

漏缆接头防水隔热一体化装置创新

实践案例

(中铁通轨道运营有限公司)

一、选择课题背景与挑战

(一) 项目背景

温州市域铁路 S2 线采用 LTE 技术实现车地通信，漏缆为核心传输载体，大量敷设于高架无遮挡区段。现场运行显示，漏缆接头为故障高发点，进水后易引发馈线腐蚀、接头松动、场强劣化、通信闪断，极端情况下触发列车紧急制动，直接威胁行车安全与运营秩序。

(二) 面临挑战

- 1、安全风险高：接头进水导致通信不稳定，存在列车制动风险。
- 2、传统防护短板：加长热缩管拆装难、成本高；普通防水盒不透明、无法真空、易积水汽，难以满足温州多雨、高温、强日照环境。
- 3、运维效率低：故障反复、抢修频繁，人力物力消耗大。
- 4、环境适应性差：高架暴晒、潮湿、震动叠加，加速密封失效，常规方案难以长效防护。

二、解决方案与创新点

（一）总体解决方案

研发透明真空式漏缆接头防水隔热一体化装置，构建防水、隔热、可视化、易维护一体化防护体系，从源头根治进水、老化、场强不稳三大问题，实现漏缆接头全生命周期可靠防护。

（二）核心创新点

1、结构创新

采用 PC+UV 透明抗老化壳体，巡检可直观观察内部状态；通过 BIM 建模优化外形、加强筋、密封槽，与接头精准适配。

2、密封创新

密封长度由 5cm 延长至 10cm，采用 TPE 胶条+密封胶+盘根三重密封+螺丝紧固结构，抵御轨道震动，防水等级达 IP68。

3、材料创新

选用耐候、抗 UV、耐高温透明 PC 材料，适配室外长期暴晒、高湿复合环境，延缓设备老化。

4、工艺创新

3D 打印快速验证→开模批量生产→现场标准化安装，实现快速落地与规模化应用。

5、运维创新

装置易拆装、可防潮，配合 TAU 场强持续监测，形成安装—监测—维护闭环。

（三）实施步骤

1、实施一：装置设计与建模（2025.1-2025.4）

（1）现场测量漏缆接头尺寸，明确安装空间与结构要求。

(2) 采用 Revit/BIM 完成三维建模，优化外形、加强筋、密封槽。

(3) 确定 PC+UV 透明材质，抗老化、耐高温、高透光。

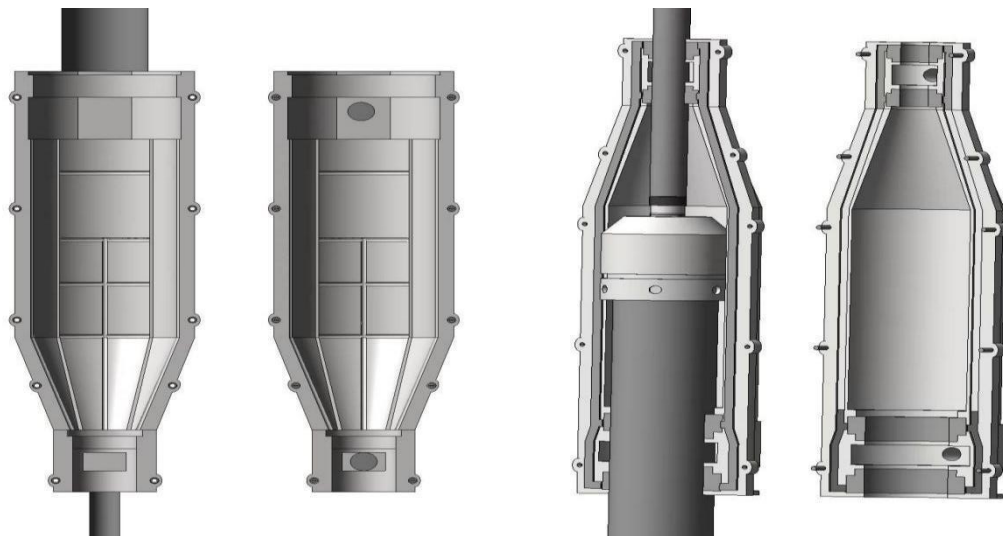


图 1 BIM 三维模型图（整体）



图 2 BIM 三维模型图（部件分散）

2、实施二：密封系统优化（2025.2-2025.3）

(1) 密封长度从 5cm 延长至 10cm。

(2) 采用 TPE 密封胶条+封胶+盘根封边三重密封。

(3) 外壳螺丝紧固，抵抗轨道震动，确保密闭。

3、实施三：样品制作与测试（2025.4-2025.5）

(1) 首次 3D 打印发现尺寸偏差，立即优化图纸。

(2) 二次 3D 打印样件通过防水、适配、场强测试。

4、实施四：批量生产与现场安装（2025.6-2025.8）

(1) 完成厂家开模，根据现场情况进行了采购。

(2) 灵昆站至柳市东站、沙城站至天河站、天河站至海城站、海城站至鲍田站区间完成现场安装施工。



图 3 现场安装图

5、实施五：数据监测与验证（2025.8-2025.12）

(1) 持续 5 个月跟踪 TAU 场强数据。

	rss	rsrp	rsrq	RXOTX0	sirRXOTX1	sirRX1TX0	sirRX1TX1	sircellid
025-11-10_08:50:39	-36	-68	-6	25	0	28	0	86
025-11-10_08:50:40	-39	-70	-6	24	0	26	0	86
025-11-10_08:50:41	-40	-72	-6	22	0	25	0	86
025-11-10_08:50:42	-40	-72	-6	21	0	23	0	86
025-11-10_08:50:43	-40	-73	-7	19	0	20	0	86
025-11-10_08:50:44	-42	-75	-7	15	0	18	0	86
025-11-10_08:50:46	-43	-76	-7	14	0	16	0	86
025-11-10_08:50:47	-42	-76	-8	12	0	14	0	86
025-11-10_08:50:48	-42	-79	-9	9	0	13	0	86
025-11-10_08:50:49	-42	-79	-10	8	0	10	0	86
025-11-10_08:50:50	-40	-74	-8	14	0	12	0	88
025-11-10_08:50:51	-39	-73	-7	18	0	17	0	88
025-11-10_08:50:53	-39	-72	-7	17	0	16	0	88
025-11-10_08:50:54	-39	-72	-6	20	0	19	0	88
025-11-10_08:50:55	-38	-71	-6	25	0	25	0	88
025-11-10_08:50:56	-36	-69	-6	28	0	28	0	88
025-11-10_08:50:57	-35	-67	-6	28	0	27	0	88
025-11-10_08:50:58	-34	-67	-6	29	0	29	0	88
025-11-10_08:50:59	-32	-65	-6	31	0	29	0	88
025-11-10_08:51:01	-31	-63	-6	30	0	30	0	88
025-11-10_08:51:02	-30	-63	-6	31	0	32	0	88
025-11-10_08:51:03	-27	-61	-6	33	0	32	0	88
025-11-10_08:51:04	-30	-63	-6	33	0	33	0	88
025-11-10_08:51:05	-31	-64	-6	33	0	32	0	88
025-11-10_08:51:06	-27	-60	-6	32	0	32	0	88
025-11-10_08:51:08	-26	-58	-6	33	0	33	0	88
025-11-10_08:51:09	-26	-59	-6	34	0	34	0	88
025-11-10_08:51:10	-24	-58	-6	33	0	32	0	88
date	rss	rsrp	rsrq	RXOTX0	sirRXOTX1	sirRX1TX0	sirRX1TX1	sircellid
2025-11-17_11:16:10	-49	-77	-4	26	0	28	0	217
2025-11-17_11:16:11	-50	-78	-3	28	0	27	0	217
2025-11-17_11:16:12	-53	-82	-4	27	0	31	0	217
2025-11-17_11:16:13	-56	-85	-3	26	0	33	0	217
2025-11-17_11:16:14	-46	-75	-4	1	0	17	0	217
2025-11-17_11:16:15	-46	-76	-4	24	0	22	0	217
2025-11-17_11:16:16	-48	-77	-4	22	0	18	0	217
2025-11-17_11:16:18	-48	-78	-4	20	0	17	0	217
2025-11-17_11:16:19	-51	-82	-5	17	0	13	0	217
2025-11-17_11:16:20	-49	-82	-6	12	0	13	0	217
2025-11-17_11:16:21	-46	-81	-7	6	0	10	0	215
2025-11-17_11:16:22	-48	-82	-7	13	0	15	0	215
2025-11-17_11:16:24	-47	-80	-7	18	0	16	0	215
2025-11-17_11:16:25	-46	-78	-6	18	0	22	0	215
2025-11-17_11:16:26	-47	-78	-6	19	0	24	0	215
2025-11-17_11:16:27	-44	-75	-6	25	0	23	0	215
2025-11-17_11:16:28	-42	-74	-6	25	0	22	0	215
2025-11-17_11:16:29	-42	-73	-6	28	0	29	0	215
2025-11-17_11:16:31	-42	-73	-6	28	0	31	0	215
2025-11-17_11:16:32	-39	-72	-6	30	0	28	0	215
2025-11-17_11:16:33	-39	-71	-6	30	0	32	0	215
2025-11-17_11:16:34	-38	-70	-6	30	0	32	0	215
2025-11-17_11:16:35	-34	-67	-6	31	0	32	0	215
2025-11-17_11:16:36	-33	-65	-6	31	0	33	0	215
2025-11-17_11:16:37	-33	-65	-6	32	0	32	0	215
2025-11-17_11:16:38	-33	-65	-6	32	0	33	0	215
2025-11-17_11:16:40	-33	-65	-6	32	0	33	0	215
2025-11-17_11:16:41	-31	-63	-6	33	0	33	0	215

图 4 整改后场强数据

整改后所有点位场强值均高于标准值，信号质量显著提升且持续稳定

三、成果与效益

(一) 质量安全成果

1、装置防水等级 IP68，具备可视化、真空防潮、耐高温老化

能力。

2、整改后所有点位 TAU 场强 $\geq -95\text{dBm}$, 100%达标且持续稳定。

3、漏缆接头进水故障发生率降至 0，彻底消除通信中断与列车制动隐患。

（二）经济效益

1、完成温州市域铁路 S2 线 215 处接头整改，一次性投入实现长期防护。

2、大幅减少故障抢修与重复运维，年节约人工成本 17.2 万元。

3、延长漏缆及接头使用寿命，降低设备更换与运维综合成本。

（三）社会效益

1、保障温州市域铁路安全稳定运营，提升乘客出行品质。

2、形成实用新型专利（受理号：202521392918.5）、专业技术论文等创新成果，提升企业技术竞争力。

3、为全国轨道交通漏缆接头防护提供可复制方案，助力行业运维技术升级。

四、可复制性与展望

（一）可复制性

1、场景通用：适用于市域铁路、地铁、轻轨等各类轨道交通漏缆接头，尤其适配高架、露天、多雨高温环境。

2、实施简便：标准化设计、批量生产、简易安装，培训后可快速推广。

3、推广范围：可在温州市域铁路 S1 线全面覆盖，并向全国轨道交通行业复制应用。

（二）未来展望

- 1、推进专利授权，完善知识产权保护。
- 2、实现温州市域铁路 S1、S2 线漏缆接头防护全覆盖。
- 3、开展行业交流，推动成果在全国轨道交通线路规模化应用。
- 4、持续 QC 攻关，聚焦通信运维痛点，打造更多创新成果。

五、项目团队

通号部漏缆防水攻关 QC 小组					
成立时 间	2025 年 1 月	注册编号			QC202521
课题名 称	漏缆接头防水隔热一体化装置研发				
课题类 型	创新型 (问题解 决型)	活动次数	12	活动时间	2025 年 1 月 至 2025 年 12 月
小组成员概况					
联系人	汪洋	联系电话			

姓名	性别	单位	文化程度	组内分工
汪洋	男	中铁通轨道运营有限公司	大学本科	全面统筹课题推进、资源协调、进度管控、成果汇总与汇报
王式磊	男	中铁通轨道运营有限公司	大学本科	技术总指导，审定整体技术方案、解决核心技术难题
薛博文	男	中铁通轨道运营有限公司	大学本科	参与方案设计、结构优化、技术标准制定
郭双龙	男	中铁通轨道运营有限公司	大学本科	负责材料选型、性能测试方案设计、试验结果审核
庄鹏	男	中铁通轨道运营有限公司	大学本科	现场技术支持、安装规范编制、问题整改指导
王守村	男	中铁通轨道运营有限公司	大学本科	现场数据采集、BIM 建模、试验测试、效果跟踪与分析
余均杰	男	中铁通轨道运营有限公司	大学本科	现状调研、问题统计、试验参数采集与整理

缪家豪	男	中铁通轨道运营有限公司	大学本科	现场施工组织、安全管理、安装进度落地执行
王一惟	男	中铁通轨道运营有限公司	大学本科	现场技术支持、安装规范编制、问题整改指导