**氯化橡胶在红外隐身涂料中的应用**

江苏瑞和新材料有限公司

**【摘要】**

论述了氯化橡胶在红外隐身涂料作为粘合剂的红外透明性、机械性能、与颜料的复合性、自身改性的应用特点，分析了氯化橡胶粘合剂与其它红外隐身粘合剂的区别。

**【关键词】**氯化橡胶；红外隐身涂料；红外透明性；物理机械性能

**引言**

红外隐身涂料是一种能通过涂覆在目标物体表面，有效降低目标物红外辐射量的功能性涂料。由于军事装备及设施因自身温度产生的红外辐射与背景形成强烈的辐射反差，随着红外探测系统的发展和探测精度的提高，增加了被发现的概率，使目标物的安全和生存受到了严重威胁。因此，世界各军事强国都投入大量社会力量研发红外隐身涂料。

粘合剂是红外隐身涂料的主要成膜物质，也是影响隐身涂层发射率的主要因素之一。据研究，红外隐身涂料在红外频段的吸收至少有60%取决于粘合剂。选择粘合剂不仅要求其所成膜应耐腐蚀、耐冲击、能将颜料牢固地粘合在目标物表面，而且粘合剂自身必须在所选波段（一般为0.76~1.5μm，3~5μm和 8~14μm）是红外透明。目前红外隐身涂料使用最多的为高分子粘合剂。

**1 具有优异红外透明性的氯化橡胶粘合剂**

研发红外透明聚合物一直是红外隐身涂料的研究重点，因其军事上的重要性和敏感性，在已公开发表的相关文献中缺乏系统完整数据。可以根据美国涂料技术协会研究结果，从有机化合物连接键和基团来大致判断聚合物的红外吸收能力，如强吸收的有芳香族和烯烃族连接键；较强吸收的有羧酸、醚、乙醇、环氧、四甲基硅氧烷、有机氟化物、C-O、C-N；弱吸收的有亚甲基和C-C。氯化橡胶是天然或合成橡胶经过氯化反应得到的一种含六元环状单元结构形成的线型高分子，其分子结构中主要存在C-C，C-Cl键，这些化学键和基团皆为红外弱吸收，没有能引起强红外吸收的羰基和碳氧等基团。中国兵器工业第五九研究所涂料研究室对多种涂料用树脂体系进行比较，研究结果证实氯化橡胶红外透明性较好，可以作为红外隐身涂料的粘合剂。另外，航天材料及工艺研究所、兰州理工大学、洛阳理工学院、军械工程学院等单位的科研人员也在相关著作中肯定了氯化橡胶作为有机粘合剂在红外隐身涂料中的应用价值。

**2 氯化橡胶涂料优异的耐腐蚀、物理机械和施工性能**

红外隐身涂料需涂覆在坦克、飞机、车辆、枪械、舰船等金属表面，因此涂料粘合剂不仅要有红外波段高透明或低吸收性能，还要有良好的耐腐蚀、物理机械和施工性能。氯化橡胶树脂分子由单键构成，分子结构规整，其分子链上的C-Cl键有一定极性，与大多数的金属和非金属表面具有良好的附着性。氯化橡胶涂料在目标物表面喷涂成膜后，高分子链与链之间可通过脱去氯化氢反应以化学键紧密交联，使涂层具有极好的稳定性，对水蒸气和氧气有极低的透过率，仅为醇酸膜透过率的十分之一，有优异的耐盐、耐酸和耐碱性。未成膜固化的氯化橡胶涂料可以被多种溶剂所溶解，当涂覆在被涂物表面时，涂层与涂层之间的溶剂能够互相浸渗，加强了涂层之间粘附作用。氯化橡胶也克服了其它防腐涂料附着力欠佳、漆膜易成片脱落、硬度低、使用寿命短等缺陷，具有附着力强、硬度高、优良的耐温性、耐候性。氯化橡胶涂料能够在-5℃~40℃作业，干燥迅速，不受季节、温度限制，施工方便。

**3 氯化橡胶与红外隐身颜料之间良好的复合性能**

颜料是影响涂料隐身性能的重要因素之一，主要依靠高反射性颜料的调节作用，来满足红外热隐身涂料低发射率的要求。目前用于红外热隐身涂料配方中的颜料大致可分为3种：金属颜料、着色颜料和半导体颜料。有较高反射率的金属是红外热隐身涂料最常用和最重要的颜料种类，可用的有Al、Zn、Sn、青铜等，氯化橡胶的C-Cl键极性强，能很好地附着在上述金属颜料颗粒表面，将金属颗粒均匀分散在涂料中，进而均匀地涂覆在目标物表面。常用的着色颜料和半导体颜料有金属氧化物和氢氧化物颜料、硫化物颜料、无机盐颜料、有机颜料等，众多研究成果和实践案例已证实氯化橡胶能与这些颜料有良好的复合性能。基料与颜料的复合性能决定涂层能否协调发挥二者的优势，是制备稳定和良好隐身性能的红外隐身涂层关键因素之一。表1列出了氯化橡胶与不同颜料复合的单色涂层的发射率，涂层发射率已降至0.5~0.6左右，显示氯化橡胶应用于红外隐身涂料的巨大潜力。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 树脂体系 | 颜料 | 涂层辐射率 |
| 氯化橡胶 | CdS | 0.69 |
| Sb2S5 | 0.57 |
| Sb2S3 | 0.79 |
| ZnS | 0.59 |
| 群青 | 0.87 |
| 铬绿 | 0.79 |

表1 氯化橡胶与颜料复合的单色涂层的发射率

**4 氯化橡胶的改性**

随着探测技术发展，多频谱兼容型红外隐身涂料的研发日益迫切，为了适应新变化，对氯化橡胶粘合剂进行改性也成为必然。氯化橡胶是一种惰性树脂，具有较强的非极性，对氯化橡胶的改性多从制备阶段和以物理改性为主。氯化橡胶制备阶段中，可通过控制橡胶原料的分子量，得到不同粘度的氯化橡胶产品；也可对氯化工艺进行控制，调整氯化橡胶的含氯量，控制氯化橡胶C-H基团的占比，从而影响红外隐身涂层的发射率。氯化橡胶能与多种具有良好红外隐形功能的其它非极性树脂相容，如：Karton树脂（由聚乙烯中段与聚苯乙烯端段组成的共聚物）、氯化聚苯乙烯、丁基橡胶等，从而物理改性成各种性能的红外隐身粘合剂，以适应红外隐身涂料更精细化、更高精度的要求。

**5 氯化橡胶粘合剂与其它红外隐身粘合剂的比较**

红外隐身涂料粘合剂分为有机粘合剂和无机粘合剂，与有机粘合剂相比，无机粘合剂性能简单但物理机械性能和工艺性能较差，比如某些无机粘合剂用于隐身涂料需要高温固化成膜，会影响到吸收剂的吸波特性。因此，用于隐身材料的粘合剂研究多围绕有机粘合剂展开。红外隐身涂料文献中提到过的聚合物有烯烃类：聚乙烯、聚乙烯与乙烯乙酸醋的共聚物、聚乙烯与乙烯丁酸脂的共聚物等；橡胶类：氯化橡胶、环状橡胶、丁基橡胶、硅橡胶等；其它：醇酸树脂、硅醇酸树脂、聚氨脂等。其中聚乙烯热吸收率虽低，但工艺性能很差，不适合作涂料的粘合剂。醇酸树脂、硅醇酸树脂、聚氨醋、硅橡胶、聚苯乙烯热红外性能很差，实际上也不适宜作热隐身涂料粘合剂。氯化橡胶因其刚性的分子结构具有良好的热红外性能，另外氯化橡胶也是船舶涂料的首选树脂，相比其它树脂具有优异的耐盐、耐候和耐污性，用氯化橡胶制备海上装备及设施用红外隐身涂料粘合剂能显著提高使用寿命，氯化橡胶涂料制备工艺成熟，原料和施工成本相对低，在各类红外隐身涂料聚合物粘合剂中综合优势显著。

**结语**

综上所述，高分子粘合剂已经在红外隐身涂料方面得到了广泛的应用，其中氯化橡胶在红外透明性、所成膜的耐腐蚀、物理机械和施工性能、与颜料的复合性和改性方面表现突出，应进一步加强氯化橡胶在红外隐身涂料中的应用研究。

**【参考文献】**

[1] 李新华, 陈雷, 孟晓雄, 等. 国外涂料型红外隐身材料研制现状和发展方向分析[J]. 红外技术, 1994, 16(1), 5-11.

[2] 宋兴华, 於定华, 马新胜, 等. 涂料型红外隐身材料研究进展[J]. 红外技术, 2006, 26(2), 9-12.

[3] 李靖宇, 杜仕国, 施冬梅, 等. 红外隐身涂料粘合剂的研究进展[J]. 表面技术, 2009, 38(4), 72-74.