

列车自主运行系统(TACS)验证项目的系统设计及总体改造方案

张 华

(上海富欣智能交通控制有限公司,上海 201210)

摘要: TACS 系统目前已经过设计、开发、测试、检测、试验阶段,为了验证 TACS 系统的实际效果,在现有的在建青岛 1 号线上分配部分线路作为验证 TACS 功能的实体。文章结合项目实际情况,对 TACS 系统在改造的应用方面进行了设计研究,包括室内信号设备的系统设计改造、分布在轨道线路旁的系统设计改造、车载信号子系统设计改造等;得出 TACS 系统在城市轨道交通应用中效率更高、成本更低,是适用于城市轨道交通领域的新技术。

关键词: TACS;列车自主运行系统;车车通信

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 2096-9759(2023)06-0168-04

1 背景

列车自主运行系统(TACS)是《增强轨道交通装备制造行业核心竞争力列车自主运行系统示范项目》的一部分,目标是推广 TACS 制式,满足示范工程项目中 TACS 产品的开发测试、检测检验、装备认证等功能,兼顾 CBTC 互联互通装备认证功能。

用于青岛地铁 6 号线的 TACS 系统经过设计、开发、测试、检测、试验阶段,目前已达到了预期效果。然而,由于 TACS 系统实现所在的试验线的线路长度有限、部分设备为虚拟+实体结合的方式,没有在正式的城市轨道交通线路运行过,部分功能尚得不到行业认可。为了验证 TACS 系统的实际效果,为后期在 6 号线正式运营做好准备工作,决定在采用基于 CBTC 系统的青岛市城市轨道交通 1 号线在建项目中,开辟两个典型控区作为试车路线,来验证 TACS 系统的实际效果。

2 系统设计特点

2.1 TACS 系统的优势

目前在城市轨道交通领域,信号系统运用较广泛的列车运行控制系统为基于通信的列车控制系统(CBTC)。正常情况下,CBTC 系统由中心控制,由位于控制中心的 ATS(列车自动监控系统)根据 ATS 运行时刻表控制列车在线运营,是采用“车-地-车”的方式实现车载和轨旁设备数据交互的。该系统以轨旁的计算机联锁系统(CBI)及区域控制器(ZC)作为数据判断及传输通道。

在 TACS 列控系统中,取消了依赖轨旁计算机联锁和 ZC 控制的方式,以车载设备为主,相对 CBTC 系统,列车的控制由“被动”接收转变为“主动”控制。充分利用安全高速的 LTE-M 信息传输平台,列车和列车之间通过网络建立数据通信,由集成列控功能的车载控制系统根据时刻表自主地调整列车运行,控制轨旁信号设备,并自动触发排列进路,根据列车计算出的移动授权自主防护列车运行。

在 TACS 列控系统中,取消了计算机联锁和 ZC 控制,改为以车载设备的数据通信为主。TACS 系统是在 FAM 全自动运行功能的基础上,充分利用安全高速的 LTE-M 信息传输平台,列车和列车之间通过网络建立数据通信,由安装于列车上的信号车载控制系统根据运行时刻表自主地调整列车运行,控制轨旁道岔、信号机等设备,并自动触发排列进路,根据列车计算出的移动授权自主防护列车运行。TACS 系统中,车载信号系统核

心设备 OBU 提供全自动运行的列车自主运行功能,包括基于车车通信的行车资源管理、附属资源管理、进路预留及移动授权计算、FAM 驾驶模式、列车的定位、超速防护、监督移动授权、监督运行方向、监督列车完整性、站台管理、发车联锁和紧急关闭等。

2.2 TACS 系统的整体架构

TACS 整体系统包括 ATS 子系统、OBU(车载控制器)子系统、OC(目标控制器)子系统、车辆设备、DCS 子系统、电源系统。其中 OC 子系统包括 OC 逻辑单元和全电子执行单元,OC 逻辑单元负责资源管理控制、进行地面控制逻辑运算并对运算结果比较后输出。OC 系统的两套处理器独立进行逻辑运算处理,对采集到的数据进行同步比较,发现有差异时使设备向安全侧动作,满足“故障-安全”要求。

OBU 是车载防护系统的核心设备,在列车两端司机室各布置一套冗余的 OBU 设备,用于实现列车的测速定位和列车的控制。OBU 设备主要包括电源模块、休眠唤醒单元、通信单元、和信息处理等部分。在 TACS 车载系统采用 LTE 无线网络技术,实现列车之间的信息互传,定位,防护等功能。图 1 为 TACS 系统改造的整体架构。

3 TACS 系统在青岛 1 号线测试项目中的具体实现

为了更充分的体现 TACS 系统在城市轨道交通多种场景下的运行状况,本次工程范围选取约 6km 双正线,以及正线范围内的折返线、渡线、停车线路,其中两个典型集中站峨眉山路站和衡山路站,临时控制中心设置峨眉山路站。峨眉山路作为试车的起始站,车站后方包含有交叉渡线,可以验证站后折返作业场景,车站前方有双动道岔可验证站前折返作业场景。而在衡山路站前有存车线,可以验证列车在存车线的折返能力。

3.1 室内设备的系统设计及改造方案

现有的室内的信号控制系统设备室为一套标准的 CBTC 系统设备,而改造采用的系统为 TACS 系统,不同的运行控制系统导致设备上的差异,因此,需要利用空余位置将新增设备布置在合适位置。既有新增设备,又有复用设备,经过综合设计,放弃现有的继电器和计算机联锁系统、ZC 系统,改用 OC 全电子联锁系统。该系统以模块化为主,对室外的信号、转辙机等的控制模块化,有利于查找问题及设备维护。对室内外的交互只需要以分线柜作为接口,拆除室内已有接线,而增加全电子模块到分线柜的接线,即可完成室外设备的控制权转移。

收稿日期:2023-03-04

作者简介:张华(1986-),女,甘肃庆阳人,中级工程师,研究方向:城市轨道交通智能控制系统。

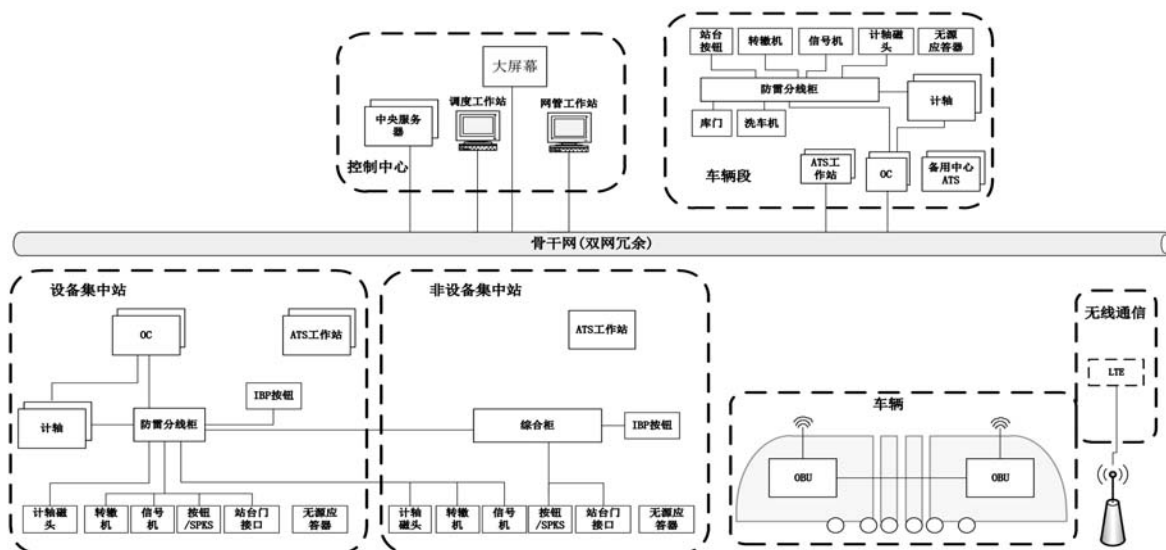


图1 TACS系统总体架构图

根据现场的情况,设置一套切换电路。主用系统(测试期间被改造的信号联锁系统,下文简称主用系统)与TACS系统(改造后或用于倒切测试的TACS制式信号OC系统,下文简称TACS系统)通过在分线盘处分时复用室外信号设备,TACS测试时,可以通过人工确认方式通过简单操作将所有室外信号设备倒接至OC设备。利用继电器接点的分时复用的特性,将室外的硬线通过切换继电器(QJ)不同触点接往不同的系统。正常情况下主用控制系统为导向安全侧,具体利用符合行业标准的一个双按钮开关、一个钥匙选择开关和一个偏极型继电器完成,两个开关需要同时动作才能保证切换设备动作完成,并通过灯光显示确认转换正确,设计思路为:转换确认开关转到“on”位置,切换开关转换到“12”位置,切换继电器转极,131-132接通,电路切换到TACS系统控制;当确认开关转换到“off”位置,且切换开关转换到“13”,切换继电器转极,131-133接通,电路切换到CBTC系统控制。室内倒切设备的控制电路具体如图2所示。

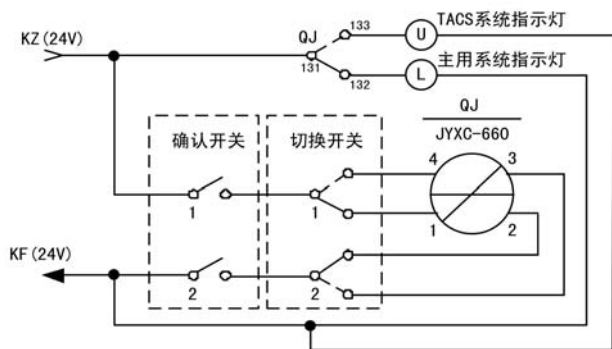


图2 室内倒切设备的控制电路

以峨眉山路站为例,复用设备有ODF(光纤配线箱)、DCS(通信系统)的BBU、分线盘(柜)、电源系统,新增设备为OC系统、ATS子系统。考虑到OC子系统与现有系统交互较多的为分线柜(F),将OC系统设备靠近分线柜配置,这样不但减少改造难度,还能使试验结束后复原过程变得简单。在系统配置方面,需要复用BBU设备,与骨干网交换机建立网络通信。

对计轴设备的改造,仅涉及到区段输出空闲、占用的信号

采集信息,系统配置、内部配线均不变。所有改造在组合架侧面配线端子完成。计轴复位功能无需改造,用计轴机柜内部复位按钮来执行。具体为:既有计轴机柜设备不动,仅拆除既有组合架侧面计轴轨道继电器第5组、第6组接点的侧面配线,增加一组配线与OC设备相连,由计轴机柜驱动轨道继电器,OC设备采集轨道继电器接点状态,以此完成功能配置。经过实际统计,该部分改造拆线占比为10%,新增配线为90%,实现了以小换大的作用。图3为室内设备的互联图示意,图4为计轴设备的改造方案。

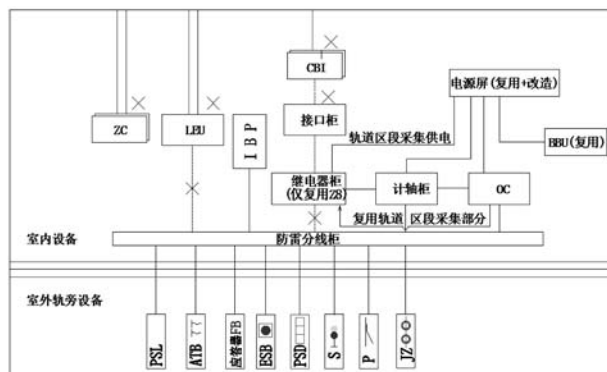


图3 室内设备的互联示意图。

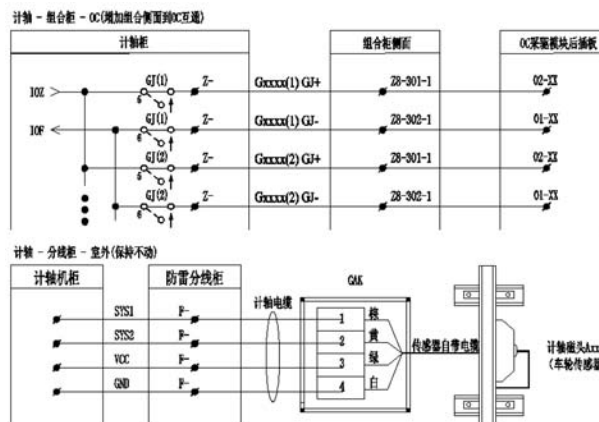


图4 计轴系统的改造设计方案

电源系统作为室内设备的重要的一部分,也是较为重要的改造对象,根据具体系统分析,电源整体配置不变,具体电源需求根据设备的用电量及控制方式,为部分复用,部分更改。经过分析对于用电量较大且需求较为特殊的BBU设备,采用“电源+设备”整体复用的形式,这样即节省了用电需求,也节省了工作量。

3.2 室外设备的系统设计及改造方案

室外设备包括安装在线路两侧的信号机、转辙机、计轴、站台箱盒、RRU等设备。在测试期间,计划利用既有青岛1号线的LTE轨旁设备,包括漏缆、RRU、光电箱、合路器等配套设备,复用的RRU设备与室内BBU之间逻辑关系保持原有线路设计,从室内通过网线接入TACS系统的骨干网交换机即可完成复用。安装在轨旁的信号机、转辙机、计轴等,保持原有位置不变,需要从室内分线盘处与TACS系统完成控制权交换。此外,轨旁用于列车定位和预告的无源应答器,为了不影响1号线后期的试运行,按照现场的情况重新增设安装并进行数据配置,因站台区域对应答器的位置要求较为严格,为了减少对车辆定位的不利影响,对于位置有冲突的已安装好应答器,可做标记后进行拆除,在试验完成后进行复原。具体如图5所示。

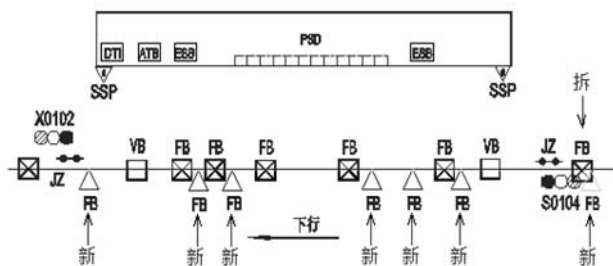


图5 轨旁应答器配置示意图

3.3 车载设备改造系统设计及改造方案

车载设备配置为每列车首尾各安装1个 OBU 车载子系统,和车辆系统做接口,与地面应答器通信,为“车-车”通信方式,即列车定位是通过无线的方式,与前车进行数据交互,并采集前车的位置信息、状态信息。OBU 是与已有的 CBTC 系统完全不同的两套控制模式,因此采用整体替换+新增的方式,

每辆车需要配置2套相互冗余的车载 OBU 设备保证系统安全,新增的 TD-LTE 系统的车载终端 TAU 部署在列车编组的前后司机车厢,两套信号 TAU 分别驻留在车载 A 网和 B 网上。TAU 天线安装在司机车厢车头和车尾,并保持与漏泄同轴电缆尽量短的距离以及视线的无遮挡,保持良好无线传输。TAU 通过以太网接口与车载 TACS 系统连接,从而建立了前后车的车载 TACS 系统之间的连接。此外,车载的 TD-LTE 车载设备需要与车辆专业沟通协调提供 DC110V 电源并提供接地。

信号系统中原有的车载应答器,查询单元、应答器查询天线、速度传感器、加速度传感器等信号系统设备,需要与新的 TACS 系统的 OBU 子系统进行连接。而与车辆的牵引、制动系统交换信息的方式,是通过已有车载中继器通过网络接口的形式实现。具体体现如图6所示。

3.4 网络通信系统的改造方案

DCS 子系统包括 DCS 有线网络和基于 LTE 的无线网络。从功能上看,分为骨干网络、本地网和安全网络。骨干网的作用是将各集中站、非集中站的系统连接起来,本地网络实现集中站与非集中站等设备的本地连通,安全网络是为了对进入信号系统的外部信息进行过滤、解析、判断而设置的,有室内设备和车载设备。

在系统网络配置方面,骨干网和本地网络采用双网冗余设计,在任何节点切换时不干扰信号系统正常工作,不会导致任何通信中断或信息丢失。考虑到设备特性及对现有系统的影响,DCS 有线网络系统设备配置采用“新增”的模式,在峨眉山路站新增骨干网、本地、网关交换机,石葵路站设备室新增骨干网、本地交换机的方式,通过 RJ45 网线与室内其他设备相联系,室外为光纤通信模式。车地无线 LTE 系统承载 TACS 列车控制业务,除了传输车地数据,同时承载车车之间的数据业务,采用 A、B 双网覆盖模式,设备包括 BBU 和 RRU、合路器。BBU 通常安装在设备房,RRU 通过光纤就近部署在轨旁站台及区间。经过综合设计得出复用已有 LTE 轨旁设备可以满足系统无线网络覆盖的需求。在室内将已有 BBU 通过网络接口连接到 TACS 系统的骨干网交换机,室外将 RRU 输出的 LTE 信号馈入区间漏泄电缆中进行传输。具体如图7所示。

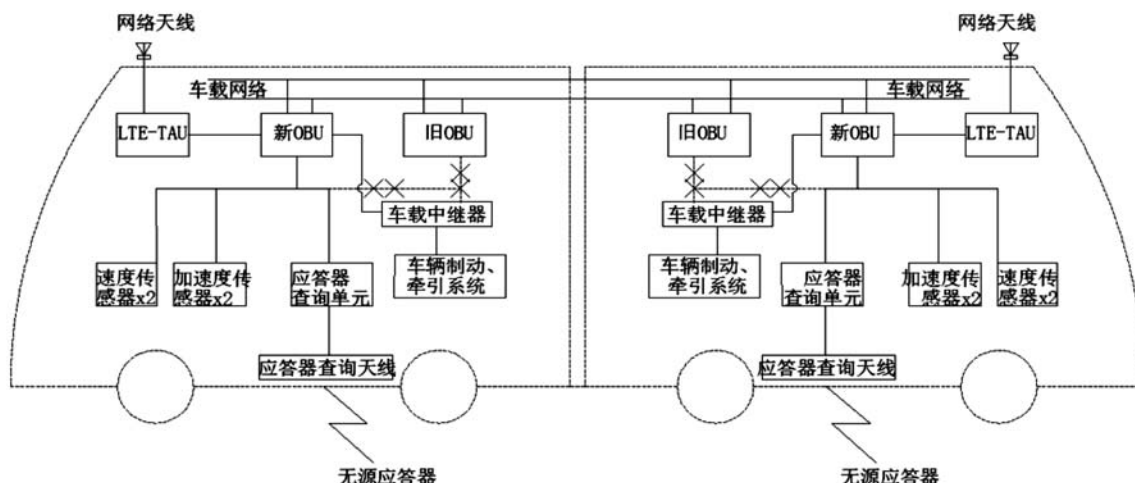


图6 车载 OBU 子系统设计和改造方案

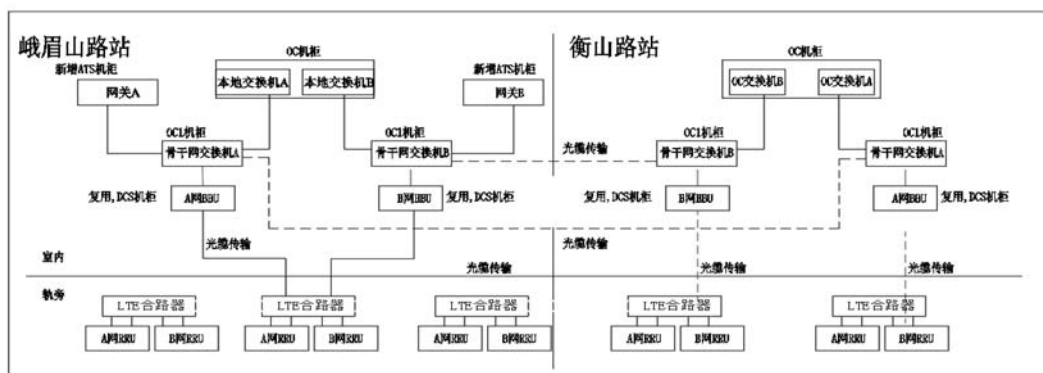


图7 TACS网络通信系统配置

5 结语

通过改造方案实施后,TACS系统在1号线上验证了与外部轨旁设备、与车辆接口、通信质量等直接相关功能,还完成了在实验室无条件、现场有条件的功能,以及与外部系统联调的场景。通过实际验证得出,采用TACS系统将列车控制方式从联锁和ZC结合转移到车载信号子系统,实现了从“车-地-车”转变为“车-车”的通信方式,这一功能的提升减少了轨旁室内外设备的数量,减少了传输距离,在折返线时可以用比CBTC系统更少的时间完成折返功能,从而降低了运营和维护成本。同时,减少了对控制中心的依赖,使得发生故障的概率降低,提高了运营效率。此外,TACS系统采用的车车通信方式,不依赖于轨旁设备,使得线路间的互联互通变得较为容易,是将来信号系统列车运行控制系统的主要方向。

参考文献:

- [1] 杜建新,左旭涛.列车自主运行系统在城市轨道交通网络化和运营中的适用性分析[J].城市轨道交通研究,2020(10).
- [2] 倪尉.TACS系统在城市轨道交通信号系统更新改造工程中的应用研究[J].铁道通信信号,2022年第58卷第8期.
- [3] 朱莉.城市轨道交通信号系统改造方案研究[J].城市轨道交通研究,2021(4):118-121.
- [4] 陈绍文.列车自主运行系统下城市轨道交通线路配线需求研究[J].城市轨道交通研究,2022,25(11).
- [5] 罗情平,吴昊,陈丽君.基于车车通信的列车自主运行系统(TACS)的探讨与研究[J].城市轨道交通研究,2018,21(07).

(上接第167页)

表5 服务器升级整合表

序号	型号	功能	数量	CPU	内存(G)
1	HW RH2288H V5	管理节点	3	Gold 5120 CPU @ 2.20GHz 2*14核	384
2	浪潮 NF5280M5	计算节点	7	Gold 5120 CPU @ 2.20GHz 2*14核	384
3	HW RH2288H V3	计算节点	11	E5-2630 v4 @ 2.20GHz 2*10核	160
4	HW RH5885 V3	计算节点	20	E7-4809 v3 @ 2.00GHz 4*8核	256
合计			41	1140核:管理84核计算资源 1056核	12160

云资源池互联网域升级后能力提升对比:

表6 资源池升级改造前后性能对比表

	计算资源 CPU核	CPU 分配率	计算资源 内存 G	内存 分配率	存储 TB	存储 分配率
升级前	948	85%	7264	79%	75	90%
升级后	1056	38%	11008	52%	171	39%

升级后华为 FusionCloud6.5.1 具有 CPU 超分管理功能(原资源池版本不具有此功能),结合业务重要性,设置超分2;计算节点服务器 CPU 为双线程,总的能力为 4224 vCPU。升级后,资源池 CPU、内存、存储的使用分配率明显较低,资源池平台安全性得到了有效保障,提高了应用业务系统需求资源部署的支撑算力。

核心交换机运行性能使用率由 60%以上降低到 25%左右,有效保障了业务数据的交换能力,提升了业务处理效率。

安全功能提升:

①新增防火墙(FW-3、FW-4),实现了资源池东西向业务

隔离与互访明细策略控制。

②新增带外监控管理,统一监控管理资源池互联网域服务器、网络设备、安全设备,提升了平台监控管理、远程维护、应急响应能力。

③云安全管理平台部署:实现主机微隔离、主机防病毒、主机防 Webshell 扫描、主机防暴力破解、主机入侵防御等能力,提升了应用业务系统的安全管控能力。

3 结语

IT 融合云资源池互联网域在升级改造后具备更完善的网络安全体系,与资源池核心域形成统一的技术栈,实现了公司统一规划布局、统一投资建设、统一资源调度和统一维护的目标。通过流程贯通、统一服务标准实现全网资源一点看全、开通能力一点调用、智能应用一点部署、网络数据一点汇集、通信能力一点集成,以准确的数据支撑公司管理者规划与决策云资源的统一规划布局、统一资源调度和统一维护,实现敏捷高效响应业务需求、提升资源效能的目标。在数字化转型的战略背景下,打造云资源集约化的 IaaS 层数字化基座,提供了宝贵的网络安全架构升级、各类平台集约化改造、资产设备利旧的实践经验。

参考文献:

- [1] 顾炯炯.云计算架构技术与实践[M].北京:清华大学出版社,2018:51-64.
- [2] 阿里云智能全球技术服务部著.企业迁云实战[M].北京:机械工业出版社,2019.
- [3] [美]Thomas ERL.云计算 概念、技术与架构[M].北京:机械工业出版社,2017:40-44.
- [4] 刘鹏.云计算(第三版)[M].北京:电子工业出版社,2018:32-39.
- [5] 王思轩.数字化转型架构:方法论与云原生实践[M].电子工业出版社,2021:33-46.