

地铁信号系统 TDT 接口分析及故障预防措施探究

吴小波

南京地铁运营有限责任公司

DOI: 10.12238/ems.v6i10.9348

[摘要] 为解决南京地铁 TDT (发车表示器) 接口故障问题, 本文以南京地铁为例, 对 RS422 协议、ATS-TDT 接口连接方式、以及 ATS 系统与 TDT 接口的关系进行深入分析。通过实际案例研究, 识别出 TDT 接口的常见故障及其成因, 并提出了有效的故障处理和预防措施。研究重点包括 TDT 接口的维护操作、故障诊断流程、以及紧急情况下的应对策略。本文的研究成果旨在为地铁系统运营人员提供实用的参考资料, 以提高地铁系统的可靠性和运营效率, 保障乘客安全。

[关键词] 卡斯柯信号系统; TDT 接口; 故障分析; 预防措施

Analysis of TDT Interface and Exploration of Fault Prevention Measures for Subway Signal System

Wu Xiaobo

Nanjing Metro Operation Co., Ltd

[Abstract] In order to solve the problem of TDT (departure indicator) interface failure in Nanjing Metro, this article takes Nanjing Metro as an example to conduct in-depth analysis of RS 422 protocol, ATS-TDT interface connection method, and the relationship between ATS system and TDT interface. Through practical case studies, common faults and their causes of TDT interface were identified, and effective fault handling and preventive measures were proposed. The research focuses on maintenance operations of TDT interfaces, fault diagnosis processes, and emergency response strategies. The research findings of this article aim to provide practical reference materials for subway system operators, in order to improve the reliability and operational efficiency of the subway system and ensure passenger safety.

[Keywords] Casco signal system; TDT interface; Fault analysis; preventive measure

一、发车指示器与ATS接口详解

1. RS422 协议

RS-422 的标准名称为: 平衡电压数字接口电路的电气特性 (ANSI/TIA/EIA-422-B-98)。422 协议是一种差分信号传输标准, 广泛应用于要求高速且稳定的数据通信环境。它支持长距离通信, 最长传输距离为 4000 英尺 (大约 1219 米), 且最高传输速率为 10Mbps。与单端信号相比, RS422 的差分信号设计有效减少了电磁干扰和信号衰减, 从而提高通信的可靠性和数据完整性。在地铁信号系统的 TDT 接口中, RS422 协议因其卓越的抗干扰能力和稳定的数据传输性能而被广泛采用。该协议适用于多点通信, 能同时连接多个接收器, 是地铁信号传输的理想选择。

2. ATS-TDT 接口描述

ATS-TDT 接口是发车表示器 (卡斯柯公司信号系统内称之为 TDT, 也有其他信号系统公司称为 DTI) 与信号系统之间的信息通道, 信号系统内的 ATS 子系统给发车表示器提供列车发车指示信息, TDT 则反馈提供其运行状态诊断数据信息

给信号系统 (ATS 子系统)。

3. TDT 硬件的基本规格与要求

在每一个车站站台的指定位置、折返站终端、进入场段/车库线路和转换轨连接线的正线入口处的合适位置, 应当安设正向的发车表示器, 提供相应的显示内容, 告知列车在当前站台的到发时刻和驶入线路的时间。发车表示器采用发光二极管 LED 全屏显示, 输出两种显示颜色 (红色及绿色), 亮度大于等于 100cd/m², 发车表示器供电采用交流输入 220V (±15%) 的电源, 使用寿命应当大于等于 10 万小时。

发车表示器的外壳规格尺寸需要考虑土建建构最不利情况下装设要求, 整体结构务必达到散热、防水、防潮、防尘、防风、防蚁等保护要求。室外线路 (地面、高架车站) 的发车表示器箱盒以及安装基础必须安装牢固、整体结构密封。为了满足维护保养的便利性, 发车表示器的显示前面板或后盖面板应具有向上开启, 打开维护检修口结构, 内中安装的 LED 显示模块、安装单元应当具备操作维护的便利性。TDT 发车表示器设备应当拥有自身独立的工作电源和通讯数据线

缆防雷装置, TDT 发车表示器至室内的通讯数据线缆应当设置防雷保护隔离。

以南京地铁宁天城际线(采用卡斯柯信号公司 U888 信号系统)为例, 发车表示器的机械尺寸及显示矩阵技术参数如下: 显示面尺寸: 384mm*192mm; 屏体尺寸: 446mm*254mm*159mm; 显示面数: 单面显示; 显示颜色: 双色显示: (红色、绿色); 可视角度: 不小于 120°; 可视距离: 不小于 50m; 像素点直径: $\Phi 4.8$ mm; 像素点间距: 6mm; 模块点数: 8*8; 模块数: 32; 单面点数: 64*32; 亮度: 不小于 100cd/m²; 显示字体: 黑体字。

在新线建设期间, 应当由信号系统供应商/集成商的负责牵头组织信号 ATS 系统的信息接口, TDT 发车表示器供应商负责 TDT 发车表示器的软件/硬件的设计和牵头开发。在接口实施过程中定义、设计、供货、安装及测试阶段的责任需要在招标文件、设备规格书等文本中划分, 明确责任与义务。信号系统集成商与发车表示器供应商双方需要针对接口、规格做好兼容性、稳定性测试并获取安全认证后方可交付投入轨道交通运营服务。

4. ATS-TDT 接口连接方式

ATS 与发车表示器等设备在各正线车站连接, 根据所在车站实际状况, 每个正线车站配置有 2 个或 2 个以上的发车表示设备。TDT 设备通常安装在每个车站站台的相应位置(大多数为列车正常运营服务方向的站台头端), 每一组发车表示设备通过 4 芯电缆(多采用屏蔽铠装)连接到室内的串口集线器/交换机上, 该集线器/交换机为 1 进 8 出。在每个正线设备联锁站(集中站)该集线器/交换机与 ATS 双机切换单元模块相连, 在正线非设备联锁站(集中站)集线器/交换机与 ATS 接口工控机相连。通讯传输方式均采用 RS-422 标准接口。

5. ATS-TDT 接口命令控制信息

(1) 停站时间命令

停站时间命令通过 ATS-TDT 接口传递, 用于控制地铁列车在各站的停站到发时间。运营停站的具体停站时间的人工设置, 由地铁指挥室控制中心行车调度员在中央工作站人机界面上进行设置站台(可设某一侧或双侧)列车停站时间的功能。指挥室行车调度员能够指定站台停站时间为自动, 或者选择人工指定停站时间(范围)。当站台某一侧的被人工设定了停站时间之后, ATS 子系统发送指令, 控制所有到达该站台的列车都按指定的时间停站, 直到人工设置的停站时间被取消, 此时 TDT 应当根据设置调整后的运营情况输出准确的倒计时显示。该命令包含停站的具体时长信息, 确保列车按计划时间停靠和发车。在发送过程中, 命令以特定的数据格式进行编码, 通过 ATS-TDT 接口传输给列车控制系统。接收到命令后, 列车根据接收到的停站时间进行操作。这一命令对于维护列车时刻表的准确性和提高乘客服务质量至关重要。

(2) 扣车命令

扣车命令是一种安全控制指令, 通过 ATS-TDT 接口发送, 用以在特定情况下限制列车的运行。当系统检测到潜在的安全隐患或需要进行紧急干预时, 该命令被触发并发送给列车, 使其在规定的位置停车或减速。这一命令的准确传递和执行对于确保乘客安全和地铁运行的可靠性至关重要。当行车调度员对某一测站台执行设置取消扣车的指令时, 信号 ATS 子系统会立即向对应停靠该站台的停站列车发送扣车指令或者清前一次的扣车指令。当该列车离开此侧站台时, 如系统检测到该列车带有扣车命令的情况, 信号 ATS 子系统会发送命令至该一侧站台清除扣车指令。

(3) 跳停命令

跳停命令通过 ATS-TDT 接口发送, 用于调整列车的停靠站点。这一命令通常在特殊情况下使用, 如紧急疏散或线路调整。命令指示列车跳过某一或多个站点, 直接前往后续站点。通过精确的命令控制, 确保列车操作符合当前的运营需求, 同时对乘客的影响降至最低。当某一侧站台收到来自信号系统的跳停指令时, 站台 PIS 系统的电子旅客向导显示屏以及站台发车表示器应当提供正确的显示信息(电子旅客向导牌显示“本次列车不载客/不停靠”或类似显示内容, 发车表示器不启动倒计时显示)。

(4) 立即发车命令

立即发车命令是一种紧急操作指令, 通过 ATS-TDT 接口传输至列车控制系统。该命令在特殊情况下使用, 如需要迅速清空站台或应对紧急事件。接收到命令的列车会立即启动并离开站台, 不考虑常规的发车间隔和时间表。这种指令的迅速反应对于处理突发事件和保障乘客安全非常关键。立即发车命令在信号系统中通常又被定义为“提前发车操作”, 在操作上可提供单一侧站台或全线全侧站台的提前发车设置指令, 无论该操作是由控制中心或者是本地车站发出, 当前停站的列车均会按指令被提前发出。此时信号 ATS 子系统会将此信息发送至各车站, 对应站台 PIS 及 TDT 均刷新显示至实际状态。

(5) 清屏命令

清屏命令通过 ATS-TDT 接口发出, 旨在清除列车控制系统中的所有待执行命令和信息显示。这通常在系统重置或维护期间使用, 以确保列车控制系统从一个干净的状态重新开始运行。清屏命令还可用于应对错误信息或冗余命令的累积, 确保列车控制系统的准确性和效率。

6. ATS 系统与 TDT 接口分析

(1) 非设备集中站 TDT 接口状态查询

在非设备集中站, TDT 接口状态查询是一个关键的维护操作, 它确保数据传输接口运行正常, 避免通信故障。状态查询包括检测 TDT 接口的连接质量、信号强度和数据传输的完整性。此过程通常采用自动化监测系统, 实时收集和分析接口性能数据, 以快速识别和响应潜在问题。查询结果帮助维护团队确定是否需要进行修复或调整, 以确保地铁系统的稳定运行。在非设备集中站, 由于设备和资源分散, 这种状

态查询对于提前发现和解决问题尤为重要,有助于减少运行中断和提高系统的整体可靠性。

(2) 设备集中站 TDT 接口状态查询

在设备集中站,TDT 接口状态查询是确保高效和连续运营的重要环节。由于这些站点通常承担更多的运营和控制职责,因此对 TDT 接口的性能监测需要更加精确和高频。此类查询涉及评估接口的通信效率、故障率和处理延迟时间。通过集中式管理系统,可以实时监控 TDT 接口的状态,并及时调整或修复以维持最优性能。这种状态查询在设备集中站尤为重要,因为任何接口问题都可能影响多条线路的运行。维护团队通过这些查询可以更好地理解系统运行的整体状况,确保地铁网络的平稳运行。

(3) TDT 接收状态查询

TDT 接收状态查询关注的是 TDT 接口接收信号的质量和完整性,这对于确保指令正确传达至列车至关重要。该查询包括检测信号的稳定性、噪声水平和可能的干扰源。通过这些查询,维护团队能够评估 TDT 接口在实际运行条件下的表现,并根据需要进行调整。接收状态查询还包括监测信号的丢失率和错误率,这些信息对于诊断通信问题和实施预防性维护策略至关重要。此外,查询结果还可用于优化系统配置和升级,提高地铁系统的整体效率和可靠性。这种详细的分析有助于及时发现潜在问题,防止它们升级成更严重的故障。

二、TDT接口故障分析

在某地铁站的一次运营中,值班人员收到了维护调度中心的报告,称该站点下行线路在连续通过两辆列车时,发车指示器(TDT)上均未显示任何信息。为了应对这一突发情况,操作控制中心(OCC)的值班人员迅速介入调查。

首先,他们通过自动列车监控系统(ATS)的维护工作站对问题进行了初步诊断。在检查过程中,他们发现了一个关键线索:该车站下行 TDT 的状态指示灯呈现红色。这是一个明显的异常信号,暗示 TDT 系统可能存在问题。

随后,正线的值班人员对 ATS 系统的 LATS(列车自动停车系统)灯位进行了仔细检查。这一步骤是为了确认 LATS 接口是否正常发送状态信号,因为 LATS 的正常运作对于 TDT 显示至关重要。检查结果显示,LATS 接口的发送状态是正常的,这表明问题并非出在 ATS 系统本身。

进一步的调查集中在 TDT 机箱内部。值班人员发现主控板上的通道 1 指示灯处于熄灭状态,而系统灯和电源灯则显示正常工作状态。这一发现非常关键,因为它表明主控板的电源和系统运行是正常的,问题很可能出在通道 1 上。

综合这些观察结果,值班人员得出结论:TDT 的通道 1 存在异常。这一异常导致了 TDT 在下行线路上无法正常显示列车信息。随后,他们立即启动了故障修复流程,以尽快恢复 TDT 的正常工作状态,并保证地铁系统的安全和高效运行。

三、故障处理及预防措施

1. 故障处理

在处理上述 TDT 接口的故障时,维护团队首先通过检查自动列车监控系统(ATS)的 LATS(列车自动停车系统)上的 COM 板和 TDT 机箱内主控板灯位,确认 ATS 系统与 TDT 接口之间的通信是正常的。这一步骤排除了通信故障的可能性,使得问题定位更加精确。

接下来,重点转移到 TDT 主控板上,特别是通道 1 的故障诊断。经过检查,发现通道 1 确实存在问题。作为应急措施,技术团队将 TDT 的运行切换到备用的通道 2。这一调整立即取得了效果,TDT 的 LED 屏显示恢复正常,暂时解决了故障问题。然而,为了确保长期的系统稳定性和冗余性,决定更换主控板是必要的。

这个案例表明,故障处理不仅需要快速应对,还需要深入分析,以确保长期的系统可靠性。采取合适的临时措施以恢复服务是关键,但更重要的是进一步的设备更换和升级,以防止未来的故障重复发生。

2. 预防措施

为了预防 TDT 接口故障,采取一系列的维护和培训措施是至关重要的。根据 TDT 检修规程,每年都需要检查线缆的紧固情况,以确保所有的连接都是安全和稳固的。此外,定期巡视 TDT 的工作状态是必要的。这不仅包括对物理组件的检查,还应包括软件和通信功能的测试。通过定期巡视,可以及时发现并处理异常,防止小问题演变成大故障。

除了物理和技术检查之外,加强 TDT 设备工作原理及故障处理实操培训同样重要。通过培训,维护团队能够充分了解和掌握设备的工作原理及故障判断处理方法。这不仅提高了故障处理的效率和准确性,还有助于维护人员预测和预防潜在的问题。通过这些预防措施,可以大幅降低故障发生的风险,确保地铁系统的稳定和可靠运行。

四、结语

在现代城市交通系统中,地铁的高效与安全运营对城市发展至关重要。本文以南京地铁卡斯柯信号系统为例,深入探讨了 TDT 接口的重要性及其在地铁系统中的应用。通过分析 RS422 协议的优势和 TDT 接口的多种命令类型,我们展示了这些技术如何共同作用于提高地铁运行的效率和安全性。特别地,本研究通过实际案例分析,揭示了对故障的及时发现和有效处理的重要性,强调了定期的系统检查和维护人员培训在预防故障中的关键作用。笔者希望本文的研究成果能为地铁系统的稳定运行和未来的技术改进提供有益的参考,为城市交通的可持续发展贡献一份力量。

[参考文献]

- [1]徐璠.卡斯柯信号系统 TDT 接口故障分析[J].郑州铁路职业技术学院学报,2021,33(04):20-22.
- [2]高振天,孙奎,张乐彬.站台门与信号系统接口故障在线监测系统的设计[J].工业仪表与自动化装置,2021(02):41-44+58.