要求，涂层厚度可以作一定范围的调整。通常情况下，水性体系和溶剂型体系，不推荐混合使用。特殊情况下，两者的混合搭配使用，要作涂层相容性和附着力测试。

涂料产品的按树脂的不同，可以分为单组分涂料和双组分涂料。一般情况下，无论水性还是溶剂型，双组分涂料，例如环氧树脂涂料、丙烯酸聚氨酯涂料等，各方面性能要优于单组分涂料，例如丙烯酸树脂涂料。

常用的封闭底漆，可以细分为成膜型底漆和渗透型底漆，均要求具有优良的附着力，阻滞混凝土基层内盐碱类物质进入涂层。成膜型是仅在表面形成保护膜，具有一定的渗透性；渗透型底漆则具有很强的渗透性能，混凝土表面最强的渗透型材料是硅烷浸渍。由于混塔采用了C80甚至更高的混凝土强度等级，表面密实，一般封闭底漆对于混凝土表面的渗透性是极其有限的，定义为渗透型底漆是不太准确的。

早期有些项目中，封闭底漆的技术性能，要求能适应混凝土表面含水率高达30%的情况。这个要求并没有普遍适用性，并且存在着质量高风险。高含水率的情况对于涂层性能，特别是附着力有着极其不利的影响。在港口码头、桥梁混凝土桥墩上的很多案例表明，高含水率表面涂层在短期内发生了脱落，说明要谨慎考虑这个指标的实际可行性。混塔表面不同于港口码头等混凝土表面，通常不存在潮湿表面涂漆的情况。为了工期的原因，包括雨后等情况下的涂漆行为，是特殊情况，需要专门的质量论证来说明表面潮湿时施工行为是否可行，质量是否能得到保证。相关混凝土的国内外标准规范，通常都是规定涂装前含水率必须 $\leq 6\%$ 。《建筑防腐蚀工程施工规范》GB50212-2014中4.1.4条文规定“基层混凝土应养护到期，在深度20mm的厚度层内，含水率不应大于6%；当设计对湿度有特殊要求时，应按设计要求进行。”相关规范中，仅见于《建筑涂饰工程施工及验收标准》JG/T29-2015中要求基层的含水率“涂刷溶剂型涂料时，基层含水率不得大于8%；涂刷水性涂料时，基层含水率不得大于10%”。

普通的封闭底漆，与潮湿面表面的封闭底漆，是两个概念的产品。特殊情况下需要在潮湿表面涂漆，必须确定封闭底漆在潮湿表面的附着力能否达到要求。

涂料厂商推荐的底面合一型涂料产品，不需要专门的封闭底漆，当第一道涂层作为封闭底漆时，要充分考虑对于混凝土底材的附着力。

中间漆主要应用在中等腐蚀环境或强腐蚀环境下，起到增强涂层体系的屏蔽作用，例如环氧云铁中间漆。

耐候性涂料，主要性能是耐老化性能，主要有丙烯酸树脂、硅丙、丙烯酸聚氨酯、聚脲、氟碳、聚硅氧烷等涂料产品。

单组分丙烯酸树脂和双组分的丙烯酸聚氨酯，包括水性类产品，无论在建筑墙面，还是桥梁、码头、厂房等等混凝土建筑方面，以及应用范围更多的钢结构建筑表面，有着大量的文献资料和无数的项目经验，和相应的标准规范，充分证明了可靠的产品性能和施工应用，可以作为混塔表面的装饰和保护面漆。

聚脲类产品，现有的材料技术和产品应用，表明其有着很高的体积固体分，非常低的VOC含量，弹性拉伸率高，以及干燥迅速等应用特性。但其双组分混合后极短的时间内黏度迅速上升，使用窗口期较短（通常低于30分钟），限制了它的扩大化应用，需要改善其施工性能。

氟碳、聚硅氧烷具有更为优异的耐老化性能，设计防护寿命在民用建筑、桥梁等作为20年以上的超长期防护应用，在高原等强紫外线地区，业主和设计单位可按需选用。

5.4 涂料和涂层性能要求，按涂层体系中的封闭底漆、中间漆和腻子、面漆，以及涂层体系，作了分别规定。

挥发性有机化合物含量，引用了《涂料中有害物质限量 第2部分：工业涂料》GB 30981.2中关于混凝土防护涂料的相关要求。封闭底漆要求水性涂料 $\leq 300\text{g/L}$ ，溶剂型涂料 $\leq 700\text{g/L}$ ；中间漆要求水性涂料 $\leq 250\text{g/L}$ ，溶剂型涂料 $\leq 540\text{g/L}$ ；面漆要求水性 $\leq 300\text{g/L}$ ，溶剂型 $\leq 550\text{g/L}$ 。

作为重要的环保性指标。参考引用了即将发布的《涂料中有害物质限量 第2部分：工业涂料》GB 30981.2中关于混凝土防护涂料的相关要求。GB 30981.2是建筑涂料的相关内容。标准中采用了工业涂料中混凝土表面涂层的相关内容。封闭底漆要求水性涂料 $\leq 300\text{g/L}$ ，溶剂型涂料 $\leq 700\text{g/L}$ ；中间漆要求水性涂料 $\leq 250\text{g/L}$ ，溶剂型涂料 $\leq 540\text{g/L}$ ；面漆要求水性 $\leq 300\text{g/L}$ ，溶剂型 $\leq 550\text{g/L}$ 。这个数据引用了GB 30981-2020的内容。混凝土表面涂料的VOC不同规定，列举如下。

表2 GB 30981和GB/T 38597对于涂料产品的VOC要求

标准	封闭底漆g/L		中间漆g/L	面漆g/L
GB 30981.2 工业涂料	水性	封闭底漆 ≤ 300 底漆 ≤ 250	≤ 250	≤ 300
	溶剂型	封闭底漆 ≤ 700 底漆 ≤ 540	≤ 540	≤ 550
GB 30981.1 建筑涂料	水性色漆： ≤ 80 水性清漆： ≤ 120		按面漆执行	≤ 120 （平涂漆）
GB/T 38597-2020 低挥发性有机化合物 含量涂料产品技术要 求	水性	封闭底漆 ≤ 250 底漆 ≤ 200	≤ 200	水性 ≤ 250 溶剂型
	溶剂型	底漆 ≤ 450	≤ 420	≤ 450

面漆涂层的冻融稳定性，仅针对水性涂料产品。在GB/T 9755中称之为低温稳定性，目前普遍采用的测试方法为《乳胶漆耐冻融性的测度》GB/T 9268-2008，方法是在 $(-5\pm 2)^\circ\text{C}$ 的冷冻箱环境下放置18个h，再在 $(+25\pm 2)^\circ\text{C}$ 的环境下放置6个h，为一个完整的循环。

涂层的粘结强度是混塔外表面的关键性指标。粘结强度要求，在以钢材为主要基材的涂料涂装行业，多称之为附着力。以混凝土为基材行业，称之为粘结强度和附着力两种说法都有。本标准称之为粘结强度。

混塔采用的混凝土强度等级可以达到C80以上，甚至更高。表面收光的机械化程度也越来越高，工程质量也相应得到提高，大量的工程实践证明强度等级越高的混凝土表面致密度及抗透性也越高。采用不同的处理方法达到不同的粗糙度等级能有效增加树脂在混凝土表面的附着力，从而有效防腐蚀构造层与混凝土粘结面。但是实际工程施工过程中，混塔表面并不会或很少会采用相应的增加表面粗糙度的打磨或扫砂工序。这对于封闭底漆的附着力和整体涂层的附着力会带来一定的挑战。良好的工程经验是推荐对混凝土表面进行轻微的动力工具打磨，可以去除表面污物、风化层等，并能增加一定的粗糙度增强涂层附着力。

涂层附着力采用拉开法测试。有些专用于混凝土表面的附着力测试仪，比如Ecometer 106/6是混凝土表面涂层附着力测试专用测试仪，但是其最大测试量仅为3.5MPa（500psi），不能满足现有混凝土表面涂层附着力量程测试要求。需要说明的是，不同规格的型号的附着力测试仪器，相互之间的测试数据并没有可比性。除了仪器本身的差别外，试柱的直径大小也有很大的差别。

为粘结强度，测试方法参照GB/T 5210-2006。大部分行业混凝土表面涂层的粘结性要求为 $\geq 1.5\text{MPa}$ ，这实际上与混凝土强度有密切关系。高强度的混凝土表面涂层有着更好的附着粘结性。在混凝土塔筒涂装的有些实际项目要求中，要求达到5MPa以上。在《建筑内外墙底漆》JG/T 210-2018中，与附着力相关测试的加固性要求为0.2MPa。

实验室和实际项目现场测试结果表明，以强度C70和C80混凝土底材，不同的封闭底漆与水性涂料或溶剂型涂料性能有一定差异，但均远远大于1.5MPa。基于实测数据，以及相关客户的要求，附着力要求设定为：溶剂型体系 $\geq 5\text{MPa}$ ，水性体系 $\geq 3\text{MPa}$ 。

耐水性要求：涉及建筑涂料外墙面漆的标准《合成树脂乳液墙面涂料》GB/T9755-2024中规定为96h。《液化天然气（LNG）储罐用防腐涂料》HG/T 5060-2016，作为专业防腐蚀涂料涂装行业厂商和专家制订的标准，规定了长效防护要求240h。试验室对上表中涂料产品体系进行耐水性测试，水性单组分体系超过240h无异常，溶剂型双组分体系都超过了720h。

耐碱性测试用溶液,电力行业的自然通风冷却塔对于涂层的耐碱性要求采用的是氢氧化钠溶液,本文件要求采用氢氧化钙溶液。

耐碱性测试有全部或部分涂层浸泡的方法。一种为混凝土试块全部浸入饱和氢氧化钙溶液,一种是无石棉纤维水泥试板三分之二浸没于饱和氢氧化钙溶液中。《合树脂乳液墙面涂料》GB/T 9755-2024规定的测试时间是48h;有些终端用户要求的是7天即168h。涂层体系实测720天无异常。

还有另一种为混凝土试块浸于溶液中,涂层表面露于溶液上面,类似于抗泛碱性的测试方法,参考了JTS153的测试方法,和HG/T 5060和DL/T 5546中引用了该测试方法,要求测试720h,实测720h无异常。考虑到已经采用了抗泛碱性要求,本文件中未引用该测试方法。

抗泛碱性和抗泛盐碱性,与耐碱性有实质的区别。混凝土基层属水泥类材料常呈现碱性。伴随着材料凝固过程,会有白色碱性物质析出,这些碱性粉状质会对防腐材料的粘结会产生不良影响,因此工程中必须在充分养护的基层上除去这些附着物,选用耐碱性良好的材料防腐层。也因为这个原因,涂层材料的选用,必须充分考虑到抗碱性、抗泛碱性和抗泛盐碱性。

抗碱性,主要检测涂层浸泡在饱和氢氧化钙溶液中的耐碱性。

抗泛碱性和抗泛盐碱性测试中,试块仅有一面涂有涂层,其他面都是没有涂层的。涂层是外露于介质表面的,表面涂有PVA-铁蓝水溶液,混凝土试块其他部位有三分之二浸没于溶液中。

抗泛碱性,参考《合树脂乳液墙面涂料》GB/T 9755-2024,对外墙没有要求,对于内墙要求48h无异常,实测720h涂层无异常。

抗泛盐碱性,《合树脂乳液墙面涂料》GB/T 9755-2024中对于加固性底漆要求120h无异常,实验室实测以上涂层均超过720h,所有涂层无异常。

耐湿冷热循环性,采用了HG/T 5060-2016中的测试要求,采用了《建筑涂料涂层耐温变性试验方法》JG/T 25-2017中的方法。试板在水温(23±2)℃的恒温水槽中,浸泡18h,再在预先降温至(-20±2)℃(或商定温度)的低温箱中,自箱内温度达到-18(或商定的温度)的时起,冷冻3h。取出后放入(50±2)℃(或商定温度)的恒温箱中,热烘3h。以上要求为一个循环。

耐人工气候老化性能,按GB/T 1865-2009中A规定进行。

《合树脂乳液墙面涂料》GB/T 9755-2024外墙面漆优等品要求800h，对应于水性丙烯酸及其改性产品，白色和浅色面漆粉化≤1级，变色≤3级，其他颜色的面漆粉化≤1级，变色商定。

溶剂型涂料对应于丙烯酸聚氨酯面漆和聚脲涂料，参考《溶剂型聚氨酯涂料（双组分）》HG/T 2454-2014，白色和浅色面漆要求通过1000h，变色≤2级，失光≤2级，粉化≤2级，不起泡，不脱落，不开裂；其他颜色要求通过1000h，变色≤3级，失光≤3级，粉化≤2级，不起泡，不脱落，不开裂。《喷涂型聚脲防护材料涂装工程技术规范》HG/T 20273-2011中要求通过1500h无明显变色和粉化。

表3 面漆的耐人工气候老化性能要求

标准规范和产品类别	白色或浅色	其他色
HG/T 2454-2014 聚氨酯面漆	通过1000h，变色≤2级，失光≤2级，粉化≤2级，不起泡，不脱落，不开裂	通过1000h，变色≤3级，失光≤3级，粉化≤2级，不起泡，不脱落，不开裂。
HG/T 20273-2011 聚脲面漆	1500h无明显变色和粉化。	
GB/T 9755-2024 乳液墙面涂料	优等品粉化≤1级，变色≤3级	粉化≤1级，变色商定
本文件	单组分800h，双组分1000h，变色≤2级，失光≤2级，粉化≤2级，不起泡，不脱落，不开裂	单组分800h，1000h变色≤3级，失光≤3级，粉化≤2级，不起泡，不脱落，不开裂

对于强紫外线环境，或者耐老化性要求更高的项目，可以按项目要求采用耐候性更好的氟碳面漆或聚硅氧烷面漆，耐人工气候老化性能要求通过3000h。

抗氯离子渗透性仅适用于处于海边、盐湖附近或盐碱地环境的混凝土塔筒，或其它受氯离子腐蚀严重影响的区域必检项目，其它区域不作强制性要求。在JTS153-2015中规定了 $\leq 5.0 \times 10^{-3} \text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 。HG/T 5060-2016采纳了该方法和要求。我们国家的几个重要基建项目，如杭州湾跨海大桥、青岛海湾大桥和嘉绍大桥的混凝土结构表面涂层，均对涂层抗氯离子渗透性作出了明确要求。

5.5 陆上风电混凝土塔筒用外表面腻子、封闭底漆、底漆、中间漆和面漆的有害物质限量，引用了GB 30981.2中的相关要求。

表4 GB 30981.2 有害物质限量的要求

项 目	限量值	
苯含量a (限溶剂型涂料) /%	≤0.1	
甲苯与二甲苯 (含乙苯) 总和含量 (限溶剂型涂料) /%	≤35	
卤代烃总和含量 (限二氯甲烷、三氯甲烷、四氯化碳、1,2-二氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、三氯乙烯、四氯乙烯) /%	≤1	
多环芳烃总和含量/(mg/kg) (限萘、蒽)	≤500	
甲醇含量a (限无机类涂料、辅助材料) /%	≤1	
乙二醇醚及其醚酯总和含量a (水性涂料、溶剂型涂料) /% (限乙二醇甲醚、乙二醇甲醚醋酸酯、乙二醇乙醚、乙二醇乙醚醋酸酯、乙二醇二甲醚、乙二醇二乙醚、二乙二醇甲醚、三乙二醇甲醚)	≤1	
重金属含量/(mg/kg)	铅 (Pb)	≤1000
	镉 (Cd)	≤100
	六价铬 (Cr VI)	≤1000
	汞 (Hg)	≤1000
a 按产品明示的施工状态下的施工配比混合后测度,如多组分的某组分的使用量为某一范围时,应按施工状态下的施工配比规定的最大比例混合后进行测定,水性涂料所有项目均不考虑水的稀释比例。		

6 试验方法

参考现行相关国际标准、国家标准和化工行业标准中的试验方法,并在其基础上进行完善,确定了本次制定标准中各项目的测试方法。

6.2 试验环境

不同于钢结构和建筑内外墙,混塔测试用混凝土样块,采用强度等级不低于C70的混凝土试块,应采取标准养护,养护龄期不低于28d。试验时,在深度20mm的厚度层内,含水率不应大于6%。

当项目要求对含水率或表面潮湿度有特殊要求时,应按设计要求进行。本标准中不推荐潮湿表面和过高含水率状态下的涂层涂装。如果确有需要,应作潮湿表面的涂层粘结强度试验。将试件表面处理后,浸泡于清水中至少24h。将混凝土试块从清水中捞起,用湿布抹去混凝土表面明水,保持表湿状态,然后进行涂装。室内环境养护7天或按厂家要求养护后,再进行涂层附着力粘结力测试。

6.3 试验样板和样块的制备

6.3.1 试验用底材和底材处理

除另有规定,涂料产品和涂层检验用试板试件的材质见标准文本中的表7和表8。

马口铁板和无石棉纤维水泥平板的材质和处理应符合GB/T 9271的规定。数据测试采集过程中，混凝土试块采用了明阳商城基地的试块，强度不低于C70。混凝土试块的表面处理，涂漆面要进行打磨处理，除去浮浆等不牢物，清除油污、灰尘等，然后用洁净淡水冲洗表面，自然风干或烘干。用水泥砂浆或与涂层涂料相容的填充料修补蜂窝、露石等明显缺陷。确保处理后的样块表面无露石、蜂窝、碎屑、油污和灰尘及不牢附着物等。

耐碱性的测试，可以采用强度不低于C70的混凝土试块，也可以采用无石棉纤维水泥平板。混凝土试块的测试是试块涂漆，养护后浸没于饱和氢氧化钙溶液中；试板的测试方法是，涂层试板三分之二在浸没于饱和氢氧化钙溶液中。

6.5 涂层体系性能试验操作方法

6.5.5 据悉，将来拟废止GB/T 1733-1993《漆膜耐水性测定法》，故改为引用《色漆和清漆耐液体性的测定 第2部分：浸水法》GB/T 30648.2-2015，两者技术内容基本一致。

6.5.6 抗泛碱性，以及6.6.7抗泛盐碱性，参考了《合成树脂乳液墙面涂料》GB/T 9755-2024中的相关试验操作方法（附录A）。GB/T 9755-2024中要求测试项为底漆，本标准规定测试项为涂层体系，即包括封闭底漆、中间漆（如果有）和面漆在内的完整涂层体系。实验室测试体系包括各类封闭底漆与水性和溶剂型面漆配套使用的情况（见表5），测试时间大于720h，涂层表面未见发黄、变色和白色物质析出。在没有涂漆的露出溶液的表面，析出了大量白色物质，涂漆不完全的试块边缘部分有少量发黄。

6.5.9 在钢结构行业中，涂层体系经常测试耐湿热性能，测试其在南方的湿热环境下的各项耐腐蚀性能。本文件中采用了耐湿冷热循环性的测试，不仅仅考虑到湿热环境，也考虑到了北方地区在冬季寒冷、夏季高温、春秋结露，雨季多雨等各种情况下对涂层性能带来的影响。采用了JG/T25-2017中的方法共10次循环（23°C±2°C）水中浸泡18小时，-20°C±2°C冷冻3小时，50°C±2°C热烘3小时为一次循环）。该测试方法在《合树脂乳液墙面涂料》GB/T 9755-2024中称之为“涂层耐温变性”。

7 检验和质量控制

7.1.1 文件中的所有型式检验要求，除了耐湿冷热循环性和耐人工气候老化性能外，原则上要求每年至少检验一次。耐湿冷热循环性，10个测试周期为240h，

耐人工气候老化性能要求800~1000h，时间较长，故分别要求可以3年和5年进行一次检验测试。

三、主要试验（或验证）情况分析

本标准的编制参考了相关行业的标准规范，相关文献和试验验证数据。

1、涂层体系附着力

涂层体系的附着力要求，是混塔外表面用涂层的最关键的性能指标。

实验室和实际项目现场测试结果表明，以强度C70和C80混凝土底材，不同的封闭底漆与水性涂料或溶剂型涂料性能有一定差异，但均远远大于其它行业规定的 $\geq 1.5\text{MPa}$ 。

不同封闭底漆与单组分水性丙烯酸面漆和双组分溶剂型聚氨酯面漆，在C80混凝土样块上的附着粘结性强度（单位MPa）检测数据如下表。采用Positester AT-M，试柱直径为20mm，在实验室养护条件下，以及工程现场涂层实际干燥情况7天以上后进行的测试。以下涂层体系干膜厚度在80~120微米，相应涂层方案，也用于后续的耐水、耐碱、抗泛碱和抗泛盐碱的性能测试。

表5 粘结强度测试

底漆类型	单组分水性丙烯酸面漆	双组分聚氨酯面漆
单组分水性封闭底漆	5.59、4.53	-
单组分底面合一水性漆	4.92、3.59、5.40	-
单组分溶剂型封闭底漆	3.76、5.11	7.36、7.50
双组分溶剂型环氧封闭底漆	-	9.23、8.70、11.01
双组分溶剂型聚氨酯底面合一漆	-	8.44、8.58、7.13
硅烷浸渍1#	4.36、4.69	7.17、7.99
硅烷浸渍2#	7.50、4.83	8.98、4.73



图1 合阳基地聚氨酯底面合一涂料粘结强度测试

2、耐碱性测试

耐碱性的测试，有两种测试方法。

一种为混凝土试块浸于溶液中，涂层表面露于溶液上面，类似于抗泛碱性的测试方法，参考了JTS153的测试方法，和HG/T 5060、DL/T 5546、JT/T 695和JT/T 821.1中引用了该测试方法，要求测试720h，实测720h无异常。考虑到已经采用了抗泛碱性要求，本文件中未引用该测试方法。

本标准采用另一种耐碱性测试方法，即试板或试块部分或全部浸入氢氧化钙溶液进行浸泡测试。相关产品和行业的耐碱性要求见下表。

在明阳商城基地做的测试，环氧封闭漆/聚氨酯面漆混凝土试块全部浸入饱和氢氧化钙溶液，10天测试后外观无明显异常。




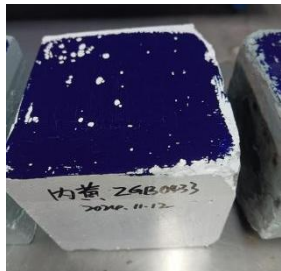
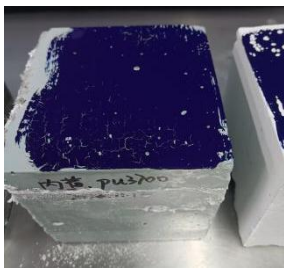
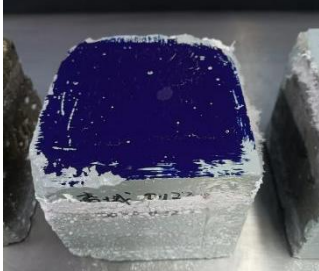


图2 混凝土涂层试块氢氧化钙10天测泡测试

3、抗泛碱性和抗泛盐碱性

抗泛碱性，参考《合树脂乳液墙面涂料》GB/T 9755-2024，对外墙没有要求，对于内墙要求48h无异常，实测720h涂层无异常。

抗泛盐碱性，《合树脂乳液墙面涂料》GB/T 9755-2024中对于加固性底漆要求120h无异常，实验室实测（2024.11.12~2024.12.17）以上涂层均超过840h（24×35d），所有涂层无异常。

		
环氧封闭底漆图	环氧封闭+中间漆+聚氨酯	水性丙烯酸底面合一
		
水性丙烯酸底面合一	聚氨酯底面合一	聚氨酯底面合一

图： 抗泛盐碱性测试 840 小时

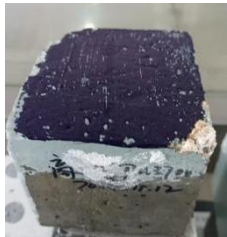
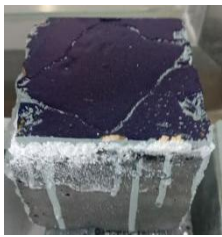


			
聚氨酯底面合一		水性丙烯酸底面合一	

图3 抗泛碱性测试840小时

4、耐人工气候老化性能

《合树脂乳液墙面涂料》GB/T 9755-2024外墙面漆优等品要求800h，对应于水性丙烯酸及其改性产品，白色和浅色面漆粉化≤1级，变色≤3级，其他颜色的面漆粉化≤1级，变色商定。

溶剂型涂料对应于丙烯酸聚氨酯面漆和聚脲涂料，参考《溶剂型聚氨酯涂料（双组分）》HG/T 2454-2014，白色和浅色面漆要求通过1000h，变色≤2级，失光≤2级，粉化≤2级，不起泡，不脱落，不开裂；其他颜色要求通过1000h，变色≤3级，失光≤3级，粉化≤2级，不起泡，不脱落，不开裂。《喷涂型聚脲防护材料涂装工程技术规范》HG/T 20273-2011中要求通过1500h无明显变色和粉化。

No: ST2101970
国家涂料产品质量监督检验中心（广东）
 China National Quality Supervision and Testing center for Paintings and Dopes (Guangdong)
检测报告 (Test Report)

共 2 页 第 2 页

序号	检测项目	检测依据	判定依据要求	单位	检测结果	判定	
1	在容器中状态	HG/T 4758-2014	搅拌均匀后无凝块, 呈均匀状态	----	符合	合格	
2	贮存稳定性 ((50±2) °C, 7d)	HG/T 4758-2014	无异常	----	符合	合格	
3	不挥发物含量	GB/T 1725-2007	≥35	%	49.5	合格	
4	细度	GB/T 6753.1-2007	≤40	μm	30	合格	
5	干燥时间	表干	GB/T 1728-1979	≤2	h	2 (已干)	合格
		实干	GB/T 1728-1979	≤24	h	24 (已干)	合格
6	漆膜外观	HG/T 4758-2014	正常	----	符合	合格	
7	耐冲击性	GB/T 1732-1993	≥40	cm	50	合格	
8	弯曲试验	GB/T 6742-2007	2	mm	2	合格	
9	划格试验 (划格间距1mm)	GB/T 9286-1998	≤1	级	0	合格	
10	铅笔硬度 (磨伤)	GB/T 6739-2006	≥2B	----	B	合格	
11	光泽 (60°)	GB/T 9754-2007	商定	----	37	实测值	
12	耐水性 (24h)	GB/T 1733-1993 GB/T 1766-2008	不起泡, 不脱落, 允许轻微变色	----	96h 无起泡, 无脱落, 无变色	合格	
13	耐盐水性 (3%NaCl, 96h)	GB/T 9274-1988 GB/T 1766-2008	不起泡, 不生锈, 允许轻微变色	----	符合	合格	
14	耐人工气候老化性, 500h (其他色)	外观	不起泡, 不开裂, 不剥落	----	1000h 无起泡, 无开裂, 无剥落	合格	
		粉化	GB/T 1865-2009	≤1	级	1000h 0	合格
		变色	GB/T 1766-2008	≤2	级	1000h 0	合格
		失光	GB/T 1766-2008	≤2	级	1000h 2	合格
15	耐中性盐雾	GB/T 1771-2007	-----	----	96h 无起泡, 无生锈, 无开裂, 无剥落	实测值	
		GB/T 1766-2008	-----	----	-----	-----	

广东省佛山市顺德区大良新城区德胜东路1号 Tel: 0757-22808888 Fax: 0757-22802600

图4 水性丙烯酸面漆耐老化1000小时检测报告

检验结果汇总:
 Test Results
 报告编号: TW20369-1W1
 Report Number

第 2 页 共 2 页
 Page 2 of 2

序号 No.	检验项目 Test Items	技术要求 Technical Requirements	检验结果 Test Results	本项结论 Item's Conclusion	备注 Remarks
1	耐中性盐雾试验	2000h不起泡, 不生锈, 不脱落	1680h未起泡, 未生锈, 未脱落	—	GB/T 1771-2007
2	人工气候老化	1500h不起泡, 不开裂, 不粉化, 变色≤2级, 失光≤2级	1200h漆膜无变色, 色差值0.5, 变色0级, 无失光, 失光率3%, 未出现起泡, 开裂, 粉化等现象	—	GB/T 1865-2009
以下表格空白 Blank Below					

————— 报告结束 —————

图5 丙烯酸聚氨酯1000小时耐老化测试报告

对于强紫外线环境, 或者耐老化性要求更高的项目, 可以按项目要求采用耐候性更好的氟碳面漆或聚硅氧烷面漆, 耐人工气候老化性能要求通过3000h, 实测结果通过5000小时。

MA
18001 中国合格评定国家认可委员会
CNAS
The Quality Supervision and Inspection Center of Synthetic
Material Ageing of Chemical Industry

检测报告 Test Report

共 3 页 第 1 页

样品名称 Name of Sample	氟碳面漆	样品编号 Sample Number	TZ2080149-2
委托单位 Client	珠海展辰新材料股份有限公司	检测类别 Class of Test	委托检测
生产单位 Manufacturing	珠海展辰新材料股份有限公司	生产批号 Batch Number	—
送样日期 Sampling Date	2022年4月31日	生产日期 Production Date	—
样品等级 Sample Grade	—	型号/规格 Type/Trademark	—
报告数量 Sample Numbers	1 组	合同编号 Contract Number	TZ2080149
检测项目 Test Item	见检测项目及结果页	样品描述及说明 Description and Detail of Sample	未见异常
检测依据 Test Method	GB/T 2792-2014中4.5, GB/T 1739-2006, GB/T 5210-2006, GB/T 1965-2009, GB/T 9274-1988, GB/T 1731-2009, GB/T 1332-2008	检测方法 Test Method	—
检测结果 Result	该样品检测结果符合委托方提供的技术指标要求。		
备注 Remarks	6.1.1.1.1 (质量比)		

批准: 李欣 审核: 李金保 主检: 范星

化学工业合成材料老化质量监督检验中心
The Quality Supervision and Inspection Center of Synthetic
Material Ageing of Chemical Industry

检测项目及结果 Test Items and Results

共 3 页 第 2 页

No. TL23070118

序号	检测项目	检测依据	指标值	检测结果	本项结论	
1	溶剂可溶物含量, %	HG/T 3792-2014 中5.7	≥25	26.2	符合	
2	干燥时间	表干时间, h	≤0.5	0.5	符合	
			实干时间, h	≤24		5
3	涂膜外观	HG/T 3792-2014	正常	正常	符合	
4	附着力, MPa	GB/T 5210-2006	≥16	18 (17.4/19.2) 100%合格	符合	
5	耐人工气候老化5600h	GB/T 1865-2009	无起泡, 无剥落, 无裂纹, 失光≤1级, 变色0级, 粉化0级	无起泡, 无剥落, 无裂纹, 失光1级, 变色0级, 粉化0级	符合	
6	耐人工气候老化后附着力, MPa	GB/T 5210-2006	≥10	11 (9.8/12.0) 100%合格	符合	
7	耐化学介质240h	GB/T 9274-1988	10% NaCl溶液	无起泡, 无脱落, 无明显变色和失光	无起泡, 无脱落, 无明显变色, 无明显失光	符合
			10% NaOH溶液	无起泡, 无脱落, 无明显变色和失光	无起泡, 无脱落, 无明显变色, 无明显失光	符合
			10% HCl溶液	无起泡, 无脱落, 无明显变色和失光	无起泡, 无脱落, 无明显变色, 无明显失光	符合
			10% H ₂ SO ₄ 溶液	无起泡, 无脱落, 无明显变色和失光	无起泡, 无脱落, 无明显变色, 无明显失光	符合
8	柔韧性, mm	GB/T 1731-2009	≤2	1	符合	
9	耐冲击性, cm	GB/T 1732-2009	≥50	50	符合	

图 6 氟碳面漆 5000 小时耐老化测试报告

5、有害物质限量

有害物质限量, 根据 GB 30981-2020, 对水性丙烯酸涂料和双组分溶剂型聚氨酯, 在国地方和国家级检测机构检测, 均完全满足规范要求。

No.: ST2304733

检测报告 (Test Report)

共 2 页 第 2 页

序号	检测项目	检测依据	判定依据 要求	单位	检测 结果	方法 检出限	判定	
1	VOC含量	GB/T 23985-2009 GB 30981-2020	≤420	g/L	33	5	合格	
2	乙二醇醚及醚酯类和含量(限乙二醇甲醚、乙二醇甲醚酯、乙二醇乙醚、乙二醇乙醚酯、乙二醇二甲醚、乙二醇二乙醚、乙二醇二甲醚、三乙二醇二甲醚)	GB/T 23986-2009	≤1	%	<0.008	0.008	合格	
3	重金属含量 (着色漆)	铅 (Pb) 含量	GB/T 30647-2014	≤1000	mg/kg	<2	2	合格
		镉 (Cd) 含量	GB/T 30647-2014	≤100	mg/kg	<1	1	合格
		六价铬 (Cr ⁶⁺) 含量	GB 30981-2020	≤1000	mg/kg	<8	8	合格
		汞 (Hg) 含量	GB/T 30647-2014	≤1000	mg/kg	<2	2	合格

广东省佛山市顺德区大良新城区域德兴东路1号 Tel: 0757-22808888 Fax: 0757-22802600

图 7 水性丙烯酸涂料有害物质检测报告

河南省产品质量检验技术研究院
国家建筑装饰材料质量检验检测中心
检验检测报告

No: 202313883 共3页 第2页

序号 No	检验项目 Items	单位 Unit	检验方法依据 Standards	标准要求 Specification	检验结果 Test Data	单项结论 Conclusion
1	VOC含量	g/L	GB30981-2020 中6.2.1	≤350	394	符合
2	苯含量	%	GB30981-2020 中6.2.2	≤0.3	未检出	符合
3	甲苯与二甲苯(含乙苯)总含量	%	GB30981-2020 中6.2.2	≤35	16	符合
4	挥发性总含量(指二甲苯、三氯甲烷、四氯化碳、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-二氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、三氯乙烯、四氯乙烯)	%	GB30981-2020 中6.2.3	≤1	未检出	符合
5	多环芳烃总含量(苯、萘)	mg/kg	GB 7176-2018	≤500	未检出	符合
6	乙二醇醚及酯类总含量(指乙二醇甲醚、乙二醇甲醚醋酸酯、乙二醇乙醚、乙二醇乙醚醋酸酯、乙二醇二甲醚、乙二醇二甲醚醋酸酯、二乙二醇二甲醚、二乙二醇二甲醚醋酸酯)	%	GB/T23886-2009中10.2	≤1	未检出	符合

河南省产品质量检验技术研究院
国家建筑装饰材料质量检验检测中心
检验检测报告

No: 202313883 共3页 第3页

序号 No	检验项目 Items	单位 Unit	检验方法依据 Standards	标准要求 Specification	检验结果 Test Data	单项结论 Conclusion
7	重金属含量 (Pb)	含量	mg/kg	GB/T30647-2014	≤1000	未检出
		含量	mg/kg	GB/T30647-2014	≤1000	符合
		含量	mg/kg	GB30981-2020 中6.2.7	≤1000	未检出
		含量	mg/kg	GB/T30647-2014	≤1000	符合

备注: 1. 苯含量检出限为0.001%, 2. 挥发性总含量检出限为0.001%, 3. 多环芳烃总含量检出限为0.1mg/kg, 4. 乙二醇醚及酯类总含量检出限为0.001%, 5. 重金属含量检出限: 铅为5mg/kg, 镉为1mg/kg, 六价铬为5mg/kg, 汞为0.1mg/kg.

(以下空白)
(Blank below)

图8 丙烯酸聚氨酯面漆有害物质限量

四、标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明

该标准的编制未设计专利。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

该标准的编制，弥补了现行标准中没有专门针对混筒外表面涂层的专门的技术标准规范的空缺。可以进一步推动风电涂料行业的技术进步，规范各类涂料的要求，给业主和混塔制造单位选择和判定产品质量带来了便利，促进风电涂料产品质量的不断提高。新标准发布实施后，能减少低价低质竞争，也可以避免不规范或不正确的技术要求导致的不必要成本增加，提升生产企业经济效益。

编制混塔外表面涂层的行业标准，加强对该类涂料的质量监控和管理，提高我国涂料行业在国际市场的竞争能力，引导企业从价格竞争转向技术和质量的竞争。

结合国家环保政策方向，引入水性涂料和高固体份涂料，提高涂层的装饰性和防护寿命，减少维修维护频次，保障安全，从而减少碳排放有极为重要的作用，在涂料选择上符合环保趋势。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

未查询到相应的国际或国外先进标准。因此本标准无法直接采用国际或国外先进标准。

本标准制定时根据目前国内产品的技术水平状况和实际使用需求,同时结合目前我国技术现状和发展趋势来制定的,具有先进性和可操作性,所采用的试验方法基本为国内外通用的方法。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准

与现行相关的法律、法规、规章并无矛盾或冲突。强制性标准方面,本标准在有害物质限量方面的要求与 GB 30981.2 相一致。

与行业相关标准并无矛盾或冲突。对于促进该领域技术进步、引导行业健康有序发展非常重要。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议《陆上风力发电混凝土塔筒外表面用涂层》作为推荐性团体标准发布实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

尽快做好标准发布实施工作,标准颁布实施后,相关部门和企业应做好标准宣贯培训工作,制定相应的实施方法,使本标准得以认真执行,在混凝土塔筒构件生产技术和质量管理方面起到重要的指导作用。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。