

外墙涂料的研究现状与展望

赵 斌 潘志华 徐赛赛 杨刘琨

(南京工业大学材料科学与工程学院, 南京 210009)

摘 要 随着国家和地方政府对墙面砖、玻璃幕墙等外墙装饰材料使用的限制, 外墙涂料开始逐渐被人们关注。综述了近年来隔热外墙涂料、高装饰性外墙涂料、自清洁外墙涂料和弹性外墙涂料等研究现状, 并分析了各种涂料优缺点, 对外墙涂料的研究方向进行了展望。

关键词 外墙涂料, 多功能, 复合型, 展望

Research and prospect on coating material for exterior wall

Zhao Bin Pan Zhihua Xu Saisai Yang Liukun

(College of Materials Science and Engineering Nanjing Tech University, Nanjing 210009)

Abstract With the national and local governments limiting use of the wall tile, glass curtain wall and other exterior decoration materials, exterior wall coating material begin gradually to follow with interest. The research status of thermal insulation exterior wall coating, high decorative exterior coating, self-cleaning exterior coating and flexible exterior coating were reviewed. Meanwhile, the advantages and disadvantages of various coating materials were analyzed, and prospected the research direction of coating material for exterior wall as well.

Key words exterior wall coating material, multifunction, compound type, prospect

进入 21 世纪以来, 随着经济活动的深入开展, 环境问题越来越突出, 而人们对周围生活环境的要求却越来越高。在外墙装饰材料中, 外墙涂料相对陶瓷面砖、大理石、铝合金玻璃幕墙、马赛克等装饰材料来说, 具有明显的节能环保优势。外墙涂料具有安全性高、多功能性、造价低等优势, 在国外被大力推广应用。一些发达国家的外墙涂料占到外墙装饰材料的 90% 以上。在我国, 随着对墙面砖、玻璃幕墙等外墙装饰材料使用的限制, 外墙涂料的使用正逐渐被建筑工程接受, 通过近些年的发展, 外墙涂料逐渐向环保型、水性化、多功能性的方向发展, 其研制也日益受到人们的关注。

1 外墙涂料的应用现状与研究进展

1.1 隔热外墙涂料

我国的建筑能耗已占到总能耗的 30% 以上^[1], 隔热外墙涂料涂覆于建筑物表面可以有效地降低建筑物表面及内部的温度变化, 可以有效降低建筑物能耗, 其应用对于改变生活环境和节约能源有重要的意义。

王夏夏等^[2]选用苯丙乳液为基料, 通过测试各种填料单独使用及与 TiO_2 配合使用后的隔热效果, 得出高折射率的白色颜料具有较好的隔热效果的结论。赵苏等^[3]选用自制的复合苯丙乳液作为基料, 添加 TiO_2 制备反射隔热涂料。当 TiO_2 添加量为 0.4% (wt, 质量分数, 下同) 时, 复合苯丙乳液制备的反射隔热涂料的反射率能达到 80%。Yamada 等^[4]发现, 根据颜色原理混配出的深颜色比单一深色颜料提供的深颜色红外吸收率低, 通过配以耐候性的树脂, 可制备出长效的太阳热反射涂料 (白色除外)。

为了使涂料具有优异的反射隔热性能, 研究者选择了不同种类的功能填料。任秀全等^[5]以丙烯酸乳液为基料, 通过添加重质碳酸钙和空心硼硅酸盐玻璃微珠制备了隔热性能优异的外墙涂料。陆洪彬等^[6]使用纯丙乳液为基料, 通过正交试验和极差分析发现, 单独添加红外填料的堇青石热反射率可达 90.7%, 添加空心玻璃微珠制备的复合隔热涂料的反射率可达 91.67%。程晟等^[7]通过对凹凸棒土进行不同方法的处理及改性, 制备出性能稳定的凹凸

棒土纤维隔热单元,当凹凸棒土掺杂量为 20%~30%时,隔热涂料的反射率能达到 82.5%。

王静等^[8]利用苯丙和纯丙乳液作为基料来制备热反射和低导热协同作用的隔热外墙涂料,当空心玻璃微珠掺杂量为 4%~10%时,隔热涂料的可见光反射比达到 90%以上,半球发射率大于 95%,隔热系数大于 60%。

陆洪彬等^[9]总结了阻隔型、反射型、辐射型和复合型隔热涂料的研究进展,并比较了各种类型隔热涂料的优缺点,介绍了隔热涂料的发展趋势,认为多种隔热机理协同作用的复合型隔热涂料将成为未来隔热涂料的发展趋势。

1.2 高装饰性外墙涂料

随着周围环境的恶化,装饰建筑物外墙的涂料除受到日晒雨淋外,还受到环境污染和强紫外线照射等影响,这些因素对外墙涂料的装饰性(耐候性和耐污性等)提出了更高的要求。

张心亚等^[10]在对颜基比(P/B)、颜料体积浓度(PVC)和基料分析的基础上,进行了高装饰性外墙乳胶漆的配方设计研究,确定 P/B 为 3.0 时,外墙乳胶漆的装饰性最佳;在保证 $PVC <$ 临界颜料体积浓度($CPVC$)的前提下,当 PVC 为 0.45 时,涂料的装饰性最好,得出以氟碳乳液、硅丙乳液为成膜基料的外墙乳胶漆的装饰性和装饰效果最好的结论。曾玉燕等^[11]将纳米材料和技术应用于外墙涂料,制得的纳米改性外墙涂料在装饰性等方面明显优于同类传统外墙涂料。

外墙涂料的基料主要以有机材料为主,所以一些研究者通过改善涂料基料的性能,使基料既有有机材料优良的成膜性,又有无机材料的硬度和耐候性,从而提高外墙涂料的装饰性。

金贞玉等^[12]将研制的复合胶[该复合胶使用改性剂使聚乙烯醇(PVA)与硅溶胶产生半互穿网络连接形成]作为涂料基料,再添加填料、助剂制备出性能优异、具有高装饰性的水性外墙涂料。酒新英^[13]采用有机硅和丙烯酸树脂拼用的方法制备了有机硅改性丙烯酸并作为外墙涂料的基料,再添加填料、助剂制备出性能优异、具有高装饰性的水性外墙涂料。闫星星等^[14]也进行了类似研究。陈明毅等^[15]对有机硅改性丙烯酸乳胶漆的配方和制备工艺进行了研究,重点讨论了乳液的选择与不同 PVC 的设计对涂料性能的影响,得出有机硅改性丙烯酸制备的外墙涂料装饰性能优异的结论。

1.3 弹性外墙涂料

建筑物外墙的混凝土、砂浆会因温度变化、干湿交替、冻融循环及外力作用而产生裂纹,从而导致建筑物出现渗漏水引起钢筋锈蚀,容易造成建筑物局部破坏,也会导致 CO_2 气体侵入致使混凝土碳化速度加快。弹性外墙涂料具有良好的装饰效果,并且具有防水和遮盖裂缝功能,因此得到了大力推广和使用。

曾国屏等^[16]采用新型的 SiO_2 杂化水性聚氨酯与丙烯酸酯复合乳液研制出一种高性能外墙弹性乳胶漆。研究表明:在 50% SiO_2 杂化水性聚氨酯乳液与 50%苯丙乳液共混复合时, PVC 为 30%的外墙弹性乳胶漆的综合性能最优。

石军等^[17]选用装饰性能优异的氟碳乳液和紫外交联弹性乳液复配的乳液为基料,通过对填料、颜料、助剂等选择和复配,制备出的弹性外墙涂料断裂延伸率高达 350%,拉伸强度高达 2.5MPa,而且还具有优异的耐老化性和高装饰性。蔡继权等^[18]也进行了类似实验,通过优化配方制备出各项性能突出的弹性外墙涂料。

何庆迪等^[19]的研究表明,弹性好的丙烯酸聚氨酯与强度高的丙烯酸聚氨酯的复配比例在 2:1~3:1 时,制得的弹性涂料性能优异。实验还研究了涂料的 PVC 对弹性外墙涂料主要性能的影响。结果表明,涂料 PVC 应不超过 35%,最好控制在 20%~30%,涂膜的断裂伸长率在 400%左右,拉伸强度在 4~5MPa。

任秀全等^[5]采用自交联型丙烯酸系乳液与纯丙乳液混拼作为基料,对比了不同混拼比例、不同 PVC 对涂膜拉伸强度和延伸率的影响。研究表明,随着混拼乳液中高玻璃化温度乳液比例的增加,涂膜的拉伸强度提高、延伸率降低。

弹性涂料能产生弹性的根本原因在于弹性乳液的玻璃化温度 T_g 值低于一般乳液,使其在常温状态下能使高分子聚合物处在一种“高弹态”的状态^[20],从而产生弹性,这也造成弹性外墙涂料的耐沾污性差。张之涵等^[21]选用聚氨酯分散体 PUD-1,固化剂选用亲水改性聚异氰酸酯,通过优化配方,制备出各项性能优异的外墙弹性涂料,很好地平衡了弹性外墙涂料的断裂伸长率、拉伸强度和耐沾污性。郭岳峰等^[20]使用氟元素改性的弹性丙烯酸乳液为基料,制备的氟碳弹性涂料结合了氟碳涂料和弹性涂料的优点,不但可以使涂料保持较高的弹性力学

性能,同时还可以克服其耐沾污性差的缺点。

1.4 自清洁外墙涂料

建筑外墙常年暴露在大气环境中,长期受到粉尘及悬浮颗粒的严重污染,造成大量建筑斑斑驳驳,严重影响建筑物的美观和城市形象,因此急需高性能的耐沾污外墙涂料来解决这一问题,其中自清洁外墙涂料使用较为普遍。

自清洁外墙涂料种类繁多,根据自清洁原理可分为疏水型、亲水型和微粉化型自清洁外墙涂料^[22]。

冯艳文等^[23]以钛/硅树脂与苯丙乳液进行复配,选用 $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ /电气石为复合光催化剂,通过优化配方制备的自清洁建筑外墙涂料具有超亲水性,其涂层与水的接触角能够良好地保持在 $5\sim 8^\circ$ 。江洪申^[24]通过在聚氨酯中引入有机硅基团,利用有机硅的表面迁移及水解效应,使涂膜表面覆盖一层无机亲水薄膜,使污染物不易附着、容易脱落,从而达到雨水自洁净的效果。通过把涂膜表面设计成亲水性,董善刚等^[25]制备了自清洁外墙涂料。

刘兰轩等^[26]选用含氟树脂作为基料,并加入有光催化效果的纳米 TiO_2 ,研制的外墙涂料具有亲水和微粉化自清洁作用。

蒋柏泉等^[27]采用自制的改性硅丙乳液做基料,自制的改性硅石灰做填料,自制的改性微晶蜡做助剂,并对涂料总配方进行优化设计,制备具有荷叶效应的拒水自洁外墙涂料,其涂膜与水的接触角高达 140° 左右,从而达到自清洁效果。贾正锋等^[28]采用 γ -甲基丙烯酰氧基丙基三甲氧基硅烷(MPTMS)、N-甲基全氟辛基磺酰基胺基丙烯酸乙酯(MPSAEA)和甲基丙烯酸甲酯共聚,并在聚合物中成功引入含氟单体,然后利用原位复合技术引入 TiO_2 纳米微粒,制备了均匀透明的 TiO_2 纳米复合含氟聚合物外墙涂料,涂层与水的最大接触角达 125° ,该涂料具有优异的疏水性与自清洁性。

1.5 其他外墙涂料

除以上几种常见的外墙涂料之外,研究者还进行了新型外墙涂料的研究与制备。戴志浩等^[29]报道了一种以进口无机硅酸锂镁保护胶为基础的凝胶型水包水型多彩外墙涂料的配方设计和生产工艺,实验发现这种保护胶浓度越高,粒子越硬,当保护胶质量分数控制在 $6\%\sim 8\%$ 时,成漆具有良好的稳定性和施工性。

王政芳等^[30]以硅酸盐溶液为主要原料,利用少量自制的有机硅聚合物乳液与硅酸盐进行杂化反

应,来改善无机材料的脆性特点,并添加合适填料与助剂制备了一种单组分的无机硅酸盐涂料,其涂层具有优异的粘附力、柔韧性、防水性以及耐污性等。

曾光远^[31]报道了纳米硅溶胶的性质及应用,由于纳米硅溶胶能在涂层连接处发生渗透、硬化粘结的综合效应,产生机械咬合与化学键合的综合结果,因而具有优于一般涂料的表面附着粘结力。薛小倩等^[32]报道了一种以硅溶胶为主要成膜物质的外墙涂料的制备方法,介绍了乳液选择、颜填料和助剂对外墙涂料的影响,制备的外墙涂料性能优异、贮存稳定性好。

质感外墙涂料具有厚重、自然质朴的装饰效果,同时具有优异的附着力、耐久性和抗老化能力,引起众多研究者的关注。刘宝等^[33]以改性硅丙乳液复合部分弹性乳液为基料,天然石英砂为主要填料,辅以多功能助剂制成建筑外墙复合型质感涂料,其涂层具有性能优异、色彩丰富的特点。信会鹏等^[34]以苯丙乳液为主要成膜物质,纤维素类片状胶粒为主要填料制备了仿石涂料,发现其性能优异、性价比高及装饰效果好。

2 外墙涂料应用中出现的问题及未来的发展方向

随着外墙涂料在外墙装饰材料中使用比例的提高,我国外墙涂料存在的问题也日渐突出,导致人们在外墙装饰材料选择中对外墙涂料心存质疑,从而影响到外墙涂料的广泛使用。由于我国外墙涂料研究起步较晚,导致市场上的外墙涂料品种单一、功能性差。对于不同场合使用的涂料没有区分开来,以至于性能优异的外墙涂料出现装饰效果差,影响外墙涂料的推广使用。

外墙涂料中出现低档次、性能较差的涂料占比较大的现象,究其原因这是由于国内对外墙涂料研发与技术创新力度小以及高档次外墙涂料成本高、利润小等。

高校也开展了高档次、性能优异的外墙涂料的研究且研发的产品性能稳定,但缺乏与公司的合作,导致研究成果得不到应用。因此,政府和学校应该搭建校企合作平台并鼓励高校与企业合作,加快科研成果的转化,从而提高外墙涂料技术水平。

外墙涂料的性能与涂料施工有着密切关系。大量实践证明,许多外墙涂料装饰效果不理想是施工不当造成的^[35]。因此,研究开发配套的先进施工技

术以及严格的质量控制,同样应当引起人们足够的重视。

3 结语

在经济快速发展、人民生活水平不断提高的背景下,人们开始关注环境问题。这也促进了外墙涂料行业加速研发环保型、节约型外墙涂料产品,而要提高外墙涂料在建筑装饰材料中的使用比例,水性化、多功能及复合型外墙涂料是未来的发展方向。

参考文献

- [1] 涂逢祥.大力推进建筑节能迫在眉睫[J].墙材革新与建筑节能,2004(7):7-8.
- [2] 王夏夏,王群英,熊君山,等.外墙反射隔热涂料的研制[J].涂料工业,2011,41(3):49-52.
- [3] 赵苏,吕剑,孙艳丽,等.外墙隔热涂料用复合苯丙乳液的研制[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2016(1):132-140.
- [4] Yamada Naofusa, Hatsuo Inagaki, Hironobu Kawasaki. Solar heat-shielding coating composition and coated structure: US, 5540998[P].1996-01-30.
- [5] 任秀全,陈鹏,张国英,等.太阳热反射弹性涂料的研究[J].新型建筑材料,2004(2):26-28.
- [6] 陆洪彬,陈建华,冯春霞,等.复合型外墙隔热涂料的研究[J].化工新型材料,2007,35(6):77-78.
- [7] 程晟,王群英,熊君山,等.改性凹凸棒土作为隔热单元的新型水性隔热外墙涂料的制备[J].新型建筑材料,2010(6):85-88.
- [8] 王静,曹延鑫,冀志江,等.水性建筑反射隔热涂料的研制[J].化工新型材料,2010,38(4):140-143.
- [9] 陆洪彬,陈建华.隔热涂料的隔热机理及其研究进展[J].材料导报,2005,19(4):71-73.
- [10] 张心亚,黄洪,阎虹,等.高耐候、耐污外墙乳胶漆的配方设计[J].江苏大学学报(自然科学版),2009,30(2):183-187.
- [11] 曾玉燕,方军,陈剑华,等.高耐候性纳米复合外墙涂料[J].涂料工业,2003,33(10):1-4.
- [12] 金贞玉,邹国华.聚乙烯醇-硅溶胶基水性外墙涂料[J].电镀与涂装,2013,32(3):66-70.
- [13] 酒新英.有机硅改性丙烯酸高耐候性外墙涂料[J].中国涂料,2006,24(5):36-37.
- [14] 闫星星,王存军,刘宪文.复合外墙涂料的耐候性和耐沾污性研究[J].中国涂料,2013,28(9):36-41.
- [15] 陈明毅,张熠,陈树云,等.高性能硅丙外墙涂料的研究[J].上海涂料,2009,47(1):7-9.
- [16] 曾国屏,陈衍华,孙复钱,等.高性能外墙弹性乳胶漆的研制[J].现代涂料与涂装,2011,14(12):1-4.
- [17] 石军,吴庆喜,汤情文,等.高性能氟碳改性弹性建筑外墙涂料的研制[J].2011,14(8):28-30.
- [18] 蔡继权,石军,吴勇.氟碳改性弹性外墙乳胶漆[J].浙江化工,2011,42(10):1-5.
- [19] 何庆迪,孔志元,史立平.水性聚氨酯外墙弹性涂料的制备和研究[J].上海涂料,2006,44(1):1-4.
- [20] 郭岳峰,段文锋,徐恩顺.氟碳弹性涂料及其制备方法:中国,201410799038.X[P].2015-04-29.
- [21] 张之涵,沈剑平,魏亮,等.新型高性能双组分水性聚氨酯外墙弹性涂料[J].涂料技术与文摘,2013,34(10):35-39.
- [22] 何庆迪,蔡青青,史立平,等.自清洁涂料的技术发展[J].涂料技术与文摘,2012,33(7):30-34.
- [23] 冯艳文,尚亚平,宋海燕.钛/硅树脂-苯丙复合乳液自清洁建筑外墙涂料的研制[J].新型建筑材料,2016,6:36-38.
- [24] 江洪申.耐油污、自洁净防腐涂料[J].腐蚀与防护,2008,29(10):611-613.
- [25] 董善刚,刘全英,刘永屏.一种光催化自清洁高效防水单层弹性涂料:中国,201310673984.5[P].2013-12-11.
- [26] 刘兰轩,刘秀生,李承樵,等.自清洁型氟碳涂料的研究[J].材料保护,2006,39(10):36-37.
- [27] 蒋柏泉,李岂凡,邱宝玉,等.仿生自清洁外墙涂料的制备[J].南昌大学(工科版),2007,29(4):311-314.
- [28] 贾正峰,周静芳,党鸿辛,等.含氟聚合物-纳米 TiO_2 复合涂层疏水性探讨[J].化学建材,2004,2:3-5.
- [29] 戴志浩,胡中源,于占江.凝胶型水包水多彩外墙涂料的探讨[J].中国涂料,2013,28(9):48-52.
- [30] 王政芳,罗广建,陈海生,等.无机硅酸盐涂料的研制及应用[J].广州化学,2014,39(3):1-6.
- [31] 曾光远.纳米硅溶胶在建筑涂料中的应用[J].化工新型材料,2005,33(5):67-69.
- [32] 薛小倩,刘洪亮,郭京林.外墙无机建筑涂料的制备[J].上海涂料,2014,52(1):9-12.
- [33] 刘宝,宋微.建筑外墙复合型质感涂料的制备与应用[J].上海涂料,2014,52(11):50-52.
- [34] 信会鹏,潘立,刘宝,等.多功能仿天然花岗岩涂料的研究与应用[J].新型建筑材料,2008(10):67-68.
- [35] 王成忠.外墙涂料施工质量分析及预防措施[J].上海涂料,2011,49(11):51-53.

收稿日期:2017-03-06

修稿日期:2018-03-02