

关于漏板防护的研究

徐震 陈召伟

山东玻纤集团股份有限公司

【摘要】漏板是玻璃纤维生产中保障成丝温度稳定、控制纤维直径的关键设备，其核心材质铂铑合金在 1100-1300℃ 作业温度下易因氧化挥发产生损耗，直接影响生产效率与成本。本文系统分析了铂铑合金的损耗机理，梳理了现有漏板防护技术的研究现状，详细介绍了公司已采用的耐高温涂料法、热喷涂防护法及热喷涂 - 涂料复合防护法的工艺参数、防护效果与局限性，并提出了漏板防护的未来发展方向，为优化漏板防护方案、降低铂铑合金损耗提供参考。

【关键词】漏板；防护

Research on Plate Leakage Prevention by

Xu Zhen Chen Zhaowei

Shandong Fiberglass Group Co., Ltd.

【Abstract】 As a critical component in glass fiber production, the leakage plate is essential for maintaining filament temperature stability and controlling fiber diameter. Its core material, platinum-rhodium alloy, tends to degrade through oxidation and volatilization at operating temperatures of 1100-1300℃, directly impacting production efficiency and costs. This paper systematically analyzes the degradation mechanisms of platinum-rhodium alloys, reviews current research progress in plate protection technologies, and provides detailed descriptions of process parameters, protective effectiveness, and limitations for the company's adopted methods: high-temperature resistant coating, thermal spray protection, and composite thermal spray-coating protection. Furthermore, it proposes future development directions for plate protection to optimize safeguarding solutions and reduce platinum-rhodium alloy loss.

【Key words】 leakage plate; protection

引言

在玻璃纤维生产过程中，玻璃液需在特定温度下保持稳定流动性以确保成丝质量，漏板通过电极加热补偿玻璃液的热损失，是维持 1100-1300℃ 稳定成丝温度的核心设备^[1]。漏板主体采用铂铑合金制成，该合金虽具备优异的耐高温性能，但在高温作业环境下易发生氧化挥发，导致漏板损耗加剧，不仅增加贵金属消耗成本，还可能因漏板性能下降影响纤维直径稳定性。因此，研究漏板损耗机理并开发高效防护技术，对玻璃纤维行业的降本增效具有重要现实意义。

1. 漏板简介

漏板的核心功能是通过电极加热补偿玻璃液在通路中的热损失，确保玻璃液维持稳定的成丝温度，进而保障纤维直径的一致性。根据生产所用玻璃成分的差异，漏板的实际作业温度通常控制在 1100-1300℃ 范围内，这一温度区间需与玻璃液的粘度特性、成丝工艺需求精准匹配。

2. 漏板损耗机理

漏板的损耗本质是其核心材质铂铑合金在高温环境下的氧化挥发过程，具体机理与影响因素如下：

2.1 铂铑合金的氧化挥发规律

通过文献调研可知^[2]，铂铑合金在不同温度下的氧化行为存在显著差异：

当温度处于 500-800℃ 时，铂铑合金表面会生成黑色的氧化铂 (PtO₂) 与氧化铑 (RhO_x) 薄膜，形成初步氧化层；

当温度高于 1000℃ 时，表面生成的金属氧化物易挥发为气态；若温度稍低于 1000℃，气态氧化物会重新分解为金属铂铑与氧气，形成“氧化 - 挥发 - 分解”的循环过程。

实验数据表明，在 1100-1800℃ 区间内，气态氧化铑的分压略高于气态氧化铂，但这一差异未在铂铑合金的实际损耗数值中体现——通过分析漏板附近耐火材料上沉积的晶体发现，其铂铑元素比例与合金本体基本一致，说明铂、铑的挥发速率在作业温度下呈协同性。

2.2 影响铂铑合金挥发的关键因素

铂铑合金的挥发损耗程度主要受以下三个因素调控：

温度：温度越高，金属氧化物的分压越大，挥发速率越快，损耗量显著增加；

空气流速：空气流速加快会加速气态氧化物的扩散，减少其在漏板表面的分解概率，导致损耗加剧；

合金表面积：合金表面积越大，与空气的接触面积越大，氧化挥发反应的位点越多，损耗量相应上升。

表 1 一定温度下贵金属在空气中的分压 (单位: 10⁻⁵)

贵金属氧化物	1300℃	1500℃
PtO ₂	0.5	1.8
IrO ₃	110	130
RuO ₃	500	4000

3. 漏板防护技术现状

目前行业内已开发多种漏板防护技术，但其防护效果、工艺稳定性及适用性存在差异，具体如下：

3.1 浇注漏板涂层技术

马明杰^[3]提出一种以氧化铝涂层粉为基体、添加适量

粘结剂配制抗氧化涂料的防护方案。该方案通过浇注方式在漏板表面形成涂层，但存在显著缺陷：

高温烧结后涂层易开裂，且浇注过程中涂层脱落风险较高；开裂部位无法自我愈合，局部区域的铂铈挥发仍无法得到有效控制，整体防护效果较差。

3.2 氧化铝 - 氧化硅 - 氧化钠涂层技术 (CN 101638294A)

专利 CN101638294A^[4]公开了一种降低铂金漏板损耗的涂层技术，其涂层粉由氧化铝、氧化硅、氧化钠组成，并采用苏州土、蒸馏水调制为涂覆浆料。该技术的局限性在于：

工艺周期较长，不利于批量生产；高温烧结后漏板易发生轻微变形，影响后续成丝精度；烧结后的涂层抗冲击能力弱，在后期浇注作业中易脱落。

3.3 高温复合涂层技术 (CN 102442830A)

专利 CN 102442830A^[5]公布了一种适用于高温环境的复合涂层粉，其组分及质量分数为： SiO_2 25 ~ 55%、 Al_2O_3 35 ~ 70%、 MgO 1 ~ 9%。该技术的核心优势的是：

适用于拉丝温度 1400℃ 以上的漏板，通过涂层将漏板与托砖隔离，有效阻断铂铈合金与空气的直接接触；可使高温漏板的铂铈合金损耗降低 20% 以上，防护效率显著优于早期技术。

3.4 超音速火焰喷涂技术 (Ocv 方案)

Ocv 公司在漏板加工中采用超音速火焰喷涂技术，通过热喷涂形成致密涂层^[6]。但从其巴林分公司更换的漏板实际观察可知，该技术的防护效果仅处于一般水平，未达到行业最优标准。

4.公司已采用的漏板防护方法

针对行业技术现状，公司结合生产实际需求，开发并应用了三种漏板防护方法，各方法的工艺细节与效果如下：

4.1 配制耐高温涂料法

4.1.1 涂料组成与工艺

涂料以氧化硅、氧化铝、硅酸钠、硼酸钠为核心组分，添加去离子水作为溶剂；配制完成后搅拌均匀，采用刮涂方

式在漏板表面形成涂层，涂层厚度控制为 5-10mm，单块漏板的处理时间约 90min；涂覆后直接在 100-200℃ 条件下烘干，随后进入下一步浇注处理。

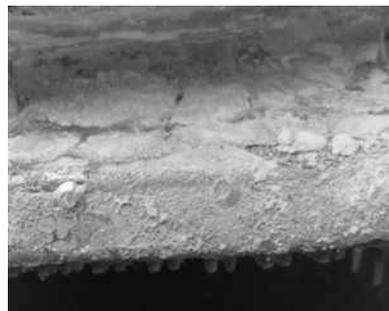


自制涂料处理的漏板 (效果优)

4.1.2 防护效果与局限性

效果：经该方法处理的漏板 (与未防护的同类型漏板相比，损耗减少 20%~60%)；在 F05、F06 生产线应用时效果最佳，防护效率处于较高水平。

局限性：防护质量稳定性差，涂层在 1100℃ 与 1300℃ 下的防护效果差异显著；烘干后的涂层无韧性，在搬运或校形过程中易脱落；部分生产线 (如 C3、F09) 应用效果较差，目前仅用于试验板材。



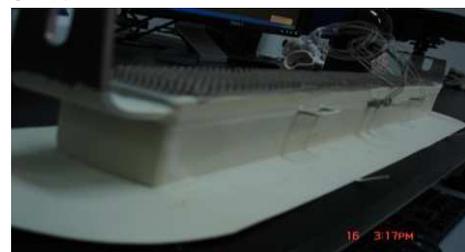
自制涂料处理的漏板 (效果较差)

4.2 热喷涂防护法

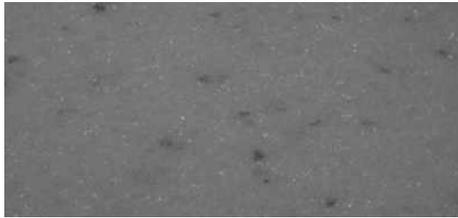
4.2.1 喷涂工艺与涂层特性

公司采用氧乙炔火焰喷涂技术，以氧化锆粉末为喷涂原料：利用氧乙炔燃烧火焰将粉末加热至熔融或半熔融状态，再借助焰流与压缩空气的共同作用，将粉末以一定速度喷射至漏板基体表面，沉积形成涂层 (图 3 喷涂漏板外貌)。

通过光学显微镜观察 (图 4 50 倍光学显微镜下热喷涂氧化锆样貌)，该涂层为多孔结构，空隙率约 5%—20%，这是导致防护效果不佳的核心原因。



喷涂漏板外貌



50 倍光学显微镜下热喷涂氧化锌样貌



硅酸钠封孔后样貌



封孔涂层的横截面在光学显微镜下样貌



火焰喷涂更换的旧漏板

4.2.2 封孔处理与应用效果

由于漏板作业环境为高温氧化性气氛，封孔剂需选用无机材料以避免高温分解。公司已试验的封孔剂包括硅酸钠溶液、磷酸铝溶液等（图 5 硅酸钠封孔后样貌；图 6 封孔涂层的横截面在光学显微镜下样貌）。

参考文献

- [1]（漏板设备相关基础研究文献）
- [2]（铂铈合金氧化挥发机理相关文献）
- [3]马明杰. 浇注漏板涂层技术研究 [R]. 内部技术资料.
- [4]（CN 101638294A 专利对应公开文献）
- [5]（CN 102442830A 专利对应公开文献）
- [6]Ocv 公司. 漏板热喷涂防护技术手册 [Z]. 企业内部资料

实际应用中，从更换的旧漏板（图 7 火焰喷涂更换的旧漏板）观察可知，即便经过封孔处理，该方法的防护效果仍较差，但相较于耐高温涂料法，其防护稳定性更优。

4.3 热喷涂 - 涂料复合防护法

为整合两种技术的优势，公司开发了“热喷涂 + 涂料”的复合防护法，其工艺步骤为：

先采用氧乙炔火焰喷涂技术在漏板表面形成氧化锆涂层；以玻璃粉或氧化硅粉末为原料，添加硅酸盐与水配制涂料，对热喷涂涂层进行粉刷；

烘干后将漏板放入 1100℃ 炉内烧结，最终形成陶瓷化保护层。

该方法形成的防护层呈白瓷状（图 8 经涂料防护的热喷涂漏板），具有更优异的致密性与附着力，是目前公司漏板防护的主要措施。



经涂料防护的热喷涂漏板

5.漏板防护未来发展方向

基于现有技术的局限性与生产需求，未来漏板防护研究将聚焦于以下方向：

局部防护优化：针对漏板底板与漏嘴这两个损耗高发区域，开发专项防护方案，需确保防护措施对漏板加热效率、玻璃液流动无影响，或仅产生可校正的轻微影响；

薄膜防护技术：探索制备氧化铝、氧化锆薄膜替代传统厚涂层，通过薄膜的高致密性与低导热性，在减少贵金属挥发的同时，降低对漏板热补偿效率的影响，实现“高效防护 - 低热阻”的协同优化。

结论

漏板的损耗控制是玻璃纤维生产中的关键问题，其核心在于抑制铂铈合金的高温氧化挥发。现有防护技术中，高温复合涂层（CN 102442830A）可降低 20% 以上损耗，而公司采用的热喷涂 - 涂料复合防护法在稳定性与致密性上更具优势，是当前主流方案。但现有技术仍存在防护质量波动、局部防护不足等问题。未来需重点开发漏板底板与漏嘴的专项防护技术，并探索氧化铝、氧化锆薄膜等新型防护材料，进一步提升漏板防护效率，降低生产成本。