**基于大模型驱动的城轨车辆智能全景检测算法测试验证平台研究**

**投标文件**

供应商：

年 月 日

目录

[**一、投标函** 1](#_Toc195443551)

[**二、技术方案** 2](#_Toc195443552)

[（一）系统概述 2](#_Toc195443553)

[（二）系统组成技术方案 2](#_Toc195443554)

[（三）系统基本功能实现方案​ 5](#_Toc195443555)

[（四）主要技术指标实现措施​ 7](#_Toc195443556)

[（五）网络安全及信息安全保障方案​ 8](#_Toc195443557)

[**三、项目管理方案​** 10](#_Toc195443558)

[（一）项目组织机构及人员​ 10](#_Toc195443559)

[（二）项目执行阶段及工期​ 10](#_Toc195443560)

[（三）项目管理计划​ 12](#_Toc195443561)

[**四、系统保证方案​** 14](#_Toc195443562)

[（一）计划​ 14](#_Toc195443563)

[（二）可靠性、可用性及可维护性（RAMS）要求​ 17](#_Toc195443564)

[**五、质量保证与售后服务方案​** 21](#_Toc195443565)

[（一）质量保证​ 21](#_Toc195443566)

[（二）系统质量保证期​ 21](#_Toc195443567)

[（三）质量控制与质量保证体系​ 21](#_Toc195443568)

[（四）质保期内投标人的保证责任​ 22](#_Toc195443569)

[（五）售后服务​ 22](#_Toc195443570)

**一、投标函**

致：北京市地铁运营有限公司​

我方仔细研究了贵方发布的基于大模型驱动的城轨车辆智能全景检测算法测试验证平台研究用户需求书，对其中的各项要求充分理解并完全响应。在此，我方郑重声明，愿意按照用户需求书的规定，承担基于大模型驱动的城轨车辆智能全景检测算法测试验证平台的研发设计、系统供货、安装调试以及技术服务等全部工作。我们保证提供的方案成熟、可靠，具有丰富的实际制造使用经验，所提供的产品和服务符合国家相关标准以及贵方的具体要求。​

若我方有幸中标，我们将严格遵守投标文件中的各项承诺，按照合同约定的时间和质量标准，高效、优质地完成项目任务。同时，我们承诺在项目实施过程中，积极配合贵方的各项管理工作，及时沟通解决出现的问题，确保项目顺利推进。​

投标人（盖章）： ​

法定代表人或其委托代理人（签字）： ​

日期： 年 月 日

**二、技术方案**

（一）系统概述

本项目旨在构建一个先进的基于大模型驱动的城轨车辆智能全景检测算法测试验证平台。平台将充分运用大模型技术和无监督学习技术，建立大规模城轨车辆外观缺陷样本库，为城轨车辆外观缺陷检测智能算法开发提供坚实的数据支撑。同时，嵌入基于多模态数据的城轨车辆外观缺陷检测方法，实现城轨车辆典型损伤的高精度识别与分类。平台具备完善的测试标准体系和基于机器人流程自动化的测试评估技术，用于全面验证各缺陷检测方法的合理性和可行性。

（二）系统组成技术方案

**1 基于大模型驱动的多源数据生成与融合模块**

采用先进的生成式模型和自适应方法，能够生成丰富且高度真实的城轨车辆外观缺陷二维图像数据和三维点云数据。通过精心设计的数据融合算法，可高效融合二维平面信息与三维深度信息，显著优化数据特性，从而得到高质量的融合图像，为后续的检测和分析提供优质的数据基础。

1. 技术选型：生成式模型选用目前业界领先的StableDiffusion，其在图像生成领域表现卓越，能够依据输入的各类特征，精准生成城轨车辆外观缺陷的二维图像数据。在三维点云数据生成方面，采用PointNet++算法框架，结合大模型预训练参数，可有效生成高质量的三维点云数据，真实反映车辆外观缺陷的空间结构。数据融合算法则基于深度学习的注意力机制构建，通过对二维图像信息和三维点云深度信息的特征学习，实现精准融合。​
2. 实施步骤：首先，利用大模型对城轨车辆外观的历史数据、设计图纸等进行学习，构建数据生成的基础模型。接着，根据不同的缺陷类型和场景设定参数，生成相应的二维图像和三维点云数据。在数据融合阶段，将生成的二维与三维数据输入融合模型，通过多次迭代训练，优化融合效果，输出高质量的融合图像。​
3. 预期效果：生成的数据丰富度极高，能够涵盖城轨车辆外观可能出现的各类缺陷情况，且数据真实度接近实际拍摄或检测数据。融合后的图像能够精准保留二维与三维数据的关键特征，为后续模块的分析和处理提供优质数据基础，提升整体检测精度。

**2 大规模城轨车辆外观缺陷样本库构建模块​**

基于多源融合数据，利用高效精准的筛选算法，实现外观缺陷样本的快速筛选。借助大模型的强大能力，实现缺陷数据的自动标注，极大提高标注效率和准确性。同时，构建标准化处理规范，确保样本库的质量，并不断更新迭代缺陷样本，使其能够适应不断变化的实际需求。

1. 技术选型：样本筛选采用基于支持向量机（SVM）的分类算法，结合大模型的特征提取能力，可快速准确地从海量多源融合数据中筛选出有效外观缺陷样本。自动标注环节借助大模型的自然语言处理能力，对筛选出的样本进行语义理解，实现缺陷数据的自动标注。同时，利用数据版本管理工具Git LFS，确保样本库更新迭代过程中数据的一致性与可追溯性。​
2. 实施步骤：第一步，将多源融合数据输入SVM筛选模型，设定筛选规则和阈值，筛选出潜在的缺陷样本。然后，将这些样本送入大模型进行自动标注，标注内容包括缺陷类型、位置、严重程度等信息。最后，依据标准化处理规范，对标注后的样本进行格式统一、数据清洗等操作，存入样本库，并通过Git LFS记录样本库的每一次更新。​
3. 预期效果：样本筛选准确率可达95%以上，大大提高样本库构建效率。自动标注的准确率在90%左右，减少人工标注的工作量与误差。样本库能够持续更新迭代，保持与实际城轨车辆外观缺陷情况的同步，为检测算法提供充足且高质量的训练数据。

**3 基于多模态数据的城轨车辆外观缺陷检测模块​**

通过协同训练与增强学习驱动的城轨全景要素理解算法，实现对城轨车辆全景要素的高效精准智能识别与解析提取。深入提取车辆外观缺陷的高级语义特征，从而实现高精度的外观缺陷检测，能够准确识别各类复杂的缺陷情况。

1. 技术选型：协同训练采用基于深度神经网络的多模态协同学习算法，结合增强学习中的近端策略优化（PPO）算法，驱动城轨全景要素理解。在特征提取方面，使用ResNet与Transformer相结合的网络结构，能够有效提取车辆外观缺陷的高级语义特征。检测模型则基于FasterR-CNN框架进行改进，融入多模态数据特征，实现高精度检测。​
2. 实施步骤：先将多模态数据（如融合图像、车辆运行状态数据等）分别输入不同的子网络进行特征提取，然后通过协同学习算法，让各子网络相互协作、共享信息，优化特征提取效果。利用PPO算法对检测模型进行训练，不断调整模型参数，使其在复杂场景下也能准确识别缺陷。在实际检测时，将待检测数据输入训练好的模型，输出缺陷检测结果。​
3. 预期效果：能够准确识别城轨车辆外观的各类复杂缺陷，检测准确率达到98%以上。对不同类型的缺陷，如划痕、磨损、变形等，均能精准分类，为后续的维修和维护提供可靠依据。

**4 城轨车辆智能全景检测算法测试验证平台​**

依据统一的数据标准和可靠的算法测试标准，运用自动化测试算法对各类检测算法进行全面测试，并自动生成详细准确的测试报告。基于严格的算法模型规范及接口规范，设置算法模型纳管运行模块，对模型进行统一注册、管理和应用，确保平台的高效稳定运行。

1. 技术选型：自动化测试算法基于Python的pytest框架进行开发，结合数据驱动测试技术，能够根据不同的测试用例自动执行测试任务。算法模型纳管运行模块采用Docker容器技术，实现模型的快速部署与隔离运行，同时利用Kubernetes进行容器编排和管理，确保平台的高效稳定运行。​
2. 实施步骤：首先，根据城轨车辆智能全景检测算法的特点和需求，编写详细的测试用例，涵盖不同的算法场景和数据类型。将测试用例与自动化测试算法相结合，通过pytest框架执行测试任务，自动生成测试报告。在算法模型纳管方面，将训练好的模型打包成Docker镜像，上传至镜像仓库，再通过Kubernetes部署到平台中，实现模型的统一注册、管理和应用。​
3. 预期效果：自动化测试覆盖率达到90%以上，能够全面检测算法的性能、准确性等指标。测试报告详细准确，为算法优化提供有力参考。算法模型纳管运行模块能够高效管理大量模型，保证模型运行的稳定性和安全性，提升平台的整体运行效率。

（三）系统基本功能实现方案​

**1 城轨车辆外观缺陷检测功能​**

研发高精度的城轨车辆外观缺陷检测方法，采用先进的深度学习算法和多模态数据融合技术，能够对各类缺陷进行准确检测。通过大量的实际数据训练和优化模型，不断提高检测的精度和可靠性。

1. 技术实现路径：采用基于多模态数据融合的深度学习检测模型。首先，将摄像头采集的车辆外观图像数据与传感器获取的车辆运行状态数据（如振动、温度等）进行融合处理，通过数据预处理模块进行归一化、去噪等操作。然后，将处理后的数据输入到由卷积神经网络（CNN）和循环神经网络（RNN）组成的联合检测模型中。CNN负责提取图像中的空间特征，RNN则对时间序列的运行状态数据进行分析，两者协同工作，实现对各类缺陷的准确检测。​
2. 模型训练与优化：收集大量包含不同类型缺陷的城轨车辆外观数据及对应的运行状态数据，按照70%训练集、20%验证集、10%测试集的比例进行划分。使用交叉熵损失函数和Adam优化器对模型进行训练，在训练过程中，通过调整学习率、正则化参数等超参数，结合早停法防止过拟合，不断优化模型性能。经过多轮训练后，在测试集上进行评估，确保模型的检测准确率达到98%以上。​
3. 实时检测流程：在实际应用中，城轨车辆运行时，摄像头和传感器实时采集数据，数据通过网络传输至检测系统。系统首先对数据进行实时预处理，然后将处理后的数据快速输入到训练好的检测模型中。模型在短时间内输出检测结果，若检测到缺陷，系统立即发出警报，并详细记录缺陷的类型、位置和严重程度等信息，为后续维修提供依据。

**2 算法验证测试功能​**

1. 依托丰富的样本库数据、高精度缺陷检测算法和完善的城轨车辆智能全景检测算法测试评估体系，对城轨车辆智能全景检测算法进行全面、深入的验证测试。通过模拟各种实际场景和故障情况，对算法的性能进行严格评估。
2. 测试环境搭建：构建专门的算法验证测试环境，包括高性能服务器、模拟城轨车辆运行的硬件设备以及各类数据采集和生成工具。在服务器上部署多种主流的城轨车辆智能全景检测算法，同时准备丰富的样本库数据，涵盖不同线路、不同车型、不同运行年限的城轨车辆外观数据及对应的缺陷标注信息。​
3. 测试用例设计：根据算法的功能特点和实际应用场景，设计全面的测试用例。例如，针对不同类型的缺陷（如划痕、裂纹、磨损等）设计单独的测试用例，测试算法在不同光照条件、不同拍摄角度下的检测性能；针对算法的运行效率，设计大规模数据输入的测试用例，评估算法的处理速度。此外，还考虑算法在复杂背景干扰下的鲁棒性测试用例。​
4. 测试执行与评估：使用自动化测试工具，按照设计好的测试用例，依次对不同的检测算法进行测试。在测试过程中，记录算法的运行时间、检测准确率、误报率等关键指标。测试完成后，通过与预设的标准值进行对比，对算法的性能进行全面评估。对于性能不达标的算法，详细分析原因，如模型结构不合理、训练数据不足等，并提出针对性的改进建议。​

**3 统计分析功能​**

建立自动化测试流程，实现性能评估自动化。利用先进的数据分析工具和算法，对测试结果进行自动统计分析，生成详细的分析报告，为算法的优化和改进提供有力的数据支持。

1. 数据采集与整理：系统通过数据接口，自动采集每次检测过程中的原始数据、检测结果以及算法运行的相关参数（如运行时间、资源占用等）。将采集到的数据按照统一的格式进行整理，存储到关系型数据库MySQL中，方便后续的查询和分析。​
2. 统计指标设定：根据用户需求和系统性能评估的需要，设定一系列统计指标。例如，按时间维度统计不同时间段内的缺陷检测数量、类型分布；按线路或车型统计缺陷出现的频率和严重程度；对算法的性能指标，如平均检测准确率、平均运行时间等进行统计分析。​
3. 分析工具与可视化：利用数据分析工具（包括Python的pandas、numpy 库以及 Matplotlib、Seaborn可视化库）对存储在数据库中的数据进行分析处理。通过编写数据分析脚本，实现对各类统计指标的计算和分析。将分析结果以直观的可视化图表（如柱状图、折线图、饼图等）形式展示在系统界面上，方便用户快速了解系统的运行情况和算法的性能表现，为决策提供数据支持。​

**4 数据存储功能​**

设计完善的数据存储方案，将线路原始数据及每次检测结果安全存储在计算机的硬盘上。生成的文件名称与站区名称、检测日期及检测时间一一对应，方便数据的管理和查询。确保数据存储不少于连续30天检测数据，并具备良好的扩展性，可根据实际需求增加存储容量。​

1. 存储架构设计：采用分布式存储架构，使用Ceph分布式存储系统，结合对象存储和块存储技术。将线路原始数据和检测结果数据按照不同的类型和时间戳进行分类存储。对于近期数据，存储在高性能的固态硬盘（SSD）组成的存储池中，以保证快速读写；对于历史数据，逐渐迁移至大容量的机械硬盘（HDD）存储池中，降低存储成本。​
2. 数据备份与恢复：制定完善的数据备份策略，每天对重要数据进行全量备份，每周进行一次异地备份。备份数据存储在专用的备份服务器上，并定期进行数据完整性校验。当出现数据丢失或损坏时，能够通过备份数据快速恢复，确保数据的安全性和完整性。​
3. 数据管理与查询：开发专门的数据管理模块，用户可以通过系统界面输入查询条件（如站区名称、检测日期、检测时间、缺陷类型等），快速查询到相应的数据。数据管理模块还提供数据导出功能，用户可以将查询结果以 Excel、CSV 等格式导出，方便进行进一步的分析和处理。同时，对数据的访问权限进行严格管理，确保只有授权用户能够访问和操作数据。

（四）主要技术指标实现措施​

**1 性能指标​**

1. 全力构建城轨车辆外观缺陷样本库，确保检测项点不少于 25 个，每个项点样本数量大于 5000 张。通过多种数据采集手段和数据增强技术，保证样本的丰富性和多样性。​
2. 采用高性能的存储设备和优化的数据存储策略，确保系统检测数据存储不小于三个月，故障数据存储不少于五年，并且具备良好的容量扩展能力，可根据实际需求随时增加存储设备。​

**2 RAMS 指标​**

1. 系统单次故障修复时间（MTTR）≤24 小时：建立快速响应的故障诊断和修复机制，配备专业的技术支持团队，确保在出现故障时能够及时进行诊断和修复。​
2. 平均故障间隔时间（MTBF）≥5000 小时：通过优化系统设计、选用高质量的硬件设备和进行严格的测试验证，提高系统的稳定性和可靠性，减少故障发生的概率。​
3. 系统整体设计寿命不应低于5年，大修2年：对系统的关键部件进行精心选型和设计，确保其满足相应的寿命要求。同时，制定完善的维护保养计划，定期对系统进行维护和保养，延长系统的使用寿命。​

（五）网络安全及信息安全保障方案​

严格按照信息安全等级保护二级要求建设系统，系统按照《信息安全等级保护管理办法》（公通字【2007】43号）等相关标准执行。对既有的有线网络和无线网络进行安全加固，确保数据采集和传输的安全性。​在入侵检测及防御方面，部署先进的入侵检测系统，实时监测网络流量，及时发现并阻止各类入侵行为。​对于恶意代码防护，安装高效的杀毒软件和恶意代码检测工具，定期进行病毒查杀和恶意代码扫描。​实现内部网络异常行为检测，通过建立行为分析模型，对内部网络中的异常行为进行实时监测和预警。​制定严格的边界访问控制和系统访问控制策略，限制非法访问，确保系统的安全性。​强化身份认证和行为审计，采用多因素身份认证方式，对用户的操作行为进行全面审计和记录。​加强账号唯一性和口令安全管理，尤其是对管理员账号和口令进行严格保护，定期更换口令。​保障操作站操作系统安全，及时更新操作系统补丁，关闭不必要的服务和端口。​对移动存储介质进行标记、权限控制和审计，防止数据泄露。​加强设备物理安全防护，采取必要的物理安全措施，如安装监控设备、门禁系统等，确保设备的安全。

**三、项目管理方案​**

（一）项目组织机构及人员​

根据项目的复杂程度和需求，成立专门的项目组织机构，配备经验丰富的项目经理、技术专家、开发人员、测试人员和质量管理人员等。​

（二）项目执行阶段及工期​

**1 项目执行阶段​**

1. 设计阶段：包括设计联络和确认，与招标人密切沟通，充分理解需求，制定详细的设计方案，并提交招标人审查确认。​
2. 研发阶段：按照设计方案进行系统的研发工作，严格控制研发进度和质量，确保系统的各项功能和性能指标满足要求。​
3. 部署阶段：将研发完成的系统部署到实际环境中，进行系统的集成和调试，确保系统能够正常运行。​
4. 到货验收阶段：在设备到货后，及时组织验收工作，确保设备的质量和数量符合合同要求。​
5. 质量保证期：在质量保证期内，提供完善的售后服务和技术支持，及时解决系统出现的问题。​

**2 工期​**

按照合同的交货时间和地点，制定详细的时间进度表，明确从设计、设计联络、部署以及到货验收等各个阶段的开始和完成时间，确保整个项目能够按时交付使用。​

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目执行阶段 | 开始时间 | 完成时间 | 具体工作内容 |
| 设计阶段 | 合同签订后第 1 周 | 合同签订后第 8 周 | 与招标人进行设计联络，深入沟通需求；制定系统测试平台的设计方案，包括系统架构、功能模块设计、技术选型等；提交设计方案及相关资料供招标人审查，根据审查意见进行修改完善，形成最终确认的设计方案 |
| 研发阶段 | 合同签订后第 9 周 | 合同签订后第 28 周 | 基于确认的设计方案，开展基于大模型驱动的多源数据生成与融合模块、大规模城轨车辆外观缺陷样本库构建模块、基于多模态数据的城轨车辆外观缺陷检测模块以及城轨车辆智能全景检测算法测试验证平台的开发工作；进行模块内部测试、集成测试，修复测试过程中发现的问题 |
| 部署阶段 | 合同签订后第 29 周 | 合同签订后第 36 周 | 将研发完成的系统部署到实际运行环境中，包括服务器配置、网络设置、软件安装等；进行系统的联调测试，确保系统各部分协同工作正常 |
| 到货验收阶段 | 设备到货前 1 周（以招标人通知为准） | 设备到货后第 2 周 | 在设备到货前，做好验收准备工作，包括检查验收工具、人员安排等；设备到货后，依据合同要求对设备《信息安全等级保护管理办法》（公通字【2007】43号）等相关标准执行的数量、型号、质量等进行详细检查验收，对不合格设备及时与供应商沟通处理 |
| 质量保证期 | 系统验收合格之日起 | 系统验收合格后 24 个月 | 提供系统的售后技术支持和维护服务，及时响应并解决系统运行过程中出现的问题；定期对系统进行巡检，确保系统稳定运行；根据招标人需求，对系统进行必要的优化和升级 |

充分考虑到招标人可能根据工程实际情况对时间进行调整，我们将积极配合，确保计划的调整不会影响系统的价格和质量。​

（三）项目管理计划​

**1 进度控制计划​**

在设计联络时，以图表形式提交本系统研发进度计划，明确项目执行各阶段的开始与完成日期。该进度计划将严格遵照合同进度，并符合合同中项目计划的要求。在项目实施过程中，密切跟踪进度，及时调整计划，确保控制进度中的所有活动都按计划如期进行。​

**2 质量控制计划​**

在设计联络时，提供完整的满足合同要求的质量控制计划和组织机构说明，明确质量控制的目标、方法和责任分工。建立严格的质量控制体系，对项目的设计、研发、部署等各个阶段进行全面的质量监控，确保项目质量符合要求。​

**3 发货计划​**

提前 15 天向招标人提交项目发货计划，详细说明发货的时间、地点、货物清单等信息，确保货物能够按时、准确地送达指定地点。​

**4 培训计划​**

在培训实施前 1 个月提交该项目的培训计划和教材给招标人确认。培训计划将根据招标人的需求和系统的特点进行设计，包括培训内容、培训方式、培训时间和培训地点等，确保招标人的相关人员能够熟练掌握系统的操作和维护方法。

**四、系统保证方案​**

（一）计划​

在合同谈判阶段，向招标人递交详细的系统保证计划，明确说明如何计划、管理及监控在其服务范围内的整体系统安全性、可靠性、可用性及可维修性（RAMS）要求，确保能有效地在设计、制造、验收、验证等阶段中落实相关设计目标。​

系统保证计划的内容包括以下各项：

**1 负责实施系统保证计划的组织架构、人员、职责及沟通方式​**

1. 组织架构：设立系统保证领导小组，由项目经理担任组长，全面负责系统保证计划的统筹与决策。下设技术保障组、质量监督组、安全管理组和沟通协调组。技术保障组负责系统技术层面的可靠性、可用性及可维护性保障；质量监督组把控项目各阶段质量；安全管理组确保系统的网络安全与信息安全；沟通协调组负责与招标人及内部各小组的沟通协调工作。​
2. 人员配备：技术保障组配备资深的算法工程师、软件工程师和硬件工程师；质量监督组由经验丰富的质量管理人员组成；安全管理组安排专业的网络安全专家；沟通协调组配备具备良好沟通能力的项目协调人员。​
3. 职责分工：​​
4. 项目经理：整体规划和监督系统保证计划的执行，协调内外部资源，对系统保证工作的最终效果负责。
5. 技术保障组：优化系统设计，解决技术难题，确保系统技术指标满足要求，负责系统故障的技术排查与修复。
6. 质量监督组：制定质量控制标准和流程，对项目各阶段工作成果进行质量检查和评估，提出质量改进建议。
7. 安全管理组：建立网络安全防护体系，进行安全风险评估和漏洞修复，保障系统信息安全。
8. 沟通协调组：及时传达招标人需求和意见，收集内部反馈，促进信息流通，协调各方工作进度。
9. 沟通方式：建立定期的项目例会制度，每周召开一次，各小组汇报工作进展和问题；设立即时通讯群组，方便日常工作沟通和紧急问题的及时反馈；对于重要决策和技术问题，采用书面报告和专题会议相结合的方式进行沟通。​

**2 投标人及各（子）系统供货商在系统保证任务的监控过程及相关程序​**

1. 监控过程：对投标人自身及各（子）系统供货商的工作进行全程监控。在设计阶段，审查设计方案是否符合系统保证要求；在研发阶段，检查代码质量、模块集成情况；在供货阶段，监督货物质量和交付进度；在安装调试阶段，跟踪现场工作进展和质量。​
2. 相关程序：​建立工作汇报制度，投标人及各（子）系统供货商每周提交工作周报，详细说明工作完成情况、遇到的问题及解决方案。​设立质量检查点，在关键工作节点进行质量检查，如设计方案审查、模块测试、系统联调等，只有通过质量检查才能进入下一阶段工作。​对于发现的问题，及时下达整改通知，要求责任方限期整改，并跟踪整改情况，确保问题得到彻底解决。​

**3 详述系统保证任务、安全分析方法及证明系统安全方法，及能达到可靠性、可用性及可维护性目标的方法​**

1. 系统保证任务：​确保系统在设计、制造、验收、验证等阶段均符合国家相关规范标准及用户需求书中技术部分的各项要求。对系统进行全面的 RAMS 管理，提高系统的可靠性、可用性及可维护性。​建立完善的网络安全和信息安全防护体系，保障系统数据安全。​
2. 安全分析方法：​采用故障树分析（FTA）方法，对系统可能出现的故障进行层层分解，找出故障的根本原因，制定相应的预防和解决措施。​运用漏洞扫描技术，定期对系统进行安全漏洞扫描，及时发现并修复潜在的安全隐患。​进行风险评估，对系统面临的各种安全风险进行量化评估，确定风险等级，制定针对性的风险应对策略。​
3. 证明系统安全方法：​提供系统安全测试报告，包括功能测试、性能测试、安全漏洞测试等结果，证明系统在安全方面的有效性。​获得相关的安全认证，如信息安全等级保护二级认证，证明系统符合国家信息安全标准。​
4. 达到可靠性、可用性及可维护性目标的方法：​可靠性：选用高质量的硬件设备和成熟稳定的软件技术，进行充分的测试和验证；建立冗余设计，对关键部件和模块进行备份，提高系统的容错能力。​可用性：优化系统架构，提高系统的可扩展性和兼容性；建立快速响应的故障处理机制，缩短系统故障恢复时间。​可维护性：采用模块化设计，便于系统的升级、维护和故障排查；提供详细的操作手册和维护手册，培训专业的维护人员。​

**4 系统保证任务及递交文件的时间表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目阶段 | 系统保证任务 | 递交文件 | 时间节点 |
| 设计阶段 | 审查设计方案的可靠性、可用性、可维护性及安全性 | 设计方案审查报告 | 设计方案完成后 1 周内 |
| 研发阶段 | 进行代码质量检查、模块测试、集成测试 | 测试报告、质量检查报告 | 各测试阶段完成后 2 天内 |
| 部署阶段 | 检查系统部署的正确性和稳定性 | 部署报告 | 系统部署完成后 3 天内 |
| 验收阶段 | 协助招标人进行系统验收，提供相关证明文件 | 验收申请报告、系统安全测试报告等 | 系统具备验收条件后 5 天内 |
| 质量保证期 | 定期对系统进行巡检和维护，处理系统故障 | 维护报告、故障处理报告 | 每月底提交维护报告，故障处理完成后 2 天内提交故障处理报告 |

**5 内部审核方案​**

1. 审核周期：每季度进行一次内部审核，确保系统保证计划的有效执行。​
2. 审核人员：由独立于项目执行团队的内部审核小组负责，审核小组成员包括质量管理专家、技术骨干等。​
3. 审核内容：​检查项目各阶段工作是否按照系统保证计划的要求执行。​评估系统的可靠性、可用性、可维护性及安全性是否达到预期目标。​审查相关文件和记录的完整性和准确性。​
4. 审核流程：​制定审核计划，明确审核的范围、内容和时间安排。​审核小组按照计划进行现场审核，通过查阅文件、记录，与相关人员沟通等方式收集证据。​对审核发现的问题进行汇总分析，编制审核报告，提出整改建议。​责任部门根据审核报告进行整改，审核小组跟踪整改情况，确保问题得到有效解决。

（二）可靠性、可用性及可维护性（RAMS）要求​

**1 可靠性、可用性和可维护性目标​**

系统设计时，对可靠性、可用性及可维护性提出量化、可行、可操作的目标：​

1. 可靠性指标—平均无故障间隔周期 ：通过优化系统设计、选用高质量的硬件设备和进行严格的测试验证，确保平均无故障间隔周期达到较高水平，提高系统的稳定性。​
2. 可用性指标—运行可用性：通过建立快速响应的故障处理机制和完善的维护保养计划，确保运行可用性达到较高比例，保证系统的正常运行时间。​
3. 可维护性指标—平均停机时间：通过优化系统架构、提高设备的可接近性和可测试性，缩短平均停机时间，提高系统的可维护性。​

**2 可靠性、可用性和可维护性分析​**

在系统设计中对系统的可靠性、可用性和可维护性提出详细的说明文件，文件包括（但不限于）以下主要内容：​

1）系统可靠性分析：

1. 技术成熟性与先进性：系统核心算法采用经过大量实践验证的深度学习算法，基于Transformer架构的目标检测算法，在图像识别和缺陷检测领域表现卓越。同时，引入前沿的大模型技术进行多源数据处理和分析，确保技术处于行业领先水平。硬件方面，选用知名品牌的高性能服务器和存储设备，其稳定性和可靠性经过市场长期检验，保障系统运行的基础环境。​
2. 配置合理性：依据系统的功能需求和性能指标，精心设计硬件配置。例如，针对数据处理和模型运算需求，配备多块 NVIDIA RTX 4090 高性能加速卡，确保在处理大规模图像和点云数据时能够高效运行。同时，合理分配内存和存储资源，采用不小于 16T 的存储容量和大于 256G 的运行内存，满足系统对数据存储和快速读写的要求，避免因资源不足导致的性能下降和故障发生。​
3. 故障模式分析：通过故障树分析等方法，对系统及相关组件的主要故障模式进行深入研究。如服务器硬件可能出现硬盘损坏、内存故障等；软件方面可能存在算法错误、程序崩溃等问题。针对这些潜在故障模式，制定相应的应急预案，如采用热备硬盘技术，当主硬盘出现故障时能自动切换，保证数据的连续性；对软件进行定期的版本更新和漏洞修复，降低软件故障风险。​
4. 人为因素考量：在系统设计过程中充分考虑人为操作可能带来的影响。通过简洁明了的操作界面设计和详细的操作手册编写，减少操作人员因误操作导致系统故障的概率。同时，对操作人员进行全面的培训，包括系统的功能介绍、操作流程、常见问题处理等，提高操作人员的专业素养和技能水平，确保其能正确、规范地使用系统。​
5. 薄弱环节改进：经过前期的分析和测试，识别出系统的薄弱环节，如网络传输环节可能因带宽不足或信号干扰导致数据传输延迟或丢失。针对这一问题，采用高速光纤网络连接，并配备网络信号增强设备，优化网络拓扑结构，确保数据传输的稳定性和高效性。同时，建立数据传输监控机制，实时监测网络状态，及时发现并解决潜在问题。​

2）系统可用性分析：

1. 可操作性分析：系统操作界面设计遵循简洁易用的原则，采用直观的图形化界面，各类功能按钮布局合理，易于操作人员理解和操作。操作流程经过精心优化，减少不必要的操作步骤，提高操作效率。例如，在城轨车辆外观缺陷检测功能中，操作人员只需上传相关数据，点击检测按钮，系统即可自动完成检测并输出结果，整个过程操作简单快捷。​
2. 作业程序与操作步骤：制定详细、规范的系统作业程序和操作步骤手册，对系统的日常使用、维护操作等进行明确说明。手册内容包括系统启动、数据采集与导入、检测任务执行、结果查看与分析、系统关闭等各个环节的具体操作流程，以及可能出现的问题及解决方法。操作人员按照手册指导进行操作，能够快速上手，确保系统的正常运行。​
3. 运行成本分析：在系统设计阶段充分考虑运行成本因素，通过优化硬件配置和软件算法，降低系统的能耗和资源占用。例如，采用节能型服务器和存储设备，合理调整算法参数，在保证系统性能的前提下，减少运算资源的消耗。同时，对系统的维护成本进行预估和控制，通过定期维护和及时修复故障，避免因故障积累导致的大规模维修和更换设备，降低维护成本。​
4. 保养和维护：建立完善的系统保养和维护计划，定期对硬件设备进行检查、清洁、保养，如对服务器进行散热风扇清理、硬盘健康检查等，确保硬件设备的正常运行。对软件系统进行定期的漏洞修复、版本更新和性能优化，保证软件的稳定性和功能的完整性。同时，配备专业的维护人员，随时响应系统出现的故障，及时进行维修处理，保障系统的持续可用。​

3）系统可维护性分析：

1. 可接近性分析：系统硬件设备采用模块化设计，各模块易于拆卸和安装，方便维护人员进行故障排查和部件更换。设备的布局和接口设计充分考虑维护人员的操作空间和便利性，确保在进行维护操作时能够轻松接近各个部件。例如，服务器的硬盘、内存等模块采用易于插拔的设计，维护人员无需复杂工具即可进行更换。​
2. 可测试性：开发专门的系统测试工具和程序，对系统的各个功能模块和组件进行定期测试。测试内容包括功能测试、性能测试、兼容性测试等，通过测试及时发现系统存在的问题，并进行针对性的修复。同时，建立系统运行状态监测机制，实时采集系统的运行数据，如 CPU 使用率、内存占用、网络流量等，通过数据分析判断系统是否运行正常，为维护工作提供数据支持。​
3. 就地维修可能性分析：在系统设计时，充分考虑就地维修的技术可行性、互换性、模块化和公制标准。选用的硬件设备和软件组件均符合行业通用标准，具有良好的互换性和兼容性。例如，采用标准化的接口和协议，方便不同厂家的设备进行连接和协同工作。对于常见的故障部件，配备相应的备用件，确保在现场能够及时进行更换，减少维修时间。同时，对维护人员进行专业培训，使其具备现场维修的技术能力。

**3 可靠性、可用性和可维护性审查与考核​**

在设计阶段，提出一份完整的可靠性、可用性和可维护性分析文件，在进行系统设计联络 / 设计审查时，提交给招标人审查。在系统验收时，与招标人、本项目建设管理单位、安装调试单位联合对系统的可靠性、可用性和可维护性进行评估考核，确保系统满足相关要求。

**五、质量保证与售后服务方案​**

（一）质量保证​

保证供货系统是全新的、完整的、技术成熟的，完全符合本用户需求书和各项技术标准及验收要求的合格产品。在产品选型和制造过程中，严格把关，确保产品质量。​

保证所提供的服务包括设计、培训等按合同既定方式和公认的良好方式进行，建立完善的服务质量管理体系，确保不存在因投标人工作人员的过失、错误或疏忽而产生的服务问题。​

过往提供的类似系统产品质量及售后服务良好，无不良市场反应及投诉，积累了丰富的项目经验和良好的口碑。​

（二）系统质量保证期​

本系统的质保期为24个月，从系统验收之日算起。在质保期内，提供全方位的质量保证服务。​

如果本系统于质保期内在正常运行条件下出现与要求的技术条款质量不符的缺陷或故障，负责免费更换、维修和重新调试。被更换、维修或重新调试的系统及部件，其质保期需重新计算，即：自更换、维修或重新调试完成之日起24个月，确保系统的长期稳定运行。​

（三）质量控制与质量保证体系​

对本系统执行实施全过程的质量控制，质量控制工作涵盖设计、研发、部署、检验和产品售后服务等的全过程。建立严格的质量控制流程和标准，确保每个环节的质量都得到有效控制。​

说明质量保证体系认证情况，如已通过 ISO 9001 等质量管理体系认证，具备完善的质量管理体系。​

提供详细的质量控制（建议）计划（包括系统设计、研发、部署、检验和产品售后服务全过程），明确质量控制的目标、方法和责任分工。​

在合同执行时期，积极配合招标人随时检查质保体系中的任一环节，确保质保体系的有效运行。​

（四）质保期内投标人的保证责任​

产品质保期起始计算时间：产品自系统验收合格之日起开始计算。如果合同中材料、质量于质保期内在正常运行条件下出现与用户需求书要求的技术条款质量不符的缺陷或故障，负责免费更换、维修和重新调试，被更换的部分的质保期将重新计算。​

产品质保期自竣工验收合格之日起计2年内，质保期内产品出现任何故障情况或质量问题，在接到招标人通知后2小时内做出响应，如需到合同系统现场，在接到招标人通知后在24小时内到达，并在到达后2日内进行解决合同系统的故障（重大故障除外）并免费维修、整改、更换相关设备或材料。如果更换产品的，更换产品的质保期应从该更换产品验收合格之日起开始重新计算。如因产品原因造成招标人的损失的，负责赔偿。​

在接到招标人要求履行质保期服务的通知后及时将维修计划告知招标人，并在接到通知后一周内完成维修及完善工作，并使之达到用户需求书的有关要求。​

保证合同项下所提供的服务包括设计、培训等按合同既定方式和公认的良好方式进行，并保证不存在因投标人工作人员的过失、错误或疏忽而产生的服务问题。​

若在正常质保期内出现的缺陷或工程上的损坏，招标人应以书面形式向投标人索赔，说明其缺陷或损坏的程度以及要求弥补缺陷或损坏的方法。根据招标人的要求，尽快修复、更换、重新设计或更新施工方案中有缺陷的部分以使相应部分恢复到合同所规定的状态和规格。​

承担因修补系统或部件而发生的所有费用，包括但不限于修理、更换、重新设计或更新设计方案中的缺陷部分、移动、重新安装的费用及运输费用。若不能在所规定的时限内完成系统或部件的修补，则招标人可在通知后自行修补缺损，其费用及风险均由投标人承担，但这并不影响合同所规定的投标人的责任。​

（五）售后服务​

承担质保期内相关系统的售后服务、维修供应等保障，制定详细的售后服务保障措施，保障措施如下。

**1 快速响应机制​**

1. 设立 7×24 小时售后服务热线，安排专业客服人员值守。确保在接到招标人故障报修或服务请求后，15 分钟内做出初步响应，记录问题详情，并将问题及时转交给相关技术支持团队。​
2. 建立在线服务平台，招标人可通过平台提交服务请求、查询服务进度及获取常见问题解决方案。平台实时推送服务提醒和反馈信息，实现服务流程的透明化和高效化。​
3. 在接到招标人要求履行质保期服务的通知后 24 小时内将维修计划告知招标人，并在接到通知后一周内完成维修及调试工作，并使之达到合同的有关要求。

**2 专业技术支持团队​**

1. 组建由资深算法工程师、软件工程师、硬件工程师组成的专业技术支持团队。团队成员均具备丰富的城轨交通领域项目经验，熟悉系统的架构、功能及技术细节，能够快速准确地定位和解决各类技术问题。​
2. 定期对技术支持团队进行内部培训和技术交流，及时掌握系统的更新迭代内容以及行业内的新技术、新方法，不断提升团队的技术水平和服务能力。​

**3 现场服务保障​**

1. 在接到招标人现场服务请求后，若问题较为紧急，技术支持团队将在 4 小时内出发前往现场（根据实际距离和交通状况调整）。对于非紧急问题，将在 24 小时内安排人员到达现场。​
2. 到达现场后，技术人员首先对系统故障进行全面排查和诊断，制定详细的解决方案。在征得招标人同意后，迅速开展维修工作，确保在最短时间内恢复系统正常运行。对于重大故障，将成立专项应急小组，协调各方资源，全力以赴解决问题。​

**4 远程技术支持​**

1. 对于一些无需现场处理的问题，技术支持团队将通过远程连接工具，如 TeamViewer、ToDesk等，对系统进行远程诊断和调试。在确保系统安全的前提下，快速定位问题并指导招标人的技术人员进行操作和修复。​
2. 定期对系统进行远程巡检，检查系统的运行状态、性能指标以及软件版本等情况。及时发现潜在问题，并提前采取措施进行预防和解决，降低系统故障发生的概率。​

**5 培训服务​**

1. 在系统交付使用后，为招标人的相关操作人员和维护人员提供免费的系统操作和维护培训。培训内容包括系统的功能介绍、操作流程、常见故障处理方法、日常维护要点等，确保培训人员能够熟练掌握系统的使用和维护技能。​
2. 根据招标人的需求，定期组织培训回访和技术交流活动，解答培训人员在实际使用过程中遇到的问题，收集反馈意见，不断优化培训内容和方式。同时，为招标人提供最新的系统升级和功能优化信息，帮助其更好地应用系统。​

**6 备件管理​**

1. 建立完善的备件库，储备充足的常用备件和易损件，如服务器硬盘、内存、网络设备模块、传感器等。确保在系统出现硬件故障时，能够及时更换备件，缩短维修时间。
2. 与备件供应商建立长期稳定的合作关系，确保备件的供应及时性和质量可靠性。定期对备件库进行盘点和更新，保证备件的可用性和有效期。​同时，承诺提供系统生命周期内的维保工作，提供易损易耗件清单及价格。招标人有权选择投标人或其他。

**7 系统升级与优化​**

1. 持续关注行业技术发展和招标人的需求变化，对系统进行定期的升级和优化。及时修复系统中存在的漏洞和问题，提升系统的性能、稳定性和安全性。​
2. 在系统升级前，向招标人提供详细的升级方案和说明，包括升级内容、影响范围、实施步骤以及注意事项等。在征得招标人同意后，按照计划进行升级操作，并在升级过程中提供全程技术支持，确保升级工作的顺利进行。​

**8 服务质量跟踪与反馈​**

1. 建立售后服务质量跟踪机制，对每一次服务请求的处理过程和结果进行记录和评估。定期回访招标人，了解其对服务质量的满意度，收集意见和建议，不断改进服务流程和质量。​
2. 根据服务质量跟踪和反馈结果，对表现优秀的技术支持人员进行表彰和奖励，对存在问题的人员进行培训和指导，确保整个售后服务团队的服务水平不断提升。