

DOI: 10.13879/j.issn.1000-7458.2022-09.22187

地铁时钟系统更新为以太网传输组网的实施方案

谭明勇, 梁洁, 梁爽, 于洪顺

摘要: 在轨道交通领域, 通信、信号及其他专业系统设备的时钟系统为控制中心和车站提供统一的时间基准, 其传输一般采用SDH低速率接口模式。随着传输系统已更新为以太网, 时钟系统也要同步更新。以北京地铁1号线和2号线为例, 详细介绍时钟系统更新为以太网传输组网的实施方案。

关键词: 时钟系统; UDP/IP协议; 车站二级母钟; 以太网

中图分类号: U285.4 **文献标识码:** A

Solution to Update Transmission Network of Subway Clock System as Ethernet

Tan Mingyong, Liang Jie, Liang Shuang, Yu Hongshun

Abstract: In a rail transit, the clock system of communication, signal and other specialties provides a unified time reference for the control center and the stations, and generally adopts low-rate SDH interface. Since the transmission system has been updated as Ethernet, the clock system is required to be updated simultaneously. Taking Line 1 and Line 2 of the Beijing Subway as an example, the solution of updating the transmission network of the clock system as Ethernet is introduced in detail.

Key words: Clock system; UDP/IP protocol; Station second level clock; Ethernet

北京地铁1、2号线时钟系统是基于传输系统提供的SDH低速率接口, 实现西直门地铁大厦控制中心的一级母钟和沿线各车站、车辆段二级母钟之间的双向通信, 为中心和各站点的其他系统、显示子钟等提供时间同步信号, 并对全线的时钟设备进行管理。随着地铁通信传输系统要过渡为维护成本更低、普适性更好的以太网, 时钟系统与车站设备之间也要相应更新为以太网传输组网。

1 现状分析

西直门地铁大厦的一级母钟主要负责同步和管理北京地铁1、2号线的时钟系统设备, 向信号系统、行车调度系统和电视监控、广播等通信子系统提供时间同步信号。北京地铁西直门1、2号线时钟系统整体结构见图1。

受建设年代技术的限制, 北京地铁1、2线沿线各站的二级母钟与传输系统的接口是不同的, 比

谭明勇: 青岛广电时通电子有限公司 正高级工程师 266071 山东青岛
梁洁: 青岛广电时通电子有限公司 工程师 266071 山东青岛
梁爽: 北京市地铁运营有限公司通信信号分公司 高级工程师 100082 北京
于洪顺: 青岛广电时通电子有限公司 工程师 266071 山东青岛
收稿日期: 2022-05-30

较复杂。

1) 2号线(环线)各站与西直门中心之间,最初使用电话线路,采用EBU(欧洲广播联盟)接口标准,该标准为广播电视领域时间信号编码规范,基带音频编码传输,数字与模拟技术混合,其传输距离远、可靠性高、成本较低^[1-2]。2002年,2号线时钟信号的传输系统具备了SDH(同步数字体系)光纤通路,各车站二级母钟改为低速率RS-422接口,速率为4 800 b/s。

2) 北京地铁1号线东段(复八线),1999年通车,传输系统提供有基于SDH的低速接口,二级母钟采用的RS-232接口,接口速率为4 800 b/s,设计功能包含双向信号传输和车站二级母钟网管功能。

3) 北京地铁1号线西段(含复兴门及以西至苹果园站),于2003年更换了全部车站的时钟设备,并与西直门地铁大厦一级母钟通信校时,实现了北京地铁1、2号线时钟系统的完全统一。但当时不具备传输系统通路,时钟信号传输临时采用EBU接口作为过渡,2010年具备SDH传输系统之后,平滑过渡为RS-422接口。

综上,由于北京地铁1、2号线车站接口类型不同、传输速率不同,对维护人员造成困扰,而且部分设备已超过使用年限,维护成本大幅增加,因此应尽快改造时钟系统与传输系统之间的接口。

2 方案研究和实施

由于北京地铁1、2号线时钟系统现有的传输接口模式,涉及到中心和线路的多个运维工区、众多的同步系统,因此改造实施方案既要便于施工、降低成本,还要确保施工过程影响面小、安全可靠^[3]。

特别地,根据北京地铁的总体规划,西直门地铁大厦内的通信设备于2021年底全部迁出,为此1、2号线所有车站的二级母钟改造由小营OCC时钟直接统一控制和管理,总体方案分为2部分:①小营OCC一级母钟新设适配以太网的中心接口设备;②1、2号线各站改造,更新以太网接口单元。

2.1 小营一级母钟

2008年,小营OCC时钟系统为当时已建成的北京地铁1、2、13号线和八通线共4条线路的时钟系统提供统一授时和网络管理,为通信、信号和防灾等其他系统提供时间同步,OCC与4条线路各自副中心之间全部采用基于SDH光纤通路的低速接口。

结合本次时钟系统传输接口改造,直接对小营OCC时钟系统进行扩容,为1、2号线分别设置一台中心级网络接口适配单元,接收小营中心一级母钟的标准时码信号和计算机网管指令,统一编码后提供以太网电接口,经由传输系统提供的以太网通道,传送到地铁1、2号线沿线各车站,统一校准

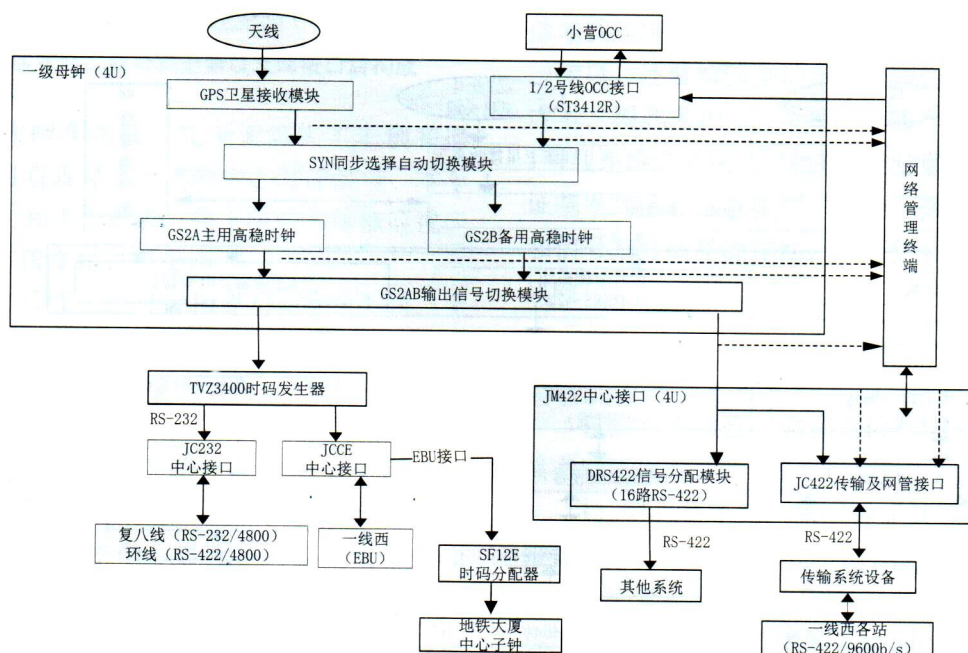


图1 北京地铁西直门1、2号线时钟系统整体结构

车站的二级母钟；中心网络接口单元还可接收车站二级母钟的回传时码和状态信息，统一传送给计算机监测终端，实现对1、2号线时钟系统设备的网络管理和监控。

考虑到时钟信号的实时性要求，中心与车站间以太网接口只能基于UDP（用户数据报协议）/IP（网际互连协议）^[4-5]，采用点对多点的广播模式，最大程度降低传输时延，保证车站与中心的同步精度。网络接口的硬件控制电路采用基于ARM Corex-M3核心的STM32F107，软硬件综合设计，确保对时钟信号转换和传递的低时延^[6-8]。

中心接口单元的前面板有对应各功能的发光指示，如图2所示，可显示中心母钟输入信号的有无、与网管计算机通信信号的指示、接收到的网管计算机的命令代码、各车站的状态等。这样，运维人员可以在不依靠网管计算机、不使用网络测试仪器的情况下，直观查看车站的时钟运行状态。



图2 中心接口前面板对应各功能的发光指示

当然，中心和站点的IP地址可以根据传输系统的统一分配而灵活更改，以适应地铁现场传输系统的特殊安排。

具体实施时，遵循稳妥推进、分步进行的策略^[3]。

1) 2020年，以急需更新的2号线先行作为试点。西直门地铁大厦的一级母钟暂时维持不动，在不影响地铁运营的前提下，小营OCC中心扩容增加用于2号线的中心级以太网接口单元，利用夜间地铁列车停运期间，选择一个车站做试点，调通小营OCC中心和该站的双向以太网信息传递。接下来逐步把2号线所有车站和车辆段的二级母钟设备与西直门地铁大厦脱钩，全部割接至由小营OCC时钟同步和管理。

2) 2021年，在2号线实施经验基础上，对1号线全线进行改造更新；所有车站和车辆段的二级母钟设备完全归集到小营OCC一级母钟管理和同步驱动。西直门地铁大厦的原有一级母钟完成历史使命后被拆除。

本次改造后，小营OCC一级母钟及各线时钟系统组网结构见图3。北京地铁最早4条线路的时钟系统与小营OCC一级母钟之间的关系可以归为2大板块：①1、2号线撤销西直门地铁大厦原有线路副中心时钟设备后，所有车站经以太网传输通路直接与小营OCC双向通信；②13号线和八通线，维持原来的传输架构和副中心机制，将来需要时再进行类似的改造。

2.2 2号线车站二级母钟

针对2号线车站二级母钟设备分体式单元组合架构的特点，采取只更换车站接口单元的思路，高

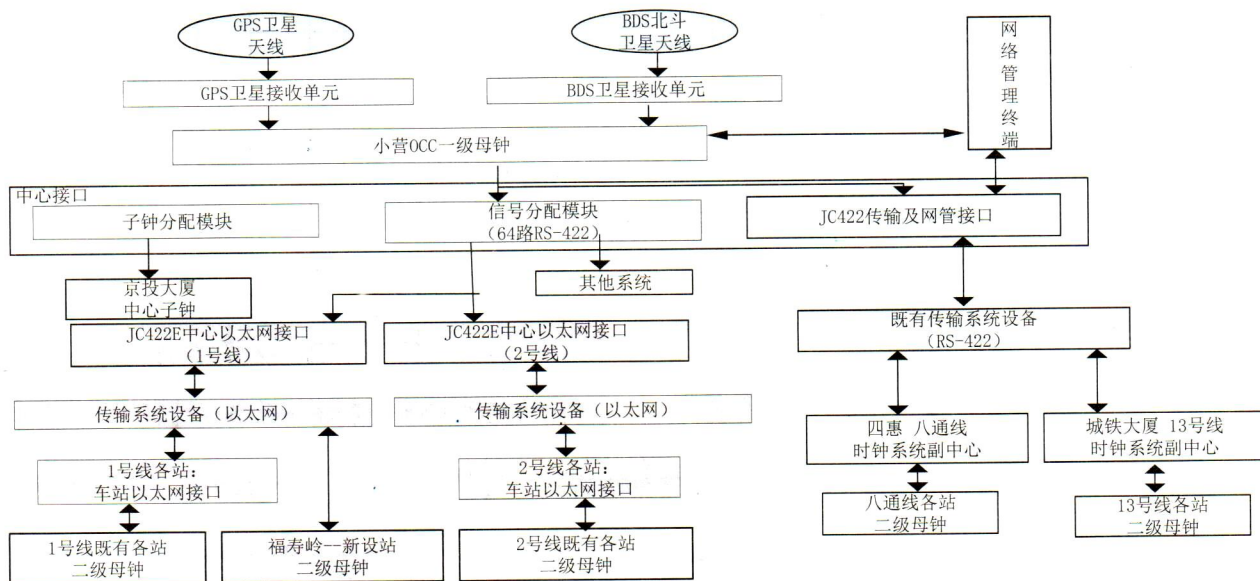


图3 改造后小营OCC一级母钟与各线时钟系统组网结构

稳时钟和信号分配单元保持不变，施工时可快速替换原有低速率接口单元，方便割接。

新的以太网接口单元保留既有的车站地址编码功能、二级母钟关键信息采集功能和既有接口类型，车站接口单元收到中心的标准时间信息后，转换输出既有的SZ时码（小系统应用间歇码）接口，校准本站的高稳时钟，同时读取车站高稳时钟的时码和其他关键参数进行鉴别，将本站的状态和故障编号回传给中心^[9]。2号线车站二级母钟更新以太网接口后构成见图4。

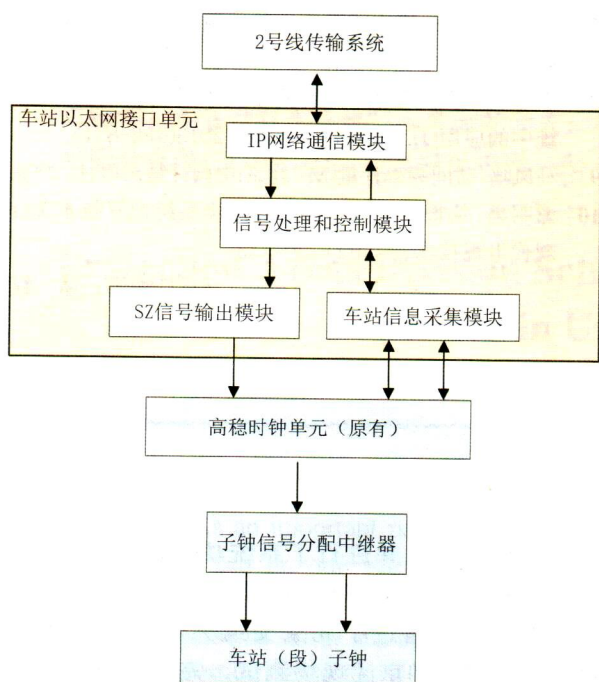


图4 2号线车站二级母钟更新以太网接口后构成

新的以太网车站接口完全无需人工干预和操作，前面板可直观显示收到的中心母钟信号、本站的代号编码和工作状态；便于维护和维修巡视。

2.3 1号线东段车站二级母钟

考虑到1号线二级母钟构成与2号线不同，无法照搬2号线的以太网接口单元，需要单独设计；同时，要兼顾1号线西段的状况，借此机会统一1号线东段和西段的传输接口。

经过比较，1号线东段以太网接口采用积木式、信号多重变换的设计，与1号线西段的外在接口参数一致，便于中心级设备对其网络管理和监测，避免“一线两制”的情况发生；在以太网接口单元内部，分别增加变换处理下行校时信号和上行网管信号的模块，以维持1号线东段车站

设备的主架构延续不变，降低信号割接时的难度和风险；充分利用原有二级母钟接口模块的显示功能，保持车站维护巡检的一致性，1号线东段车站二级母钟更新以太网接口后构成见图5。

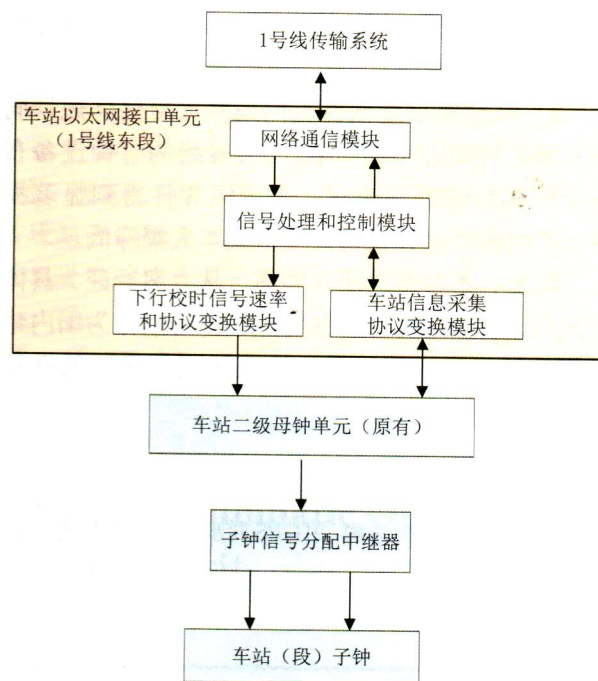


图5 1号线东段车站二级母钟更新以太网接口后构成

2.4 1号线西段车站二级母钟

北京地铁1号线西段（含复兴门及以西至苹果园站）时钟设备与东段具有不同的接口参数，一直给地铁运维人员带来困扰。借此改造机会，不仅统一接口，还要给线路设备升级预留操作空间、降低成本，因此采用与1号线东段基本相同的构架，在1号线东段以太网接口的基础上，做出适当调整，保证基本功能和外在接口一致性，侧重于系统可靠性和信号割接的易操作性，降低信号割接时的难度和风险^[10]。

3 结论

目前本方案已在北京地铁1、2号线成功应用，具有以下优点。

1) 中心和车站之间时钟系统通过以太网组网连接成功，对传输系统的硬件和接口配置需求趋于同质化、常规化，原有老旧制式的传输系统接口设备可以转型，其备件成本大幅降低，维护简便、高效，便于协调。

2) 对于新建线路, 时钟、广播等习惯使用低速率传输接口的系统, 可以彻底转向以太网组网策略, 传输系统可不再配置低速率接口板卡, 系统性降低建设成本。

3) 具有良好的接口适应性, 可以适应不同的低速率接口, 甚至可以针对第三方系统和设备进行传输接口的改造。

4) 结合北京地铁西直门地铁大厦整体规划同步实施, 优化了北京地铁1、2号线的时钟设备布局架构和日常管理流程, 系统可靠性得到显著提高, 沿线各站时钟设备的维护成本大幅降低。

综上, 本方案的研究实施, 从方案论证、具体实施到设备接口的普适性特点, 都可以作为国内建成年代较早的地铁线路传输系统更新换代的有益借鉴。

参 考 文 献

[1] 谭明勇,方薇,隋志国.用GPS同步地铁时钟系统[J].铁

道通信信号,2002(2):17-18,33.

[2] 隋志国,谭明勇,方薇.北京地铁时钟系统设备研制材料汇编[R].青岛广播电视研究所、北京地铁通号公司,1999.

[3] 国家建设部,质量监督检验检疫总局.GB 50382—2006 城市轨道交通通信工程质量验收规范[S].2006.

[4] 沈文,黄力岱,吴宗峰.AVR单片机C语言开发应用实例—TCP/IP篇[M].北京:清华大学出版社,2005.

[5] Jean Walrand. 通信网络基础[M].北京:机械工业出版社,1999.

[6] Joseph Yiu.ARM Corex-M3 权威指南[M].北京:北京航空航天大学出版社,2009.

[7] Bonnie Baker. 嵌入式系统中的模拟设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.

[8] 李芳,杨德华,罗存.时钟同步技术及其在地铁综控系统中的应用[J].交通科技与经济,2013(6):6-8,13.

[9] 马凤鸣.时间频率计量[M].北京:中国计量出版社,2009.

[10] 谭明勇.从根本上为广电时钟同步系统把好技术关[J].现代电视技术,2011(1):130-133.

(责任编辑: 诸 红)



▲ “自主化 CTCS-3 级列控系统 CTCS 3-400H 型 ATP 车载设备和 RBC-HZ 型 RBC 设备” 通过技术评审

2022年7月20日,国铁集团科信部以网络视频会议的形式,对和利时公司完成的“自主化CTCS-3级列控系统CTCS3-400H型ATP车载设备和RBC-HZ型RBC设备”(课题合同编号2014X003-I)(以下简称“设备”)组织召开了技术评审会。评审专家听取了和利时公司的汇报,审阅了评审资料,经认真质询和讨论,形成评审意见如下。

一、和利时公司提交的评审资料齐全、内容完整,符合评审要求。

二、设备是CTCS-3级列控系统关键核心设备,符合CTCS-3级列控系统相关技术条件规定。

三、设备具有自主知识产权,突破了安全计算机平台、高速测速测距、基于多重信息融合的安全监控、支撑复杂枢纽拓扑的数据建模、车载双系并列冗余切换、工业标准化设计、简统化设

计等关键技术,并进行了系统功能优化,有效保证了系统安全性、可靠性和可维护性。

四、设备通过了北京交通大学实验室测试、大西现场测试和京沈现场测试,完成了设备功能、性能和互联互通测试,通过了第三方型式试验及SIL4级安全认证。

五、CTCS3-400H型ATP车载设备从2019年9月开始,在综合检测列车进行了2年多的试用考核,运营里程超过70万km;RBC-HZ型RBC设备从2018年12月开始在京沈客专(辽宁段)进行了3年多的试用考核,设备运行稳定,考核运用过程中发现的问题全部关闭,满足试用考核大纲要求和运营要求。

设备安全可靠、技术先进、自主可控,总体技术达到国际先进水平,其中高速测速测距、基于多重信息融合的安全监控技术达到国际领先水平。该设备的研制成功对于保障我国高速铁路运营安全,提升中国高铁自主化创新能力具有重要意义。与会专家一致同意通过技术评审。

(中国国家铁路集团有限公司科技和信息化部)