

T/CEEIA XXXX《中小型电机用水性浸渍漆工艺规范及质量要求》 编制说明（征求意见稿）

一、工作简况

1、任务来源

本项目根据中国电器工业协会《关于下达 2020 年第二批中电协团体标准制定计划的通知》（中电协[2020]65 号）下达的标准制修订计划任务，项目编号为 CEEIA2020035，项目名称为“环保型水性浸渍漆工艺规范及质量要求”进行制定。主要起草单位为上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司、浙江荣泰科技企业有限公司等，计划于 2021 年 12 月完成。

2、主要工作过程

起草阶段：为了做好本标准的编制工作，上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司组织成立了标准编制工作组，并得到了水性漆及电磁线生产企业的高度重视和积极参与。工作组搜集了国内外有关标准资料，并通过对部分企业的调研，以及结合 H160 以下电机的特点，对标准涉及的水性漆指标、定子浸漆工艺流程、绝缘材料和绝缘结构技术要求等内容进行了分析对比，形成了本标准工作组讨论稿。

2020 年 12 月 9 日在上海召开水性漆工艺规范专题研讨会暨标准工作组第一次会议，会议采用现场加线上相结合的方式举行，共有 25 家单位企业约 50 人参加本次会议。与会专家对标准内容进行了认真讨论，并达成如下一致意见：

- 1、修改本标准中水性浸渍漆的参数要求；
- 2、标准中增加偏心度、针孔的解释，对漆包线针孔数量的要求不变仍为无针孔；
- 3、工艺流程中浸漆次数为 2 次；
- 4、考虑增加电机定子耐盐雾试验过程及评定准则。

同时为验证本标准的合理性，工作组决定对标准规定的工艺过程进行验证试验。在工作组成员苏州巨峰电气绝缘股份有限公司的大力支持下，本次验证试验制作了 6 个 H160 的定子按照标准中工艺流程进行 2 次浸漆，其中 3 个浸渍水溶性浸渍漆，3 个浸渍水乳性浸渍漆，浸漆后的定子分别进行温升、交变湿热、绝缘电阻和耐电压试验。从试验结果中可以得到，H160 的定子绝缘性能良好，温度上升到 155℃后定子绝缘电阻和耐电压性能完好。交变湿热后定子绝缘电阻高达几 GΩ，耐电压性能保持完好，没有发生击穿现象。因此，此次试验验证了标准中规定的 2 次浸漆工艺流程可以满足 H160 及以下的电机定子的绝缘性能。

根据第一次工作组会的意见和验证试验的结果，工作组对标准条款进行了修改形成了标

准草案第二稿。内容变化主要是增加了偏心度和针孔的术语和定义，水性浸渍漆的性能参数和绝缘电阻的测试电压等。针对增加电机定子耐盐雾试验的条款，工作组查阅了电机相关基础标准 GB/T 755-2019《旋转电机 定额和性能》与 GB/T 14711-2013《中小型旋转电机通用安全要求》后发现，两项标准中并未对电机耐盐雾性能作出相关规定。因此是否增加耐盐雾试验规定，将在本标准第二次工作组会上再次进行讨论。

2021 年 6 月 25 日在浙江省嘉兴市召开了标准第二次工作组会议，由上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司对验证试验结果以及标准修改内容进行了介绍，经工作组讨论，认为本次试验结果验证了标准条款的合理性，同意本次标准草案的修改内容。但有工作组成员提出，目前各企业选择不同品牌的水性漆，其中挥发性有机物含量(VOC)由于试验方法不统一导致无法确定数值范围，应选取目前电机企业应用较多的几种水性漆，用统一的试验设备和试验方法进行 VOC 含量的测定。根据试验结果，再确定本标准中水性漆 VOC 的指标。同时，针对标准名称中的“环保型”提出了修改意见，认为虽然水性漆较油性漆的有害物质大大减少，是一种环保型产品，但本标准中未对环保的概念做出规定，也无具体指标对其进行判定，因此建议标准名称去掉“环保型”，改为增加本标准适用范围的限定词“中小型电机用”。经讨论，工作组成员一致同意将标准名称修改为“中小型电机用水性浸渍漆工艺规范及质量要求”。

会后，上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司选取 4 个厂家共 9 款水性浸渍漆样品进行试验，其中水溶性浸渍漆 4 款，水乳性浸渍漆 5 款，根据 GB/T 23986-2009《色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)含量的测定 气相色谱法》中的方法测试 VOC 含量。从试验结果可以看出，水溶性浸渍漆的 VOC 含量相对水乳性浸渍漆较高，这是由漆的本质和化学机理决定的。多款样品的 VOC 含量试验结果经工作组最终讨论研究决定，将水溶性浸渍漆的 VOC 含量要求定为 $\leq 120\text{g/L}$ ，水乳性浸渍漆定为 $\leq 50\text{g/L}$ 。

根据两次工作组会议讨论意见及两次试验验证结果，工作组对标准草案进行了相应修改，形成了本标准征求意见稿。

二、标准编制原则和主要内容

1、编制原则

1) 本标准的编写格式按 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》；

2) 本标准在主要技术内容上与现行有效的国家（行业）标准的规定协调一致，并结合国内实际生产和使用的情况而制定。

2、标准主要内容

本标准规定了用于中小型电机水性浸渍漆技术要求、工艺规范、质量要求及试验方法，适用于机座号 H160 及以下（讨论）的中小型电机绝缘浸渍处理。包括：

- 1) 水性浸渍漆的参数要求；
- 2) 绝缘材料的技术要求：漆包线、槽绝缘、相绝缘、套管、绑扎带、包扎带、槽楔的特殊要求；
- 3) 电机定子浸漆工艺规范及过程、包括白胚预烘、浸渍、滴漆、烘焙干燥以及注意事项；
- 4) 对采用水性浸渍漆的绝缘结构的评定技术要求及相容性试验。

3、解决的主要问题

水性漆因其安全、环保、节能已在电机制造行业备受用户好评。由于施工工艺要求高，应用相对局限，目前主要用在小型、分马力电机领域。标准制定过程全面梳理了水性绝缘漆的产品概况与发展历程、产品特点、工艺应用问题等各项关键要素，从基于资源环境角度出发，有针对性地制定水性漆应用工艺规范，解决行业应用问题。填补了国内在该领域的空白。

三、对应国家标准和行业标准的说明

本标准没有相应的国家标准和行业标准可供参考，本标准的制定填补了该类标准国内空白。

四、主要试验（或验证）情况分析

本标准制定过程中对标准内容进行了验证试验，选取了 H160 的电机定子，额定电压 Y/ Δ ：660V/380V，额定电流 Y/ Δ ：17.4A/30.3A。选取两种浸渍漆，分别是水溶性与水乳性浸渍漆，水性漆参数如表 1 所示。定子浸漆后分别进行了温升，交变湿热，绝缘电阻、耐电压和 VOC 含量测试。

表 1 水性浸渍漆参数

参数	条件	水溶性	水乳性
固体含量	1~2g, 表面皿, 105 \pm 2 $^{\circ}$ C , 1h	25%	15%~30%
漆膜表面干燥时间	120 \pm 2 $^{\circ}$ C ,	\leq 20min	\leq 20min
电气强度	常态	\geq 60MV/m	\geq 60MV/m
体积电阻率	常态	$\geq 1.0 \times 10^{12}$ $\Omega \cdot m$	$\geq 1.0 \times 10^{12}$ $\Omega \cdot m$
PH	PH 试纸	7~8	7.5~8.5

表 2 为定子浸漆前后的质量对比，可以看出由于水性漆的固体含量低，定子的挂漆量较少，只有常规油性漆挂漆量的 50%左右。

表 2 定子浸漆前后的质量

序号	质量（kg）		挂漆量（g）	漆种类	常规油性漆挂漆量
	浸漆前	浸漆后			
1	43.323	43.417	94	水溶性	150~200g
2	43.290	43.377	87		
3	43.317	43.406	89		
4	43.308	43.413	105	水乳性	
5	43.303	43.410	107		
6	43.293	43.412	119		

为了验证浸漆后电机定子的性能如何，选取了其中 5 个定子进行了试验，结果如下：

1、温升试验

测试 5 个电机定子额定电压、电流下，无负载并且没有散热装置的情况下，测试当定子发热达到 155℃时，检测绝缘性能。表 3 为 5 个定子的温升情况。

表 3 5 个定子的温升情况

时 间	试验电压 (V)	试验电流 I1 (A)	试验电流 I2 (A)	试验电流 I3 (A)	功率 P1 (W)	定子 1 (℃)	定子 2 (℃)	定子 4 (℃)	定子 5 (℃)	定子 6 (℃)
45min	347.9	17.44	17.30	17.63	4564	104.6	100.4	101.4	108.8	108.9
75min	349.5	17.37	17.23	17.56	4653	128.8	122.2	123.0	132.2	130.6
105min	351.9	17.35	17.22	17.56	4753	144.2	138.2	138.6	150.5	148.3

从表中可以看出，当时间为 105min 左右时，定子温度几乎达到 155℃，然后对其进行绝缘电阻和耐电压试验。试验结果如表 4 和表 5。

表 4 温升试验后定子绝缘电阻

施加部位	测试结果 (MΩ)				
	#01	#02	#04	#05	#06
黄-红	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
棕-红	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
黄-棕	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
黄-地	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
红-地	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
棕-地	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000

表 5 温升试验后定子耐电压

样品编号	施加部位	试验电压 (V)	泄漏电流 (mA)	测试结果
#01	绕组-机壳	2320	0.15	未击穿, 无闪络
	绕组-绕组	2320	0.13	未击穿, 无闪络
#02	绕组-机壳	2320	0.16	未击穿, 无闪络
	绕组-绕组	2320	0.18	未击穿, 无闪络
#04	绕组-机壳	2320	0.13	未击穿, 无闪络
	绕组-绕组	2320	0.17	未击穿, 无闪络
#05	绕组-机壳	2320	0.16	未击穿, 无闪络
	绕组-绕组	2320	0.14	未击穿, 无闪络
#06	绕组-机壳	2320	0.15	未击穿, 无闪络
	绕组-绕组	2320	0.13	未击穿, 无闪络

根据绝缘电阻和耐电压测试结果可以看出, 5 个定子的经受温升试验后, 绝缘性能依然完好, 其结果符合 GB/T 755-2019《旋转电机 定额和性能》中绝缘电阻和耐电压的要求。

2、交变湿热试验

将 5 个定子放入到湿热环境箱中, 依据 GB/T 2423.4 的规定进行 40℃、6 周期交变湿热试验, 试验后进行绝缘电阻和耐电压测试, 测试结果如表 6 与表 7 所示:

表 6 交变湿热后定子绝缘电阻

施加部位	测试结果 (GΩ)				
	#01	#02	#04	#05	#06
黄-红	10.4	19.4	38.2	74.0	49.2
棕-红	14.7	18.2	38.8	52.7	38.2
黄-棕	20.4	2.47	20.9	39.9	30.9
黄-地	92.0	39.0	12.0	23.5	21.1
红-地	51.5	48.4	18.2	15.9	20.6
棕-地	57.6	42.5	10.7	15.1	12.8

表 7 交变湿热后定子耐电压

样品编号	施加部位	试验电压 (V)	泄漏电流 (mA)	测试结果
#01	绕组-机壳	2320	0.22	未击穿，无闪络
	绕组-绕组	2320	0.26	未击穿，无闪络
#02	绕组-机壳	2320	0.20	未击穿，无闪络
	绕组-绕组	2320	0.25	未击穿，无闪络
#04	绕组-机壳	2320	0.18	未击穿，无闪络
	绕组-绕组	2320	0.20	未击穿，无闪络
#05	绕组-机壳	2320	0.20	未击穿，无闪络
	绕组-绕组	2320	0.21	未击穿，无闪络
#06	绕组-机壳	2320	0.26	未击穿，无闪络
	绕组-绕组	2320	0.27	未击穿，无闪络

从表中可以看出，经过交变湿热试验定子的绝缘电阻依然呈现很高的状态，高达几 GΩ。随后进行的 1min 工频交流耐电压测试，所有定子均未出现击穿、闪络现象。

经过温升与交变湿热试验，以及绝缘电阻和耐电压测试可以看出，标准中规定的 2 次浸漆可以保证电机定子的绝缘性能。

3、VOC 含量测试

根据 GB/T 23986-2009 色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)含量的测定 气相色谱法，

测试了水性浸渍漆的 VOC 含量，其测试结果如表 8 所示。最后根据表中数据范围确定了水性浸渍漆的 VOC 技术指标。

表 8 水性浸渍漆的 VOC 含量

VOC 含量检测数据 单位：g/L		
厂家	水溶性浸渍漆	水性乳液浸渍漆
A	96	41
B	132	24/21
C	90	110
D	59	13
结果范围	59~132	13~110

五、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

六、预期达到的社会经济效益、对产业发展的作用等情况

传统意义上的水性漆包括乳胶漆和水性涂料。水性漆是指以水代替有机溶剂作溶解介质应用于木器、藤竹器、金属等材料上的涂料，品种以丙烯酸树脂水性漆和聚氨酯树脂水性漆为主。随着现代工业的发展，大气中的二氧化碳及碳氢化合物等气体浓度不断增加，不仅导致全球气温升高，对环境产生一次性污染，一些有机物与空气中的氮氧化合物发生光化学反应，产生有毒有害的臭氧等，引起比一次性污染更大的二次污染毒害。

本标准涉及的水性漆以水为溶剂或是稀释剂，不人为添加有机溶剂，特别是不人为添加苯、甲苯、二甲苯、甲醛、游离 TDI、有毒重金属等，无毒无刺激气味，对人体无害，不污染环境，节约了大量资源，是一种绿色环保的产品。随着我国近年来实施的节能减排政策，以及当前双碳国家战略目标的制定水性漆必将受到更多的关注与应用。因此，本标准的实施将对水性绝缘漆在电机行业的推广应用起到良好的规范和指导作用，对促进电机行业开展绿色低碳生产具有重要意义。

七、与国际、国外对比情况

- 1) 本标准为我国自主研发类标准，未采用国际标准。
- 2) 本标准在制定过程中没有查询到相应的国际、国外标准。
- 3) 本标准在制定过程中未测试国外的样品、样机；
- 4) 本标准水平为国内先进水平。

八、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现行相关法律、法规、规章，特别是强制性标准相协调一致。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十、其他应予以说明的事项

计划名称原为“环保型水性浸渍漆工艺规范及质量要求”，在起草阶段的工作组会上工作组提出，标准名称中“环保型”的概念不清晰，较模糊应去掉。同时标准名称要体现本标准在电机行业的适用范围。因此，根据工作组的讨论意见，标准名称改为“中小型电机用水性浸渍漆工艺规范及质量要求”。