

ICS 45.020

团体标准

T/ZRCMA001—2024

城市轨道交通智慧实训系统技术规范

Technical Specification for Smart Hands-on Training System of
Urban Rail Transit

2024-09-20 发布

2024-10-20 实施

浙江省轨道交通建设与管理协会 发布

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 总则	2
6 系统组成	3
7 系统功能	5
8 实训接口	20
9 应用层	21
10 系统安全	26
11 参考文献	27

前 言

本文件依据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浙江省轨道交通建设与管理协会提出并归口。

本文件主要起草单位：杭州市地铁教育科技有限公司、杭州市地铁集团有限责任公司、浙江众合科技股份有限公司、众合智行轨道交通技术有限公司。

本文件参编单位：宁波市轨道交通集团有限公司、绍兴市轨道交通集团有限公司、温州市铁路与轨道交通投资集团有限公司、金华市轨道交通集团有限公司、台州市轨道交通建设开发有限公司、杭州师范大学、北京城建设计发展集团股份有限公司、中铁二院华东勘察设计有限责任公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、北京全路通信信号研究设计院集团有限公司、中铁第一勘察设计院集团有限公司、中铁通信信号勘测设计院有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、中国铁路设计集团有限公司、上海市隧道工程轨道交通设计研究院。

本文件主要起草人：秦征、何飞军、俞国荣、周根火、许超、王俊康、何秀霞、郑木火、高平、李强、周斌、王向阳、孙瑞光、林静、赵伟来、吴国梁、胡映、许晶、何金辉、孙杨江、安康、弓剑、杜时勇、邓志翔、李金峰、王峰、陈兆卫、陈诗、裴立原、杜昊璇。

本文件为首次发布。

城市轨道交通智慧实训系统技术规范

1 范围

本文件规定了城市轨道交通智慧实训系统技术架构、系统组成、系统功能、实训接口、应用层、系统安全的技术要求。

本文件适用于城市轨道交通运营从业人员开展培训、演练、考核的城市轨道交通智慧实训。

2 规范性引用文件

GB 50157-2013	地铁设计规范
GB 50490-2009	城市轨道交通技术规范
GB 55033-2022	城市轨道交通工程项目规范
GB/T 7928-2003	地铁车辆通用技术条件
GB/T 21413.1-2008	铁路应用 机车车辆电气设备 第1部分：一般使用条件和通用规则
GB/T 43697-2024	数据安全技术数据分类分级规则
GB/T 50636-2010	城市轨道交通综合监控系统工程设计规范
T/ZGCJM 001-2023	机动车驾驶实车智能培训系统
T/BMCA 012—2023	机动车驾驶实车智能培训系统

3 术语和定义

GB 50157—2013界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市轨道交通智慧实训系统 Smart Hands-on Training System for Urban Rail Transit

是一套在模拟城市轨道交通环境中进行实际操作演练并进行考核培训的智慧实训系统，包括日常运营、故障处理以及应急响应等培训。

3.2

虚实联动技术 Virtual real linkage technology

以真实列车和线路环境为基础与仿真线路、虚拟列车无缝衔接，结合虚拟现实、分布式耦合仿真技术，构建覆盖“应急指挥-组织调度-现场处置”三层次的联合联动演练虚实联动系统。

3.3

课程编辑系统 Course editing system

将专业岗位、线路上的设备、操作和语音等多种类型指令融入一个场景课程编辑器，可在场景课程编辑器中对任意设备的操作点位和故障点位进行编辑，组合成多样化的实训场景，提升实训的自主性和扩展性。

3.4

自主评价系统 Self evaluation system

建立统一的云储存数据管理机制，为评价系统检索分析奠定基础。自主评价采用正反向推理和过程跟踪推理机制实现了城市轨道交通各专业岗位操作和语音的自主评价功能。

4 缩略语

以下缩略语适用于本文件。

AM: 列车自动驾驶模式 (Automatic Train Operating Mode)

ATO: 列车自动运行 (Automatic Train Operation)

ATC: 列车自动控制 (Automatic Train Control)

FAO: 全自动运行 (Fully Automatic Operation)

ISCS: 综合监控系统 (Integrated Supervisory Control System)

PSD: 站台门 (Platform Screen Door)

OCC: 控制中心 (Operating Control Center)

PA: 广播系统 (Public Address)

PIS: 乘客信息系统 (Passenger Information System)

ZC: 区域控制器 (Zone Controller)

5 总则

5.1 为规范城市轨道交通实训工程建设和维护，保障城市轨道交通实训操作和要求，做到以人为本，技术成熟、安全使用、经济合理，制定本技术规范。

5.2 城市轨道交通智慧实训工程项目推荐使用本规范条件。

工程建设所采用的技术方法和措施是否符合本规范要求，由相关主体判定。

5.3 城市轨道交通智慧实训系统技术规范鼓励技术创新，为新技术、新产品的推广和应用提供标准支撑。

6 系统组成

6.1 智慧实训系统由四个层级、七大系统和终端设备组成。城市轨道交通智慧实训系统架构见图 1。

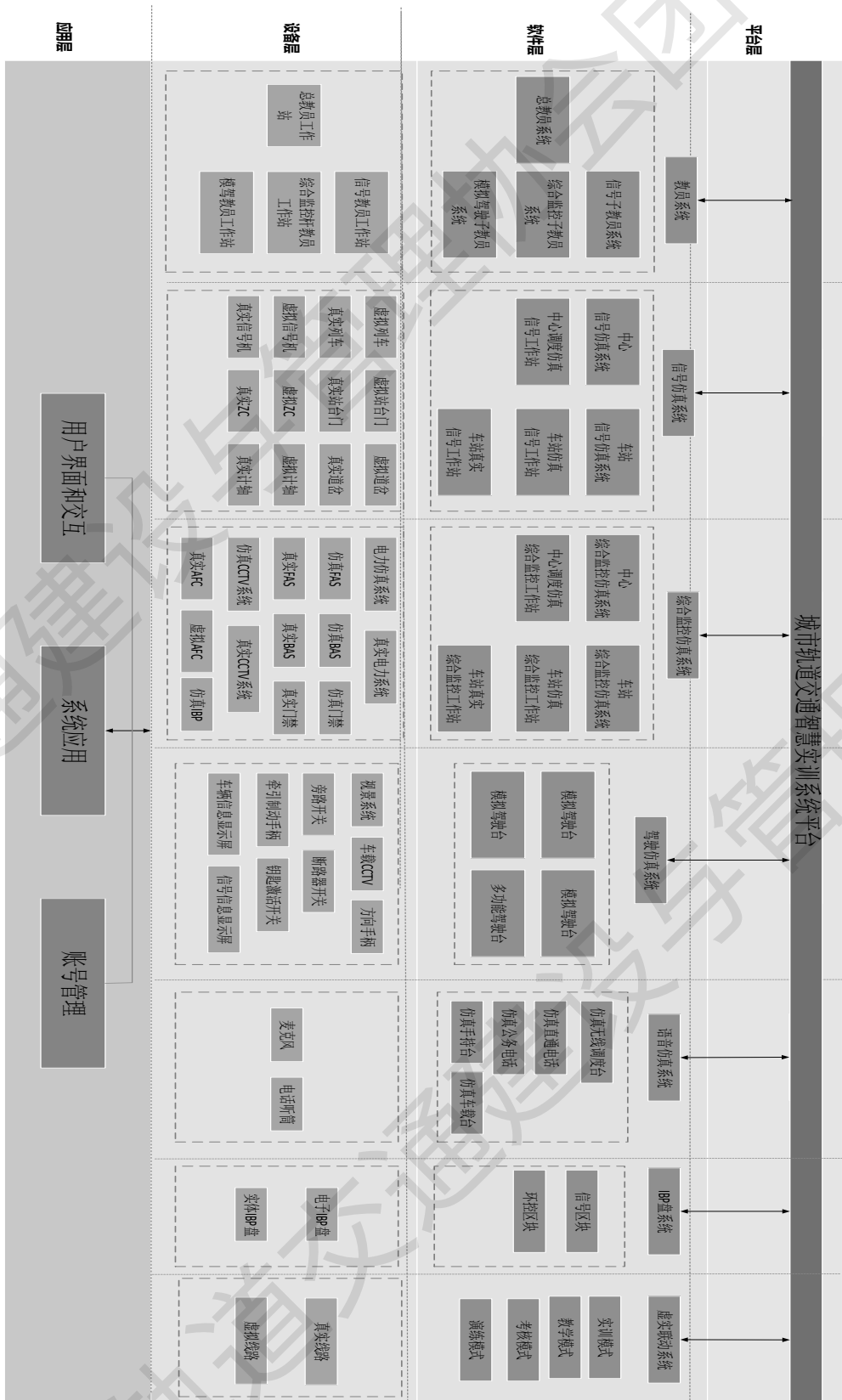


图 1城市轨道交通智慧实训系统架构

- 6.2 智慧实训系统平台层由城市轨道交通智慧实训系统构成。
- 6.3 智慧实训系统平台层包含：教员系统、信号仿真系统、综合监控仿真系统、驾驶仿真系统、语音仿真系统、IBP 盘系统、虚实联动系统。
- 6.4 信号仿真系统包含：中心信号仿真系统、车站信号仿真系统、中心调度仿真信号工作站、车站仿真信号工作站、车站真实信号工作站。
- 6.5 综合监控仿真系统包含：中心综合监控仿真系统、车站综合监控仿真系统、中心调度仿真综合监控工作站、车站仿真综合监控工作站、车站真实综合监控工作站。
- 6.6 驾驶仿真系统包含：模拟驾驶台、多功能驾驶台。
- 6.7 语音仿真系统包含：仿真无线调度台、仿真直通电话、仿真公务电话、仿真手持台、仿真车载台。
- 6.8 IBP 盘系统包含：信号区块、环控区块。
- 6.9 虚实联动系统包含：虚拟线路、真实线路。
- 6.10 智慧实训系统设备层包含但不限于：虚拟列车、虚拟站台门、虚拟道岔、真实列车、真实站台门、真实道岔、虚拟信号机、虚拟 ZC、虚拟计轴、真实信号机、真实 ZC、真实计轴、电力仿真系统、真实电力系统、仿真 FAS、真实 FAS、仿真 BAS、真实 BAS、仿真门禁、真实门禁、仿真 CCTV、真实 CCTV、真实 AFC、虚拟 AFC、仿真 IBP 盘、视景系统、车载 CCTV、方向手柄、旁路开关、断路器开关、牵引制动手柄、钥匙激活开关、车辆信息显示器、信号信息显示屏、麦克风、电话听筒、虚拟线路、真实线路。
- 6.11 智慧实训系统应用层包含：用户界面和交互、系统应用以及账号管理。

7 系统功能

7.1 教员系统功能要求

7.1.1 实训流程管理

实训流程管理功能应符合以下要求：

- a) 总教员系统与子教员系统应具备权限切换功能。

- b) 应能根据参加实训的岗位种类与人数设置对应的实训子系统与实训岗位数量。
- c) 应能查看各实训设备状态。
- d) 应能查看各实训岗位准备情况。
- e) 应能查看各实训设备学员登录信息。
- f) 应能控制实训开始与结束。
- g) 应能选择实训模式。

7.1.2 实训课程管理

实训课程管理功能应符合以下要求：

- a) 应能指定实训模拟的城市轨道交通运营线路。
- b) 应能设置实训使用的运营时刻表。
- c) 应能设置实训开始时间与实训结束时间。
- d) 应能设置实训考核项目与评分标准。
- e) 应能设置实训环境中的乘客密度或数量。
- f) 应能新建、编辑、浏览、删除、保存实训课程与课程内的实训步骤。
- g) 实训课程应包括但不限于课程编号、课程名称、课程类型、创建者、创建时间、修改时间、最后编辑者、课程使用次数、课程关联岗位等。

7.1.3 实训监控功能

实训监控功能应符合以下要求：

- a) 应能监视各岗位在实训过程中的实时操作。
- b) 应能浏览各岗位在实训过程中的操作记录。
- c) 应能监听各岗位实训过程中的通讯对话。
- d) 应能浏览各岗位在实训过程中的通话语音记录。
- e) 应能查看实训相关列车运行状态。
- f) 应能查看计划运行图与实训过程中的实际运行图。
- g) 应能切换显示界面和显示范围。

7.1.4 即兴实训功能

即兴实训功能应符合以下要求：

- a) 应具备故障与突发事件注入库。故障与突发事件注入库中应包含但不限于注入车辆设备故障、车载信号设备故障、轨旁设备故障、各类突发事件（站台火灾、区间水灾、站台紧急停车激活、大客流）等功能。
- b) 应能选取故障与突发事件注入库中的任意一项或多项，在实训任意时间点注入，以考核学员临场应变能力。
- c) 应能同时注入多个故障或突发事件。
- d) 应能在任意时间设置车站乘客密度或数量。

7.1.5 实训评分功能

实训评分功能应符合以下要求：

- a) 应能根据评分标准自动对实训进行评分。
- b) 应能查看、修改评分结果。
- c) 应能查看实训考核内容正确项、错误项、错误原因。

7.1.6 实训数据管理功能

实训数据管理功能应符合以下要求：

- a) 应能管理教员数据，包括教员姓名、职务、登录注销时间、教学课程类目等。
- b) 应能管理学员数据，包括学员姓名、岗位、登录注销时间、课程实训经历、历史实训成绩等。

7.2 信号仿真系统功能要求

7.2.1 列车识别、追踪、车次号显示的仿真功能

列车识别、追踪、车次号显示的仿真功能应包含但不限于以下要求：

- a) 仿真列车号定位及显示。
- b) 仿真列车自动追踪。
- c) 仿真列车详细运行信息显示。
- d) 仿真添加列车识别号功能。
- e) 仿真删除列车识别号功能。

f) 仿真修改列车识别号功能。

g) 仿真设置移动列车识别号功能。

7.2.2 进路控制的仿真功能

进路控制的仿真功能应包含但不限于以下要求：

a) 仿真列车进路自动控制。

b) 仿真列车进路人工控制。

c) 目的地码功能仿真。

d) 仿真折返模式设定。

7.2.3 列车运行自动调整及人工调整的仿真功能

列车运行自动调整及人工调整的仿真功能应包含但不限于以下功能：

a) 仿真列车运行自动调整。

b) 仿真列车运行人工调整。

c) 仿真列车运行状态异常报警。

d) 仿真列车设备故障。

7.2.4 站场图（包含正线、车辆段、停车场）显示仿真功能

站场图（包含正线、车辆段、停车场）显示仿真功能应包含但不限于以下要求：

a) 仿真显示信号机各种状态。

b) 仿真显示轨道设备各种状态。

c) 仿真显示道岔各种状态。

d) 仿真显示站台各种状态。

e) 仿真显示站台门各种状态。

7.2.5 信号系统关键设备种类

信号系统作为关键组成部分，其关键设备应包括：仿真轨道设备、仿真道岔设备和仿真信号机设备。

7.2.6 仿真设备的功能要求

仿真设备功能应包含但不限于以下要求：

- a) 仿真轨道功能具备轨道开放/关闭、切除计轴跟踪、设置临时限速、轨道封锁/开放、区故解、确认计轴有效、设置/取消全自动运行区域授权（全自动线路）。
- b) 仿真道岔设备功能具备道岔定/反操、单锁/解锁、封锁/解封。
- c) 仿真信号机设备功能具备信号封锁/开放，信号重开，引导信号/规程化临时限速。
- d) 仿真进路控制功能具备人工排列进路、自动触发进路功能。
- e) 仿真进路控制功能，能特殊情况下满足列车小交路运行和单线双向运行。
- f) 仿真控制命令的输入与输出功能。
- g) 仿真联锁照查功能。
- h) 仿真控制权模式转换功能。
- i) 仿真实际线路设备编号、名称、长度、公里标、限速信息。

7.2.7 仿真列车控制功能

仿真列车控制应包含但不限于以下功能：

- a) 仿真轨道设备功能。
- b) 仿真站台扣车与取消站台扣车。
- c) 仿真站台跳停与取消站台跳停。
- d) 仿真指定列车扣车与取消扣车。
- e) 仿真指定列车跳停与取消跳停。
- f) 仿真设置列车区间运行等级。
- g) 仿真提前发车功能。
- h) 仿真停站时间设置功能。
- i) 仿真全自动运行系统列车远程控制、远程车辆故障处置功能、其他相关全自动相关系统功能及联动功能。

7.2.8 仿真出入库功能

仿真出入库应包含以下功能：仿真列车出入库、仿真转换轨和仿真出入库计划。

7.2.9 虚拟列车功能仿真

虚拟列车功能仿真应包含但不限于以下要求：

- a) 仿真列车按照运行图自动运行，包括站台停车、自动开关门、站台发车、区间运行。
- b) 仿真列车具备降级运行模式。
- c) 仿真车门与站台门联动功能。
- d) 仿真列车运行调整控制功能。

7.2.10 仿真运行图管理功能

仿真运行图管理功能应包含但不限于以下要求：

- a) 仿真创建当天计划。
- b) 仿真删除当天计划。
- c) 仿真查看历史计划。
- d) 仿真查看历史实际运行图。
- e) 仿真加载当天运行图。
- f) 仿真修改当天运行图。
- g) 仿真显示加载成功后的运行图。
- h) 仿真显示当天实际图。
- i) 仿真实时显示列车运行实际图。

7.2.11 仿真联锁级功能

仿真联锁级功能应包含但不限于以下内容：

- a) 仿真排列进路与取消进路。
- b) 仿真进路自动解锁、延时解锁。
- c) 仿真道岔单操、单解功能。
- d) 仿真引导进路功能。
- e) 仿真接近锁闭。
- f) 仿真轨道区段占用与出清。

7.2.12 信号仿真系统设备故障功能

信号仿真系统设备故障应包含但不限于以下内容：

- a) 仿真计轴区段（包括道岔区段）故障。
- b) 仿真信号机灯丝断丝故障。
- c) 仿真道岔故障。
- d) 仿真列车通信丢失故障。
- e) 仿真车载控制器故障。
- f) 仿真区域控制器故障。
- g) 仿真站台门故障。
- h) 仿真联锁服务器故障。
- i) 仿真ATS服务器故障。
- j) 仿真防淹门故障。
- k) 仿真信号系统电源故障。

7.3 综合监控仿真系统功能要求

7.3.1 仿真电力系统

7.3.1.1 仿真界面显示

仿真界面显示应包括但不限于以下功能：

- a) 仿真主变电所、各站变电所（包括降压所、牵混所）一次接线图界面。
- b) 仿真交流环网系统图、系统直流接触网图及动力照明系统图。
- c) 仿真主变电所、各站变电所（包括降压所、牵混所）的工况图（包括但不限于模拟量图、交直流屏、程控图、定值组）。
- d) 仿真遥测量、遥信量实时监控界面。
- e) 仿真报警信息界面，具备筛选、排序、确认功能。
- f) 仿真显示线路与设备间的电气连接、供电系统整体架构。
- g) 根据既有设备的特性，仿真各电压等级线路、设备、开关在系统当前运行状态下的带电、失电状态；

7.3.1.2 仿真电力设备操作控制功能

仿真电力设备操作控制功能应包括但不限于以下要求：

- a) 仿真设备置位（接地、检修、故障）功能。
- b) 仿真设备复位功能。
- c) 仿真设备操作闭锁与解锁功能。
- d) 仿真开关设备定值组切换功能。
- e) 仿真设备控制权限切换功能。
- f) 仿真断路器分合功能。
- g) 仿真隔离开关分合功能。
- h) 仿真保护装置复归功能。
- i) 母联备自投投入与退出。
- j) 轨电位远程分合功能。

7.3.1.3 仿真电力数据功能

仿真电力数据应包括：仿真设备遥测量监测信息和仿真设备遥信量监测信息。

7.3.1.4 仿真电力日常操作功能

仿真电力日常操作应包括不限于以下内容：

- a) 仿真主变电所与各供电区间开关设备停送电联控操作。
- b) 仿真全线交流侧中压环网系统、动力照明系统双边供电、母线进线开关与备自投间三合两闭倒闸操作。
- c) 仿真全线直流侧接触网顺控送电、停电倒闸操作。
- d) 仿真检修所需的各电压等级下进行的开关设备倒闸操作。

7.3.1.5 仿真电力故障

仿真电力故障功能应包括不限于以下内容：

- a) 仿真牵混所直流牵引侧不同类型开关设备故障时，相关保护动作及联控设备跳闸。
- b) 仿真接触网故障时，接触网两端直流开关设备保护动作。

7.3.2 综合监控仿真系统（不含电力系统）

7.3.2.1 综合监控仿真系统界面

综合监控仿真系统界面应包括不限于以下内容：

- a) 综合监控仿真系统界面。
- b) 仿真电力系统界面。
- c) 仿真温湿度信息界面。
- d) 仿真隧道通风系统界面。
- e) 仿真车站大、小系统界面。
- f) 仿真车站冷水系统界面。
- g) 仿真车站给排水系统界面。
- h) 仿真火灾报警系统界面。
- i) 仿真门禁系统界面。
- j) 仿真售检票系统界面。
- k) 仿真广播系统界面。
- l) 仿真乘客信息系统界面。
- m) 仿真CCTV系统界面。
- n) 仿真车站照明系统界面。
- o) 仿真车站电扶梯系统界面。
- p) 仿真车站站台门界面。
- q) 仿真报警界面。
- r) 仿真权限管理界面。

7.3.2.2 仿真状态与报警功能

仿真状态与报警功能应包括以下内容：

- a) 仿真火灾报警。
- b) 仿真列车阻塞报警。
- c) 仿真环境温度报警。
- d) 仿真烟感报警。
- e) 仿真高水位报警。
- f) 仿真水泵的运行状态、受控状态、集水坑液位状态、故障信息、报警信息、阀门开关状态。
- g) 仿真电扶梯通讯故障。

h) 仿真温湿度值、CO₂浓度值。

7.3.2.3 仿真监控功能

仿真监控功能应包括不限于以下内容：

- a) 仿真实时显示各设备的运行状态。
- b) 仿真查看各设备的属性。
- c) 仿真在线设备进行维修挂牌报检操作。
- d) 仿真设备单点操作和模式控制功能。

7.3.2.4 仿真火灾报警

仿真火灾报警应包括：仿真防火分区划分和仿真火灾报警联动。

7.3.2.5 CCTV 仿真系统

CCTV 仿真系统应包括不限于以下功能：

- a) 仿真与实际运营线路一致的CCTV系统界面。
- b) 仿真站台门的运行状态，包括但不限于整侧开启、整侧关闭、部分未打开、部分未关闭、单门半开、单门夹人夹物。
- c) 仿真人工控制切换功能，可切换任意一个仿真摄像头查看CCTV画面。
- d) 仿真CCTV具备放大、缩小，镜头移动、调整功能。
- e) 仿真列车到站、离站，部分到站、部分离站的画面。
- f) 仿真列车车门状态。
- g) 仿真站台乘客密度、模拟乘客上下车情况。
- h) 仿真突发事件，包括但不限于站台火灾、大客流、乘客跌落轨行区、站台门故障。

7.4 驾驶仿真系统功能要求

7.4.1 驾驶仿真系统

驾驶仿真系统应包括不限于以下功能：

- a) 仿真司机操纵台。
- b) 仿真牵引与制动控制器。

- c) 仿真车载信息显示屏。
- d) 仿真车辆信息显示屏。
- e) 仿真驾驶台开关按钮与指示灯。
- f) 仿真PSL控制盘。
- g) 仿真列车综合控制柜，设备柜及内部元件。

7.4.2 视景系统

视景系统应包含前向视景系统与站台视景系统。前向视景画面宜采用视像显示，应具备高清晰度与广域视角；站台视景系统应包含左侧视景与右侧视景。站台视景提供站台 CCTV 的画面内容，包含列车车门状态、乘客上下车情况视图；视景系统宜采用虚拟成像技术，能真实还原线路行车设备、自然景观、沿途站场设备及建筑、信息、天气变化。视景系统的仿真速度应与仿真列车运行速度同步。前向视景画面与站台视景画面应完全同步。

7.5 语音仿真系统功能要求

7.5.1 仿真无线调度台

仿真无线调度台应包括但不限于以下内容：

- a) 仿真无线调度台界面。
- b) 仿真发起个体呼叫。
- c) 仿真接听个体呼叫。
- d) 仿真组呼、全呼。
- e) 仿真派接。

7.5.2 仿真直通电话

仿真直通电话应包括但不限于以下内容：

- a) 仿真直通电话设备或界面。
- b) 仿真发起个体呼叫。
- c) 仿真接听个体呼叫。
- d) 仿真组呼、全呼。

7.5.3 仿真手持台

仿真手持台应包括但不限于以下内容：

- a) 仿真手持台设备或界面。
- b) 仿真发起呼叫。
- c) 仿真接听呼叫。
- d) 仿真紧急呼叫

7.5.4 仿真车载台

仿真车载台应包括但不限于以下内容：

- a) 仿真车载台界面。
- b) 仿真发起呼叫。
- c) 仿真接听呼叫。
- d) 仿真紧急呼叫。

7.5.5 仿真公务电话

仿真公务电话应包括：拨打电话和接听电话。

7.6 仿真 IBP 盘功能要求

7.6.1 信号区块功能

信号区块功能应包括内容：仿真扣车与取消扣车功能、仿真紧急停车与取消紧急停车功能和报警蜂鸣器功能。

7.6.2 环控区块功能

环控区块功能应包括但不限于以下内容：

- a) 仿真消防设备控制。
- b) 仿真扶梯控制。
- c) 仿真BAS系统站厅小系统火灾模式控制，站厅公共区大系统火灾模式控制。
- d) 仿真BAS系统隧道火灾模式、阻塞模式下的隧道通风控制。
- e) 仿真AFC闸机释放。
- f) 仿真门禁释放。
- g) 仿真时钟。

h) 仿真防淹门控制。

i) 仿真排烟模式。

7.7 虚实联动系统功能

7.7.1 系统要求

7.7.1.1 虚拟仿真实训应提供安全的仿真环境，以确保学员的安全，必要时应提供适当的警告和保护机制，避免参与者在训练过程中受到伤害。

7.7.1.2 虚拟仿真实训应力求高还原度，提供真实的培训体验。智慧实训系统中的模拟情境、物体、人物等应符合城市轨道交通运营场景的规律和特征。

7.7.1.3 虚拟仿真实训应明确定义训练的目标与目的，并设置符合实际运营工作的实训步骤。

7.7.1.4 虚拟仿真实训应提供及时准确的反馈和评估机制，能够自主评判学员在实训过程中的错误，根据实训记录进行自主评估，帮助学员了解实训结果与错误改进。评估机制可以包括但不限于实训评分、错误展现、实训分析报告等形式。

7.7.1.5 虚拟仿真实训应提供定制化功能，教员可以根据不同的需求与场景，自定义实训场景，同时能够修改场景、正确处置步骤以及评判标准。

7.7.1.6 虚拟仿真实训应考虑实训数据保护和个人隐私信息保护机制，防止个人敏感信息与公司重要数据泄露。

7.7.1.7 虚拟仿真实训应考虑在不同实训场景中所涉及不同的岗位与工种，满足各类运营岗位工种自由组合搭配，实现特定的场景实训。

7.7.2 实训模式

7.7.2.1 为兼顾不同的实训目的，智慧实训系统应具备教学模式、考核模式与演练模式。

7.7.3 教学模式

7.7.3.1 教学模式以教学指导为目的，采取实训方式。

7.7.3.2 教学模式中应包含教学内容、标准步骤、经验分享，操作流程与步骤。

7.7.4 考核模式

7.7.4.1 考核模式以考核评分为目的，采取实训方式。

7.7.4.2 考核模式中应不显示教学内容与步骤。

7.7.4.3 考核模式应支持教员设置考核场景，系统应根据考核场景标准进行打分。

7.7.4.4 考核模式中，智慧实训系统应能记录学员的操作记录、通讯对话记录，并能通过考核场景标准进行评判。

7.7.4.5 考核模式应能展示学员在实训考核中的正确项、错误项，并能分析错误原因。

7.7.5 演练模式

7.7.5.1 演练模式是还原城市轨道交通运营环境，检测学员实际水平为目的的实训方式。

7.7.5.2 演练模式中应能支持教员随时注入任意故障或场景。

7.7.5.3 演练模式中应能支持加载任意运营时刻表。

7.7.6 单体实训

7.7.6.1 为满足不同实训岗位的单体实训，智慧实训系统应具备单个子系统的单体实训功能。

7.7.6.2 单个子系统进行单体实训时，各单个子系统间应互不影响。

7.7.6.3 单体实训不约束单个岗位数量，智慧实训系统应能满足不同数量的车站学员或司机学员进行单体实训。

7.7.6.4 单体实训由各子教员系统独立完成，单体实训包括：

a) 信号仿真单体实训，应能满足行车调度员或不同数量的行车值班员单体实训。

b) 综合监控仿真单体实训，应能满足电力调度员、环控调度员或不同数量的车站岗位单体实训。

c) 驾驶仿真单体实训，应能满足不同数量的司机进行单体实训。

7.7.7 联合实训

7.7.7.1 在不同的实训场景中涉及不同的实训岗位，为满足各类实训场景中不同实训岗位的合作实训，智慧实训系统应具备包括全部子系统联合实训在内的多个子系统联合实训功能。

7.7.7.2 智慧实训系统应能支持任意两个及以上子系统协作进行联合实训。

7.7.7.3 教员应能控制实训场景中需要联合实训的系统与岗位，系统应能控制对应子系统开展联合实训，与实训场景无关的子系统应不参与联合实训。

7.7.8 虚实结合实训

7.7.8.1 实现虚实结合实训应具备一条实体的实训线以及配置的实体信号设备、综合监控设备、CCTV设备、列车等。

7.7.8.2 虚实结合实训由智慧实训系统中的各仿真系统与实训线实体系统相互配合实现的联合实训方式。

7.7.8.3 虚实结合实训可结合虚拟实训设备与实体实训设备，模拟和重现城市轨道交通运营的各种真实场景。学员可通过交互式的虚拟界面进行操作和学习，通过接触实体设备提高业务能力。

7.7.8.4 虚实结合技术可包括：

- a) 各个仿真系统可接收并显示实训线的各个设备状态与信息。
- b) 各个仿真系统可根据实训线的实体设备状态与信息执行正确的逻辑联动与响应。
- c) 实训线系统可接收并显示各仿真系统的设备状态与信息。
- d) 实训线系统可根据仿真系统的设备状态与信息执行正确的逻辑联动与响应。
- e) 中心应能同时显示仿真系统与实训线系统的设备状态与信息，并可向车站级或列车（虚拟与实体列车）下发控制指令。
- f) 仿真系统与实训线系统各设备应能接收并执行中心级系统下发的控制指令。

7.7.8.5 实训流程

实训流程包括但不限于如下阶段：教学员登录、实训准备、实训场景初始化、实训开始、实训进行、实训结束、考核记录、教学员登出。

7.7.8.6 教学员登录阶段分为教员登录和学员登录。

7.7.8.7 实训准备阶段应符合以下内容：

- a) 选择实训课程。
- b) 选择需要实训的岗位。
- c) 仿真系统启动。
- d) 仿真系统反馈启动状态。
- e) 权限移交。
- f) 实训准备完成。

7.7.8.8 实训场景初始化阶段应符合以下内容：

- a) 加载实训课程。
- b) 系统初始化设备状态，包括生成虚拟列车、电力状态、环控状态、视景画面等。
- c) 实训场景初始化成功。

7.7.8.9 实训开始阶段应符合以下内容：

- a) 实训开始。
- b) 仿真系统开始运行。
- c) 故障注入。

7.7.8.10 实训进行阶段应符合以下内容：

- a) 实训进行。
- b) 系统记录操作信息。
- c) 系统记录语音对话信息。

7.7.8.11 实训结束阶段应符合以下内容：

- a) 实训结束。
- b) 仿真系统停止运行。
- c) 实训结束成功。

7.7.8.12 考核记录阶段应符合以下内容：

- a) 系统评分并提交结果。
- b) 考核结果展示与错题分析。
- c) 成绩确认与记录。

7.7.8.13 教学员登出阶段分为学员登出和教员登出两个阶段。

8 实训接口

8.1 总教员系统与子教员系统实训接口

- 8.1.1 应满足教员与学员的用户验证、身份识别、登录登出状态信息的传输。
- 8.1.2 应满足实训课程信息、权限控制信息、实训指令信息与执行反馈信息等信息的传输。
- 8.1.3 应满足学员的学习、考核成绩和评估结果的同步与记录。

8.1.4 应满足学员操作记录信息的实时传输，实现学员实训的实时监测与管理。

8.1.5 子教员系统与对应仿真系统实训接口

8.1.6 应能满足子教员系统与对应仿真系统实时连接与数据交互。

8.1.7 应能满足实训控制指令、初始化指令及故障注入指令等信息的传输。

8.1.8 应能满足操作记录信息的实时传输，实现学员实训的实时监测与管理。

8.2 各仿真系统之间实训接口

8.2.1 应能满足不同仿真系统实现数据、状态、命令的实时交互。

8.2.2 应能满足不同仿真系统在实训过程中相互影响和联动符合真实设备响应。

8.2.3 教员系统与语音系统实训接口

8.2.4 应能满足实训期间的各岗位语音沟通信息的实时传输与记录。

8.2.5 与外部系统实训接口

8.2.6 应考虑与其他系统接口实现数据共享、同步或接口调用，如教学管理系统、楼宇 CCTV 系统、实训线真实设备系统等。

9 应用层

9.1 用户界面和交互

9.1.1 系统界面要求

9.1.1.1 总教员系统界面与子教员系统在智慧实训系统中应保持一致性，包括颜色、字体、布局等方面，便于教员能够理解与操作界面。

9.1.1.2 教员系统界面应简洁明了。

9.1.1.3 教员系统界面时应充分考虑操作便捷性。

9.1.1.4 教员系统应向教员提供及时准确的反馈信息，清晰展示实训步骤以及仿真系统的反馈状态。

9.1.1.5 应考虑设计界面能满足不同屏幕尺寸与屏幕分辨率的要求，使交互界面在不同环境下都能够正常使用并保证良好的用户体验。

9.1.1.6 教员系统界面应考虑拓展性与易改性，满足不同用户使用需求。

9.1.1.7 教员系统应具备多界面显示功能，区分显示登录界面、实训场景界面、仿真系统状态界面、实训记录界面、评分界面等。

9.1.2 仿真系统用户界面和交互设计要求

9.1.2.1 仿真系统界面应与现场实际运营设备保持基本一致。

9.1.2.2 仿真系统界面应具备学员登录界面。

9.1.2.3 仿真系统学员登录界面应简单明了，便于学员登录。

9.1.3 教员系统用户界面与交互界面布局要求

9.1.3.1 教员登录界面应包括但不限于以下内容：

a)教员登录界面应置顶，未登录状态下不应允许进入教员系统界面。

b)教员登录界面应包含账户名、密码界面。

9.1.3.2 主菜单界面应包括但不限于以下内容：

a)教员系统应设置主菜单界面。

b)教员系统主菜单界面应能导航所有界面内容。

c)主菜单界面应包含退出登录功能，退出登录后应自动返回教员登录界面。

9.1.3.3 实训课程管理界面应包括但不限于以下内容：

a)应具备实训课程管理界面。

b)实训课程管理界面可以列表形式排列实训课程，并可根据筛选条件进行筛选或根据排序条件进行排序。

c)实训课程管理界面应包含新增、修改、删除、复制等实训课程整体编辑功能。

d)应具备实训课程编辑功能，包括实训题目、实训时间、实训时刻表、实训内容、实训考核内容、评分标准等。

9.1.3.4 实训管理界面应包括但不限于以下内容：

a)应具备实训题目选择界面，以供教员选择实训题目。

b) 应能显示关键初始化信息，该内容为环境预设的描述及初始化设置内容，通过编辑环境预设生成。

c) 应具备实训开始与实训结束按钮，以供教员控制实训过程。

d) 应具备实训岗位选择界面，以供教员选择实训岗位数量与查看登录学员信息。

9.1.3.5 实训场景初始化界面应包括但不限于以下内容：

a) 应具备实训场景初始化界面。

b) 应具备场景初始化开始与场景初始化停止按钮。

c) 应具备场景初始化进度界面，包含仿真设备启动状态、场景初始化进度信息。

9.1.4 仿真系统用户界面与交互界面布局要求

9.1.4.1 学员登录界面应包括但不限于以下内容：

a) 学员登录界面应置顶，未登录状态下不应允许进入学员系统界面。

b) 学员登录界面应包含账户名、密码界面。

9.1.4.2 仿真系统界面应包括但不限于以下内容：

a) 仿真系统布局应与实际运营设备界面基本保持一致。

b) 仿真系统界面中应包含退出登录界面，退出登录界面后应返回学员登录界面。

9.2 账号管理要求

9.2.1 智慧实训系统需要采用学员登录信息采集、登记等措施确保系统登录的安全性。

9.2.2 智慧实训系统软件所有账号登录信息由教学教务系统统一管理，其他子系统不允许保留账号登录的权限。

9.2.3 智慧实训系统学员端登录后需要在教学教务系统中完成认证，只有认证通过的学员才可以进入系统进行考核任务。

9.2.4 智慧实训系统的整体网络构架局域网设计，不与外网进行连通，确保系统安全性。

9.2.5 智慧实训系统中每个学员都有各自独立的账号，每个账号都绑定了相关学习的子专业类型，防止学员跨专业考核。

9.2.6 智慧实训系统为每位教员设置有独立的教师账号，每个教员分管的学员根据提前录制的信息确认。

9.2.7 智慧实训系统数据的传输精度应达到毫秒级传输要求，数据抓取精度应高于 95%，丢包率低于 1‰。

9.2.8 智慧实训系统处理后的数据应确保无误，能满足后续数据分析与应用需求。

9.2.9 智慧实训系统所有数据存储应保持 1 年及以上的有效期，确保成绩回溯、查看与检验的要求。

9.2.10 智慧实训系统应具备数据分析功能，实现所有学员学习情况的分析，包括不同时间跨度的横向学习情况与不同专业的纵向学习情况。

9.3 系统应用要求

9.3.1 实训对象

9.3.1.1 系统应能满足城市轨道交通运营体系中多个工种协同作业与应急处置培训，对应培训工种应包括但不限于中心调度员、乘务员及站务人员，对应培训岗位应包括但不限于行车调度员、电力调度员、环控调度员、司机、站务员、值班员、值班站长。

9.3.2 培训内容

9.3.2.1 行车调度员培训内容应包含但不限于以下内容：

- a) 掌握列车自动运行、列车自动追踪、进路自动控制、列车自动控制等信号系统工作基本原理。
- b) 掌握列车识别号及识别号相关的各项操作。
- c) 掌握人工控制进路、变更进路、折返模式的操作方法。
- d) 掌握人工调整列车运行的操作方法。
- e) 掌握信号系统界面显示的各种元素与显示含义。
- f) 掌握道岔、信号机等信号系统关键设备的各项操作。
- g) 掌握信号系统各项人工控制技术，能够充分利用人工调度手段应对各类突发状况。
- h) 掌握列车出入库调度流程。
- i) 掌握列车人工控制操作流程。
- j) 掌握运营计划管理功能。
- k) 了解各类设备故障时的现象与影响，掌握各类设备故障处置流程。
- l) 掌握无线调度台、直通电话、手持台、公务电话等通讯设备操作方法。

9.3.2.2 电力调度员培训内容应包含但不限于以下内容：

- a) 掌握电力系统工作基本原理。
- b) 掌握电力系统界面显示的各种元素与显示含义。
- c) 掌握电力系统日常工作相关的各类倒闸操作。
- d) 提升电力调度员对系统突发事件和设备故障的分析、处理能力，规范其在系统故障发生时对电力系统的操作流程。
- e) 掌握常见故障类型的应对方案，了解电力系统各类故障的保护策略。
- f) 掌握直通电话、手持台、公务电话等通讯设备操作方法。

9.3.2.3 环控调度员培训内容应包含但不限于以下内容：

- a) 掌握综合监控系统工作基本原理。
- b) 掌握综合监控系统界面显示的各种元素与显示含义。
- c) 提升环控调度认知，掌握既有运营线路的综合监控系统基本情况。
- d) 掌握综合监控系统各类设备操作规程。
- e) 提升环控调度员对系统突发事件和设备故障的分析、处理能力，规范其在系统故障发生时对综合监控系统的操作流程。
- f) 掌握常见环控设备故障类型的应对方案，了解环控系统各类报警的联动策略。
- g) 掌握直通电话、手持台、公务电话等通讯设备操作方法。

9.3.2.4 站务员培训内容应包含但不限于以下内容：

- a) 掌握手持台设备操作方法。
- b) 了解车站各类设备故障时的现象与影响，掌握各类设备故障处置流程。
- c) 掌握车站发生突发事件处置流程。

9.3.2.5 行车值班员培训内容应包含但不限于以下内容：

- a) 掌握列车自动运行、列车自动追踪、进路自动控制、列车自动控制等信号系统工作基本原理。
- b) 掌握列车识别号及识别号相关的各项操作。
- c) 掌握人工控制进路、变更进路、折返模式的操作方法。
- d) 掌握信号系统界面显示的各种元素与显示含义。

- e) 掌握道岔、信号机等信号系统关键设备的各项操作。
- f) 了解车站各类设备故障时的现象与影响，掌握各类设备故障处置流程。
- g) 掌握车站发生突发事件处置流程。
- h) 掌握车站IBP盘操作流程与规范。
- i) 掌握直通电话、手持台、公务电话等通讯设备操作方法。

9.3.2.6 值班站长培训内容应包含但不限于以下内容：

- a) 掌握综合监控系统界面显示的各种元素与显示含义。
- b) 掌握综合监控系统各类设备操作规程。
- c) 掌握车站IBP盘操作流程与规范。
- d) 掌握直通电话、手持台、公务电话等通讯设备操作方法。
- e) 了解车站各类设备故障时的现象与影响，掌握各类设备故障处置流程。
- f) 掌握车站发生突发事件处置流程。

9.3.2.7 司机培训内容应包含但不限于以下内容：

- a) 掌握列车驾驶相关操作方法、操作规程与操作步骤。包括列车发车准备、列车正常运行、列车开关门操作、手动驾驶技巧、对标停车、出入库行驶、退行。
- b) 掌握列车驾驶相关设备识别与使用方法，包括各类指示灯、仪表、广播、照明、雨刮器、车灯操作。
- c) 掌握发生常见车辆故障时产生的故障现象与排除故障流程，提升突发事件应变处置能力。
- d) 掌握车载台、手持台等通讯设备操作方法。

10 系统安全

10.1 将实训数据分为用户数据、业务数据、经营数据、系统运维数据四个类别分别进行定义和举例。

10.2 用户数据：在开展业务服务过程中宜从个人用户或组织用户收集的数据，以及在业务服务过程中产生的归属于用户的数据。如智慧实训系统中学员的个人信息、组织用户信息（如组织基本信息、组织账号信息、组织信用信息等）。实训数据宜存储在云服务器上，学员操作工作站不进行数据存储

工作，防止学员或外部人员对数据进行删减、修改等操作，云端数据库应设置权限管理，确保专人专岗。

10.3 业务数据：在业务的研发、生产、运营过程中收集和产生的非用户类数据。如产品数据、通信协议数据等。智慧实训系统中每一个接口链路宜设置独立 IP 和端口，主干业务与辅助仿真系统应采取两个环网系统确保数据传输过程中的安全性与信道安全性。

10.4 经营管理数据：数据处理者在单位经营和内部管理过程中收集和产生的数据。如经营战略、财务数据、融资信息、人力资源数据、市场营销数据等。智慧实训系统所有专业的网络构架采用局域网形式不应与外网连通并且应设置有外网禁止访问功能确保数据安全性。数据传输终端应设置有 CRC 安全校验，当终端获取数据不符合数据传输格式要求应直接拒绝接收。

10.5 系统运维数据：网络和信息系统运行维护、日志记录及网络安全数据。如网络设备和信息系统的配置数据、日志数据、安全检测数据、安全漏洞数据、安全事件数据等。智慧实训系统应对重要的考试、考核、比赛等重要数据进行加密处理，防止数据备份时被窃取，对其他数据应进行定期备份，以确保备份的及时性。

10.6 智慧实训系统的数据安全应符合 GB/T 43697-2024《数据安全技术数据分类分级规则》。

11 参考文献

- [1] Yang Bo, Yin Jun, Hou Yi; Research on the Structure of Urban Rail Transit Talent Training System; 2020 International Conference on Big Data and Informatization Education.
- [2] Qingmei Hu, Nan Lv, Lan Zhang, Yukun Gu; Research on Emergency Capacity Training System for Rail Transit Dispatchers; 2019 International conference on electrical and information technologies for rail transportation
- [3] 交运规〔2019〕8号《城市轨道交通设施设备运行维护管理办法》
- [4] 交办运〔2022〕84号《地铁车辆运营技术规范（试行）》
- [5] 交办运〔2022〕1号《城市轨道交通信号系统运营技术规范（试行）》