

水性涂料行业的漆渣的固体废物属性鉴别

毛海英

通标标准技术服务(上海)有限公司, 上海

收稿日期: 2022年5月11日; 录用日期: 2022年6月15日; 发布日期: 2022年6月22日

摘要

本文主要论述了水性涂料漆渣的固体废物的危险特性分析, 排除腐蚀性、易燃性、反应性等; 重点检测和分析浸出毒性、毒性物质含量; 以及毒性物质含量的换算等过程, 最终得出结论。

关键词

水性涂料漆渣, 固体废物鉴别, 浸出毒性, 毒性物质含量

Identification of Solid Waste Properties of Paint Residue in Waterborne Coating Industry

Haiying Mao

SGS-CSTC Standards Technical Services Co., Ltd., Shanghai

Received: May 11th, 2022; accepted: Jun. 15th, 2022; published: Jun. 22nd, 2022

Abstract

This paper mainly discusses the water-based paint slag solid waste hazardous characteristics analysis, excluding corrosion, flammability, reactivity and so on; Detection and analysis of leaching toxicity and toxic substance content; and the conversion process of toxic substance content, the final conclusion.

Keywords

Waterborne Paint Residue, Solid Waste Identification, Leaching Toxicity, Toxic Substance Content



1. 引言

近年来,环境保护的要求日益迫切和严格,许多国家因此相继颁发了有关控制 VOC 的法令。由于环保法规不断强化促使涂料工业加速发展,其中发展最快的是水性涂料、粉末涂料、高固体分涂料和辐射固化涂料,其中由于溶剂价格上涨,环境保护法规的限值,[1]使得以水作为溶剂成为涂料发展的一个热点。

水性涂料是指以水为溶剂介质的涂料,组成中 70%~90%均为水,不含有苯、醛类以及卤代烃等有毒有机溶剂和甲醛、铅、铬等重金属化合物[2],具有无毒环保、基本不含可挥发性有机物、无不友好气味以及性质稳定等特点,是一种安全无污染的环保型涂料。

水性涂料在各行各业中使用的越来越广泛[3]。今年来主要使用的水性涂料种类有:水性丙烯酸类涂料、水性环氧类涂料、水性醇酸类涂料、水性聚氨酯类涂料。水性涂料的性能,优缺点以及研发等已经做了广泛深入的研究。本文主要对水性涂料漆渣的去向做了一定的研究,是属于一般固体废物还是危险废物。

依据 2021 年版的《国家危险废物名录》,HW13 有机树脂类废物,合成材料制造中,265-101-13,树脂、合成乳胶、增塑剂、胶水/胶合剂合成过程中产生的不合格产品(不包括热塑型树脂生产过程中聚合物经脱除单体、低聚物、溶剂及其他助剂后产生的废料,以及热固型树脂固化后的固化体);265-103-13 中树脂(不包括水性聚氨酯乳液[4]、水性丙烯酸乳液、水性聚氨酯丙烯酸复合乳液)、合成乳胶、增塑剂、胶水/胶合剂生产过程中精馏、分离、精制等工序产生的釜底残液、废过滤介质和残渣;265-104-13 中树脂(不包括水性聚氨酯乳液、水性丙烯酸乳液、水性聚氨酯丙烯酸复合乳液[5])、合成乳胶、增塑剂、胶水/胶合剂合成过程中产生的废水处理污泥(不包括废水生化处理污泥)。将 2016 年版名录中的水性涂料的主要成分从危废名录中去除。水性涂料以及相关的漆渣等都不在危废名录内,但不能排除其具有一定的毒性,需要通过危险特性鉴别,并根据鉴别结果按照法律、法规、标准要求进行管理。

经过较多的水性漆渣,挂网漆渣、水性涂料桶等固体废物危险特性属性鉴别工作案例,对水性涂料产生的漆渣以及水性涂料废弃包装桶做了固废属性研究。水性涂料废弃包装桶相对比较简单,里面是单纯的一类水性涂料。在生产工艺过程中产生的水性漆渣则相对复杂一些,每家工厂以及生产工艺都涉及不同的原辅料,因此,依据相关法律文件和环保局的管理要求,水性漆渣需要进行固废属性鉴别。

2. 水性涂料的主要类型和成分

在全球涂料市场中,水性涂料技术领域发展已经令人瞩目。[6]水性涂料主要类型如下。

水性丙烯酸防腐涂料作为环保的水性防腐涂料,主要用作钢结构防腐[7](底面两用)。主要成份为单组份水性丙烯酸防腐涂料,不燃,对各种涂层具有良好的附着力,具有良好的防腐性,快干性,能用乳化漆、醇酸漆、水性环氧及氯化橡胶覆涂。[8]

水性环氧涂料是以水为溶剂或分散介质的涂料。水性环氧涂料包括水溶性环氧涂料和水乳化涂料。[9]水溶性涂料常常称为电泳涂料,即树脂溶于水后形成均匀胶体溶液,若树脂离子带电荷,在直流电作用下,胶体粒子可用在工件表面放电沉积。水溶性环氧涂料可分为水溶性阴离子树脂涂料和水溶性阳离子树脂涂料。[10]常采用水溶性固化剂三聚氰胺甲醛树脂、苯代三聚氰胺甲醛树脂、脲醛树脂和异氰酸酯

封闭物等。

水溶性阴离子树脂涂料的树脂由羟基含量较高的环氧树脂与酸酐反应[11],再与胺中和得到水溶性阴离子型树脂。水溶性阳离子树脂涂料的树脂是由环氧树脂与胺加成,再引入半封闭的多异氰酸酯作为交联剂,最后用酸中和而得到。水乳性环氧涂料是采用核壳乳化剂将较低相对分子量的环氧树脂乳化,并使其具有良好的储存和稳定性。[12]

目前水性聚氨酯涂料主要包括单组份水性聚氨酯涂料、双组份水性聚氨酯涂料和改性聚氨酯涂料。单组份水性聚氨酯涂料是应用最早的水性聚氨酯涂料,具有很高的断裂延伸率(可达 800%)和适当的强度(可达 20 MPa),并能常温干燥,但耐水性和耐溶剂性很差,硬度、表面光泽度和鲜艳性都较低。它以水性聚氨酯为基料并以水为分散介质的一类涂料。[13]

3. 某厂水性涂料挂网漆渣的危险特性检测

依据《固体废物鉴别标准 GB5085.1~6 系列标准》腐蚀性、急性毒性、浸出毒性、易燃性、反应性、毒性物质含量鉴别,分析水性涂料漆渣的危险特性。因为是以水为基质,水性涂料漆渣排除了反应性和易燃性危险特性。水性涂料漆渣重点关注腐蚀性、浸出毒性和毒性物质含量。[14]

本项目涉及的水性涂料有 7 种,主要包括水溶性综合树脂、水性顶光剂、水性颜料分散剂以及调色的颜料膏等[15]。皮革涂饰工艺包括 15 个环节,分别为坯革检查、片皮、磨革、预摔软、震软、除尘、修边、配料调色、辊涂、烘干/晾干、压花、高级辊涂(中涂)、喷涂(顶涂)、滚光、质检和成品包装。烘干/晾干:根据产品需求,喷涂的皮革需要进行烘干和晾晒。烘干是经喷涂机配备的烘道进行烘干,以天然气为燃料,晾干是通过挂晾装置进行晾干。在烘干或晾干过程中,部分有机成分以气态形式通过集中收集处理方式进行处理,部分水性涂料漆雾滴落附在皮革传送网上,在传送网上产生水性涂料挂网漆渣,该水性漆渣即为本项目鉴别对象之一(鉴别对象 1#)。企业根据生产要求会定期清理挂网上的漆渣,以便延长挂网的使用寿命,同样道理,辊涂过程也会产生从传送装置上定期剥离下来的涂料挂网。喷涂(顶涂):涂料经喷涂机喷枪分散成均匀而微细的雾滴,施涂于皮革的表面,完成对皮革的顶涂,在喷涂过程中会产生滴落的废漆渣,经由喷室内收集斗收集后统一处理,该废漆渣为本项目鉴别对象的另一组成部分(鉴别对象 2#)。

3.1. 浸出毒性

如下表 1,对水性漆渣进行浸出毒性 GB5085.3 全项测试,包含金属、有机物、无机物、有机农药等参数。初筛测试结果,大部分金属、无机物氟化物、氰化物、挥发性有机物均未检出[16]。只有少量金属如:铜、锌、砷、汞有微量检出。而存在于溶剂型涂料中的有机物(苯、甲苯、乙苯、二甲苯、氯苯等)均未检出。

Table 1. Summary of leaching toxicity content results

表 1. 浸出毒性含量结果汇总

序号	因子	检测结果(mg/L)	限值(mg/L)	正式鉴别是否选择
1	铜(Cu)	0.06	100	Y
2	锌(Zn)	0.23	100	Y
3	镉(Cd)	ND	1	N
4	铅(Pb)	ND	5	N
5	总铬(Cr)	ND	15	N

Continued

6	铍(Be)	ND	0.02	N
7	钡(Ba)	ND	100	N
8	镍(Ni)	ND	5	N
9	总银(Ag)	ND	5	N
10	砷(As)	0.0013	5	Y
11	硒(Se)	ND	1	N
12	六价铬(Cr ⁶⁺)	ND	5	N
13	汞(Hg)	0.0025	0.1	Y
14	无机氟化物(不包括氟化钙)	ND	100	N
15	氰化物	ND	5	N
16	烷基汞(甲基汞、乙基汞)	ND	不得检出	N
17	苯	ND	1	N
18	甲苯	ND	1	N
19	乙苯	ND	4	N
20	二甲苯	ND	4	N
21	氯苯	ND	2	N
22	1,2-二氯苯	ND	4	N
23	1,4-二氯苯	ND	4	N
24	丙烯腈	ND	20	N
25	三氯甲烷	ND	3	N
26	四氯化碳	ND	0.3	N
27	三氯乙烯	ND	3	N
28	四氯乙烯	ND	1	N
29	硝基苯	ND	20	N
30	二硝基苯	ND	20	N
31	对硝基氯苯	ND	5	N
32	2,4-二硝基氯苯	ND	5	N
33	五氯酚及五氯酚钠	ND	50	N
34	苯酚	ND	3	N
35	2,4-二氯苯酚	ND	6	N
36	2,4,6-三氯苯酚	ND	6	N
37	苯并(a)芘	ND	0.0003	N
38	邻苯二甲酸二丁酯	ND	2	N
39	邻苯二甲酸二辛酯	ND	3	N
40	多氯联苯	ND	0.002	N

危险标记为 8。健康危害侵入途径为吸入、食入。吸入后对上呼吸道有刺激性，引起咳嗽、胸部紧束感或疼痛。金属钛粉具有爆炸性，遇热、明火或发生化学反应会燃烧爆炸。其粉体化学活性很高，在空气中能自燃。金属钛不仅能在空气燃烧，也能在二氧化碳或氮气中燃烧。高温时易与卤素、氧、硫、单化合。燃烧分解产物为氧化钛。钛标准溶液毒理学数据，致癌性：大鼠肌内 TOLo: 1145 mg/kg/77W-I；大鼠肌内 TD: 360 mg/kg/69W-I；生殖毒性：大鼠经口 TDL0: 158 mg/kg。

本项目中的钛主要来源于颜料二氧化钛，白色固体或粉末的两性氧化物[17]，分子量 79.8，具有无毒，最佳的不透明性、最佳白度和量光度，被认为是现今世界上性能最好的一种白色颜料。钛白的粘附力强，不易起化学变化，永远是雪白的。熔点：1840℃，沸点：2900℃。溶于热浓硫酸、盐酸，未有特殊的燃烧爆炸特性。[18]二氧化钛物质稳定，非毒性物质，不参与毒性物质含量计算。

3.3. 毒性物质含量计算

根据以上检测结果可以看到，水性挂网漆渣中非挥发性危害成分检测出的浓度相对较高，废漆渣中有害物质检出种类相对较多，两种水性废漆渣六价铬均未检出，说明无铬酸类化合物存在，依据生态环境部部长信箱答复，《危险废物鉴别标准毒性物质含量鉴别》(GB5085.6-2017)中附录 A~附录 F 涉及含铬的化合物以六价铬计算，因此总铬、锶(铬酸锶)不参与累计毒性的计算。

依据《危险废物鉴别标准毒性物质含量鉴别》(GB5085.6-2017)累计毒性计算方式，计算得到水性挂网漆渣累计毒性相对较高，为 0.44，废漆渣为 0.12，具体计算情况汇总如下表 3。

Table 3. Summary of cumulative toxicity calculation of water-based paint slag and waste paint slag
表 3. 水性涂料漆渣和废漆渣累计毒性计算汇总表

序号	检测因子	水性挂网漆渣 检测结果	废漆渣 检测结果	换算系数	有害物质	物质类别	水性挂网漆渣 检测结果	废漆渣 检测结果
1	汞	0.013	0.451	1.31	硝酸亚汞	剧毒	0.01703	0.59081
2	砷	0.08	0.81	6.08	三碘化砷	剧毒	0.4864	4.9248
3	硒	ND	0.18	1.45	氯化硒	剧毒	0	0.261
4	铅	ND	11	1.56	四乙基铅	剧毒	0	17.16
5	碲	ND	0.1	1.74	亚碲酸钠	剧毒	0	0.174
6	石油溶剂	10,700	4020	1	石油溶剂	有毒	10,700	4020
7	锰	11	191	1	锰	有毒	11	191
8	苯乙烯	2.05	ND	1	苯乙烯	有毒	2.05	0
9	磷酸三丁酯	30.5	107	1	磷酸三丁酯	有毒	30.5	107
10	氟化物	370	ND	6.45	氟化铅	有毒	2386.5	0
11	锡	0.5	ND	1	锡	有毒	0.5	0
12	钡	ND	20	1.44	碳酸钡	有毒	0	28.8
13	锡	ND	48.6	1	锡	有毒	0	48.6
14	钒	15	7	1	钒	有毒	15	7
15	氟化物	ND	270	6.45	氟化铅	有毒	0	1741.5
16	镍	ND	37	1.36	次硫化镍	致癌	0	50.32
17	镉	ND	3	1.85	硫酸镉	致癌	0	5.55
18	钴	ND	4	2.63	硫酸钴	致癌	0	10.52
累计毒性(限制值 1)							0.44	0.12

4. 水性挂网漆渣鉴别

依据鉴别方案,按照《危险废物鉴别技术规范》(HJ298-2019)、《工业固体废物采样制样技术规范》(HJ/T 20-1998)等相关标准要求,在一个月内对样品进行采集,共采集了13个样品。样品为黑灰色固体,微臭。

4.1. 结果汇总

如表4、表5,水性涂料漆渣危险特性鉴别检测包括1)浸出毒性检测因子:砷、汞、铜、锌、氟化物、苯、甲苯、乙苯、间对二甲苯、邻二甲苯、二甲苯总量(共11项);2)毒性物质含量因子:铬、锰、钒、钛、锶、铅、镍、镉、钴、铍、碲、锡、砷、汞、硒、六价铬、氟、石油溶剂、磷酸三丁酯、苯乙烯(共20项),以及漆渣的含水率,一共32项因子。

Table 4. Summary of leaching toxicity data results

表 4. 浸出毒性数据结果汇总

检测因子	分析方法	单位	检出限	限值	样品 1~13(mg/L)
含水率	HJ/T 299-2007	%	—	—	45.4~59.2
砷	HJ 702-2014	μg/L	0.1	≥5 mg/L	ND~0.23
汞	HJ 702-2014	μg/L	0.02	≥0.1 mg/L	ND~0.62
铜	HJ 781-2016	mg/L	0.01	≥100 mg/L	ND~0.16
锌	HJ 781-2016	mg/L	0.01	≥100 mg/L	0.23~2.24
氟化物	GB5085.3-2007	mg/L	0.0148	≥100 mg/L	0.0176~1.07
苯	HJ 643-2013	mg/L	0.0001	≥1 mg/L	ND~0.0021
甲苯	HJ 643-2013	mg/L	0.0002	≥1 mg/L	ND~0.0012
乙苯	HJ 643-2013	mg/L	0.0001	≥4 mg/L	ND~0.0015
间对二甲苯	HJ 643-2013	mg/L	0.0002	—	ND~0.0072
邻二甲苯	HJ 643-2013	mg/L	0.0001	—	ND~0.0033
二甲苯总量	HJ 643-2013	mg/L	0.0003	≥4 mg/L	ND~0.0105

Table 5. Summary of toxic substance content test results

表 5. 毒性物质含量检测结果汇总

检测因子	单位	样品 1~13 (mg/kg)
铬	mg/kg	3.3~19.3
锰	mg/kg	5.1~15.8
钒	mg/kg	ND
钛	mg/kg	4420~12,700
锶	mg/kg	2.5
铅	mg/kg	ND
镍	mg/kg	0.7~5.7
镉	mg/kg	ND~
钴	mg/kg	ND
铍	mg/kg	ND

Continued

砷	mg/kg	ND~15
锡	mg/kg	ND~99
砷	μg/g	ND~0.060
汞	μg/g	ND~0.017
硒	μg/g	ND
六价铬	mg/kg	ND
氟	g/kg	ND~0.73
石油溶剂	mg/kg	765~3510
磷酸三丁酯	mg/kg	5.5~75.9
苯乙烯	mg/kg	ND~0.0348

4.2. 结果分析——浸出毒性&毒性物质含量

表格中汇总的漆渣浸出毒性检测结果可以看到, 受检的 13 个水性涂料漆渣样本中氟化物、砷、汞的浸出毒性结果有检出, 检出值均在《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)中表 1 的限值以下。氟化物、硒两种物质浸出毒性结果均未检出。

依据《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298-2019)中 7.4 的要求: 在进行毒性物质含量危险特性判断时, 当同一种毒性成分在一种以上毒性物质中存在时, 以分子量最高的毒性物质进行计算和结果判断。

Table 6. Summary of conversion results of toxic substance content

表 6. 毒性物质含量换算结果汇总

类型	化合物	换算因子	样品 1~样品 13
剧毒物质	亚砷酸钠	1.74	ND~26.1
剧毒物质	硝酸亚汞	1.31	ND~0.000406
有毒物质	锰	1	5.1~14.5
有毒物质	钛	1	4420~12,700
有毒物质	锡	1	ND~93
有毒物质	氟化铅	6.45	ND~4708.5
有毒物质	石油溶剂	1	1150
有毒物质	磷酸三丁酯	1	5.5~75.9
致癌物质	次硫化镍	1.36	0.952~7.752
致癌物质	硫酸镉	1.85	ND~0.37
类别	限值	样品 1~样品 13	
剧毒物质汇总	0.1% 1000 mg/kg	0.00002227~26.100	
有毒物质汇总	3% 30,000 mg/kg	9106.1~18296.6	
致癌物质汇总	0.1% 1000 mg/kg	1.768~7.752	
累计毒性	1	0.33~0.63	

根据上表 6 汇总的数据, 对照《危险废物鉴别标准毒性物质含量鉴别》(GB5085.6-2007)中各类毒害物质的限制值, 未存在超标情况。

依据《危险废物鉴别标准毒性物质含量鉴别》(GB5085.6-2007)中 4.6 的公式计算水性涂料漆渣累计毒性, 从表中汇总的结果可以看到 13 个份样中, 所有样本单类化合物均未超过标准中要求的限制值。经计算, 13 个样本的累计毒性值均在限制值 1 以下, 累计毒性在 0.33~0.63 之间, 均未超过《危险废物鉴别标准毒性物质含量鉴别》(GB5085.6-2007)中累计毒性限制值。

4.3. 结论

1) 依据水性涂料漆渣产生企业涉及行业情况、生产工艺、废物产生环节及主要成分, 结合水性涂料漆渣的成分、基本理化特性及有害物质含量情况, 可以判定该水性涂料漆渣不具有危险废物腐蚀性、反应性、易燃性、感染性和急性毒性。

2) 通过对该水性涂料漆渣进行浸出毒性检测, 所有 13 个份样检测结果均未超过《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)中表 1 的限制值, 超标份样数为 0, 表明该水性涂料漆渣不具有危险废物浸出毒性危险特性。

3) 对该水性涂料漆渣进行毒性物质含量检测, 检测结果显示所有样本毒性物质含量均未超过对应的限制值, 通过计算水性涂料漆渣累计毒性值, 不存在超标情况。

对照《危险废物鉴别技术规范》(HJ298-2019)中“7 检测结果判断”要求, 受检的 13 个水性涂料漆渣份样中超标份样数为 0, 未超过限值, 表明该水性涂料漆渣不具备危险废物毒性危险特性。

综上所述, 该厂的水性涂料漆渣不具有固体废物危险特性, 不属于危险废物, 可以按照一般工业固废进行处理处置或依据相应法规和标准要求资源化利用。一般水性烤漆[19]由水性树脂(水性羟基丙烯酸树脂、水性氨基树脂、水性羟基丙烯酸树脂和水性氨基树脂的调配)、助剂(基材润湿剂、流平剂和消泡剂、耐老化助剂、防腐防霉剂)、色浆(颜料、润湿分散剂、消泡剂、水、pH 调节剂[14]以及有机助剂等)组成。水性涂料漆渣一般通过烘烤, 去除水份和一些低沸点的一会发有机物。水性涂料漆渣残留物质中一般含有重金属和半挥发性有机物, 通过较多的实验表明, 水性涂料漆渣并不具有腐蚀性、易燃性、毒性等危险特性。水性涂料应用越来越广[20], 而因此产生的众多水性漆渣等固体废弃物, 也将成为众多企业的困扰, 如能通过更多的研究和试验, 能够排除水性漆渣的危险特性, 对于广大水性涂料的使用企业, 将会减少很多经济和管理方面的成本。

参考文献

- [1] 李琴, 何明益. 浅谈水性涂料涂装污水的处理方法[J]. 现代涂料与涂装, 2019, 22(12): 44-46.
- [2] 张达志, 王丽, 谭海龙, 易智宏, 颜维虎, 任江涛. 水性环氧涂料的制备与性能研究[J]. 现代涂料与涂装, 2021, 24(11): 1-3.
- [3] 王大孟. 国外涂料工业三废处理技术[J]. 涂料工业, 1986(3): 37-45+5-6.
- [4] 赵洪春, 邱中堂. 水性聚氨酯涂料的研究现状[J]. 化工管理, 2022, 2(6): 71-73.
- [5] 廉兵杰, 曹碧辉, 许洋. 水性聚氨酯涂料的研制及性能研究[J]. 涂层与防护, 2022, 43(31): 1-5.
- [6] Douglas, B. 全球水性涂料市场持续增长[J]. 中国涂料, 2021, 36(12): 72-73.
<https://doi.org/10.13531/j.cnki.china.coatings.2021.12.013>
- [7] 魏志龙, 魏浩然, 刘翰锋, 徐飞鹏. 水性带锈防腐涂料的制备及性能分析[J]. 中国涂料, 2022, 37(1): 20-25.
- [8] 凌芹, 刘宏生, 王岩, 田会社. 高性能水性汽车配件防腐涂料的制备[J]. 中国涂料, 2017, 32(8): 33-37.
- [9] 王耀文. 关于汽车水性涂料的环保应用[J]. 农机使用与维修, 2019(11): 17.
- [10] 谢素龙. 水性涂料“三废”处理技术[J]. 化工设计通讯, 2018, 44(3): 196-197.

- [11] 陈春霖, 孟晓伟, 唐毅, 周胜之, 黄榜, 宋磊. 水性涂料的特点及其应用发展[J]. 山东化工, 2019, 48(7): 87-88.
- [12] 杨振波, 许少华, 魏薇, 等. 水性涂料绿色施工文体探讨[J]. 涂料工业, 2018(6): 62-67.
- [13] 樊继丰. 水性涂料性能检测措施的研究[J]. 天津化工, 2022, 36(1): 43-46.
- [14] 陈琼. 水性涂料废渣利用及废水废气处理技术研究[J]. 中国资源综合利用, 2021, 39(8): 87-89.
- [15] 于海佳. 水性防腐涂料在石油管道及设备中的运用[J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(3): 118-119.
- [16] 刘仲义. 水性涂料中挥发性醇类组分气相色谱法测定研究[J]. 上海涂料, 2022, 60(1): 43-46.
- [17] 王志成, 杨胜文, 曾明, 周紫晨, 张冰. 水性环氧树脂与纳米 SiO₂ 复合改性乳化沥青防水涂料性能研究[J]. 新型建筑材料, 2022, 49(4): 145-147.
- [18] 于欢, 蔡燕青, 王婷婷, 许莹, 陈兴刚. 有机硅改性丙烯酸防腐涂料性能研究[J]. 塑料科技, 2022, 50(2): 35-38.
- [19] 贾祥贵, 贾凡强. 浅谈水性丙烯酸氨基烤漆的研发[J]. 山东化工, 2022, 51(4): 94-96.
- [20] 王瑛貌, 张雅浩, 黄从树, 王晶晶, 梁宇. 水性防腐涂料研究进展与应用现状[J]. 材料开发与应用, 2021, 36(6): 91-96.