

# 基于CDIO理念城市轨道交通沙盘模型综合设计的研究及探讨

苏 朗 王 杰

苏州高博软件技术职业学院 江苏苏州 215163

**【摘要】**为了培养学生的工程实践能力，将理论知识与实践有机结合，本文针对CDIO理念下的城市轨道交通沙盘模型综合设计展开了深入研究。首先阐述了基于分层分布式架构的系统控制框架，包括集中监控层、区域控制层和现场执行层三个层级。接着，对硬件设备进行了详细介绍，重点介绍了模拟真实系统的道岔子系统、信号机子系统、定位反馈子系统和供电子系统。最后，重点论述了控制软件的功能模块划分，分别从视图模块、通信模块和控制模块三个方面进行了系统化设计。沙盘模型综合设计贯彻了CDIO理念，实现了产品全生命周期的系统开发实践，以期为相关人员在工程教学和轨道交通管理等领域提供有益参考。

**【关键词】** CDIO理念；城市轨道交通；沙盘模型综合设计

**【基金项目】** 2022年校级课题 名称：基于CDIO理念的城市轨道交通沙盘实践教学研究，编号：GIST2022-17

## 1 引言

随着城市轨道交通建设不断推进，人才培养力度亟需加大。现有的教学模式较为传统，缺乏产品全生命周期理念贯穿，学生的工程实践能力有待进一步提升。为解决这一问题，文章提出了基于CDIO理念的城市轨道交通沙盘模型综合设计研究主题。CDIO(Conceive、Design、Implement、Operate)理念源于麻省理工学院，强调在产品全生命周期中系统化地引入工程教育理念，包括构思、设计、实施和运行四个有机环节。近年来，CDIO理念被广泛运用于工科专业教学改革，取得了良好效果。将该理念引入到城市轨道交通实践教学，对培养复合型工程人才具有重要意义。本研究旨在构建一套基于CDIO理念的城市轨道交通沙盘模型综合设计教学平台。该平台努力还原轨道交通系统真实运行环境，包括控制架构设计、硬件设备选型和控制软件开发等多方面内容。通过实操训练，学生将全面掌握系统开发流程，提高工程实践能力。

## 2 列车模型控制系统设备基础

列车模型控制系统设备是实现城市轨道交通沙盘模型综合设计的关键基础。该系统将真实列车运行环境进行

了简化模拟，包含了列车模型、道岔、信号灯、车站、列车定位装置等核心组成部分。列车模型是整个系统的核心，其精准再现了实际列车的运行特性和外形。通过精心设计，这些列车模型不仅外观逼真，而且能够按照预设的运行曲线自主行驶。同时，采用专业级遥控系统，操作人员可以实时控制列车的加速、减速和停车等动作。道岔则模拟了轨道交叉及分岔的场景，能够根据控制信号灵活切换行车线路。同步设置的信号灯系统，将根据列车位置和行驶方向发出不同的指示信号，指导列车行车。车站则是重要的乘降点，列车需要在此精确停靠，保证乘客安全有序上下车。为确保列车行驶安全，沙盘系统配备了先进的列车定位装置。通过对列车实时精准定位，系统可以实现自动防撞、自动减速停车等安全保护功能。同时，操作人员也可以根据列车位置信息做出相应调度指令。总体而言，列车模型控制系统设备集成了多种专业级别硬件，为城市轨道交通沙盘模型综合设计提供了可靠基础保障。通过这一系统，可以模拟真实列车运行环境，实现对运行方案的全面检验和人员培训，有助于提高轨道交通系统的规划水平和运营管理能力。如表1所示。

表1 列车模型控制系统设备的关键组成部分及其功能

组成部分	功能
列车模型	精准再现实际列车的运行特性和外形，能够按照预设的运行曲线自主行驶，操作人员可以实时控制列车的加速、减速和停车等动作。
道岔	模拟轨道交叉及分岔的场景，能够根据控制信号灵活切换行车线路。
信号灯系统	根据列车位置和行驶方向发出不同的指示信号，指导列车行车。
车站	重要的乘降点，列车需要在此精确停靠，保证乘客安全有序上下车。
列车定位装置	实现对列车的实时精准定位，可以实现自动防撞、自动减速停车等安全保护功能，操作人员也可以根据列车位置信息做出相应调度指令。

### 3 基于CDIO理念城市轨道交通沙盘模型综合设计研究

#### 3.1 控制架构

城市轨道交通沙盘模型综合设计的控制架构采用了分层分布式结构，旨在模拟真实轨道交通控制系统的运行模式。整体架构可分为三个层级：集中监控层、区域控制层和现场执行层。集中监控层位于控制中心，实现对整个系统的统一监视和协调管理。操作员可通过人机界面了解列车实时运行状态，并进行相应调度指令下发。该层级还承担日志记录、故障诊断等辅助功能。区域控制层划分了若干个控制分区，每个分区由一台工控机统一协调。工控机接收来自上位集中监控层的命令，并对所辖区域内的道岔、信号灯以及列车定位系统进行实时控制，实现区域级列车运行调度。现场执行层由大量智能终端设备构成。这些设备直接连接道岔、信号灯等现场硬件，执行上级下达的控制指令，并将现场状态数据回传至区域控制层。现场执行层的分布部署有助于提高系统实时响应能力。上述分层控制架构充分体现了CDIO理念，即在产品开发的全生命周期中，系统化地引入并实践工程教育理念。沙盘模型综合设计基于该架构进行，有助于培养学生的系统建模、实施和运行管理能力。

#### 3.2 硬件设备

硬件设备是实现城市轨道交通沙盘模型综合设计的关键物质基础。根据CDIO理念，硬件设备模拟了真实轨道交

通系统的核心设备，主要由分布式控制系统中的道岔子系统、信号机子系统、区间位置反馈子系统及轨道供电子系统组成。道岔子系统模拟了轨道交叉及分岔的场景，采用电动推动机构控制道岔转换，可根据控制信号灵活切换行车线路。道岔设备使用高精度的位置反馈机构，实时监测道岔状态，避免意外移位。信号机子系统是轨道通信的关键载体。系统配备了多款通用信号机模型，通过指示灯完整再现了现场信号灯功能。同步集成的信息发射模块可以向行车列车发出多种命令，接收来自列车的状态信息。区间位置反馈子系统承担着对列车精准定位的重要职责。系统部署了一系列无线检测装置，覆盖整条行车线路。通过与车载设备交互，可以实时跟踪列车运行位置和速度等参数。该数据反馈至控制中心，为系统调度提供重要支撑。轨道供电子系统则承担了为行车线路和设备供电的任务。通过精密配电及监控模块，该系统能够模拟不同场景下的供电状况，包括正常供电、部分供电中断等情形。这为综合设计提供了丰富的教学场景，有助于培养学生故障应对和调度管理能力。以上硬件设备均采用模块化设计，便于搭建和拓展。通过模拟真实运行环境，这些设备为沙盘模型综合设计奠定了扎实基础。

#### 3.3 控制软件

控制软件是实现城市轨道交通沙盘模型综合设计的重要纽带。按照CDIO理念，控制软件的功能规划和开发过程模拟了真实轨道交通控制系统，为培养学生系统化开发理念打下坚实基础。整体软件按功能划分，主要包括视图模块、通信模块和控制模块三大部分。视图模块承担了人机交互和数据展示的重任。操作员可通过该模块直观了解现场线路和列车运行状况。视图模块内置丰富的GIS数据，可以按不同视角查阅系统地图。同时，列车信息显示窗格将每一列次最新的位置、速度、状态等一并显示。此外，该模块还集成了报警信息查询功能，可展示历史故障日志和实时警报信息。通信模块则负责协调整个分布式系统的信息传递。该模块基于工业网络协议开发，允许所有设备之间进行高效数据交换。上位机与区域控制机之间通过通

信模块实现指令下发和数据反馈,区域控制机与终端设备之间也通过该模块进行交互。通信模块采用分布式数据管理,并具有自动重连和容错功能,保障整个系统的通信可靠性。控制模块是实现自动化控制的核心所在。该模块根据预设的运行方案,协调各子系统的动作,自动实现列车运行调度。例如,控制模块会实时监控列车位置,并对进站列车发出减速停车指令;或在遇到行车冲突时,发出临时限速命令,避免发生碰撞。控制模块的开发采用了模块化设计,合理划分不同功能区块,具有良好的拓展性和维护性。总的来说,控制软件贯彻了CDIO理念,从产品全生命周期角度进行了系统化设计。沙盘模型综合设计基于该软件平台展开,可以形成完整的设计、实施、运行和反馈闭环,有力支撑了工程教育目标的实现。

#### 4 结束语

综上所述,文章围绕CDIO理念,对城市轨道交通沙盘模型综合设计展开了全方位研究。工作包括控制架构设计、硬件设备选型和控制软件开发三个主要方面。控制架构采用了分层分布式结构,模拟真实轨道系统控制模式;硬件设备则涵盖了道岔、信号灯、定位系统和供电系统等核心设施,为实操练习奠定了坚实基础;控制软件按功能划分为视图、通信和控制三大模块,实现了系统集成和自动化运行管理,并贯彻了CDIO理念的全生命周期开发思路。通过上述设计,我们初步构建了一套面向CDIO理念的城市轨道交通综合实践平台,相关工作人员可在该平台上全面掌握系统开发和运维全过程,同时培养工程应用意识。未来,我们将在实际工作中广泛应用该平台,并根据实践反

馈持续优化设计方案,以充分发挥CDIO理念在轨道交通工程教育中的积极作用。

#### 参考文献:

- [1] 罗育辉.城市轨道交通沙盘模型综合设计[J].科技与创新,2022,(08):118-120.
- [2] 陆定中,李立明.城市轨道交通沙盘模型总体设计研究[J].轻工科技,2020,36(03):71-73.
- [3] 陈岳剑,邢宗义,黄超.城市轨道交通运营安全模拟沙盘列车模型控制系统的设计[J].城市轨道交通研究,2015,18(2):57-61.
- [4] 温旭丽,向星月,刘云,等.交通运输专业城市轨道交通运营管理方向实践教学探索[J].科技风,2021,(21):27-28. DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.202121013.
- [5] 雷江松.城市轨道交通建设数字化转型实践[J].现代城市轨道交通,2020,(12):5-8.
- [6] 罗芹,水滨,欧阳院平.BIM技术在城市轨道交通行业的应用[J].现代城市轨道交通,2019,(12):76-79.
- [7] 李俊辉.城市轨道交通虚拟仿真实训中心建设研究与实践[J].现代职业教育,2019,(20):90-91.
- [8] 王佳杰,郎诚廉.Unity3D在城市轨道交通线路电子沙盘中的应用[J].铁路计算机应用,2017,26(10):36-39.

#### 作者简介:

苏朗(1993.04-)女,汉,湖南长沙人,硕士,讲师,研究方向:城市轨道交通通信信号;  
王杰,男(1990.10-),汉族,江苏省盐城市,研究生,讲师,研究方向:智慧交通一体化应用解决方案设计。