

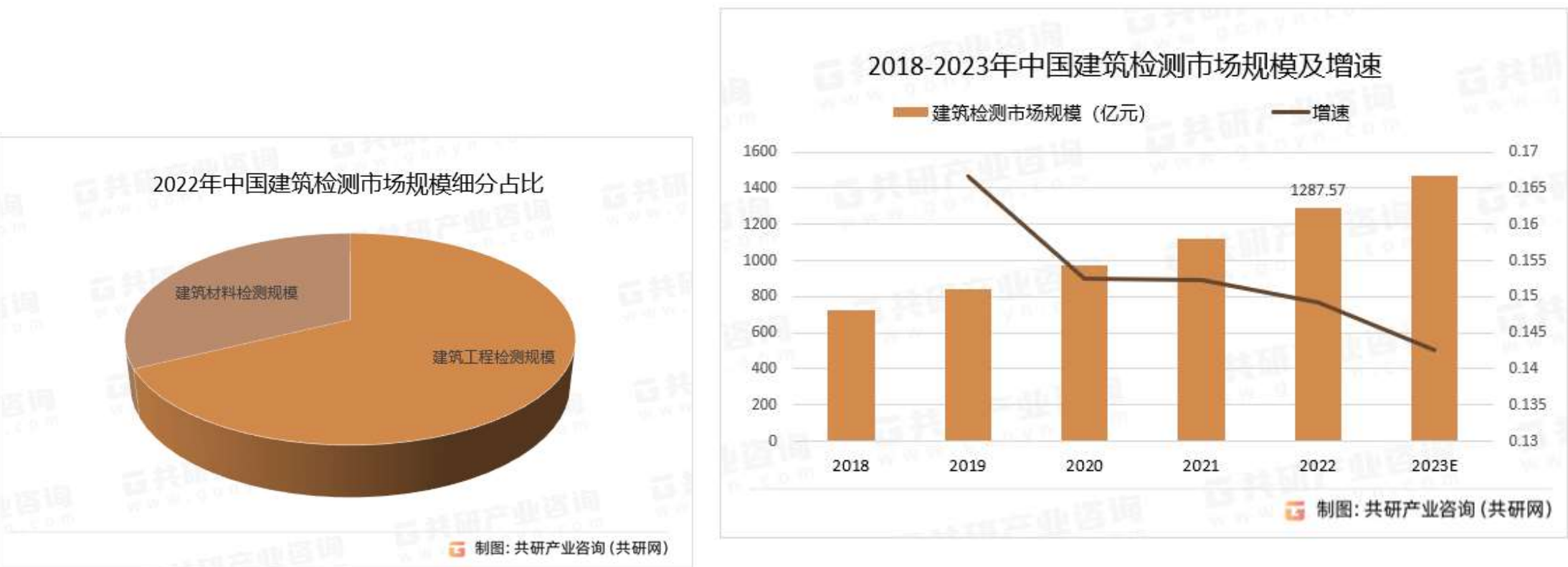
基于红外技术和机器人的桥梁健康状况自动化检测

张刚肇 张嘉麟 廖博睿



背景

随着我国城市化的快速推进，在土木建筑飞速发展的同时，大量既有建筑也需要检测其安全性能是否仍然合格，而桥梁便是其中关键一环。因此我们小组拟对桥梁运用机器人检测其是否存在安全隐患。我们综合了国际国内的部分论文，并进行讨论：X射线对人体有损且不易反射接受，CT断层扫描对于桥梁结构的损坏使其不具备可行性，所以我们认为使用红外作为检测手段能够最佳地达到我们的预期目标。一些论文已就红外检测钢筋混凝土的可行性以及实施方法进行了讨论，而我们将着重于如何将红外技术与计算机视觉、机器人相结合，从而实现对墙体的高效率检测。



研究问题

- 1.选用何种技术对研究对象进行检测，比较各技术的优劣，综合选取最优；
- 2.考虑机器人负载，功能需求，路面环境情况等因素，选择红外探测传感器；
- 3.设计出符合需求的机器人，考虑行进的方式，各组成模块在机器人上的集成，搭载红外探测仪的方式；
- 4.构建代码实现图像识别分析，使得计算机得以自动分析机器人探测到的红外图像数据并标注出潜在的异常区域；
- 5.考虑不同桥面情况下检测路径的规划，考虑使得人工智能自主根据实际情况规划合理高效的行进路线。

可行性评估

- 一、机器人
现有检测机器人的研究，也有适配桥面环境的选择；通过设计与建模，我们可以实现对红外传感器、机械臂在机器人上的集成。
- 二、全覆盖路径规划算法
人工智能的出现使得该部分得以实现；常见的路径规划算法有A*算法、人工势场法、深度优先搜索法等；在后续测试中我们需测试哪种方法更适配本项目中对路径全覆盖的要求。
- 三、图像智能识别算法
Python的计算机视觉opencv库为该算法提供了可行性；通过对opencv库的应用，可以实现对黑白/彩色图像的处理，进而分割前景和背景。

成果展示

成果从两部分展开，即硬件上的机器人设计和软件上的自动化

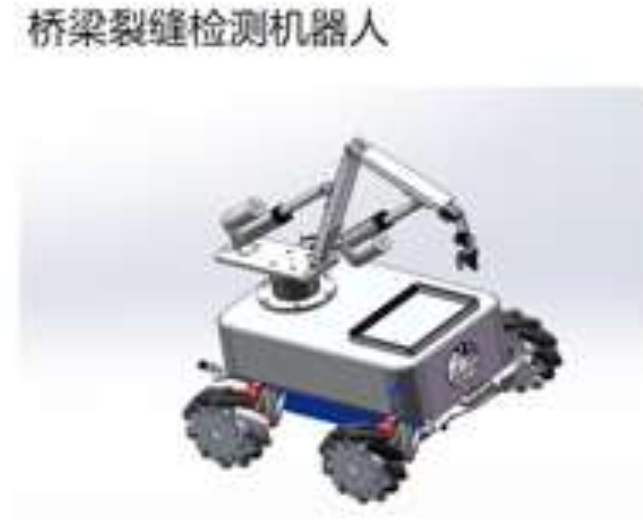
一、机器人设计

机器人方面，本项目机器人主要考虑两个应用模块，分别为驱动装置和搭载装置，结果如所示：
问题分析：针对驱动装置，我们研究对象为桥体，故选择了车辆式的机器人，并在履带式和轮式之中，考虑到较为良好的路况，以及装配的简易度，维修难度，成本等问题，我们最终选择了轮式机器人。
而针对搭载装置，我们设想用机械臂搭载探测仪或是简单地将探测仪固定在机器人上，但考虑到实际中可能会遇到一些障碍物或是检测死角，用多自由度的机械臂显然能更符合实际运用。
综上我们敲定了用轮式机器人配合多自由度机械臂搭载探测仪的机器人设计路线

早期的尝试性设计探索多种可能性



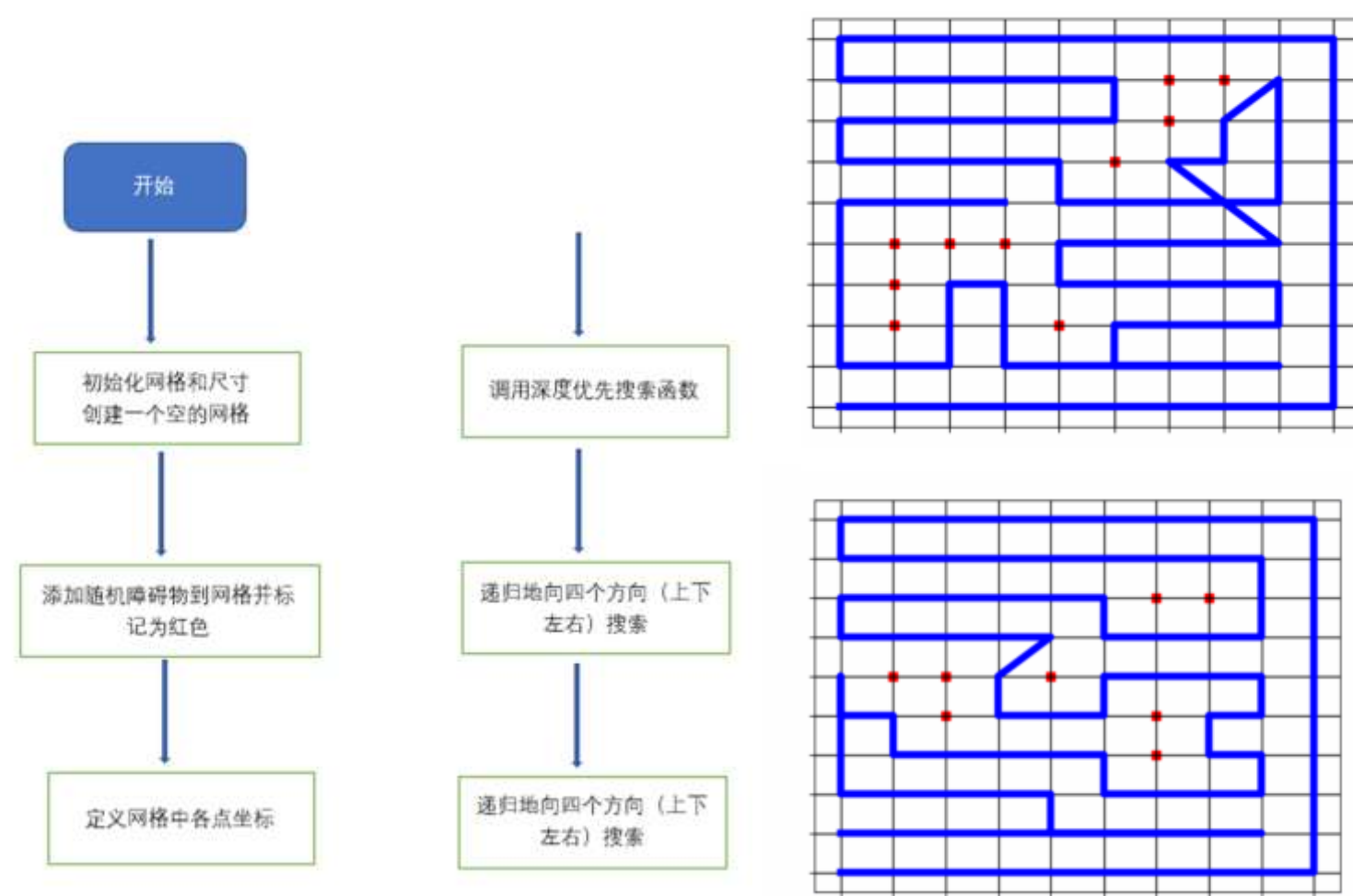
在敲定设计路线后的最终结果能基本满足要求



二、软件自动化：路径智能规划和图像智能识别

路径智能规划部分，结果如下：

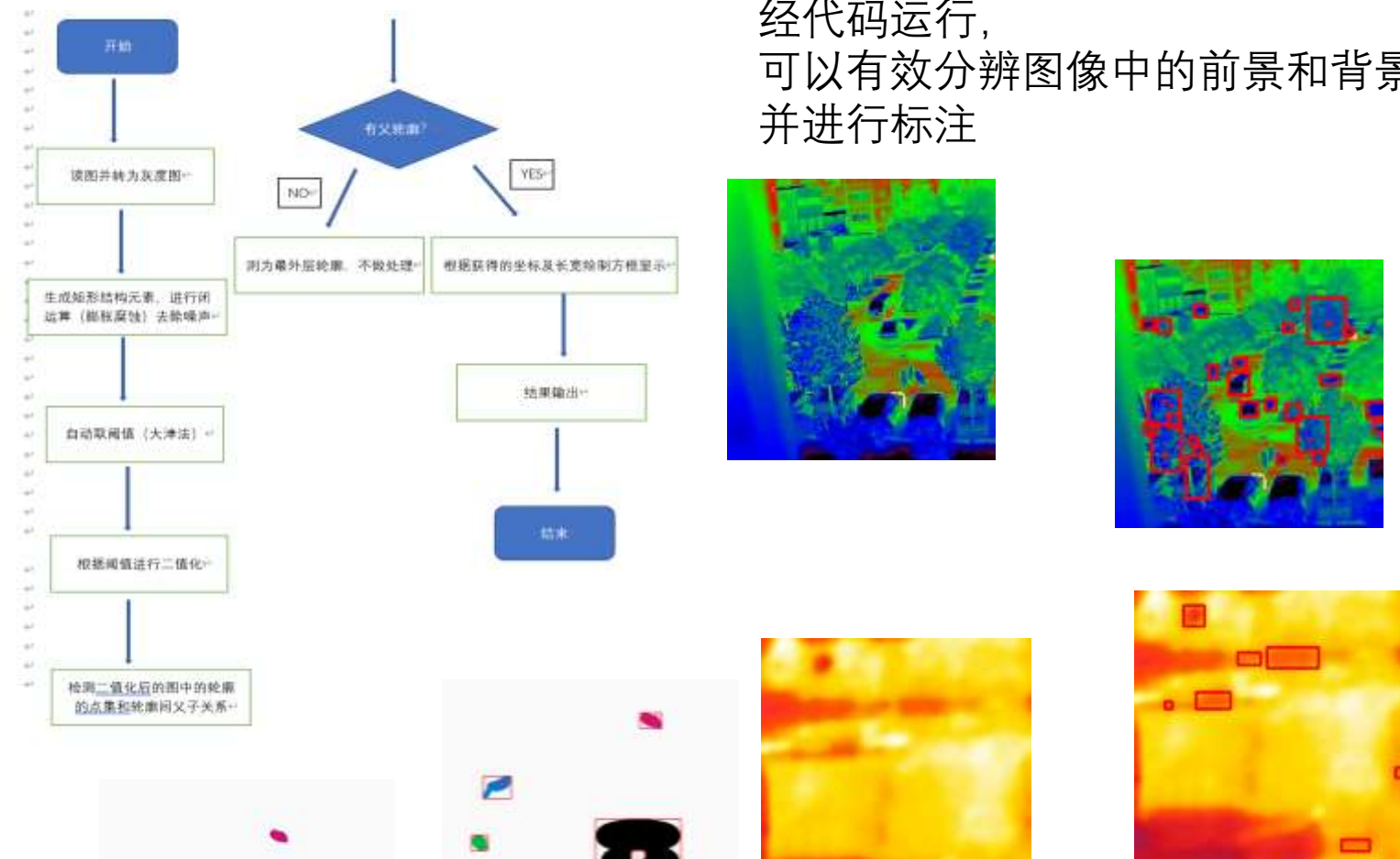
- 编程语言: Python 核心方法: 深度优先搜索 (DFS) 算法
- 1.问题分析：我们希望做到机器人对桥面的全覆盖智能检测，问题核心在于规避障碍物以及找到最短路径。对此，最初尝试较为常用的A*算法进行路径规划，但在实践过程中发现许多问题。A*算法之所以强大，是因为它的启发函数，我们可以通过给予不同的启发函数来适应各种情形。但由于实际测量数据的缺乏，无法给出合适的启发函数，所以只能使用枚举式的默认启发函数，效率极低，在模拟中电脑多次卡机。针对此问题，在搜索相关资料后我们改用深度优先搜索 (DFS) 路径规划算法，相比之下该算法可以更快地得出结果之后我们也对一些细节进行了微调，例如由静态图改为动图，加粗路径线等，增强了实验结果的可读性。
 - 2.实践制作：
 - (1) 使用场景：桥面，可能有障碍物（不能通行）
 - (2) 目标：用最短时间找到桥面全覆盖的最短路径
 - (3) 方法：深度优先搜索 (DFS) 路径规划算法
 - (4) 成果展示：如右下图



图像智能识别部分，结果如下：

- 编程语言: Python 核心方法: OpenCV计算机视觉库
- 问题分析：针对图像的智能识别分析这一问题，问题关键无非就是将图像中看起来“与众不同”的异常部位标注出来，即学术上所谓的“前景与背景的分割”。注意到异常区域普遍与周围环境有明显的颜色和明暗的差异，所以考虑能否通过设定阈值的方法来取得异常区域。而针对彩色图像则需要有RGB三个值，不易处理，进而考虑将图像转化为灰度图来处理，这样仅需一个0-255之间的灰度值作为阈值，并仅保留灰度大于或小于阈值的图像，其余设置为灰度255（白色）即可。另外注意到图片需要去除噪声，解决总是将图片最外层边缘标记为一层轮廓的问题，同时考虑能否经计算机自动选取阈值。

将分析凝练为流程图，思路如下



经代码运行，可以有效分辨图像中的前景和背景，并进行标注

应用与展望

- 高效检测和维护：该技术结合了红外技术和机器人技术，可以实现对桥梁的自动化检测和监测。相比传统的人工巡检方法，这种自动化检测可以提高效率，减少人力成本，并且可以在更短的时间内覆盖更大范围的桥梁。
- 实时监测和预警：利用红外技术可以实时监测桥梁的温度分布和变化情况，通过机器人的自动巡检，可以及时检测到桥梁的健康状况，包括裂缝、腐蚀等问题。一旦发现异常情况，可以及时发出预警，采取相应的维修和保养措施，以防止桥梁事故的发生。
- 智能桥梁管理系统：基于红外技术和机器人的桥梁健康状况自动化检测可以与其他技术和系统集成，构建智能桥梁管理系统。该系统可以实现对多座桥梁的集中监控和管理，提供全面的桥梁健康数据和报告，帮助决策者进行更全面、准确的管理和决策。



7. 参考文献

- [1]杨燕萍;闫鑫;齐明;田旭园;汤一平.红外热成像技术在建筑物检测中的应用研究[J].浙江建筑,2011,28(11):21-、26.DOI:10.15874/j.cnki.cn33-1102/tu.2011.11.018
- [2]马晔.混凝土结构缺陷的红外热成像检测识别技术[J].公路交通科技,2017,34(12):59-65.
- [3]梁栋;张少杰;周印霄;王莲香;张强;刘跃飞.基于图像处理的桥梁橡胶支座剪切病害检测方法[J/OL].北京交通大学学报,1-10[2023-11-26]http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5258.U.20231123.0949.002.html.