

综述·专论

天然胶乳气囊导尿管多次浸渍工艺的特点

李志锋^{1,2}, 陶金龙^{1,2*}, 孔娜^{1,2}, 赵鹏飞^{1,2}, 关杰^{1,2}, 丁宏达^{1,2}

(1. 中国热带农业科学院农产品加工研究所, 广东 湛江 524001; 2. 广东省天然橡胶加工重点实验室, 广东 湛江 524001)

摘要:天然胶乳气囊导尿管通过拼装和凝固剂与硫化胶乳的多次交替浸渍和干燥工艺制备而成。通过调整凝固剂和硫化胶乳的组分或固形物质量分数, 分别形成首层湿凝胶、形成充液腔和注药腔的胶膜层及装球囊后覆盖在球囊上的胶膜层等。分析每次浸渍凝固剂和硫化胶乳的工艺特点, 以适应不同规格和结构的天然胶乳气囊导尿管的需求。

关键词:天然胶乳; 气囊; 导尿管; 凝固剂; 硫化胶乳; 浸渍工艺

中图分类号: TQ331.2

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2021)08-0633-06

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2021.08.0633



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

天然胶乳成膜性能好, 湿凝胶强度高, 易于硫化, 所得制品具有优良的弹性、较高的强度、较大的伸长率和较小的蠕变等特点^[1-2]。天然胶乳产量中约10%被制成浓缩胶乳, 用于生产手套、避孕套、气球、导尿管等浸渍制品^[3-5]。气囊导尿管结构复杂, 其管身或管壁通常有排泄腔、充液(气)腔和注药腔, 管身还有可以充液(气)鼓起和排液(气)后又恢复与管身平滑贴合的气囊^[6-8], 其独特的结构可以应用凝固剂与硫化胶乳反复交替浸渍制作而成。

气囊导尿管的规格有8~28 Fr (1 Fr=0.33 mm)^[5], 其基本结构是管身的一端有1—2个排泄孔, 另一端有2—4个漏斗, 管身包裹着1—3个球囊, 管壁有1—3个充液腔或注药腔, 球囊的容积为3~50 mL不等。部分天然胶乳气囊导尿管外观见图1。

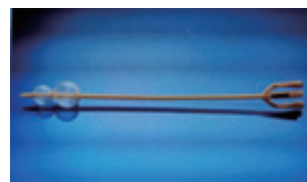
天然胶乳气囊导尿管是通过拼装^[5-9]和凝固剂与硫化胶乳交替浸渍和干燥而成的。就浸渍而成的凝胶或胶膜层而言, 天然胶乳气囊导尿管浸



(a) 双腔气囊导尿管



(b) 三腔气囊导尿管



(c) 三腔双囊导尿管

图1 部分天然胶乳气囊导尿管外观

Fig. 1 Appearance of some natural latex aerocyst catheters

基金项目:2018年度广东省科技创新战略专项资金竞争性分配项目(2018A01004); 中国热带农业科学院基本科研业务费(1630122017012); 广东省天然橡胶加工重点实验室专项基金资助项目(2019B121203004)

作者简介:李志锋(1966—), 男, 广东湛江人, 中国热带农业科学院农产品加工研究所工程师, 学士, 主要从事天然胶乳的应用研究。

*通信联系人(jinlongt1983@163.com)

引用本文:李志锋, 陶金龙, 孔娜, 等. 天然胶乳气囊导尿管多次浸渍工艺的特点[J]. 橡胶工业, 2021, 68(8): 633-638.

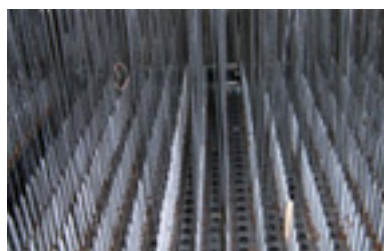
Citation: LI Zhifeng, TAO Jinlong, KONG Na, et al. Multiple impregnation process characteristics of natural latex aerocyst catheter[J]. China Rubber Industry, 2021, 68(8): 633-638.

渍胶层可分为首层湿凝胶、充液腔和注药腔的胶膜层和覆盖球囊的胶膜层,它们通过凝固剂与硫化胶乳多次交替浸渍和干燥而成。每次浸渍的凝固剂和硫化胶乳的组分或固形物质量分数各不相同,浸渍胶层工艺特点和用途也各不相同。

1 首层湿凝胶

1.1 首次凝固剂浸渍

天然胶乳气囊导尿管模具的首次凝固剂浸渍包括导尿管主模具、充液漏斗模具和注药漏斗模具(见图2)的首次凝固剂浸渍,其目的在于浸渍硫化胶乳干燥后,分别形成主模具首层湿凝胶、充液漏斗模具首层湿凝胶和注药漏斗模具首层湿凝胶。



(a) 固定在导尿管模片上的主模具



(b) 导尿管主模具、充液漏斗模具和注药漏斗模具

图2 天然胶乳气囊导尿管模具

Fig. 2 Mould of natural latex aerocyst catheter

仅从附型效果而言,“硝酸钙+陶土+水”凝固剂体系作导尿管主模具、充液漏斗模具和注药漏斗模具的首次凝固剂体系是较好的选择,但成品干燥后存在导尿管内腔难清洗和清洗出来的陶土对环境污染严重,迫使行业改进首次凝固剂体系,如“硝酸钙+轻质碳酸钙+水”“硝酸钙+轻质碳酸钙+异丙醇+甲基纤维素+水”^[8]等有粉凝固剂体系,目的是兼顾附型效果和导尿管内腔便于清洗。首次凝固剂的浸渍方式为:快速进入,慢速提起,使首次凝固剂附型均匀,凝固剂

干燥后进入后续工序。

1.2 首次硫化胶乳浸渍

天然胶乳气囊导尿管模具的首次硫化胶乳浸渍包括导尿管主模具、充液漏斗模具和注药漏斗模具的首次硫化胶乳浸渍。首次浸渍的硫化胶乳固形物质量分数为0.48~0.52。各种规格导尿管的管径为2.64~9.24 mm,首次浸渍的硫化胶乳可加入适量碳酸钙分散体或天甲胶乳来提高导尿管管身硬度^[10~11],改善管身偏柔软而在临床上难插管的缺点,克服特殊规格气囊导尿管在临床上出现球折^[10]和因气囊膨胀造成局部管身轴向拉伸而导致充液(气)腔或注药腔堵塞^[12]。

首次浸渍硫化胶乳的目的是形成主模具首层湿凝胶、充液漏斗模具湿凝胶和注药漏斗模具湿凝胶,为后续的拼装奠定基础。不同规格的主模具首层湿凝胶的管径控制在导尿管湿凝胶管径的58%~68%。

首次硫化胶乳浸渍方式为:中速进入,慢速出胶,减少浸渍出胶后胶乳流痕或管端处的胶滴,待湿凝胶完全定型后可以进入后续工序。

2 形成充液腔和注药腔的胶膜层

2.1 第2次凝固剂浸渍

将已定型的主模具湿凝胶、充液漏斗模具湿凝胶和注药漏斗模具湿凝胶进行第2次凝固剂浸渍,分别浸渍无粉清凝固剂体系,如“硝酸钙+异丙醇+水”凝固剂体系^[8,13]等。

第2次浸渍凝固剂的目的是增强拼装后浸渍硫化胶乳的凝固能力,使凝固形成的胶膜层达到一定厚度,满足后续工序的需要。第2次凝固剂的浸渍方式为:快速进入,慢速提起,减少浸渍提起时产生的流痕。若浸渍提起时管端有液滴,可以用海绵吸干。

后续的拼装是在湿凝胶状态下进行,为了避免湿凝胶过于“娇嫩”易被触碰伤,主模具湿凝胶、充液漏斗模具湿凝胶和注药漏斗模具湿凝胶第2次浸渍凝固剂后送入烘箱内干燥(70℃×10 min),适当提高首层湿凝胶的强度,有利于减少拼装时充液漏斗模具湿凝胶弯尖处和注药液漏斗模具湿凝胶弯尖处与主模具湿凝胶接触处的凝胶被触碰伤,避免出现导尿管排泄腔与充液腔或注药

腔相通的质量缺陷。

拼装步骤包括：(1) 在充液漏斗模具湿凝胶弯尖处穿插直径为0.7~0.8 mm的黑色胶丝；

(2) 在注药液漏斗模具湿凝胶弯尖处穿插直径为1.3 mm的黑色胶丝；(3) 各胶丝末端分别拉至合适长度，分别粘贴在主模具湿凝胶各测量位置上；

(4) 分别转动各充液漏斗模具湿凝胶和注药液漏斗模具湿凝胶，使其弯尖处对准并接触主模具湿凝胶，使黑色胶丝平整粘贴在主模具湿凝胶上，完成拼装。

不同模片的主模具湿凝胶可以拼装1—3个充液漏斗模具湿凝胶和1个注药漏斗模具湿凝胶。双腔气囊导尿管充液漏斗模具湿凝胶与主模具湿凝胶的拼装见图3。



(a) 充液漏斗模具湿凝胶弯尖处穿插黑色胶丝



(b) 转动充液漏斗模具湿凝胶和整理黑色胶丝

图3 双腔气囊导尿管充液漏斗模具湿凝胶与主模具湿凝胶的拼装

Fig. 3 Assembly of double chamber aerocyst catheter filling funnel mould wet gel and main mould wet gel

2.2 第2次硫化胶乳浸渍

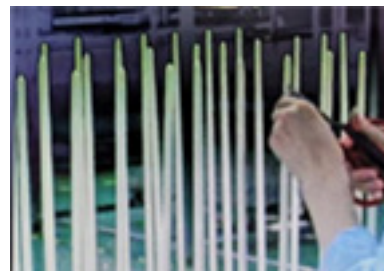
导尿管完成拼装后第2次浸渍硫化胶乳的目的是使干燥后的胶膜层完全覆盖粘贴于主模具湿凝胶的黑色胶丝上。导尿管脱模时抽出直径分别为0.7~0.8 mm和1.3 mm的黑色胶丝，分别形成管壁充液腔和注药腔。

第2次浸渍的硫化胶乳与首次浸渍的硫化胶

乳的组分和固形物质量分数相同，浸渍方式也相同：中速进入，慢速出胶，减少浸渍出胶后胶乳流痕或管端处的胶滴。第2次浸渍硫化胶乳后，不同规格主模具湿凝胶管径达到导尿管湿凝胶管径的80%~92%，模具再在烘箱内干燥至管端变微黄色，然后进入后续工序。

2.3 第3次硫化胶乳浸渍

第2次浸渍硫化胶乳干燥是为后续夹孔^[6]和装球囊工序作准备。夹孔是借助镊子和不锈钢剪刀将覆盖在形成充液腔的黑色胶丝末端的少许胶膜剪去，使脱模后形成的充液腔与球囊连通。装球囊是借助不锈钢夹将预先制作好的球囊球膜适当张开，手工将它平整地套在夹孔的管身段(见图4)。



(a) 气囊导尿管夹孔



(b) 气囊导尿管装球囊

图4 气囊导尿管夹孔和装球囊

Fig. 4 Clamping hole of aerocyst catheter and balloon loading

对多次硫化胶乳和凝固剂交替浸渍工艺而言，硫化胶乳含碳酸钙和钛白粉等分散体及干燥工艺控制不当，都可能导致浸渍两层以上的胶膜脱层^[14]。若第2次浸渍的硫化胶乳中加入适量碳酸钙分散体，为避免影响球囊两端与管身的粘合性能，增加浸渍1次不含碳酸钙和钛白粉分散体、固形物质量分数为0.25~0.30的硫化胶乳。第3次浸渍硫化胶乳的目的是使球囊装在不含碳酸钙和钛白粉分散体的胶膜层上，有利于球囊两端

与管身粘合牢固。

第3次浸渍硫化胶乳的操作方式为:快速进入,慢速出胶,减少浸渍出胶后胶乳流痕或管端处的胶滴。完全定型后模具置入烘箱内干燥至管端呈微黄色,再进行夹孔和装球囊。

3 覆盖球囊的胶膜层

3.1 第4次硫化胶乳浸渍

装球囊后,为了球囊两端与管身的牢固粘合,还需多次进行硫化胶乳与凝固剂的交替浸渍和干燥。

第4次浸渍不含碳酸钙和钛白粉分散体和固形物质量分数为0.25~0.30的硫化胶乳,其目的是使刚装上的球囊两端与管身初步粘合。第4次浸渍硫化胶乳的操作要求最严格,即为:浸渍至球囊部分变慢速,待浸渍到球囊部分之后变中速浸渍;慢速出胶,到球囊部分变更慢速。完全定型后模具送入烘箱干燥,至球囊呈灰白状态可进入后续工序。

3.2 第3次凝固剂浸渍

第3次浸渍凝固剂的目的是使后续的硫化胶乳浸渍形成有一定厚度且厚度均匀的胶膜层覆盖在球囊上,使球囊与管身进一步粘合牢固。

“硝酸钙+异丙醇+水”等可作第3次浸渍的凝固剂体系^[13]。第3次凝固剂浸渍方式为:快速进入,慢速提起,减少浸渍提起时凝固剂产生的流痕。若浸渍提起管端有液滴,可用海绵吸干,晾干后进入后续工序。

3.3 第5次硫化胶乳浸渍

第5次浸渍不含碳酸钙和钛白粉分散体和固形物质量分数为0.25~0.30的硫化胶乳,其目的是形成有一定厚度且厚度均匀的胶膜层覆盖在球囊上,使球囊两端与管身进一步粘合牢固。

对导尿管制作工艺而言,装球囊后先浸渍无粉清凝固剂,晾干后再浸渍硫化胶乳,可以得到一定厚度的胶膜层覆盖在球囊上,同时使胶膜厚度较均匀。厚度均匀的导尿管球囊,充气或充液才能对称地膨胀鼓起,满足临床使用的需求。反之,厚度不均匀的导尿管球囊,充气或充液后在厚度偏薄的一侧先鼓起,形成“球偏”^[15],临床留置时会

出现漏尿。

第5次硫化胶乳浸渍操作要求为:中速进入,慢速出胶,减少浸渍出胶后胶乳流痕或管端处的胶滴。

完成第5次硫化胶乳浸渍后,模具置入烘箱内干燥至球囊部位呈灰白色,再进入后续工序。装球囊后的凝固剂和硫化胶乳浸渍见图5。



(a) 凝固剂浸渍



(b) 硫化胶乳浸渍

图5 装球囊后的凝固剂和硫化胶乳浸渍

Fig. 5 Impregnation of coagulant agent and vulcanized latex after balloon loading

需要注意的是,导尿管装球囊后,球囊与管身紧贴,此处管径变化很小,因此图5中看不出球囊(充气状态可明显看出)。

3.4 第4次凝固剂浸渍

为了进一步加强球囊两端与管身的结合牢固度,控制球囊胶膜达到安全厚度和控制导尿管达到标准管径,还需浸渍无粉清凝固剂后进行硫化胶乳浸渍。第4次浸渍凝固剂的目的是使后续的硫化胶乳浸渍再形成有一定厚度且厚度均匀的胶膜层覆盖在球囊上。

“硝酸钙+异丙醇+水”等凝固剂体系可作为第4次浸渍的凝固剂体系^[13]。第4次凝固剂浸渍方式为:快速进入,慢速提起,减少浸渍提起时凝固剂产生的流痕。若管端有液滴,可以用海绵吸干,晾干后再进入后续工序。

3.5 第6次硫化胶乳浸渍

第6次浸渍不含碳酸钙和钛白粉分散体和固形物质量分数为0.45~0.48的硫化胶乳,其目的是提高球囊两端与管身粘合牢固度,控制球囊最终达到安全厚度0.45~0.65 mm,并控制导尿管管径达到所需值。

第6次硫化胶乳浸渍操作要求为:中速进入,慢速出胶,减少浸渍出胶后胶乳流痕或管端处的胶滴。

待湿凝胶完全定型后进行导尿管湿凝胶沥滤,即在流动的自来水中浸泡一定的时间,然后送入烘箱内干燥。干燥至用力拉伸导尿管球囊,达到球囊回弹快可恢复原状,可以进行导尿管脱模。

4 结语

(1)通过凝固剂与硫化胶乳的多次交替浸渍和干燥,形成主模具充液漏斗模具和注药漏斗模具首层湿凝胶后进行拼装,再形成充液腔和注药腔的胶膜层,安装球囊后再反复浸渍凝固剂和硫化胶乳,干燥后制作成结构复杂的天然胶乳气囊导尿管,并达到球囊两端与导尿管管身粘合牢固和满足球囊质量安全。

(2)天然胶乳气囊导尿管首次浸渍凝固剂和非首次浸渍凝固剂分别采用有粉水凝固剂体系和无粉清凝固剂体系。不同规格的导尿管管径差异大,所采用的凝固剂的硝酸钙含量和其他组分有差异。凝固剂浸渍操作应有利于减小导尿管管径差,有利于湿凝胶或胶膜厚度均匀。

(3)天然胶乳气囊导尿管装球囊前,所浸渍的不与球囊接触的硫化胶乳可以加入碳酸钙或钛白粉分散体。装球囊前所浸渍的与球囊接触的硫化胶乳和装球囊后所浸渍的硫化胶乳不能加入碳酸钙和钛白粉分散体。不同规格的导尿管管径差异大,所浸渍的硫化胶乳的固形物质量分数亦有差异。硫化胶乳浸渍操作应有利于减小导尿管管径差和减少管端形成胶滴。

参考文献:

[1] 赵光贤,王迪钧,魏邦柱. 橡胶工业手册(修订版) 第七分册 生活橡胶制品和胶乳制品[M]. 北京:化学工业出版社,1989.

- [2] 刘东辉,徐亚丽,孟丽丰. 天然胶乳改性研究进展[J]. 应用化学, 2012,41(1):158-163.
- LIU D H, XU Y L, MENG L F. Research progress of the modification of natural latex[J]. Applied Chemical Industry, 2012, 41(1): 158-163.
- [3] 郭平. 天然胶乳及合成胶乳最新进展[J]. 中国橡胶, 2005, 21(17): 6-8.
- GUO P. The latest development of natural latex and synthetic latex[J]. China Rubber, 2005, 21(17): 6-8.
- [4] 吕明哲,李志锋,潘俊任,等. 我国天然胶乳制品行业面临的挑战[J]. 橡胶工业, 2019, 66(2): 155-159.
- LYU M Z, LI Z F, PAN J R, et al. Challenges of China's natural rubber latex products industry[J]. China Rubber Industry, 2019, 66(2): 155-159.
- [5] 李志锋. 胶乳气囊导尿管国内生产概况[J]. 特种橡胶制品, 2013, 34(1): 75-80.
- LI Z F. Domestic production of latex balloon catheter[J]. Special Purpose Rubber Products, 2013, 34(1): 75-80.
- [6] 李志锋,杨子明,李普旺. 胶乳三腔双囊前列腺摘除导尿管的研究[J]. 特种橡胶制品, 2017, 38(6): 30-34.
- LI Z F, YANG Z M, LI P W. Study on latex three cavity double capsule prostatic enucleation catheter[J]. Special Purpose Rubber Products, 2017, 38(6): 30-34.
- [7] 黄彩绿,彭巧丽. 双腔气囊导尿管在老年便秘患者保留灌肠中的应用[J]. 吉林医学, 2020, 41(1): 226-227.
- HUANG C L, PENG Q L. Application of double lumen balloon catheter in retention enema of elderly patients with constipation[J]. Jilin Medical Journal, 2020, 41(1): 226-227.
- [8] 张利. 抗菌导尿管的构建及其性能[D]. 太原:太原理工大学, 2012.
- ZHANG L. Construction and properties of antibacterial catheter[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2012.
- [9] 李志锋,杨子明,李普旺. 胶乳三腔双囊前列腺摘除导尿管的研究[J]. 特种橡胶制品, 2017, 38(6): 30-34.
- LI Z F, YANG Z M, LI P W. Study on the removal of three-lumen double-capsule prostatic urethral catheter[J]. Special Purpose Rubber Products, 2017, 38(6): 30-34.
- [10] 李志锋,杨子明,李普旺. 胶乳气囊导尿管球折的研究[J]. 高分子通报, 2015(5): 50-55.
- LI Z F, YANG Z M, LI P W. Study of the bending of the basic shaft inside the natural rubber latex-made balloon catheter[J]. Chinese Polymer Bulletin, 2015(5): 50-55.
- [11] 李志锋,黄茂芳,许遼,等. 改善胶乳三腔双囊胃管质量的生产工艺研究[J]. 特种橡胶制品, 2014, 35(3): 61-65.
- LI Z F, HUANG M F, XU K, et al. Study on production process for improving quality of di-bag and tri-cavity latex stomach catheter[J]. Special Purpose Rubber Products, 2014, 35(3): 61-65.
- [12] 李志锋,杨子明,李普旺. 胶乳气囊导尿管堵塞的研究[J]. 特种橡

- 胶制品, 2015, 36(1): 58-62.
- LI Z F, YANG Z M, LI P W. Study on the blocking of latex aerocyst urethral catheter[J]. Special Purpose Rubber Products, 2015, 36(1): 58-62.
- [13] 李志峰, 吕明哲, 杨子明, 等. 天然胶乳制品凝固剂浸渍法与凝固剂体系的应用和改进[J]. 橡胶工业, 2020, 67(5): 395-399.
- LI Z F, LYU M Z, YANG Z M, et al. Coagulant impregnation method and application and improvement of coagulant system of natural latex products[J]. China Rubber Industry, 2020, 67(5): 395-399.
- [14] CALVERT K O, ARMSTRONG A A, BOWDEN J T, 等. 聚合物胶乳及其应用[M]. 桂林: 中国橡胶工业协会胶乳分会, 1988: 126.
- CALVERT K O, ARMSTRONG A A, BOWDEN J T, et al. Polymer latex and its application[M]. Guilin: Latex Branch of China Rubber Industry Association, 1988: 126.
- [15] 李志峰, 杨子明, 李普旺. 主要胶乳气囊医用导管国内发展概况[J]. 世界橡胶工业, 2014, 41(11): 51-57.
- LI Z F, YANG Z M, LI P W. Domestic development situation of latex aerocyst medical catheters[J]. World Rubber Industry, 2014, 41(11): 51-57.
- 收稿日期: 2021-02-16

Multiple Impregnation Process Characteristics of Natural Latex Aerocyst Catheter

LI Zhifeng^{1,2}, TAO Jinlong^{1,2}, KONG Na^{1,2}, ZHAO Pengfei^{1,2}, GUAN Jie^{1,2}, DING Hongda^{1,2}

(1. Agricultural Product Processing Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang 524001, China;

2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Natural Rubber Processing, Zhanjiang 524001, China)

Abstract: Natural latex aerocyst catheter was made by assembling, multiple impregnation and drying of the coagulant agent and vulcanized latex. By adjusting the components or solid mass fraction of the coagulant agent and vulcanized latex, different layers were formed, including the first layer of wet gel, the layer of filling cavity and injection cavity, and the layer covering on the balloon after assembling. The process was designed to meet the various needs of natural rubber latex balloon catheters of different specifications and structures, and the process characteristics in each impregnation step were summarized.

Key words: natural latex; aerocyst; catheter; coagulant agent; vulcanized latex; impregnation process

专利2则

由浦林成山(山东)轮胎有限公司申请的专利(公布号 CN 212283476U, 公布日期 2021-01-05)“一种用于橡胶轮胎生产的尾气吸收装置”, 涉及的用于橡胶轮胎生产的尾气吸收装置从左至右依次设置分离管、喷淋塔和吸收箱, 分离管左侧的顶部连通有进气管, 顶部的中心处贯穿固定连接有分离换热管, 分离换热管的底端固定安装有过滤网、顶端连通有第一导气管, 第一导气管远离分离换热管的一端贯穿至喷淋塔内腔的底部并连通有环形出气管, 喷淋塔内腔的中部设置有填料, 喷淋塔的右侧设置有水箱。该尾气吸收装置结构设计合理, 先利用分离换热管对尾气中灰尘进行过滤分离, 并对尾气进行余热吸收, 然后通过喷淋填料塔、吸收液和活性炭对尾气依次吸收, 吸收效果较好。

由广东美的制冷设备有限公司和美的集团股份有限公司申请的专利(公布号 CN 112175451A, 公布日期 2021-01-05)“一种基于丁苯橡胶的三防漆及其制备方法和使用方法”, 涉及的三防漆包括丁苯橡胶(SBR)、有机硅氧烷、稀释剂和分散剂, 其中SBR质量分数为0.000 1~0.3, 有机硅氧烷质量分数为0.000 1~0.1。该发明以SBR作为三防漆的基础树脂, 创造性地在SBR中加入有机硅氧烷, 通过合理设置SBR和有机硅氧烷的配比, 使两者相互配合、协同作用, 从而使得三防漆与线路板基材形成强劲的锚固作用, 在增大固化后漆膜附着力、优化漆膜防护性能的同时, 该三防漆以高固低粘特性提高了其施工性能, 避免为实现厚度要求而需要反复喷涂, 且不需要使用特殊高档原料及设备, 成本低。

(本刊编辑部 赵敏)