

题目编号：DG-202603

# 面向矿山安全生产的智能涵洞巡检机器人系统研发比赛方案

## 一、发榜单位

陇南紫金矿业有限公司

## 二、题目名称

面向矿山安全生产的智能涵洞巡检机器人系统研发

## 三、题目介绍

涵洞是矿山采选、运输及辅助系统中广泛存在的重要地下工程结构，在大型矿山生产体系中承担着矿石运输、排水、通风及设备通行等多重功能，是保障矿山连续、安全运行的重要基础设施。与地面工程相比，涵洞长期处于地下或半地下环境，空间封闭、结构隐蔽、服役周期长，其安全状态往往难以通过直观手段实时掌握。一旦发生结构失稳、渗水或坍塌等问题，极易对矿山生产系统造成连锁影响，甚至引发重大安全事故。因此，涵洞等隐蔽工程的结构健康状态，已成为制约矿山安全生产水平提升的重要因素之一。

进入“十五五”时期，国家在推进高质量发展的总体布局中，进一步强化安全生产底线思维，强调以科技创新推动传统产业转型升级，加快矿山智能化、少人化和本质安全建设进程。在这一背景下，地下工程安全不再仅仅依赖事后处

置和周期性检查，而是需要通过智能感知和主动预警手段，实现风险的前移控制和系统化管理。涵洞作为矿山生产体系中的关键节点，其安全管理水平直接关系到矿山整体运行的稳定性和可靠性，亟需通过新技术手段加以提升。

陇南紫金作为我国有色金属行业的重要骨干企业，在保障国家战略性矿产资源稳定供给、维护产业链供应链安全方面承担着重要使命。叠加复杂地质条件和长期高强度使用，结构安全风险呈现出隐蔽性强、演化缓慢但后果严重的特点。如何在不影响正常生产的前提下，对涵洞结构状态进行持续、精准、低风险的监测，是陇南紫金在实际生产管理中面临的突出问题，也具有显著的行业共性。

目前，矿山涵洞巡检仍以人工巡查或辅以简单检测设备为主。这种方式存在巡检环境恶劣、作业风险高、依赖人工经验、检测结果主观性强等问题，难以实现对结构裂缝、渗水等隐患的连续感知和量化评估。同时，受限于人力投入和作业条件，巡检频率难以提高，隐患往往在发展到较为严重阶段后才被发现，给安全生产带来不确定性。

尽管近年来机器人技术和智能检测技术发展迅速，但现有成熟的巡检机器人或结构检测系统多面向城市地下管廊、交通隧道等相对标准化场景，难以直接适应矿山涵洞高湿、长距离、无卫星信号、环境干扰强等复杂工况。简单移植现

有技术方案，往往难以满足矿山对系统稳定性、长期可靠性和工程适应性的综合要求。

基于上述背景，本选题聚焦矿山涵洞这一典型而关键的应用场景，拟开展智能涵洞巡检机器人相关技术研究，探索在复杂地下环境中实现自主导航、多传感器融合感知及结构缺陷识别的技术路径。研究目标在于提升涵洞巡检的安全性、连续性和客观性，为矿山涵洞结构健康管理提供可靠的技术支撑，为推动矿山安全生产模式由“被动应对”向“主动预防”转变奠定基础。

#### **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。

#### **五、答题要求**

1. 技术方案报告（必交）：PDF 格式，建议 20-60 页。应包含：场景与工况假设、总体架构（移动平台 / 防护 / 续航供电 / 多传感器融合感知 / 边缘计算）、自主定位导航与任务流程、多传感器巡检方案（侧重高精度无死角录像采集与离线缺陷回溯识别）、数据管理与巡检报告生成、可靠性与安全策略（自检/急停/故障降级/回收）、成本与工程化方案、实验与对比验证（给出指标与数据来源）。

2. 原型系统（必交）：实物原型车（含传感器与控制系统，高防护性，长续航）。须演示在无 GNSS 等典型涵洞工况下完成“起点-终点”巡检流程，并输出轨迹、地图/里程计、高精度无死角巡检录像与缺陷回溯结果。

3. 演示视频与测试数据（必交）：5-10 分钟视频（含操作说明与关键指标叠加展示，重点呈现防水通行、长续航、多传感器建图导航、无死角录像核心功能）；并提交关键测试日志/数据（如 rosbag、图片/点云、检测结果清单、评测脚本或表格）。

4. 代码与可执行包（必交）：源代码/可执行程序（含 README、环境依赖、复现步骤、说明书；建议提供 Docker/conda）。

5. 其他支撑材料（可选）：专利/论文、现场调研报告、产业化与运维方案等。

## 六、作品评选标准

评审采用 100 分制综合评分，重点从技术实现、创新性、应用价值、完成度四个维度进行评审。

### （一）技术实现（40 分）。

1. 工况适配与基础性能：在湿滑/弱光/狭长通道等工况下的通过性、稳定性与续航表现（需提供测试数据/视频）；满足 20cm 水深稳定通行、高湿弱光环境无故障运行； $\geq 5\text{km}$  连续巡检续航等。

2. 定位导航与建图能力：多传感器融合建图导航；支持无先验地图自主探索建图（加分项），建图完整无盲区；途径点位姿误差（相对于先验地图的全局定位误差） $\leq$  路径长度的 0.5% 且不超过 2 m；具备异常处置（失联保护、自动回收/返航、避障）等。

3. 巡检感知与数据采集：可以完成涵洞巡检工作，至少包括环境感知和数据采集等。

4. 电气与软件安全、急停/限速/防护、数据完整性与抗干扰能力等。

## （二）创新性（30 分）。

1. 面向退化长廊/涵洞场景的定位建图、传感器融合或任务调度的原创性方法与性能提升。

2. 模块化设计、快速部署、低成本高可靠、防护与维护便捷性等工程创新等。

3. 机器人、AI 与结构健康监测/安全管理等多领域技术的有效融合等。

## （三）完成度（30 分）。

1. 作品材料齐全、功能闭环、结果可复现；原型/仿真演示完整。

2. 报告逻辑清晰、数据充分、图表规范；视频/答辩表达专业。

#### **（四）一票否决与加分说明。**

一票否决：抄袭/侵权、伪造数据、存在明显安全风险或关键功能无法演示。

加分（用于同分排序，总分封顶不超过 100 分）：专利/论文/软著、在真实矿山涵洞完成多场景验证、提供可落地的产业化合作方案等。

### **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、企业、科研机构等组织协调机构应组织学生和青年科技工作者参赛，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，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 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](http://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。

请将全部材料打包，以“揭榜挂帅-团队名称-题目”为邮件主题，发送至公司联络人邮箱：[1063179213@qq.com](mailto:1063179213@qq.com)。我公司设有专人负责接收与确认。同时，各参赛团队在提交作品时，同步报送 1 份经报名系统审核通过的参赛报名表，报名表所有信息须与系统内填报内容完全一致。

## 九、赛事保障

对于参加本项目的参赛团队，本单位可以根据团队的实际需求在参观交流、相关资料(不涉密)、专业指导以及其他项目必须条件等方面提供帮助。

本单位在参赛团队完成相关审核等程序后可提供参观应用现场的机会。

本单位将为此次比赛组建专业指导团队，指导团队将由出题单位专家组成，或根据选手的专业特点指派指导老师，同时为了保证在项目相关资料等问题方面给予团队及时的帮助，团队还将为每个参赛团队指定一名辅导老师，辅导老师由本单位专业技术人员组成，并在参赛团队完成报名后予以明确。

## **十、设奖情况及奖励措施**

本榜题设置学生赛道，组织评审和授奖。

每个赛道奖项设置如下（数量为最终授奖数量，按赛道分别统计）：

1. 特等奖：5个（含擂主 1名）；
2. 一等奖：5个；
3. 二等奖：5个；
4. 三等奖：5个；

说明：如作品申报数量或质量出现极端情况，授奖数量可在不降低奖项层级要求的前提下做小幅调整。

### **（一）资金奖励（税前）。**

1. 擂主：10.0万元/队；
2. 特等奖：2.0万元/队；
3. 一等奖：1.0万元/队；

4. 二等奖：0.5 万元/队；

5. 三等奖：0.2 万元/队；

### （二）项目与转化激励。

1. 优先提供真实场景试点验证机会，并对通过现场验收的方案择优推进联合研发或工程化落地；

2. 对具备产业化价值的成果，优先对接矿山安全管理与设备运维部门，推动采购验证或合作推广（以双方协议为准）；

3. 对表现突出的团队，提供实习实践、课题合作或就业推荐“绿色通道”（视岗位需求与团队意愿确定）。

### （三）奖励兑现与知识产权。

#### 1. 奖金发放方式

现金奖励原则上在终审结果公示后 1 个季度内一次性发放；成果知识产权与使用权按赛事规则及双方合作协议约定执行，确保权责清晰、可落地。

## 十一、比赛专班联系方式

发榜单位要成立专班，有专门人员负责比赛组织，要在方案中说明专班的人员分工，一组分工主要为专家指导团队，进行技术指导和保障，要能接通电话，方便参赛团队咨询；一组分工主要为赛务组织服务，负责与组委会对接以及后期相关比赛赛务的协调联络。

要在方案中写明专家指导团队和赛务组织人员的姓名和联系方式，写明在什么时间段可以通过什么方式联系到，原则上需要写明座机和手机信息，要和指导人员确认确保在公布的时间段能够接听到电话，且能够做到及时接听、耐心解答相关疑问。

### 1. 专家指导团队

顾问专家：曹工，联系电话：13646926200

负责比赛期间技术指导保障。

### 2. 赛事服务团队

联络专员：马工，联系电话：18093901336

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（上午 8:00-12:00，下午 14:30-17:30）

## 附：发榜单位简介

陇南紫金为紫金矿业集团旗下控股子公司，成立于2007年，现有资产总额46亿元，拥有探采矿权5宗，截止2025年底，保有黄金资源储量121吨，现有员工1750人（含外协单位）。目前为西北最大、全国第二的单体黄金矿山企业。

在发展状况方面，陇南紫金始终坚持绿色、环保、高效的发展理念。作为省级绿色矿山，公司致力于资源综合回收利用和清洁生产，环保指标和资源综合利用率在行业内处于领先水平。其核心竞争力体现在依托紫金矿业集团的矿产资源保障、持续的技术创新投入以及成熟的成本控制管理体系。在资质与荣誉方面，除获评省级绿色矿山外，公司还通过了各类质量、环境、职业健康安全管理体系认证。