

一、中文信息

1. 姓名

刘福春

2. 照片



3. 部门、职务（或博导/硕导）

材料环境腐蚀研究中心纳米复合涂料研究组组长、研究员、博导

4. 联系方式

办公电话：024-23915895

传真：024-23894149

Email: fcliu@imr.ac.cn

5. 简历

1988 年大连轻工业学院本科毕业；1999 年东北大学硕士毕业；2002 年获中国科学院金属研究所博士学位。2013 年到葡萄牙里斯本、阿威罗大学做短期访问学者。先后承担了国家自然科学基金重大项目“聚氨酯光降解行为的研究”、国家科技支撑计划“高性能压载舱涂料制备技术开发与示范”和“抗渗透纳米复合涂料技术研究”、973 计划“纳米浓缩浆和航空纳米复合涂料”和“海洋环境中材料腐蚀的微生物-电化学反应机理研究”等国家项目；沈阳市科学技术计划项目“溶剂型纳米浆的研制及其在涂料中的应用”；以及中车青岛四方机车车辆股份有限公司、国家电网公司等企业委托项目，共计 20 余项。对纳米材料的制备、改性、分散进行了深入研究，发明了纳米氧化物浓缩浆，解决了纳米氧化物粒子的不易分散的难题。并且研究了 TiO_2 、 ZnO 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 、Al、Zr 等纳米粒子在有机涂层中的耐蚀机理。研究结果表明稳定分散的纳米粒子可明显改进传统涂层的耐腐蚀性、耐磨性、耐候性。所研制的不同系列纳米复合涂料已在飞机、

电力设施、船舶上应用。到目前为止在国内外学术期刊上发表论文 60 余篇，获得 32 项授权发明专利。

6. 研究领域

主要针对航空、高铁、船舶、石化、海洋设施、电力设施等领域的金属材料，研制各种高性能的纳米复合功能涂料，并开展工程化应用研究。在进行应用研究的同时，进行特殊环境(如高温、低温、高湿度、高盐度、强酸碱、高紫外等)条件下涂层防护和失效机理方面的研究。

7. 近期发表论文

[1] Song Chunlei, Chai Ke, Wu Jinyi, Shi Hongwei, **Liu Fuchun**, Han En-Hou Effects of Pseudomonas on the deterioration of polysiloxane coating containing nano-silica in sea water. **Journal of Coatings Technology Research**. DOI 10.1007/s11998-016-9827-z.

[2] Gang Wang, Ke Chai, Jinyi Wu, **Fuchun Liu**. Effect of Pseudomonas putida on the degradation of epoxy resin varnish coating in seawater. **International Biodeterioration & Biodegradation**, 2016, 115: 156-163.

[3] Hongwei Shi, En-Hou Han, **Fuchun Liu**, Tao Wei, Zhengwang Zhu, Daokui Xu. Study of corrosion inhibition of coupled Al₂Cu–Al and Al₃Fe–Al by cerium cinnamate using scanning vibrating electrode technique and scanning ion-selective electrode technique. **Corrosion Science**, 2015, 98: 150–162.

[4] Tianhui Hu, Hongwei Shi, Tao Wei, **Fuchun Liu**, Shihua Fan, En-Hou Han. Cerium tartrate as a corrosion inhibitor for AA 2024-T3. **Corrosion Science**, 2015, 95: 152–161.

[5] Zhenhuang Tian, Hongwei Shi, Fuchun Liu, Shukun Xu, En-Hou Han. Inhibiting effect of 8-hydroxyquinoline on the corrosion of silane-based sol–gel coatings on AA 2024-T3. **Progress in Organic Coatings**, 2015, 82: 81–90.

[6] Hongwei Shi, **Fuchun Liu**, En-Hou Han. Surface-engineered Microcapsules by Layer-by-layer Assembling for Entrapment of Corrosion Inhibitor. **Journal of Materials Science & Technology**, 2015, 31: 512-516.

[7] Zhenyu Wang, Enhou Han, **Fuchun Liu**. A study on waterborne epoxy nanocoatings modified by nanoemulsions and nanoparticles. **Journal of**

Materials Science & Technology, 2014, 30(10): 1036-1042.

[8] Cerium cinnamate as an environmentally benign inhibitor pigment for epoxy coatings on AA 2024-T3, Hongwei Shi, En-Hou Han, S.V. Lamaka, M.L. Zheludkevich, **Fuchun Liu**, M.G.S. Ferreira, **Progress in Organic Coatings**. 2014, 77: 765-773.

[9] Hongwei Shi, Zhenhuang Tian, Tianhui Hu, **Fuchun Liu**, En-Hou Han, M. Taryba, S.V. Lamaka. Simulating corrosion of Al₂CuMg phase by measuring ionic currents, chloride concentration and pH. **Corrosion Science**, 2014, 88: 178-186.

[10]Chen, J.-Y.; Smet, M.; Zhang, J.-C.; Shao, W.-K.; Li, X.; Zhang, K.; Fu, Y.; Jiao, Y.-H.; Sun, T.; Dehaen, W.; **Liu, F.-C.**; Han, E.-H. Fully branched hyperbranched polymers with a focal point: analogous to dendrimers. **Polymer Chemistry**, 2014, 5: 2401-2410.

[11]Li, Y.; Chen, X.; Li, Q.; Song, K.; Wang, S.; Chen, X.; Zhang, K.; Fu, Y.; Jiao, Y.-H.; Sun, T.; **Liu, F.-C.**; Han, E.-H. Layer-by-Layer Strippable Ag Multilayer Films Fabricated by Modular Assembly. **Langmuir**, 2014, 30: 548-553.

[12]Li, W.-Z.; Wei, W.; Chen, J.-Y.; He, J.-X.; Xue, S.-N.; Zhang, J.; Liu, X.; Li, X.; Fu, Y.; Jiao, Y.-H.; Zhang, K.; **Liu, F.**; Han, E.-H. Stirring-assisted assembly of nanowires at liquid–solid interfaces. **Nanotechnology**, 2013, 24: 105302.

[13]Yongsheng Hao, **Fuchun Liu***, En-Hou Han, Saima Anjum, Guobao Xu. The mechanism of inhibition by zinc phosphate in an epoxy coating. **Corrosion Science**, 2013, 69: 77-86.

[14]**Fuchun Liu***, En-Hou Han, Wei Ke, Nan Tang, Junbiao Wan, Guilai Yin, Jingwei Deng, Kangwen Zhao. Polar Influence of the Organic Modifiers on the Structure of Montmorillonite in Epoxy Nanocomposites, **Journal of Materials Science & Technology**, 2013, 29(11): 1040-1046.

[15]Yongsheng Hao, **Fuchun Liu***, Enhou Han. Inhibitive behavior and mechanism of a ferrite inhibition pigment in epoxy paints. **Journal of The Electrochemical Society**, 2012, 159 (9): C403-C410.

- [16]Yongchun Liang, **Fuchun Liu***, Ming Nie, Shuyan Zhao, Jiedong Lin, En-Hou Han. Influence of Nano-Al Concentrates on the Corrosion Resistance of Epoxy Coatings. **Journal of Materials Science & Technology**, 2013, 29(4): 353-358
- [17]Hongwei Shi, En-Hou Han, **Fuchun Liu**, Silvar Kallip. Protection of 2024-T3 aluminium alloy by corrosion resistant phytic acid conversion coating. **Applied Surface Science**, 2013, 280: 325-331.
- [18]Yongsheng Hao, **Fuchun Liu***, Enhou Han. Mechanical and barrier properties of epoxy/ultra-short glassfibers composite coatings. **Journal of Materials Science &Technology**, 2012, 28(12): 1077-1084.
- [19]Zhenyu Wang, Enhou Han, **Fuchun Liu**, Wei Ke. Ageing resistance and corrosion resistance of silicone-epoxy and polyurethane topcoats used in sea splash zone, **Materials and Corrosion**, 2012, 63: 1-8.
- [20]Hongwei Shi, **Fuchun Liu**, En-Hou Han. Improving the corrosion resistance of epoxy coatings modified with silane monomers on AZ31D magnesium alloy, **Canadian Metallurgical Quarterly**, 2012, 51(4): 485-490.
- [21]Yongsheng Hao, **Fuchun Liu***, Hongwei Shi, En-Hou Han, Zhenyu Wang, The influence of ultra-fine glass fibers on the mechanical and anticorrosion properties of epoxy coatings. **Progress in Organic Coatings**, 2011, 71: 188-197.
- [22]Hongwei Shi, **Fuchun Liu***, En-Hou Han. The corrosion behavior of zinc-rich paints on steel: Influence of simulated salts deposition in an offshore atmosphere at the steel/paint interface. **Surface & Coatings Technology**, 2011, 205: 4532-4539.
- [23]Hongwei Shi, En-Hou Han, **Fuchun Liu**. Corrosion protection of aluminium alloy 2024-T3 in 0.05 M NaCl by cerium cinnamate. **Corrosion Science**, 2011, 53: 2374-2384.
- [24]赵书彦, 陈军君, 刘福春, 徐松, 柯伟, 胡波涛, 揭敢新, 新型硅土对电力金具防护涂层的影响, 材料研究学报, 2016, 30 (2) 107-114

- [25]杨大宁,赵书彦,符传福,刘福春,陈林聪,韩恩厚,海南电网变电站金属架构防护涂层的使用情况,腐蚀与防护,2016,37(3)249-267
- [26]刘福春,向超,赵书彦,杨大宁,韩恩厚,刘常升,符传福,陈林聪,锌含量对冷镀锌涂料的腐蚀保护机制的影响,腐蚀科学与防护技术,2016,28(3)253-258
- [27]赵书彦,陈军君,刘福春,徐松,韩恩厚,胡波涛,陆佳政,纳米石墨/聚氨酯复合涂层的制备及防护性能,复合材料学报,2016,33(9)1868-1878
- [28]孙伟,祝邴伟,刘福春,韩恩厚,柯伟,钱洲亥,揭敢新,纳米磷酸钡在环氧涂层中的防腐蚀机理研究,材料研究学报,2016,30(3)192-198
- [29]王思齐,祝邴伟,刘福春,韩恩厚,王震宇,钱洲亥,磷酸对氯乙烯-丙烯酸共聚物带锈涂层防腐性能的影响,中国腐蚀与防护学报,2016,26(3)281-286
- [30]王思齐,刘福春,揭敢新,韩恩厚,柯伟,王俊,一种有机膦酸锈转化剂的腐蚀保护机制研究,涂料工业,2016,46(12)1-6
- [31]赵书彦,尹桂来,刘福春,唐囡,韩恩厚,万军彪,邓静伟,模拟酸雨环境下电力金属防腐蚀涂层的防护性能研究,腐蚀科学与防护技术,2015,27(2)159-167
- [32]王思齐,刘福春,陈军君,韩恩厚,徐松,胡波涛,陆佳政,片状镍粉对氟碳涂层抗渗透性的影响,材料研究学报,2015,2(94)255-261
- [33]刘明明,邓静伟,刘福春,唐囡,韩恩厚,万军彪,尹桂来,装载缓蚀剂的蒙脱土对环氧涂层耐蚀性能的研究,腐蚀科学与防护技术,2015,27(1)54-58
- [34]孙伟,尹桂来,刘福春,唐囡,韩恩厚,万军彪,柯伟,邓静伟,装载缓蚀剂的纳米 SiO_2 对环氧涂层耐腐蚀性的影响,中国腐蚀与防护学报,2015,35(5)447-454
- [35]赵书彦,祝邴伟,刘福春,韩恩厚,王震宇,钱洲亥,输电杆塔防护涂层的耐老化性能研究,涂料工业,2014,44(10):1-6
- [36]孙伟,尹桂来,刘福春,唐囡,韩恩厚,万军彪,邓静伟,纳米 Cr_2O_3 对环氧涂层耐腐蚀性的影响,材料研究学报,2014,28(12):934-941
- [37]刘明明,尹桂来,刘福春,唐囡,韩恩厚,万军彪,邓静伟,二次插层蒙脱土的制备及其对环氧涂层耐蚀性的影响,材料研究学报,2014,29(9):668-674
- [38]王震宇,韩恩厚,刘福春,纳米复合海洋涂料在船舶防腐蚀应用研究,中国

材料进展, 2014, 33 (1): 14-19

8. 近期获得专利

- [1] 具有自修复功能的环氧带锈涂料及其制备方法, ZL 201410251084.6
- [2] 具有自修复功能的聚氨酯带锈涂料及其制备方法, ZL 201410249847.3
- [3] 纳米改性聚硅氧烷无毒低表面能船舶防污涂料及其制备方法, ZL201210074386.1
- [4] 无铬纳米复合环氧航空涂料及其制备方法, ZL201210074812.1
- [5] 无铬纳米复合聚氨酯航空涂料及其制备方法, ZL201210074390.8
- [6] 一种溶剂型纳米二氧化硅浓缩浆及其制备方法, ZL201110272982.6
- [7] 超高硬度有机防护涂料及其制备方法, ZL201010505265.9

9. 学术活动 (近期国际国内会议报告及任职等)

报告题目	会议名称	会议时间	会议类型	报告类型
超疏水防冰涂层的研究进展	航空航天与微纳系统 技术交叉学科论坛	2016.12.4	国内会议	特邀报告
Nano concentrates Manufacturing and its application in Coatings	11th Coating Science International Conference	2015.6.22	国际会议	大会报告
磷酸锌在环氧涂层中的耐腐蚀机理研究	第三届全国涂料科学与 技术会议	2014.10.27	国内会议	大会报告
纳米复合涂料的最新研究及应用进展	2014 工业涂料创新技术 大会	2014.10.22	国内会议	特邀报告
纳米复合涂料的发展现状及未来	2014 年中国涂料、颜料 行业工作年会	2014.3.18	国内会议	特邀报告

10. 获奖情况

“输变电设备防腐材料开发及应用关键技术研究” 获得国家电网公司 2016 年度中国电力科学技术奖三等奖;

2015 年“输变电设备防腐材料开发及应用关键技术研究” 获得国家电网公司科学技术进步二等奖;

2013 年“船舶与大型海洋工程防护涂料及关键技术研发” 获得大连市科学技术二等奖;

2011 年获中国科学院金属研究所科技创新奖;

2006 年“纳米氧化物浓缩浆与纳米复合涂料” 获得国家技术发明二等奖;

2005 年“纳米氧化物浓缩浆与纳米复合涂料” 获得辽宁省技术发明一等奖;

2005 年“高含量、低粘度纳米浓缩浆及其产业化”获得苏州科学技术进步奖。

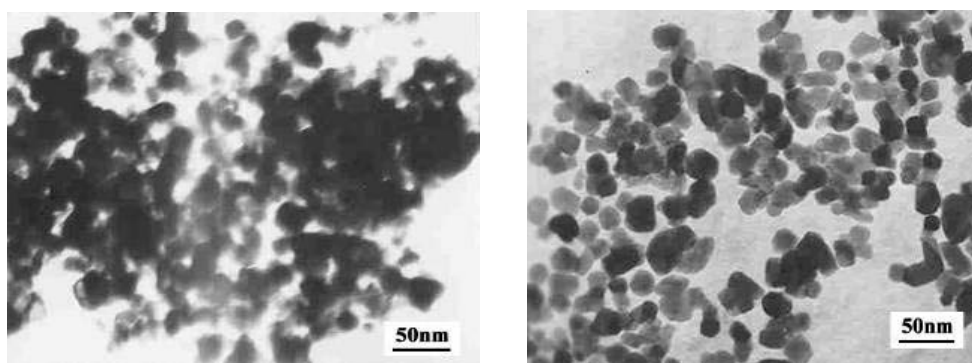
11. 社会任职

International Coating Approval Scheme (ICAS) 委员；

担任《涂料工业》、《中国涂料》编委和中国涂料工业协会专家委员会委员。

12. 重要科研成果

(1) 为了研制航空高性能涂层，提出了解决纳米氧化物粉体材料团聚性、分散稳定性的方法，提出纳米氧化物浓缩浆的制备工艺方法，从而有效打开纳米粉体材料的团聚体，形成单分散状态，之后与高分子分散剂充分结合形成包覆体，获得高浓度、低粘度纳米氧化物浓缩浆。提出了两步法制备纳米复合涂料的方法，显著提高了纳米氧化物在涂料的分散效果和纳米氧化物粉体的利用效率，制备出高性能的纳米复合涂料。



传统技术

纳米浓缩浆技术

图 1 纳米氧化锆粒子在涂层中的分布情况

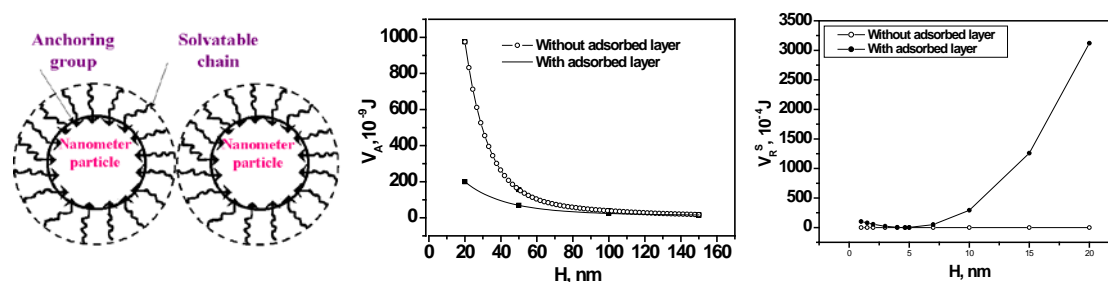


图 2 分散稳定机理研究：吸附层对范德华吸引能和位阻势能的影响

(2) 阐明纳米颗粒提高涂层耐老化性、抗腐蚀性的机制，通过设计的典型环境（拉萨、万宁、敦煌、漠河、沈阳）5 年户外暴晒试验、实验室氙灯老化加速试验、盐雾试验、电化学试验、飞机上 5 年严酷的海南区域环境现场试验，提出

了分散稳定的改性纳米粒子通过量子效应有效屏蔽了紫外线的耐老化机理；并提出了纳米粒子表面羟基与固化剂的交联反应，形成有机无机杂化聚合物的抗腐蚀性机理。在研究涂料耐老化性和抗腐蚀性机理基础上研发了性能优异的航空纳米复合涂料。并且解决了航空纳米复合涂料在飞机涂装的工程应用难题。目前，航空纳米复合涂料已在九个机种上应用。

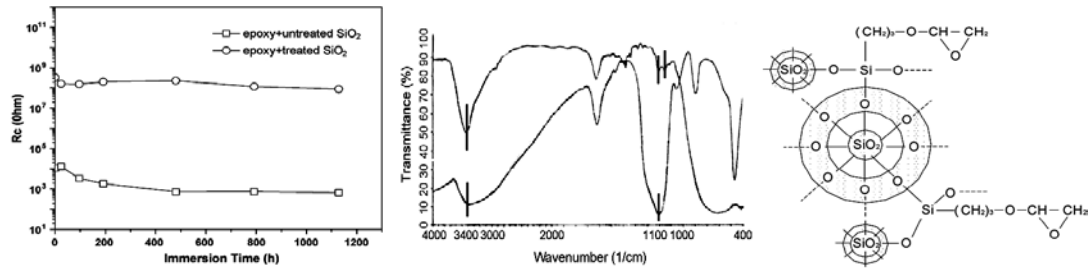


图 2 改性纳米氧化硅提高涂层耐蚀性机理研究：通过纳米氧化硅表面羟基与硅烷缩合反应，在聚合物中形成三维网络



图 3 纳米复合涂料涂装的飞机使用 5 年后仍然保持良好的光泽，无粉化、脱落、锈蚀现象



图 4 原使用进口涂料涂装的飞机表面使用不到两年就出现严重粉化、脱落、锈蚀现象

(3) 阐明不同纳米颗粒在涂料中的作用、以及工艺参数对涂料性能的影响规律，研制了高性能的电力纳米复合涂料，已在电网行业批量应用。利用纳米防锈颜料的包覆技术，有效控制防锈颜料释放，延长了纳米复合涂料的使用寿命，提高了涂层对不同基材料的适应性。并且解决了涂料在不同基材，即锈蚀的钢材和热镀锌基材、没有锈蚀的钢材和热镀锌基材、有旧涂层的钢材和热镀锌基

材的附着力问题。

电力纳米复合涂料已在东北电网黑龙江电力公司 110kV 火乐甲乙线、东北电网电力公司 220kV 长春西郊一次变电所、华北电网河北电力公司 220kV 临海线和苗庄变电所、华中电网湖南电力 500kV 长沙变电所、西北电网陕西电力 220kV 枣园变电站和 330kV 桥陵变电站等多个电力行业的重要防腐蚀工程获得应用，施工最长的年限已经有 8 年，所施工的各部位至今均未发现锈蚀现象，特别是在工业环境和海洋环境运行的变电站防腐蚀效果极为显著。解决了高压输电线路中电力杆塔和变电器等设施多年来没有解决的防腐蚀问题，而过去使用的传统涂料产品不到 3 年就需要重新修复。纳米复合涂料保证了变电站安全运行和电力输运保障，节约了变电站维护成本，带来了巨大的经济效益和社会效益。

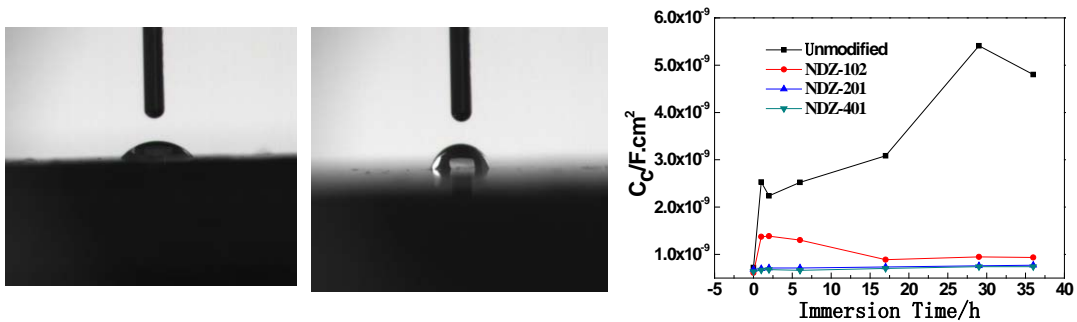


图 5 钛酸酯改性纳米氧化铈耐腐蚀机理研究，纳米氧化铈经过钛酸酯改性后表面能下降，并且降低了涂层电容



图 6 华中电网湖南电力 500kV 长沙变电站防腐工程

(4) 阐明纳米颗粒提高侵蚀性离子在涂料中的渗透机制，研制出的海洋工程和船舶纳米复合涂料在海洋工程设施、船舶压载舱开始应用。

(1)提出了纳米金属铝粉浓缩浆提高涂层抗渗透机制，根据 Pilling-Bedworth ratio，纳米铝粉优先参加腐蚀反应，生成的产物为 Al_2O_3 阻塞水传输通道。(2)揭示了防锈颜料作用机理。研究发现 Ferrinov-100 铁酸盐具有自修复功能，原因是该颜料中含有的 $Ca_{0.15}Fe_{2.85}O_4$ 水解后生成的钙离子会在钢材基底沉积难溶解

的碳酸钙；(3) 获得了常用磷酸锌防锈颜料具有防腐蚀作用的证据。发现磷酸锌能够与钢作用生成做含有 FePO_4 、 Fe_2O_3 、 FeO 缓蚀膜。(4) 利用超短玻璃纤维解决了压载舱涂料易开裂的工程应用难题。超短玻璃纤维也能够有效的降低涂层体系的热膨胀系数并且提高涂层的玻璃化转变温度。超短玻璃纤维对涂层耐腐蚀性的提高在于能阻挡腐蚀介质在涂层中的渗透过程。纳米复合压载舱涂料已在泥驳船上应用, 海洋工程纳米复合涂料已在大连的北大桥钢结构的表面维修工程及有关海洋设施防腐工程中应用。

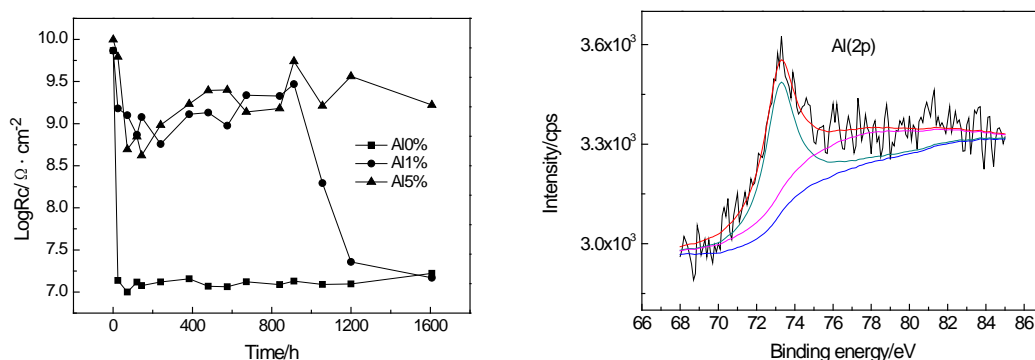


图 7 纳米铝粉浓缩浆提高涂层抗渗透性机制



空舱分段喷涂纳米复合环氧底漆

喷涂纳米复合环氧压载舱漆后的空舱分段

图 8 纳米复合压载舱涂料的喷涂现场

