

开放式轨道交通信号技能训练智慧平台建设生态模式研究

李强^{1,*}, 宋超华²

¹湖南铁道职业技术学院, 湖南株洲, 中国

²中国铁路广州局集团有限公司惠州电务段, 广州惠州, 中国

*通讯作者

【摘要】针对轨道交通信号技能训练平台“生态封闭、共建缺位、价值断链”困境, 本研究提出“平台方主导—多主体共建—价值闭环”三维生态模型。创新界定“开放式生态”为资源权属、建设主体、服务对象三维开放体系, 并坚守安全、标准、主权边界; 构建以平台为架构师、差异化激励激活主体、AI驱动“学—练—评—用—创”五阶跃升的价值闭环。该模型将平台升维为自我演化的生态圈, 为职业教育数字化转型提供可复制的中国轨道范式。

【关键词】开放式平台; 轨道交通信号; 技能训练; 智慧平台; 生态模式

【基金项目】湖南省教育厅科学研究项目一般项目“开放式轨道交通信号技能训练智慧平台建设路径研究”(编号: 24C1070)

1. 引言

1.1 时代使命

轨道交通是我们国家现代化综合交通运输体系战略基础。到2025年底, 我国铁路营业里程16.5万公里, 其中高铁突破5万公里; 城市轨道交通总长超过1.1万公里, 覆盖54个城市。规模扩张同时, 技术也在快速发展, C3级列控普及、车车通信等前沿技术快速落地。这就对轨道交通信号相关人员的专业能力提出了非常高的复合型要求, 即要求掌握传统的信号知识, 有要求具备数字化素养, 能够进行各类大数据分析。

刘友梅院士表示轨道交通产业升级“高端化、智能化、国际化”对高技能人才提出更高要求, 他强调实习实训是技能落地的关键环节, 明确要求建设产教融合实习实训基地, 推进校企共建、集群联建, 加强虚拟仿真实训基地建设[1]。

当前轨道交通信号技能培训效果受到了信号设备、训练场景等诸多因素的制约, 主要面临是设备条件依赖高、训练场景局限性、训练评价粗放三大瓶颈。

设备依赖高: 轨道交通信号技能实训的内容大多是设备的维护检修及相关的应急处置。存在设备种类多, 投资巨大[2]等特点, 很难做到规模化、常态化实训;

场景局限性: 现有实训多采用预设的场景以及故障案例重现方式, 没有办法模拟复杂场景下故障, 特别是对于危险场景的实训难以实现[3,4], 学员应急处置能力训练严重

不足;

评价粗放化: 当前实训考核仍以教师主观观察和实验报告批阅为主, 没有做到对学员操作、决策、认知等全过程性的数据进行量化分析, 导致“重结果、轻过程, 重技能、轻素养”的评价偏差。

1.2 现有研究局限

当前研究文献显示, 轨道交通信号技能训练平台建设陷入“技术本位导向”的困境。即现有研究虽在单点技术上取得进步, 如李颖等应用VR技术开发信号机、转辙机虚拟仿真实验资源[5]; 段雯誉等构建“室外真实设备+室内仿真软件”的虚实结合实训系统[6]等。但它们共同的缺陷是技术先进性与生态封闭性并存。现有平台采用的是“企业开发—院校使用”的模式, 平台技术具有一定的先进性, 但是功能固化、资源不可共享、升级依赖单一供应商[7]。这种建设方式不仅会造成重复建设与资源浪费; 所建平台无法形成海量、多样、真实的用户行为数据, 也没有跨地域、跨机构的协作反馈, 无法构建良好的自我进化生态[8]。

1.3 理论突破

当前的轨道交通信号技能训练平台建设已经不是“有没有”的问题, 而是要解决“好不好、可持续”的深层次问题。本文从生态学视角出发, 以“开放”为价值目标, 以“多主体共建共享”为具体实施路径, 系统构建一个承载制度创新、激发内在发展动力的轨道交通信号技能训练智慧平台新生

态。从而破解当前平台“建而不用、用而不活、活而不久”困局[9]。为开发式技能训练平台建设提供一套扎根中国实践、兼具理论高度与操作深度的原创性方案。

2.理论基础与概念框架

当前职业教育数字化转型过程中，“开放平台”“智慧生态”等概念被频繁提出，但其真实内涵比较模糊。本次研究以轨道交通信号这一特定专业场景进行界定。主要思考什么是“开放”？什么是“生态”？两个问题，使二者在平台建设中得到有机统一。

2.1 “开放”再定义

当前的研究大多基于技术层面，将“开放”简单等同于“提供接口供第三方接入”。本研究的目标是“平台提供功能架构、技术支持和服务，建设和使用面向全社会开放”，这是对“开放”的深层理解，它涵盖了资源权属、建设主体、服务对象三个维度，是一个立体开放体系。

资源权属开放是生态可持续的根基。当前平台大多由单一企业或院校开发并使用，资源被独占。本研究的平台将建立分层确权机制：底层通用资源由平台方主导制作并免费共享；中层场景资源主要由企业贡献脱敏后的真实案例；高层个性化资源则允许贡献者通过设定使用权限来获取收益分成。这样确保资源既有公共性，又有激励性。

建设主体开放是生态活力的源泉。建设“平台主导+多主体共建”生态模式，就要打破“企业建、学校用”的单向关系。本研究的建设主体主要包括职业院校、设备企业、现场信号工与技能大师。职业院校是平台的使用者，也是“教学场景设计师”，需要利用平台根据教学需要，开发与岗位能力相适应的训练模块；设备企业是平台新产品的供应着，它可以把新研发的产品及控制模型嵌入平台中，在接受成千上万用户的操作检验；现场信号工与技能大师也是平台的使用者，但他们还是“知识的传承者”，可以将常年积累的实践经验和智慧转换为平台资源。这种主体开放，能够让平台成为一种“共创社区”。

服务对象开放是生态价值的外延。当前多数平台服务对象相对单一，局限于个别职业院校和运维企业。本研究定义的“开放”，服务对象覆盖了职前教育、在岗培训以及终身学习全周期，还包括了国际输出。针对在校学生，平台提供“岗课赛证”融通

的递进式训练；对铁路员工，根据真实设备运行数据，形成个性化“补强短板”训练；对社会学习者：开放轨道交通信号认知和基础技能训练，服务“技能中国”国家战略；对“一带一路”培训项目：则提供多语言使用界面与兼容多国标准的实训环境。

2.2 “生态”的迁移

“生态”源于生物学，本研究将它迁移到平台建设上，对其进行了理论上的创新。认为平台建设生态主要就是探究教育治理系统的动态演化规律。

2.2.1 理论溯源

本研究的生态模型主要依据两个理论：一是产教融合理论：强调产业与教育的“双向奔赴”[10]。平台作为产教融合的一个接口，其生态是否健康取决于能否将产业的需转化为教育的供给，能否将教育的成果反哺给产业。这超越了传统校企合作的浅层互动。

二是“双轨多元”实践体系：本研究提出构建技能训练的“训考双轨、校企双轨”新框架：训考双轨将学员的日常训练数据自动汇聚转换为学业考核和技能认证依据；校企双轨将院校里的课程标准与企业的岗位标准在平台中实现相关映射。从而实现校企的无缝衔接和生态的动态校准治理体系[2]。

2.2.2 本土化创新

基于上述理论，本研究提出“四角色—四循环”的轨道交通信号技能训练智慧平台生态模型（见表1），实现了平台“生态”可操作、可评估、可治理。

该模型表明平台“生态”是一个由规则循环、内容循环、价值循环、成长循环驱动的有机生命体。其生命力强弱取决于四大循环能否相互滋养。

综上所述，在本研究中“开放式生态”被界定为：一个通过三维开放激活多元主体，依托四大循环驱动动态演化的，服务于轨道交通信号技能人才培养全生命周期的制度性基础设施。

3.生态现状

要构建健康生态，首先要精准识别当前生态的结构性失衡。本研究采用生态学中的“多维调查—体系构建—试点验证”方式，对湖南省的3家轨道交通职业院校、3家铁路局电务段、5家信号设备制造商及3家平台建设企业进行调研，寻找出三处结构性失衡。

表 1. “四角色—四循环”模型

生态角色	核心职能	典型行为	关键循环
平台方 (调节者)	制定规则、提供公共资源、维护秩序	发布《资源共建标准》、运营平台、仲裁资源纠纷	规则循环： 标准→共建→反馈→修订
院校/教师（生产者）	开发教学资源、设计训练场景	将“岗课赛证”融通理念转化为多人协作实训模块	内容循环： 岗位需求→课程设计→资源开发→教学应用→效果评估
企业/工程师（消费者+分解者）	验证技术、认证人才	通过平台发布新产品模型测试，验证产品性能，同时通过平台筛选具备前沿技能的人才	价值循环： 企业需求→平台响应→人才输出→岗位适配→反馈优化
学员/信号工（消费者+生产者）	参与训练、贡献经验、评价资源	通过平台训练，提升技能，同时分享训练心得、反馈问题。	成长循环：学习→实践→反思→分享→认证→晋升

3.1 资源孤岛化

资源本应是整个平台生态的血液。但是调研显示：

企业拥有信号设备全生命周期运行日志，但这些数据对外完全封闭，没有做到开放共享。3 家平台建设企业，都独立开发了相关信号设备三维模型，平均投入经费均在百万以上，但接口标准不统一，场景设置参数不同，导致资源无法复用。现场信号工掌握大量的隐性知识，这些知识未被有效利

用，处于“不可编码、不可传播、不可评估”的三重失能状态[2]。

这使得整个生态“有血无脉”，资源无法有效传播利用。这一失衡主要是资源权属界定模糊与确权机制缺位造成的。

3.2 主体动力弱

生态活力取决于主体的参与度，但当前主体参与的激励措施存在明显的错配。通过调研得到主体参与意愿李克特量化表（见表 2）

表 2.主体参与意愿量化表

主体类型	共建意愿均值	核心抑制因素（Top3）
职业院校教师	2.3	①缺乏计入职称评审的成果认定 ②开发资源无专项经费支持 ③企业需求反馈渠道不畅
设备企业	1.8	①“投入产出不明” ②忧开放接口削弱自身产品优势 ③缺乏与院校协同开发的技术标准
一线信号工	2.1	①“贡献经验无学分/晋升/奖金激励” ②“不知如何将经验转化为数字资源” ③“担心暴露操作瑕疵被追责”

调研显示，当被问及“何种激励最有效”时，企业需要的“有效激励机制”是“认证资质授权”与“联合申报课题”；院校教师则希望能够进行“成果认定”与“企业实践”。这都说明现有的激励政策没有匹配不同主体的价值诉求，导致共建缺乏动力。

3.3 价值循环断

平台生态要可持续发展必须依赖平台的价值闭环，现有平台在“学—练—评—用”的价值链上存在断点：评价比较粗放：多数实训考核仅记录“是否完成操作”，缺失对“操作过程是否合理”、“决策速度是否快”、“知识应用是否全面”等高阶能力的过程性数据统计。这导致考核结果无法用于企业招聘。

无法得到认证：现有的平台训练的情况，无法获得院校、铁路局或设备企业的认可，也不能将其作为实作考核、岗位聘任、技能等级认定的依据。这就使得“学”没有动力。

数据未被应用：在所有被调研的平台中，没有一例实现了学员操作数据的全量汇聚与 AI 分析的。这就导致操作“数据”无法为“评”提供支撑。

3.4 失衡启示

在生态学中，“生态系统健康”可以解构为可测量、可定位、可干预的“多要素—多尺度—多维度”指标体系。本研究根据这一理论提出平台生态的“三维诊断坐标”，分别是空间维度、要素维度和尺度维度。并基于该坐标系，绘制出平台生态失衡表（见

表 3) :

表 3.平台生态失衡表

失衡类型	空间位置	核心要素	尺度层级	风险等级
资源孤岛化	校企之间、企业之间	设备运行数据、VR 模型、工匠经验	中观（标准缺失）	4 级
主体动力弱	院校内部、企业内部	教师开发意愿、企业投入意愿、工人贡献意愿	宏观（政策缺位）+微观（工具不足）	3 级
价值循环断	平台内部、校企之间	考核数据、认证证书、能力图谱	中观（标准缺失）+微观（工具不足）	4 级

从该表中可以看出当前生态问题主要是制度设计、治理模式、价值分配的问题。

4.三维生态模型构建

针对上述“资源孤岛化、主体动力弱、价值循环断”三处结构性失衡，本研究提出“平台主导—多主体共建—价值闭环”三维模型，构建起一个逻辑自洽、边界清晰、动态演化的平台生态系统。

4.1 平台主导

平台方承担规则制定、底座提供与秩序维护三重职能。

规则制定方面：平台方牵头制定《开放式轨道交通信号技能训练智慧平台资源共享规范》，重点明确权属、质量、治理三类核心规则，构建“三位一体”的制度基础设施。其中权属规则是将持有权、加工使用权、产品经营权分开处置。例如企业贡献的脱敏数据，平台仅获加工使用权，院校开发的场景、模型，平台获非独占性推广权；质量规则方面要求所有接入资源都必须通过“安全—标准—教学”三重认证；治理规则要求教育主管部门、国铁总公司、标杆院校、设备厂商共同组建“平台生态治理委员会”，裁决资源争议、标准修订、激励分配等。

底座提供方面：构建“轻量化、模块化、可嵌入”的技术基座。轻量化使得企业可以通过标准化接口实时接入现场的脱敏运行数据；也可以让院校教师制作的各类资源能够快速被平台使用；模块化能够将经常使用的模型和场景封装为独立模块，用户可以按照需要进行组合。可嵌入将平台核心功能开放，允许各培训机构、职业院校等将其嵌入到自己的系统，避免重复建设。

秩序维护方面：建立“数据确权—价值评估—权益保障”的治理闭环。使用加密技术，对企业提供数据进行脱敏处理，实现数据的“可用不可见”；联合知识产权中心，给平台中的每份资源颁发证书；建立

“平台生态基金”，将平台部分收益分配给平台优质资源贡献者，使得更多人能够为平台提供优质资源。

4.2 多主体共建

本模型重点创新是根据不同主体的不同价值诉求，制定出了具有靶向性、可以兑现、支持持续发展的共建机制（见表 4）。

这一机制充分体现了“一体两翼”的逻辑，即政府作为平台方提供制度框架，平台技术实现效率的跃迁，平台生态则在规则内进行自主演化。

4.3 价值闭环

平台生态生命力主要看平台的价值是否能够进行高效流转。本模型构建了覆盖平台全生命周期的价值闭环：

第一阶：学，学员通过平台获取技能训练课程，课程内容由 AI 根据其岗位、竞赛、证书等各类需求动态生成。

第二阶：练，首先通过平台在虚拟环境进行反复演练，逐步完善自我，然后在实际设备中进行验证，提升训练效率。

第三阶：评，平台全程记录如操作方法、决策速度、知识应用等方面数据，并由 AI 生成个人的能力图谱，并对标信号工的岗位标准自动生成能力现状分析报告和平台认证。

第四阶：用，平台对接企业，使得个人的能力现状分析报告和平台认证能够直接用于企业实习或者人才招聘。

第五阶：创，闭环最终要求平台能够不断创新，自我完善，学员在训练过程中能够发现平台中的问题，并提供一些创新的解决方案，这些方案经采纳后，会促进平台的自我完善和自主进化。

这种五阶跃升体系，使得平台价值链呈现螺旋上升趋势。

4.4 三维模型的制度创新

本模型的最终大创新在于，跳出平台建设常规技术研究思维模式，聚焦于让平台生

生不息的制度范畴。该模型将平台方作为“架构师”，搭建可扩展的制度框架；多主体作为“催化剂”，在规则内激发创新动能；价值闭环作为“反应釜”，持续产出人才、技术、标准等高维价值。

表 4.多主体共建机制表

主体类型	核心诉求	平台赋能方案	激励机制（制度化保障）
职业院校	教学成果认定难、双师培养缺通道	提供“岗课赛证”融通实践教学课程包：将技能大赛评分标准、1+X 证书标准嵌入实训模块	①资源的采用与教改成果认定挂钩； ②开发资源获企业采购，与科研成果挂钩。
信号设备企业	投资回报率不明、技术壁垒被削弱	提供“技术验证沙箱”：企业可将新设备模型在平台虚拟环境中接受千万级学员压力测试；共建前沿实训模块，输出行业标准	①通过平台验证的设备模型，与国铁集团技术评审目录关联； ②联合申报国家级课题，平台提供数据支撑与场景验证； ③授权使用平台认证资质，作为招投标加分项
一线信号工	经验无处沉淀、晋升缺乏依据	提供“工匠数字画像”工具：通过短视频、语音讲解、操作录屏等方式，将隐性知识转化为结构化数字资产	①将有效经验贡献，与继续教育学分等挂钩； ②个人能力图谱与铁路局内部晋升系统对接

5.结论

本研究针对当前我国轨道交通产业快速发展与高技能人才短缺这一突出矛盾以及目技能训练平台“建而不用、用而不活、活而不久”的现状，跳出平台建设的常规技术研究思维模式，融合各种前沿理念，开展一项兼具理论高度与实践深度的研究，最终形成一套能够扎根中国场景、服务国家交通强国战略、引领行业变革的开放式轨道交通信号技能训练智慧平台建设生态模式。

参考文献

[1] 刘友梅.让“湖湘工匠”在新时代绽放璀璨光芒[J].湖南教育（D版），2025，（5）：1.
[2] 黄聪，黄莺.职教实训教学中应用虚拟现实技术的相关问题研究——以高职轨道交通控制类专业为例[J].科技创新导报，2020，17（17）：204-205.
[3] 闫立博.基于模块化的无线闭塞中心仿真

系统设计[D].西安电子科技大学，2020.
[4] 郑勇.铁路信号继电电路电气仿真及故障定位研究[D].西南交通大学，2022.
[5] 李颖.铁路信号基础设施三维可视化系统的设计与实现[D].兰州交通大学，2022.
[6] 段雯誉.基于 3D 站场的通用化联锁集成仿真系统总控机设计与实现[D].西南交通大学，2020.
[7] 于久成.城市轨道交通信号高技能人才培养基地建设研究[J].人民公交，2025，（2）：143-145.
[8] 郝延春.铁道信号专业虚实结合实践教学系统设计[J].天津中德应用技术大学学报，2024，（2）：76-80.
[9] 伍文进，徐中云.数智视域下工程训练云平台建设路径研究[J].中国现代教育装备，2025，（5）：55-57+83.
[10]徐生龙，董鹏.“双创”背景下职教机制类专业智慧平台建设[J].农机使用与维修，2025，（4）：146-149.