

题目编号：CS-202613

地铁多领域病害综合智能巡检系统研究 比赛方案

一、发榜单位

中铁十一局集团有限公司

二、题目名称

地铁多领域病害综合智能巡检系统研究

三、题目介绍

地铁作为大容量、高效率的公共交通系统，能有效分流地面交通流量，显著缓解城市拥堵，推动绿色低碳，改善城市环境。截至 2025 年底，我国共有 54 个城市开通运营城市轨道交通线路 326 条，运营里程 10975.8 公里。随着线网规模扩大及运营年限增长，隧道结构老化、病害频发与运维资源短缺的矛盾日益突出，行业重心正由“建设为主”向“建设与运维并重”加速转变。

传统地铁维保普遍采用的“人海战术”和分立式检测模式，不仅作业窗口期短、效率低下、成本高昂，且人工巡检在昏暗环境下极易漏检微小病害，数据缺乏智能化辅助分析，导致安全隐患难以根除，无法满足超大规模线网的高频次、精细化运维需求。

当前，智能感知与人工智能等新技术为地铁综合巡检提供

了新的解决方案，出现了一些单一场景的智能检测系统，但国内轨道交通检测领域仍面临着核心技术受限与装备能力单一两大瓶颈。一方面，现有的国产巡检设备功能分散（如单独的轨检车、探伤车），缺乏集土建、轨道、供电等多领域病害检测于一体的综合巡检系统，导致作业流程繁琐，产生信息孤岛。另一方面，高端移动测量装备长期依赖进口，核心软硬件呈“黑盒”状态，数据处理耗时长且无法针对国内地铁特殊工况进行定制化开发，严重制约了行业技术自主可控与数字化转型。

本选题旨在攻克多源异构传感器信息融合与复杂环境多领域病害智能识别“卡脖子”技术难题，研制一款多模态、多领域地铁病害综合智能巡检系统。该系统以车载平台为载体，利用深度学习与大模型算法，实现对土建结构领域的裂缝、渗漏水、管片脱落掉块，轨道系统领域的扣件缺失、松动、断裂以及系统设备领域的管线支架松脱、异物侵限等全要素智能化检测及定位，以构建“采集-分析-诊断-报告”的一站式智能闭环，推动轨道交通运维向智能化、国产化、无人化跨越发展。

四、参赛对象

学生赛道：2026年6月1日以前正式注册的国内全日制非成人教育的普通高等学校在校专科生、本科生、硕士和博士研究生（不含在职研究生），以及全日制职业教育本科、高职高专在校学生，可通过学生赛道申报作品参赛。

参赛对象可以团队或个人形式参赛，每个团队不超过10人，每件作品可由不超过3名指导教师进行指导。可以跨专业、跨学校、跨单位、跨地域组队，但同一团队所有成员均应符合本赛道相关年龄、身份要求。每件作品只可由1所高等院校作为参赛主体提交申报。

五、答题要求

参赛者需围绕“地铁隧道多领域病害的智能识别及精准定位”这一核心课题进行研究攻关，并提交完整的技术方案。方案应具备科学性、创新性和可行性，能够利用多模态异构数据融合技术，解决弱纹理隧道环境下沿线的土建专业、系统设备专业、轨道专业等多领域常见微小病害的高精度检出与空间坐标定位难题。具体要求如下：

（一）技术研究报告（必选）：提交一份不少于8000字的深度技术报告，内容需包含：

1、系统架构设计：阐述如何集成激光雷达、高清相机、惯性导航等多源传感器，设计相应的综合智能巡检小车模型，构建“采集-处理-诊断-报告”一体化巡检平台。

2、全要素、多领域检测方案：针对土建结构涉及的裂缝、渗漏水、管片脱落等，轨道检测涉及的扣件状态，系统设备涉及的管线支架松脱、接触网异物侵限等三大领域病害设计具体的检测逻辑与算法流程。

3、多模态融合策略：详述如何通过算法实现可见光影像

与激光点云的像素级或特征级融合，解决单一传感器在暗光、弱纹理环境下的感知局限及病害的精准定位。

（二）核心算法与代码：参赛者需提供核心算法源代码及说明文档，重点攻关以下指标：

1、多领域病害智能检测算法

基于深度学习开发高精度检测模型，需达到以下核心指标：土建结构：裂缝检、渗漏水、管片剥落掉块离线检出率 $\geq 95\%$ ；轨道检测：扣件系统缺失、松动、断裂离线检出率 $\geq 95\%$ ；设备检测：管线支架松脱、接触轨异物侵限离线检出率 $\geq 97\%$ 。

2、空间语义映射与病害精准定位算法

研发基于多源感知融合的空间定位解算引擎。算法通过构建从图像像素特征到物理三维空间及全局地理信息的连续坐标转换链条，实现病害目标在复杂场景下的位置精准标定与几何属性反求。

（三）原型系统或仿真验证（加分项）

1、实物原型：搭建包含行走机构与传感器的缩比智能巡检小车，可 3D 打印该巡检小车模型，演示自主巡检流程。

2、仿真验证：在数字孪生环境中（如 Gazebo/Unity）重建地铁隧道场景，展示小车在模拟工况下的路径规划、避障及病害识别过程。

最终提交作品应为电子版（PDF 格式），如涉及代码、实

验数据、仿真结果等，应提供压缩包文件（.zip/.rar）并附详细说明文档。

（四）作品提交时间

本选题正式发布后，参赛者需在 2026 年 9 月 15 日前提交完整作品，期间可组织必要的阶段性进展汇报，并组织一次线下测试，本单位将提供必要的技术答疑支持。本单位将在作品提交后，分别组织线下测试和终审两次专家评审，综合两次得分最终评选出优秀方案，并择优推动成果转化应用。

六、作品评选标准

本选题围绕多模态、多领域地铁病害综合智能巡检系统展开研究，对参赛作品的科学性、创新性、可行性及工程应用价值进行全面评估。作品评选将从以下五个核心维度进行评分，满分 100 分，各维度按照指标点完成情况给分，评分细则如下：

1、技术创新性（20 分）

核心算法创新（10 分）：采用前沿的多模态融合算法，有效实现了深层特征融合；具备模型自学习与动态标定能力，能基于多期历史数据进行病害发展趋势的预测分析。

全要素覆盖能力（10 分）：方案突破了单一专业检测领域的局限，创新性地实现了对土建结构（管片/隧道壁）、轨道系统（扣件）及系统设备（管线/支架）的三位一体同步综合检测及病害的定位。

2、方案科学性（15 分）

理论严谨性（5分）：方案对地铁隧道强受限、弱光照、高动态环境的分析透彻，传感器选型及布局科学合理，多源传感器时空同步与联合标定的理论推导逻辑清晰。

检测逻辑合理性（5分）：针对裂缝、渗漏水、扣件缺失等不同病害的特征提取策略科学，建立了从“像素坐标”到“物理空间坐标（里程/环号/时钟方位）”的精准映射模型。

规范符合度（5分）：检测标准与分类分级逻辑符合行业规范要求。

3、方案可行性与工程应用价值（15分）

环境适应性（2分）：算法与系统设计充分考虑隧道内-20℃~50℃的作业温度范围及高湿度（90%）、粉尘干扰环境，具备全天候稳定运行能力。

系统集成与轻量化（3分）：硬件方案具备模块化、轻量化特征，总重需控制在合理范围，如单模块<40kg 以便于搬运，便于在巡检小车上快速部署。

闭环交互体验（5分）：开发了可视化的综合分析软件平台，能自动生成包含病害位置、类型、等级、位置的标准化巡查报告，并支持数据的导出与打印。

小车模型及仿真（5分）：完成了包含行走机构与传感器的缩比智能巡检小车模型，并演示自主巡检流程。

4、算法验证与性能指标（35分）

主要参考线下测试等环节综合给出评分。

验证方法（5分）：在规定时间内通过基于真实脱敏数据集或高保真仿真环境的严格测试，测试样本覆盖了土建、轨道、供电设备三类典型场景。在达到检出率指标前提下，推理速度前20%得5分，推理速度后20%得1分，中间排名按比例给分。

核心指标达成度（30分）：

土建领域：包含裂缝、渗漏水、管片剥落掉块病害的综合检出精度。

轨道领域：包含扣件系统缺失、松动、断裂的综合检出精度。

设备领域：包含管线支架松脱、接触轨异物侵限的综合检出精度。

将三个领域的综合检出精度按领域难易程度加权平均后得到综合检出精度，依据综合检出精度的排名依次给分。

5、报告质量与展示效果（15分）

文档规范性（5分）：技术报告结构完整（含背景、架构、算法、实验），逻辑闭环，引用数据详实。

实证材料（5分）：提供了算法运行演示视频、检测结果对比图（真值 vs 检测值）、三维点云重构效果图等直观材料，以证明方案的真实有效性。

陈述与答辩（5分）：陈述思路清晰，重点突出，能准确理解评委问题，回答问题正确、逻辑严密。

七、作品提交时间

2026年5月至9月上旬，各参赛团队选择榜单中的题目开展研发攻关，各高校组织协调机构应组织学生参赛，安排专业人员给予指导，为参赛团队提供支持保障。

2026年9月15日前，各参赛团队要向发榜单位完成作品提交，具体要求详见本方案第八点第（二）款，并严格遵照发榜单位明确的提交规范执行。

2026年9月30日前，由发榜单位完成初审，确定入围终审擂台赛的晋级作品和团队。

2026年10月上旬，发榜单位安排专门团队提供帮助和指导，各晋级团队完善作品。

2026年10月中旬，由发榜单位组织开展线下现场测试与成果汇报。

2026年11月，组织终审擂台赛，角逐“擂主”。

八、参赛报名及作品提交方式

（一）报名方式

（1）参赛选手登录“挑战杯”官网 www.tiaozhanbei.net，在“揭榜挂帅”擂台赛报名入口注册账号，登录大赛申报系统在线填写报名信息。报名信息提交后，下载打印系统生成的报名表。

（2）申报人在报名表对应位置加盖所在学校或所在单位公章。

（3）将盖章版报名表扫描件上传至报名系统，等待系统审核。请参赛选手注意查看审核状态，如审核不通过，需重新

提交。

(4) 系统开放报名时间为 2026 年 5 月 30 日—6 月 30 日，逾期后系统将自动关闭报名功能。

(二) 作品提交方式

本选题正式发布后，参赛者需在 2026 年 9 月 15 日前提交完整作品，期间可组织阶段性进展汇报，并组织一次线下测试，本单位将提供必要的技术答疑支持。本单位将在作品提交后，分别组织线下测试和终审两次专家评审，综合两次得分最终评选出优秀方案，并择优推动成果转化应用。

作品提交渠道：cr11zhanganshun@163.com

九、赛事保障

1、基础条件：中铁十一局集团有限公司提供真实的地铁隧道模拟环境或现场采集的数据样本集，供参赛团队进行数据采集与设备调试，参赛队员可将需求反馈给比赛专班，比赛专班将在 5 个工作日内予以答复。

2、参观学习基地：中铁十一局集团有限公司和各省市区分公司及公司常备展示区作为学习基地，如有参观需求，请提前 5 个工作日联系比赛专班，在资源具备的条件下，组织参赛选手学习、参观、调研等，以更好地了解工程需求和应用场景。

3、企业指导教师：中铁十一局集团有限公司提供参赛指导教师，根据参赛团队所在城市，按需就近匹配不少于 1 名指导教师，报名后，由比赛专班统一安排协调。

十、设奖情况及奖励措施

（一）设奖情况

根据评分规则，综合评定参赛队伍。原则上设“擂主”1个，特等奖5个、一等奖5个、二等奖5个、三等奖5个。

（二）奖励措施

- 1、“擂主”：奖金 15 万元
- 2、特等奖：奖金 3 万元/个
- 3、一等奖：奖金 2 万元/个
- 4、二等奖：奖金 1 万元/个
- 5、三等奖：奖金 0.5 万元/个

奖项设置会根据参赛队伍数量和作品质量做适当调整。

以上奖金以汇款方式兑现，赛后 50 个工作日内兑现。获奖团队中应届毕业生可优先录用为中铁十一局集团有限公司带薪实习生，参与中铁十一局集团有限公司校园招聘时，符合应聘条件者，同等条件下可优先录用。

（三）奖金发放方式

比赛结束后，单位比赛专班工作人员与获奖团队取得联系，填写奖金申请表，待获奖团队提供银行卡详细信息后 50 个工作日内，将奖金一次性发放至获奖团队提供的银行卡中。

十一、比赛专班联系方式

1、专家指导团队

顾问专家：熊晓晖，联系电话：18079059798

负责比赛期间技术指导保障。

2、赛事服务团队

联络专员：张安顺，联系电话：15574333269

负责比赛期间组织服务及后期相关赛务协调联络。

3、联系时间

比赛期间工作日（9:00-17:00）

附：发榜单位简介

中铁十一局集团有限公司是世界 500 强企业中国铁建股份有限公司的骨干成员，前身为 1948 年成立的铁道兵第一师，曾参与抗美援朝、援越抗美等任务，1984 年转工，2001 年改制，2008 年随中国铁建整体上市。公司总部位于武汉，注册资本 61.62 亿元，在册员工 18000 余人，设备资产 9486 台套、价值 54.62 亿元。下辖 22 家子公司、10 家工程分公司及多个区域指挥部和事业部，业务覆盖全国 31 个省区市及 12 个海外国家，年施工能力超 1000 亿元。

公司拥有铁路、建筑、市政、公路等 8 项施工总承包特级资质及 272 项各类资质，所属 12 家单位为高新技术企业，子公司均为 A 级纳税信用单位。长期承担地下、隧道、桥梁等工程建设与维保，完成铁路铺轨 27000 余公里、城市轨道铺轨 2600 公里，承建桥梁 2000 余座、隧道 3000 余座，盾构掘进 600 公里。近五年研发投入 125.52 亿元，承担国家及省部级课题 44 项，获国家科技进步奖 5 项、省部级科技奖 152 项、詹天佑奖 20 项，主编国家和行业标准 18 项，获授权发明专利 163 项。在武汉地铁承担的应急维保业务覆盖里程 275 公里，占当地总里程 60%以上，掌握了大量真实的隧道病害样本与检测需求，为智能巡检系统的算法训练与装备路测提供了独有的应用场景，在轨道交通智能运维领域基础扎实。