

ZPW-2000A 轨道电路小轨道电压波动常见问题解析与处理

雷亚明

通号工程局集团有限公司北京分公司，北京，100000；

摘要：本文针对 ZPW-2000A 轨道电路小轨道电压波动问题，通过深入分析和现场经验，探讨了小轨道电压波动的成因及处理方法。本文旨在减少电压波动对轨道电路稳定性的影响，提高铁路运输的安全性。结合现场处理实践，小轨道电压波动主要由外部环境因素、设备故障和轨道电路自身特性引起。通过采取针对性的维护和处理措施，可以有效减少小轨道电压波动的发生。

关键词：ZPW-2000A；轨道电路；小轨道电压；波动分析；处理措施

DOI：10.69979/3029-2700.25.08.068

1 概述

随着铁路高速铁路的快速发展，ZPW-2000A 轨道电路作为高速铁路信号系统的重要组成部分，其安全性和稳定性对于确保铁路运输的安全畅通具有重要意义。

ZPW-2000A 轨道电路由主轨道电路和调谐区小轨道电路两部分构成，小轨电压在系统中反映着列车行驶状态及接收设备的功能健康。但在实际应用中，小轨电压常常受到多种因素的影响而出现波动，这给现场带来了极大的挑战。自 ZPW-2000 系列轨道电路调谐区状态纳入列控中心区间轨道区段检查后，在实际运行中，ZPW-2000A 轨道电路小轨电压波动 ZPW-2000A 轨道电路小轨道电压波动问题时常出现，在联调联试期间及开通运营后，发生一时间难以快速解决。这种轨道区段出现短暂“闪红光带”故障影响了轨道电路的正常工作，存在极大的行车安全隐患。因此，本文旨在深入分析小轨道电压波动的成因，提出针对性的处理措施，以减少小轨道电压波动的发生，提高现场 ZPW-2000A 轨道电路的安全性和稳定性，保障铁路运输的安全畅通。

2 小轨道电压典型案例及分析

2.1 小轨出电压持续波动

2.1.1 同频干扰导致小轨出电压呈周期性正弦波波动。

例如某站 0096CG 轨道小轨出电压长时间在呈周期性正弦波波动，长期造成信号集中监测超限报警。通过监测数据回放如下图 1 小轨出电压呈周期性正弦波波动所示：

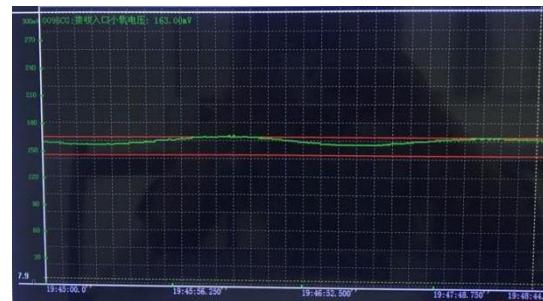


图 1 小轨出电压呈周期性正弦波波动

原因分析：这种现象的发生为电路中存在同频干扰信号，引起小轨道电压呈周期性正弦波波动。首先排查 ZPW-2000A 系列轨道电路移频柜、接口柜配线线缆发送、接收是否采用防干扰的屏蔽双绞线以及屏蔽接地是否良好，经排查移频柜至接口柜发送、接收配线线缆及接地良好，接口柜至监测主机柜配线为非屏蔽线缆。通过关闭邻线和邻区段与干扰区段相同载频的发送器在衰耗盒小轨出测试孔测试小轨出电压进行验证。当关闭某个发送器，测试的干扰区段小轨出电压相对比较稳定时，确定该区段小轨出干扰的来源。拆除干扰区段集中监测至 ZPW-2000A 系列轨道电路接口柜配线线缆绝缘测试线后小轨出电压波动现象消除，这种现象的产生原因是集中监测为测试信号电缆对地绝缘电阻，集中监测在 ZPW-2000A 系列轨道电路接口柜零层电缆端子处增加了绝缘测试配线。由于电缆绝缘测试配线从集中监测主机柜引至 ZPW-2000A 轨道电路接口柜，配线长度不等且线缆未进行屏蔽防护处理，配线线缆使用芯数多未注重载有相同移频信息条件的配线线缆分别放线，导致线间干扰，由接收端电缆侧侵入，当信号频率与接收端信号频率相同时出现信号叠加，表现出小轨电压呈周期性波动现象。

处理措施：对集中监测电缆绝缘测试线的整改，对于拆除集中监测电缆绝缘测试线后小轨出电压波动现象消除的，需对电缆绝缘测试线更换为阻燃屏蔽双绞线。其次，为预防发生类似问题后期工程施工建议载有移频信息条件的配线移频轨道电路的接收、发送线缆布放采取防干扰措施，从两侧线槽分别放线，接收、发送传输通道使用成对的阻燃屏蔽双绞线并单独绑扎。屏蔽线在出线到横槽前剥去线缆外皮，并将屏蔽层用 1.5mm^2 黄绿地线进行环连接地。其次，如下图 2 为 ZPW-2000A 轨道电路接口柜机柜线缆布线示意图。

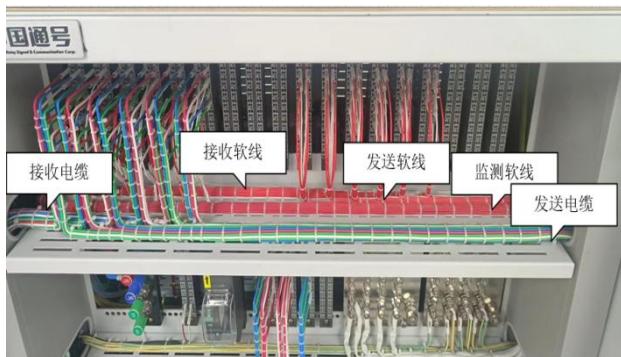


图 2 ZPW-2000A 轨道电路接口柜机柜线缆布线示意图

2.1.2 机柜接地不良导致小轨出电压呈无规律波动

例如，XX 所区间 2495G 轨道电路区段发现红光带出现第一次闪红后消失，间隔 2 个多小时后 2495G 轨道电路区段红光带出现第二次和第三次闪红后消失。经调阅微机监测数据分析，发现该所轨道闪红前一天，外电网双路停电，电源屏转为 UPS 蓄电池供电，第二天凌晨外带网双路恢复供电，该所区间轨道电路小轨出电压开始大幅度无规律波动。如下图 3 小轨出电压呈无规律波动所示。



图 3 小轨出电压呈无规律波动

原因分析：此种现象的产生初步判断为机柜接地不良导致小轨出电压呈无规律波动，当机柜未接地或接地不规范时导致 ZPW2000 轨道电路信号线屏蔽层接地阻抗大，屏蔽效果失效，使得小轨出电压无规律波动。经排查对 ZPW-2000A 轨道电路移频柜、接口柜排查未发现接

地不良，排除移频柜、接口柜接地不良导致小轨出电压无规律波动后扩大范围对电源屏、UPS、电池柜机柜的接地进行排查，发现 UPS 接地不良。如下图 4 UPS 地线不同状态时对应的小轨出电压采集曲线所示：



图 4 UPS 地线不同状态时对应的小轨出电压采集曲线

处理措施：对 UPS 机柜接地进行整改，重新接地后小轨电压波动稳定。并排查机柜接地，确定接地电阻不大于 1Ω 。并对进行了该故障模拟现场场景还原试验，前后进行了 UPS 电池充放电，原 UPS 机柜接地状态恢复，甩开电池架、UPS 地线等多方面验证，小轨道电压不存在明显波动。发现只有在电池架、UPS 地线接触静电地板铜箔时，小轨道电压波动较大。因此，该问题为机柜接地不良导致小轨出电压呈无规律波动。如下图 5 小轨出电压波动恢复正常所示：



图 5 小轨出电压波动恢复正常

2.2 小轨出电压特定时间电压超限

2.2.1 气温高低变化引起小轨出电压升高的超限情况

如下图 6 气温高低变化引起小轨出电压升高所示。

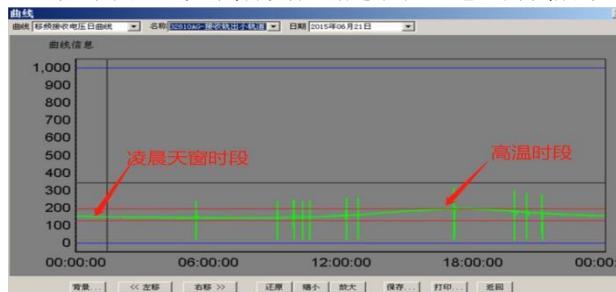


图 6 气温高低变化引起小轨出电压升高

原因分析：

通过调阅轨道电压日曲线，发现夏季高温导致路基、桥梁区段的接收端零阻抗有增大情况，引起小轨出电压升高超限，温度恢复后小轨出电压恢复。其次低温时小轨出电压超限，冬季低温或雷雨天气导致电缆环阻降低，衰耗减小，引起小轨出电压升高超限。

处理措施：

(1) 小轨出电压调整和上下限设置方案

通过调阅整个夏季在调整状态下区段的小轨出电压日曲线情况，当出现电压值在高温时段与凌晨天窗点内出现差值大于 35mV 的情况，可判断为小轨信号波动，综合考虑气温变化对小轨出电压的影响，建议通过调整小轨出范围和监测门限值设置来解决问题，例如将小轨出电压上下限设置，按调整的小轨出电压值，设置上限值为+25mV、下限值为-10mV。

(2) 列车出清后小轨出电压升高的超限情况

如下图 7 列车出清后小轨出电压升高的超限

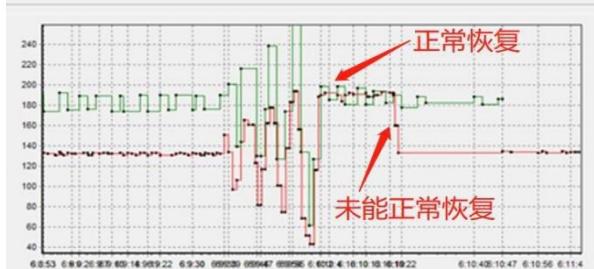


图 7 列车出清后小轨出电压升高的超限

原因分析：接收器故障引起小轨出电压超限，接收器内部故障，小轨通道输入阻抗降低，出现小轨出电压降低情况。当列车占用主轨时，由于小轨通道输入电压降低，阻抗恢复，小轨出电压上升，待列车出清主轨电压恢复时，小轨出电压下降，此过程中可能发生小轨出

电压超限情况，或引发小轨状态落下。

处理措施：对接收器故障调查整改，通过调阅微机监测轨道电路日曲线调查小轨出电压在列车分路后的恢复情况。列车出清后小轨出电压未能恢复，与调整电压差值超过 15mV 的，判断为接收器故障需更换接收器。

3 总结

在采取上述处理措施后，对 ZPW-2000A 轨道电路小轨道电压波动进行持续监测。结果表明，小轨道电压波动现象明显减少，轨道电路的安全性和稳定性得到了有效提高。

通过对 ZPW-2000A 轨道电路小轨道电压波动典型问题的分析，找出主要原因，对小轨出电压波动的现场处理过程的分析处理总结梳理，并提出了有效的处理措施。基本解决了常见的电压波动问题，可以显著减少小轨道电压波动的发生，提高轨道电路的安全性和稳定性。以后可能还会遇见新的问题，未来，我们将不断学习、优化和完善处理措施，努力为铁路运输的安全畅通提供有力保障。

参考文献

- [1] 刘国鹏. ZPW-2000A 轨道电路小轨电压异常判断分析 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2021, 18(1): 95-100.
- [2] 唐敦辉. 关于 ZPW-2000A 轨道电路小轨出电压呈正弦波动探讨 [J]. 铁道通信信号工程技术 (RSCE) , 2022(5): 101—103.
- [3] 郭金信. 区间小轨电压波动问题分析与处理 [J]. 上海铁道科技, 2017 (2) : 119.

作者简介：雷亚明 1990.11 男汉甘肃会宁工程师本科
研究方向：铁路信号方向。