

开发与应用

户外耐候性涂料在不同气候环境下的 老化性能研究概况

彭 军 谢宇芳 李 欣 杨育农

(广州合成材料研究院有限公司, 广州 510665)

摘 要 对户外耐候性涂料在不同气候特征条件下的老化性能研究进行了概述,介绍了国内外户外涂料老化实验方法,归纳了我国户外涂料耐候性地区气候差异的研究现状和户外涂料抗老化技术研究的发展趋势,并对今后户外涂料老化性能研究方向进行了展望。

关键词 户外涂料,耐候性,气候环境,老化性能

Research on aging property of outdoor weather resistant coating under different climate condition

Peng Jun Xie Yufang Li Xin Yang Yunong

(Guangzhou Synthetic Materials Research Institute Co.,Ltd.,Guangzhou 510665)

Abstract The aging properties of outdoor weather resistant coatings under different climate conditions were induced,survey of the research method of outdoor coating aging test at home and abroad was proposed,and research status of climate difference in weather ability of outdoor coatings in China and the development trend of antiaging technology for outdoor coatings were summarized.Finally,research direction of outdoors coating aging performance in the future was prospected.

Key words outdoor paint,weather ability,climate environment,aging property

随着我国经济的腾飞,基础设施建设、房地产和交通运输业的发展都呈现上升趋势,应用于建筑外墙、汽车车身、桥梁船舶等的户外耐候性涂料成为发展最为迅速的涂料品种之一。众所周知,户外涂料在实际使用中直接暴露在大气环境,尤其是在高温潮湿的环境,易受到太阳辐射、温度、湿度等气候因素的影响,涂层不可避免地会出现不同程度的老化现象。涂层的老化不仅导致户外涂料装饰效果及防护功能丧失,而且会降低涂料使用寿命,增加使用成本,造成资源的浪费,另外涂层失效分解还会对环境造成污染。户外涂料的老化失效问题一直以来都是限制我国户外涂料进一步发展和应用的关键性问题之一^[1]。近些年来随着珠三角经济的起飞,尤其是建筑房地产行业 and 交通运输业的突飞猛进,使得以建筑外墙涂料、汽车涂料为代表的户外涂料在广东省得到了迅猛发展,广东省涂料年消费量一直以来也稳居全国第一。在当今提倡环境友好、节能减排、

低碳经济的大环境下,人们对涂料的品质提出了更高的要求,使得涂料的安全性、可靠性及耐久性问题受到广泛的重视^[2]。广东省作为涂料生产大省,同时也是涂料消费大省,对高耐候性户外涂料的需求将不断增加,研究户外涂料老化失效行为和寿命评估方法显得尤为重要。

1 国内外户外涂料老化实验方法研究概况

欧美等发达国家早在 20 世纪 20 年代就开始了户外涂料制品的老化性能和抗老化方面的研究工作,并成立了诸如 ATLAS 公司这样专门从事材料老化性能检测和老化设备研制的专业机构。在耐候性性能评价方面,国外已经制定了一系列户外涂料耐候性标准体系,如国际标准化组织(ISO)和美国材料与实验协会(ASTM)分别制定了行业标准,而企业为了对产品的耐候性品质进行控制,也制定了各自的企业标准^[3]。与国外相比,我国在户外涂料

基金项目:广州市珠江科技新星(Pearl River S&T Nova Program of Guangzhou)专项资助(201806010046)

作者简介:彭军(1983-),男,博士,工程师,主要研究方向为高分子材料的合成工艺、性能检测和老化寿命评估。

老化和抗老化研究方面还存在一定差距,这也阻碍着我国由涂料生产大国向涂料生产强国的转变。

由于缺乏自然气候老化数据的积累和涂料使用环境的针对性研究,国内目前还没有提出户外涂料各地区气候环境差异化的技术要求,导致国内涂料在耐候性研究方面还有明显不足。目前国内涂料老化基础数据积累不完善,基础研究落后,没有系统开展过户外涂料在不同气候环境条件下的老化数据积累与失效行为规律的研究^[4]。符合我国实际环境的耐老化性能标准体系没有建立,涂料企业多是直接引用国外标准,而国外标准所规定的性能指标并不一定适用于国内气候环境。我国地域辽阔,横跨多个气候分区,不同气候环境下户外涂料的老化程度和失效行为也不一样,只使用一个标准而不考虑各地气候环境的差异性往往使检测结果存在偏差,这也会导致在北方地区使用良好的户外涂料,而在南方地区湿热气候环境下出现“水土不服”现象而达不到预期效果^[5]。

自然气候暴晒作为研究户外耐候性材料的老化失效行为最可靠的实验方法,一直沿用至今。开展自然气候暴晒老化实验首先要选择合适的自然气候实验场。国外在 20 世纪 20 年代已经开始建立了自然气候实验场,到目前为止全世界约有 400 多个自然气候实验场,其中基于亚热带气候特征而建的美国佛罗里达自然气候实验场作为高分子材料自然老化实验的基准实验场,为全世界的高分子材料制品提供自然气候暴晒实验和老化检测技术服务^[6]。国内从 20 世纪 50 年代开始户外材料自然气候老化实验的研究工作。我国幅员辽阔,横跨多个气候带,为了系统收集户外材料用品在不同气候环境下的老化数据和研究各种材料的环境适应性规律,我国从 80 年代起就逐步组建了材料环境适应性老化实验网,并

在全国各地各个典型气候区建立了具有不同气候特征的自然气候实验场。目前,国内自然气候实验场的主要研究领域是大型机电类产品,而针对户外涂料的自然气候暴晒实验研究较少。国内外典型自然气候实验场对比情况见表 1^[7]。

2 我国户外涂料耐候性地区气候差异的研究现状

我国针对户外涂料的耐候性问题制定了相应产品标准进行约束和规范,如国标 GB/T 9755—2014 规定了合成树脂乳液外墙涂料耐候性指标,要求优等品需满足氙灯光源下人工气候老化 600h 后涂层变色等级不高于 2 级;行业标准 HG/T 3656—1999 规定钢结构桥梁漆长效型面漆老化指标为氙灯老化 800h 不起泡、不开裂^[8]。我国现行涂料标准中的耐候性指标都是基于我国四季分明的温带大陆性季风气候条件制定的,而广东地区常年高温潮湿多雨,属于典型的亚热带季风气候,在这种条件下继续采用现行标准规定的耐候性评价指标显然存在缺陷。可见,现行户外涂料耐候性评价指标的设定未充分考虑广东省高温、高湿、多雨的地区气候差异的影响,在评价广东省户外涂料抗老化能力方面存在一定局限性。目前尚没有具体针对广东地区气候特点的户外涂料的规范或标准^[9]。与此同时,国内现有涂料自然暴晒与人工加速老化实验相关性研究和寿命评估模型多是基于大陆性气候条件下建立,而在广东典型的亚热带气候条件下这些研究成果并不一定适用。因此,开展基于广东省气候环境评价户外涂料老化性能的研究,进而制定适合于广东地区的户外涂料耐候性评价指标,确保户外涂料在湿热气候环境下也能持久安全使用是迫切需要解决的问题。

广东省属于典型的沿海多雨地区,具有夏季气温高,雨量充沛,偶尔有台风等极端天气的气候特点。高热潮湿的气候环境更加速了高分子材料制品的老化速度,尤其户外涂料更易受到湿热多雨气候环境的影响而存在严重的老化问题。到目前为止,我国户外涂料耐候性指标及服役寿命预测大都是基于大陆气候特征,而针对广东地区气候特征的户外涂料老化性能的研究甚少,几乎未见到户外涂料在湿热环境下的使用寿命评估方面的研究。所以探讨广东地区自然气候环境下户外涂料老化失效行为,建立户外涂料在湿热环境下的服役寿命评估方法,进而实现产品质量的控制刻不容缓^[10]。因此,开展基于广东地区气候环境下户外涂料老化性能和失效行为的研究,进而制定适合于广东地区的户外涂料老化性能评价指标,确保户外涂料在湿热环境下也

表 1 国内外典型自然气候实验场对比表

实验站名称	亚利桑那	佛罗里达	新疆吐鲁番	甘肃敦煌	海南琼海
环境类型	干热	湿热	干热	干热	湿热
地理位置	西经 112°08' 北纬 33°54'	西经 80°27' 北纬 25°52'	西经 89°12' 北纬 42°56'	西经 92°13' 北纬 39°53'	西经 110°28' 北纬 19°14'
海拔高度/m	610	3	61.5	1139	10
平均温度/℃	22	23	17.4	10.8	24.5
平均最高温度/℃	39	32	42.4	24.9	40.2
平均最低温度/℃	8	15	-8.2	-9.3	9.1
平均降雨量/mm	255	1685	16.4	35	2077
平均相对湿度/%	37	78	27.9	41	87
平均辐照总量/ (mJ·m ⁻²)	8004	6588	7000	6560	5191

能持久安全使用具有重大的研究意义和应用前景。

3 户外涂料抗老化技术研究的发展趋势

随着国内外市场对涂料需求量的增加,为了加快新技术和新产品的开发,人们趋于采用人工加速老化实验方法研究涂料的老化性能,在室内模拟涂料在自然气候环境下的状态,以快速获取老化结果。人工加速老化实验按光源主要可分为紫外荧光灯、氙灯和碳弧灯。欧美主要采用紫外荧光灯和氙灯这两种光源进行人工加速老化实验,其中应用最为广泛的是美国 ATLAS 公司生产的模拟太阳全光谱的氙灯老化光源和美国 Q-Panel 公司生产的模拟户外材料主要破坏光谱的荧光紫外老化光源^[11]。碳弧灯作为人工老化实验光源应用较少,主要是日本的企业和标准在使用。目前世界各国对户外涂料老化性能的标准评价方法也有所不同,例如美国是以自然气候暴晒实验作为涂料老化性能的主要评判方法,德国则采用人工加速老化和自然气候老化相结合来评判涂料耐候性,日本在 20 世纪 50 年代以前是通过人工加速老化方法来评判涂料耐候性,之后则在人工加速老化的基础上引入了自然气候暴晒实验的考核,我国到目前为止一直沿用日本 20 世纪 50 年代以前的老化评价方法^[12]。

虽然人工气候加速老化实验可以在较短的时间内获得老化实验结果,但无法真实模拟实际的气候环境,很难考察户外涂料的实际使用效果。自然气候暴晒实验虽然实验周期长,但能真实地反映户外涂料的使用环境,因此将自然气候暴晒实验和人工加速老化实验相结合来研究户外涂料的耐候性能是户外涂料老化性能研究的发展方向,关于自然气候暴晒和人工加速老化实验之间的相关性探索也是今后户外涂料耐候性研究趋势^[13]。随着检测手段和分析技术的进步,红外光谱分析仪、发射扫描电子显微镜等现代测试分析手段应用到涂料老化性能的检测中,从微观角度研究户外涂料在老化过程中的微观形貌和分子结构的变化,来探讨户外涂料老化失效机理^[14]。同时,涂料使用寿命问题也是人们普遍关心的问题。各国涂料专家和学者都在致力于准确地预测涂料服役寿命的研究,在涂料自然气候暴晒和人工加速老化实验相关性研究的基础上,建立数学模型推断和预估涂料使用寿命,并通过长期自然暴晒的实验数据的采集和分析进一步验证涂料产品寿命理论的推算结果^[15]。随着各国标准化体系建设的日益完善,研究不同地区气候特征对涂料老化失效行为和耐久性差异性问题的研究,也成为目前户外涂料抗老化技术研究的发展趋势。

4 结语与展望

鉴于当前涂料老化研究领域的发展趋势,可以采用宏观检测和微观分析相结合的方法,通过人工加速老化实验模拟广东地区自然气候环境,构建快速推算涂料服役寿命评估推算新方法及产品质量控制新技术,制定适用于不同气候特征环境下的户外涂料耐候性评价指标,进而上升为技术规范和行业标准,健全和完善工业技术标准体系,并搭建涂料产品老化技术服务平台,为企业提供技术服务,规范和指导户外涂料产业发展,使涂料生产技术更好与国际接轨,更好地适应经济的发展,促进各省乃至全国涂料工业的可持续发展。

参考文献

- [1] 史继斌. 高分子材料的老化及防老化研究[J]. 合成材料老化与应用, 2006, 35(7): 27-30.
- [2] 化学工业部合成材料老化研究所. 高分子材料老化与防老化[M]. 北京: 化学工业出版社, 1979.
- [3] 杜君俐, 李华明. 涂料的老化及试验[J]. 现代涂料与涂装, 2008, 11(4): 38-42.
- [4] 顾东雅, 乔海霞, 曾竟成. 聚合物基复合材料加速老化方法研究进展[J]. 材料导报, 2007, 21(4): 48-51.
- [5] 吕桂英, 朱华, 林安, 等. 高分子材料的老化与防老化评价体系研究[J]. 化学与生物工程, 2003, 23: 1-4.
- [6] Irigoyen M, Bartolom Eo P, Perr IN F X, et al. UV ageing characterization of organic anticorrosion coatings by dynamic mechanical analysis, Vickers micro hardness, and infra-red analysis[J]. Polymer Degradation and Stability, 2000, 74(1): 59-67.
- [7] 曹楚南. 中国材料的自然环境腐蚀[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 164-165.
- [8] 杨育农, 胡行俊, 龚浏澄. 塑料老化与防老化技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [9] 李国庆, 夏辉华. 高分子材料日光老化、人工氙灯老化中光学因素的分析[J]. 绿色建筑, 2007, 23(4): 10-11.
- [10] 王俊, 揭敢新. 高分子材料的老化试验[J]. 装备环境工程, 2004, 2(3): 47-53.
- [11] Yang X F, Vang C, Tallman D E, et al. Weathering degradation of a polyurethane coating evaluation[J]. Polymer Degradation and Stability, 2001, 74: 341-351.
- [12] 万里鹰, 张博, 赵晴, 等. 聚氨酯涂料人工加速老化行为的研究[J]. 南昌航空工业学院学报(自然科学版), 2007, 21(1): 52-6.
- [13] 岳清瑞, 杨勇新, 郭春红等. 浸渍树脂快速与自然老化试验对应关系[J]. 工业建筑, 2006, 36(8): 2-5.
- [14] Schutz E, Berger F, Dirckx O. Study of degradation mechanisms of a paint coating during an artificial aging test[J]. Polymer Degradation and Stability, 1999(65): 123-130.
- [15] 马艳秋, 王仁辉, 刘树华, 等译. 材料自然老化手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2004.

收稿日期: 2018-02-28