

轨道交通清分清算系统的设计与实现

齐 麟

天津轨道交通线网管理有限公司 天津 300000

摘 要：轨道交通清分清算系统是保障多主体利益均衡与线网高效运营的核心支撑。本文以其系统相关理论与技术为基础，阐述了系统总体设计和核心模块详细设计，涵盖基础数据管理、数据采集与预处理、清分规则管理、核心清分计算、收益分配几大核心模块的详细设计，并探讨了系统的实现方案，包括开发环境搭建、核心模块与接口及数据存储实现。此研究构建了轨道交通清分清算完整的系统理论与设计实现体系，为系统的稳定、高效运行提供理论与技术支持。

关键词：轨道交通；清分清算；系统设计；系统实现

引言：随着城市轨道交通线网不断拓展，多线路交织、多主体协同运营成为常态，票务交易场景日益复杂，传统清分清算模式已难以满足收益精准分配与高效流转需求。清分清算系统作为线网运营的核心支撑，其设计合理性与运行稳定性直接关乎多主体利益平衡及运营效率。本文基于清分清算核心理论与技术基础，系统开展清分清算系统设计与实现研究，明确系统架构与功能模块，优化核心模块运行逻辑，旨在构建适配线网发展的清分清算体系，为提升轨道交通运营管理水平提供技术支持。

1 轨道交通清分清算系统相关理论与技术基础

1.1 轨道交通清分清算核心理论

轨道交通清分清算核心理论以多主体利益均衡为核心，涵盖交易权责界定、清分规则建模及资金流转闭环三大核心维度。其中，交易权责界定理论明确了不同运营主体、支付机构在票务交易中的权利与义务边界，为清分工作提供基础逻辑支撑；清分规则建模理论基于客流出行特征、线路运营权重等核心要素，构建量化分摊模型，实现票务收入的合理分配；资金流转闭环理论则规范了从交易数据采集、清分计算到资金划拨的全流程逻辑，确保资金流转的高效与精准，保障清分清算工作的有序开展。

1.2 轨道交通清分清算系统设计核心原则

系统设计核心原则围绕可靠性、高效性、可扩展性和易用性展开。可靠性原则要求系统具备稳定运行能力，通过冗余设计降低系统故障概率，保障清分清算工作的连续性；高效性原则聚焦清分计算与资金划拨的效率提升，优化系统运算逻辑与流程设计；可扩展性原则要求系统具备灵活适配能力，能够应对线路延伸、运营主体增加等场景的功能拓展需求；易用性原则强调系统操作

界面的简洁性与操作流程的便捷性，降低运维与操作难度，提升系统使用效率。四大原则相互协同，构建起功能完备、运行稳定的清分清算系统设计框架^[1]。

2 轨道交通清分清算系统的总体设计

2.1 系统架构设计

轨道交通清分清算系统架构采用分层设计模式，构建“接入层-核心层-数据层-应用层”的四层架构体系。接入层负责对接票务终端、支付渠道、各线路运营系统等外部关联节点，实现多源数据的统一接入与格式转换；核心层是系统核心运算载体，集成清分算法引擎、资金结算引擎等关键模块，完成票务数据的清分计算与资金划拨逻辑处理；数据层承担数据存储与管理功能，通过分布式数据库实现海量交易数据、清分结果数据的安全存储与高效检索；应用层面向用户提供操作交互功能，涵盖清分结果查询、数据统计分析、系统运维管理等服务，支撑系统日常运营管控。

2.2 系统功能模块划分

基于系统核心业务需求，功能模块划分为五大核心模块。一是数据采集模块，实现对全渠道票务交易数据的实时采集、清洗与校验，保障原始数据的完整性与准确性；二是清分计算模块，依据预设清分规则与量化模型，完成跨线路、跨主体的票务收入分摊计算，生成详细清分清单；三是资金结算模块，基于清分结果开展资金核对、划拨处理，形成资金流转凭证，实现资金结算闭环；四是数据管理模块，负责交易数据、清分数据、结算数据的分类存储、备份与归档，支撑数据全生命周期管理；五是监控预警模块，对系统运行状态、数据流转过程进行实时监控，针对异常数据、系统故障等情况触发预警机制，保障系统稳定运行。

2.3 数据架构设计

数据架构采用“源数据-加工数据-结果数据”的分层管理模式,明确各层级数据流转逻辑。源数据层存储原始票务交易数据,涵盖交易时间、交易金额、出行路径、支付方式等核心字段;加工数据层对源数据进行清洗、转换与整合,生成标准化的中间数据,为清分计算提供数据支撑;结果数据层存储清分计算结果、资金结算凭证、统计分析报表等最终数据产物。并且构建数据同步机制实现各层级数据的实时更新,通过数据冗余存储、校验规则设计保障数据可靠性,依托数据索引技术提升数据检索与调用效率,满足系统高效运算与业务查询需求^[2]。

2.4 接口设计

接口设计遵循标准化、兼容性原则,构建多类型接口体系支撑系统内外数据交互。按功能可分为数据接入接口、数据输出接口与运维管理接口三类。数据接入接口采用表述性状态转移(RESTful)架构设计,支持票务终端、支付机构等外部系统的交易数据批量接入,具备数据格式自适应转换能力;数据输出接口实现清分结果、结算数据向各运营主体系统、财务系统的定向推送,支持多种数据格式导出;运维管理接口面向系统运维人员,提供系统参数配置、运行状态查询、日志获取等功能。并通过接口加密技术、访问权限控制保障接口交互安全,设计接口熔断、降级机制应对高并发访问场景,提升接口运行稳定性与兼容性。

3 轨道交通清分清算系统核心模块的详细设计

3.1 基础数据管理模块详细设计

基础数据管理模块是清分清算工作的基础支撑,核心功能为线网基础信息的集中管控、动态更新与查询校验。(1)模块需整合线网内12条线路的基础属性数据,包括线路编号、站点分布、里程信息等;同时维护5类核心设备台账数据,涵盖自动售检票设备、数据采集终端等的型号、部署位置及运维状态。(2)模块采用分层存储架构,将基础数据分为静态数据与动态数据两类,静态数据(如线路里程)定期校验更新,动态数据(如设备运维记录)实时同步,确保数据调用准确性^[3]。(3)模块需具备数据权限管控功能,支持按业务角色分配数据查看与编辑权限,保障基础数据安全。

3.2 数据采集与预处理模块详细设计

数据采集与预处理模块负责线网内交易数据与运营数据的全面采集、清洗及标准化处理,为后续清分计算提供高质量数据支撑。(1)数据采集层面,模块通过分布式采集节点,实现对全量售检票终端交易数据的实时采集,日均采集数据量达860万条,采集延迟控制在3秒

内。(2)预处理环节采用“过滤-清洗-标准化-校验”四步流程:先过滤无效交易数据(如重复提交、参数缺失数据);随后清洗异常数据,修正数据格式偏差;再将不同终端的异构数据标准化为统一格式;最后通过校验规则剔除无效数据,确保输出数据准确率达99.9%以上。模块支持多协议数据接入,可兼容不同厂商售检票设备的数据流,同时具备数据缓存功能,当网络中断时可缓存20万条交易数据,网络恢复后自动补传,保障数据完整性。

3.3 清分规则管理模块详细设计

清分规则管理模块核心功能为清分规则的定义、存储、版本管理与调用。(1)模块内置清分规则模板库,涵盖按里程、站点、线路协作等多种规则类型,支持用户根据线网运营需求自定义规则参数。模块需维护15套历史清分规则版本,保留规则修改记录与生效时间,支持规则版本回溯查询,确保清分计算可追溯。(2)规则管理采用可视化配置界面,用户可通过拖拽、参数输入等方式快速配置新规则,规则配置完成后需经过语法校验与逻辑测试方可生效。(3)模块还应具备规则优先级管控功能,当多条规则适用时,按预设优先级执行调用,保障清分规则应用有序性。

3.4 核心清分计算模块详细设计

核心清分计算模块是清分清算系统的核心引擎,负责依据预设清分规则对预处理后的交易数据进行精准计算。(1)模块采用并行计算架构,可同时处理3路不同类型的交易数据流,单批次计算耗时控制在15分钟内。计算过程中,模块先对交易数据进行分类拆分,区分单程票、储值卡、电子支付等不同支付方式的交易记录;再调用对应清分规则,结合基础数据管理模块提供的线路、站点等信息,完成交易金额的拆分计算。(2)模块具备计算结果校验功能,通过双重校验机制核对计算结果,若出现偏差则自动触发重新计算流程,确保清分结果精准。(3)模块实时记录计算过程日志,包含规则调用记录、数据拆分明细等,为后续核查提供依据。

3.5 收益分配模块详细设计

收益分配模块负责将核心清分计算模块输出的拆分结果,精准分配至各运营主体。(1)模块需对接6家运营主体的收益账户信息,根据清分计算结果生成收益分配明细,包含各主体应得收益金额、对应交易笔数等信息。模块支持按日、周、月三种周期生成收益分配报表,报表数据与清分计算结果实时联动,确保报表准确性。(2)模块具备收益数据对账功能,可自动比对清分计算结果与收益分配明细,生成对账差异清单,差异数据可通过人工干预修正。(3)模块采用加密存储方式保存收益分配数

据,保障收益信息安全,同时支持收益数据的导出与查询,满足各运营主体的对账需求^[4]。

4 轨道交通清分清算系统的实现

4.1 开发环境搭建

开发环境搭建需构建适配系统架构的多层级环境体系,保障开发、测试与部署的顺畅衔接。基础环境采用分布式服务器集群部署,配置8台应用服务器与4台数据服务器,满足系统并发处理与数据存储需求。开发框架选用主流分布式开发架构,集成数据采集、计算、存储等核心组件,实现开发组件的复用与高效调用。测试环境搭建需模拟线网真实运营数据流量,配置数据仿真工具生成符合实际业务场景的测试数据,确保测试结果的有效性。同时,搭建环境监控平台,实时监测服务器CPU负载、内存占用及网络带宽使用情况,及时发现并解决环境异常问题,为系统开发提供稳定可靠的环境支撑。

4.2 核心模块实现

核心模块实现需基于前文设计方案,完成各模块功能的代码落地与功能集成。基础数据管理模块采用数据分层封装技术,实现静态数据与动态数据的分离存储与高效调用,通过数据校验算法保障数据准确性;数据采集与预处理模块基于分布式采集框架开发,实现多终端数据的并行采集,集成数据清洗算法完成异常数据过滤与标准化处理;清分规则管理模块采用可视化配置引擎,实现规则的拖拽式配置与语法自动校验;核心清分计算模块基于并行计算框架开发,优化计算逻辑,提升数据处理效率;收益分配模块集成加密算法与对账逻辑,保障收益数据安全与分配精准。各模块实现后通过接口调用实现协同联动,完成全流程功能闭环^[5]。

4.3 系统接口实现

系统接口实现需保障模块间、系统与外部设备间的数据传输高效稳定。接口类型涵盖内部模块交互接口、外部设备接入接口与数据同步接口三类,共设计32个核心接口完成各类数据交互需求。内部接口采用RESTful风格设计,规范接口参数格式与调用方式,实现基础数据管理、清分计算等模块间的实时数据传输;外部设备接入接口支持多协议适配,实现与售检票终端、运维终端等外部设备的无缝对接;数据同步接口采用增量同步机

制,减少数据传输量,提升同步效率。接口实现过程中加入异常处理与重试机制,当接口调用失败时自动触发重试,重试次数达5次仍失败则记录日志并报警,保障接口调用的可靠性。

4.4 数据存储实现

数据存储实现需结合数据类型特点采用分层存储方案,兼顾存储性能与数据安全性。采用关系型数据库存储基础配置数据、清分规则数据等结构化数据,配置12个数据分区实现数据的分类存储与高效查询;采用分布式文件存储系统存储海量交易日志、报表文件等非结构化数据,支持海量数据的快速写入与读取。存储架构加入数据备份机制,实现数据的实时增量备份与定期全量备份,备份数据存储于异地节点,保障数据在极端情况下的可恢复性。同时,采用数据加密技术对核心收益数据、交易数据进行存储加密,仅授权用户可通过解密接口获取数据,全面保障数据存储安全。

结束语:轨道交通清分清算系统的建设与优化是保障线网高效协同运营的关键支撑,兼具理论复杂性与实践系统性。从核心理论夯实、关键技术赋能,到总体架构设计与核心模块落地,各环节需协同发力、有机衔接。构建以利益均衡为核心、技术创新为驱动、规范设计为保障的系统建设体系,完善多主体协同的运行机制,是提升系统运行质效的核心路径。唯有如此,才能充分发挥清分清算系统的枢纽作用,为轨道交通线网的规模化发展与高质量运营提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 邹旭华,陈志锋,曾厚堰.轨道交通智能运维系统的设计与实现[J].电脑知识与技术,2025,21(22):108-109+112.
- [2] 张春娜.探析智能交通系统中计算机信息技术的应用[J].人民公交,2024(12):34-36.
- [3] 李凯,李扬,杨洪鑫.轨道交通综合监控系统的设计与实现[J].人民公交,2025(16):73-75.
- [4] 韩丽东.智能换乘背景下城市轨道交通票务清分方法研究[J].信息与电脑(理论版),2020,32(18):21-23.
- [5] 宋青.轨道交通系统运营维护中的智能化技术应用[J].人民公交,2025(4):115-117.