

# 关于 AGV 自动交通管制算法实现的研究

周鑫悦

(天津赛象云科技有限公司, 天津 300392)

**摘要:** 本文基于工业生产的基础, 从系统算法实现方面, 介绍了原有交通管制的不足, 新的交通管制算法基于 AGV 形状的抽象, 利用分离轴定理, 预测试出 AGV 在各路线上碰撞情况, 并在规划路线生成后, 生成不同的碰撞区域, 利用预测的 AGV 路径时刻表, 调配不同 AGV 的运行时间, 避免出现堵塞, 并提高任务完成效率。

**关键词:** AGV; 交通管制; 碰撞区域; 路径时刻表

**中图分类号:** TQ330.493

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1009-797X(2025)06-0020-06

**DOI:** 10.13520/j.cnki.rpte.2025.06.005

## 0 引言

### 0.1 相关名词解释

#### (1) AGV 概念

自动导向车 (Automated Guided Vehicle, 简称 AGV), 也称为自动导向搬运车、自动引导搬运车。

#### (2) 交通管制

本文的交通管制是指多辆 AGV 在行进过程中的交通控制手段, (主要是根据路线实现算法层面, 不包括物理传感器防撞) 防止 AGV 在行进过程中发生碰撞, 并尽可能的提高 AGV 任务执行效率。

### 0.2 背景

在工业生产中, 环境往往复杂多变, 存在各种各样的路况和障碍物, 人脑往往无法考虑到各种情况, 无法避免的会发生失误, 另一方面随着技术的发展, AGV 小车的交通管制已经实现了智能化管理, 通过交通管制算法的实现, 不仅可以提升生产智能化水平, 提高系统的自动化水平, 提高生产效率; 而且可以降低人力投入, 减少人为失误, 降低人力成本; 还可以适应各种复杂的情况, 提高系统的适用范围。

## 1 AGV 交通管制技术概述

### 1.1 交通管制功能及重要性

交通管制在 AGV 的应用中至关重要, 没有交通管制 AGV 有可能会发生碰撞和冲突, 导致任务无法进行或其他损失。

#### (1) 交通管制的功能主要包括以下几个方面

控制 AGV 小车启动或停止; 为通过同一条路径或路口的 AGV 排出通过先后顺序; 同一条路径上同向行驶的 AGV 保持安全前后的距离; 不同路径上的 AGV 保持安全的距离; 实现任务的优先级排序。

#### (2) 交通管制的重要性

提高交通路口的通过率; 提高 AGV 的执行任务效率, 减少总体过程中的等待时间, 从而提高生产的效率; 确保每个任务能够顺利完成; 确保 AGV 的安全运行, 防止 AGV 在路线上相撞, 造成损失。

### 1.2 系统中交通管制原有方案

#### (1) 介绍

系统中原有交通管制方案主要思路: 路径交通管制, 通过人工在地图上标注划分不同交通管制区域, 在划分的管制区域内同一时间内只允许一辆 AGV 进入。

#### (2) 不足

由于需要人工标注划分管制区域, 可能会产生失误, 并且当路况复杂或地图规模比较大时, 划分难度会很大, 消耗时间也会很多; 管制区域同一时间内只允许一辆 AGV 进入, 虽然复杂度减小, 但当区域很大时, AGV 通过区域消耗时间会很长, 导致任务执行效率低下; 区域外无交通管制, 纯粹依靠车辆硬件传感器防撞, 在传感器失效时会发生碰撞, 造成严重

**作者简介:** 周鑫悦 (1993-), 男, 本科, JAVA 开发工程师, 主要从事 JAVA 开发工作。

的损失；一旦地图发生变更，需要人工重新划分管制区域；管制区域范围无法划分太精细，导致路径的利用率低下。

## 2 AGV 交通管制算法优化

### 2.1 目标

#### (1) 自动

要尽可能的减少人工操作，替换为自动生成或自动计算。

#### (2) 通用

要适应绝大部分场景，并在更改场景后尽可能的少修改。

#### (3) 效率

效率越高越好，多个 AGV 执行任务时间耗费越少越好。

#### (4) 安全

要充分考虑安全问题，不能让 AGV 发生碰撞。

#### (5) 功能

最好能支持任务优先级排序，可以让某个 AGV 优先执行任务。

### 2.2 着手点

#### (1) 地图上的管制区域是否可以自动生成

必要性：现场环境多种多样，路线也是千变万化，导致管制区域既多又复杂，如果可以自动生成管制区域，那么可以减少一大部分人工，并且杜绝大部分的错误可能性。

可行性：地图大部分情况下是固定的，AGV 行驶的路线也是提前算出来的，我们可以根据地图和路线计算出需要管制的区域。

#### (2) 是否可以自动检测 AGV 是否会碰撞

必要性：为了安全考虑，首先就必须确保 AGV 不会发生碰撞，但除了硬件传感器检测，是不是可以在算法层面进行把控。

可行性：上面也说到过，因为地图大部分情况下是固定的，AGV 行驶的路线也是提前算出来的，而且 AGV 的大小也不会发生变化，是不是可以用算法，算出小车在什么情况下会发生碰撞，从而在交通管制中，避免掉这些情况。

#### (3) 是否可以提前预测 AGV 的交通情况

必要性：如果能提前预测 AGV 交通情况，就可以在 AGV 还未到达路口时就排好顺序，避免在路口发生拥堵。而且如果能预知交通情况，就可以提前安

排好需要执行任务的 AGV 优先级，做到任务优先级排序。

可行性：地图大部分情况下是固定的，AGV 的路线是提前规划好的，小车的速度也是可以控制的，可以通过算法，计算出小车到达各点的大致时间。

### 2.3 问题及难点

#### (1) AGV 碰撞如何检测

AGV 型号多种多样，形状各异，大小也不尽相同，如何确保安全并能做到尽可能的精准，是算法需要解决的一个难题。

#### (2) 多个管制区域“死锁”问题

“死锁”是计算机领域的一个名词，指两个或两个以上的进程在执行过程中，由于竞争资源或者由于彼此通信而造成的一种阻塞的现象，若无外力作用，它们都将无法推进下去。

在交通管制这里指：AGV1 位于一个管制区域 A 中，需要进入管制区域 B，而 AGV2 位于管制区域 B 中，需要进入管制区域 A，两辆小车的任务都无法继续执行，称为“死锁”。如果出现“死锁”问题，会严重阻碍任务的完成，并且有可能妨碍其他 AGV 或任务的执行，必须想办法避免。

#### (3) 预测时间不准问题

虽然 AGV 的速度可控，但是避免不了发生特殊情况，比如有车辆被人或东西阻挡，导致延迟到达，如何避免或修正这种问题带来的影响，是一个无法回避的问题。

#### (4) 地图中存在曲线

由于现场环境的限制，或其他因素影响，地图中的路不会都是直线，有可能出现曲线，如何计算曲线上 AGV 的方向及距离也是需要研究的问题。

### 2.4 最终方案

#### (1) 地图标准化

地图采用标准化的配置，统一规定坐标轴、点位、路径、方向、速度等，可采用系统导入的方式，将 AGV 中的地图，转化为标准的地图，供交通管制系统使用。

#### (2) 碰撞检测

将不同的 AGV 抽象成统一的几何图形，在加载地图后，利用算法，计算出 AGV 在路径上行驶时可能会碰撞的其他路径或点位，从而限制其他 AGV 使用会发生碰撞的路径和点位，避免 AGV 相互碰撞。

#### (3) AGV 时刻表

根据地图上的距离, AGV 的速度, 在 AGV 规划好路径后, 提前计算出 AGV 到达各点位的时间, 并在 AGV 运行过程中更新最新的时刻表, 保持相对准确。

#### (4) 碰撞区域调度

通过地图的碰撞检测, 及 AGV 规划好的路线, 通过算法计算出可能会发生碰撞的区域, 并根据时刻表, 关注各个碰撞区域的情况, 做好 AGV 的管控。针对“死锁”问题, 将连续的碰撞区域合并, 并通过 AGV 管理碰撞区域, 避免出现“死锁”问题。

### 3 相关算法研究

#### 3.1 贝塞尔曲线 (Bézier curve)

由于地图中的路径存在曲线, 故使用贝塞尔曲线为标准, 方便定义曲线, 计算距离、方向等。经过业务场景考虑, 采用三阶贝塞尔曲线。

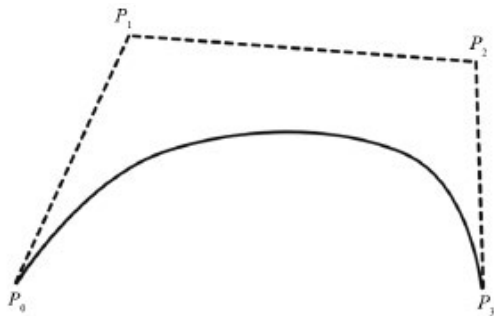


图1 三阶贝塞尔曲线

##### (1) 定义

图1为一个三阶的贝塞尔曲线, 包括四个控制点, 分别为  $P_0, P_1, P_2, P_3$ 。以下为三阶贝塞尔曲线坐标公式。

$$B(t) = (1-t)^3 P_0 + 3(1-t)^2 t P_1 + 3(1-t)t^2 P_2 + t^3 P_3, t \in [0, 1]$$

$t$  的取值为 0 到 1, 0 表示起点  $P_0$ , 1 表示终点  $P_3$ 。

##### (2) 曲线长度计算

通过网上查阅分析, 最终采用以下方案:

取一个极小的  $\Delta t$ , 求两点之间的直线距离, 并根据高斯-勒让德积分五阶节点表计算, 求曲线的长度近似值, 即曲线路径的距离。

##### (3) 曲线上等分点弧度计算

$$3(1-t)(1-t)(p_1-p_0) + 6(1-t)t(p_2-p_1) + 3t^2(p_3-p_2)$$

先利用公式计算贝塞尔曲线在指定参数值处的导数, 再用反正切函数求出弧度。

#### 3.2 凸多边形相交算法

##### (1) 凸多边形

凸多边形是一个内部为凸集的简单多边形。判断方法: 每个顶点所对应的内角是否小于  $180^\circ$ , 如果小于  $180^\circ$ , 则是凸的, 如果大于  $180^\circ$ , 则是凹多边形。

##### (2) 分离轴定理

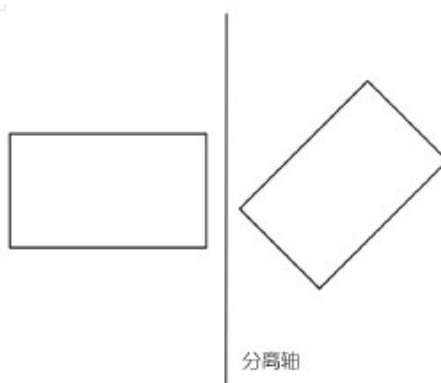


图2 分离轴存在的情况

通过比较分析, 最终采用分离轴定理, 测试凸多边形是否相交, 它的基本思想是, 如果存在一个轴 (即一条直线), 沿着这个轴投影两个多边形, 使得它们的投影不重叠, 则可以确定这两个多边形没有相交 (如图2)。如果对所有可能的轴都进行了检查, 且没有找到分离的轴, 则可以确定这两个多边形相交 (如图3)。

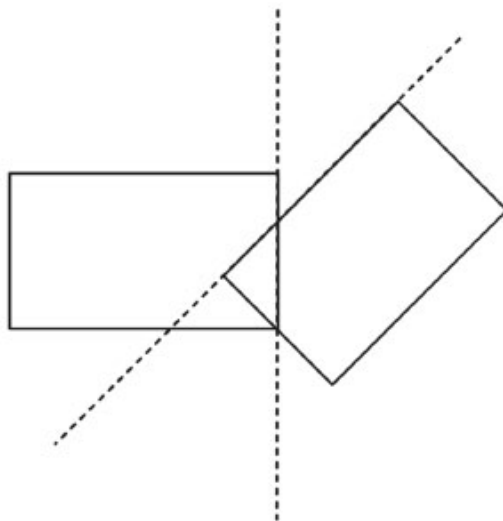


图3 分离轴不存在的情况

### 4 AGV 交通管制系统设计

AGV 交通管制系统结构如图4, 内容主要分为以下几个部分:

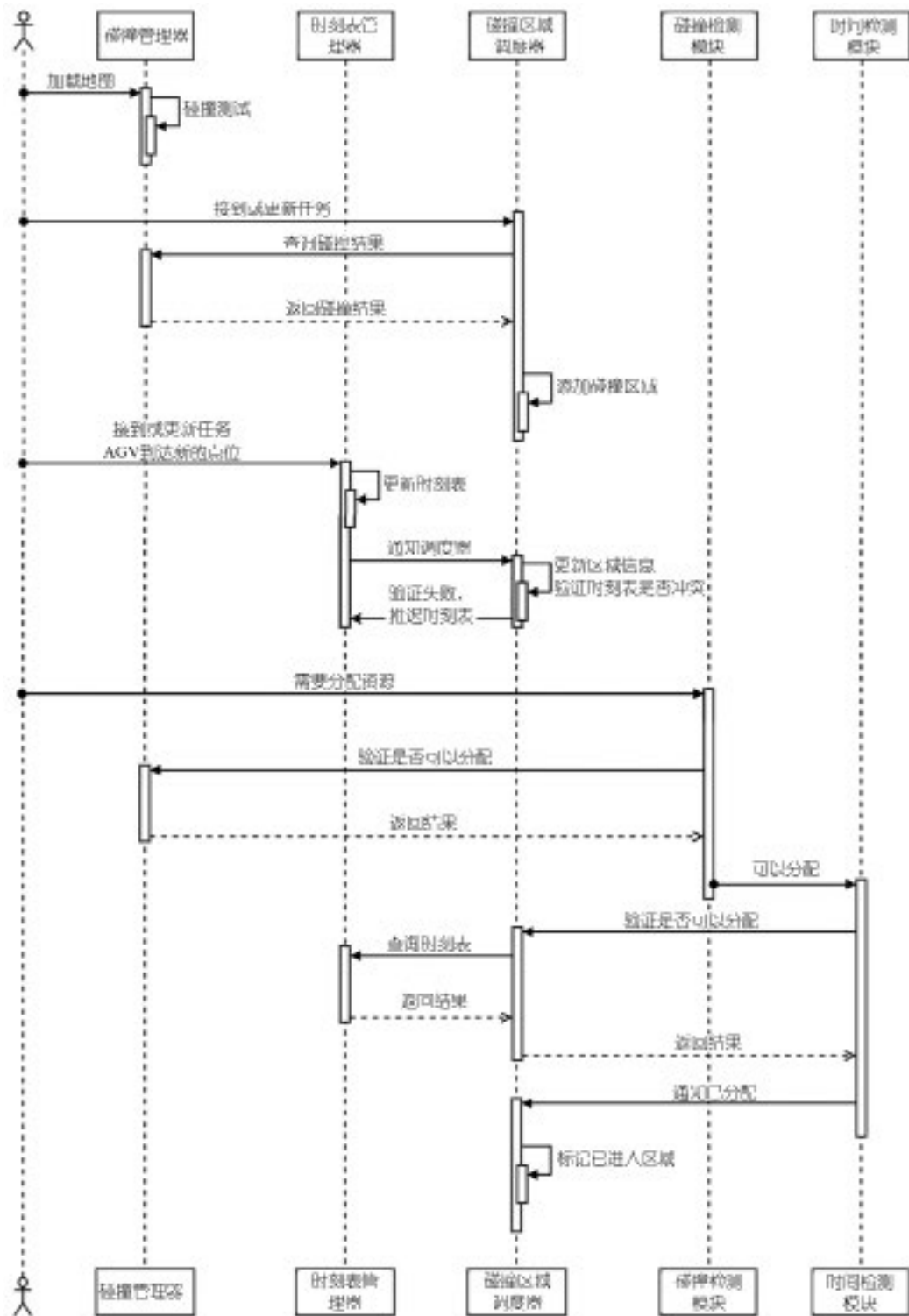


图 4 交通管制时序图

#### 4.1 碰撞逻辑管理

碰撞逻辑管理主要包含碰撞测试逻辑和对外访问碰撞测试结果。

##### (1) 碰撞测试

碰撞测试主要是通过抽象 AGV 的几何形状，绘制出一个图形，现阶段将 AGV 外部轮廓抽象为一个

矩形,然后在地图上的路径取一定量的等分点,绘制出AGV在每个等分点上的矩形,绘制时要考虑到AGV在不同点时方向不同的问题。有了这些矩形,即可通过多边形相交算法及分离轴定理,测试出AGV在哪些点可能发生碰撞,并记录下碰撞的路径和点位,以备交通管制时使用。

#### (2) 对外访问碰撞测试结果

对外访问碰撞测试结果主要是将碰撞测试的结果,通过公有public方法,提供对外访问的方式。

### 4.2 碰撞区域管理

碰撞区域管理主要包含碰撞区域的添加、更新,碰撞区域成员的管理,对于某一AGV是否可以进入的校验,以及对时刻表变动的可行性校验。

#### (1) 碰撞区域添加

主要是在AGV路线规划出来后,根据碰撞测试结果,生成碰撞区域,并添加碰撞区域成员信息,碰撞区域信息包含碰撞区域路径、AGV名称、计划路线、以及对应的碰撞路径等信息。

#### (2) 碰撞区域更新

主要是时刻表变动后,同步更新碰撞区域成员信息,包含计划路线以及对应的碰撞路径。更新碰撞区域路径信息,因为根据AGV小车的行进,有可能碰撞区域缩小或消失,需要随时进行更新,保持最准确的信息。

#### (3) 碰撞区域成员管理

当一辆AGV驶入或驶出碰撞区域后,需要新增或删除碰撞区域成员信息。

#### (4) 校验AGV是否可以进入

需要查询AGV所在碰撞区域,是否已有其他AGV进入,或者当前时段AGV是否可以进入,早于或晚于AGV预约的时间段都不可以直接进入,需要等待再分配或者到达指定时间。

#### (5) 校验时刻表变动

校验时刻表变动首先要更新碰撞区域信息,更新之后再检查时刻表变动的AGV,是否在碰撞区域中与其他AGV时间冲突,如果发生冲突,需要通过时刻表管理的方法,调整时刻变动的AGV或冲突的AGV的计划时间。

### 4.3 路径时刻表管理

路径时刻表管理主要包含更新时刻表,推迟AGV时刻表,查询AGV占用某条路径时间。

#### (1) 更新时刻表

在AGV到达新的点位时,会更新时刻表,重新计算后续路径时间,以保证时刻表的相对准确。

#### (2) 推迟AGV时刻表

当两辆或者多辆AGV占用路径的时间发生冲突时,需要对AGV的时刻表进行调整,推迟一辆或多辆AGV的时刻表。

#### (3) 查询AGV占用路径时间

对外提供查询AGV对某段路径的占用时间段,当AGV到达路径时正好处于占用时间段才可以分配路径资源。

### 4.4 碰撞检测模块

主要是在分配路径资源时负责校验,当前分配的路径是否会和其他已分配的路径或停着的车辆发生碰撞,如果会发生碰撞则不能分配,相反则可以分配。

### 4.5 时间检测模块

主要是在分配路径资源时负责校验,当前分配的路径是否在碰撞区域内,并且是否允许当前AGV在此时间段进入,如果符合则可以分配,相反则不能分配。并且在资源分配后,在碰撞区域成员信息中标记已进入区域。

## 5 结论与展望

经过交通管制算法的优化,大大减轻了人工划分交通管制区域的负担,也减少了人工带来的失误;地图修改后,只需要重新加载地图即可,方便快捷;提升了任务的完成率,并在时间效率上得到了提升;由于碰撞检测的存在,几乎可以消除了车辆发生碰撞的几率,保障了现场的安全生产;通过扩展比较优先级方法,可以实现任务的优先级排序,为生产提供更多的可能性。

但交通管制算法的优化是个不断进步的过程,优化后的系统仍有很多不足,也有很多可以提升的方面,比如现在的碰撞算法是将AGV抽象成一个矩形,和实物还是存在一定的误差;另外碰撞区域现在是通过路径进行管理,未来也许可以进行更细粒度的管理;时刻表也许能更精确。

## Research on the implementation of AGV automatic traffic control algorithm

Zhou Xinyue

(Tianjin Saixiang Cloud Technology Co. LTD., Tianjin 300392, China)

**Abstract:** Starting from the actual industrial production, this article elaborates on the shortcomings of existing traffic control schemes from the perspective of system algorithm implementation. The new traffic control algorithm is based on abstracting the shape of AGV and applying the separation axis theorem to predict the collision situation of AGV on various routes. After generating the planned route, the algorithm will divide different collision areas and combine them with the predicted AGV path timetable to reasonably allocate the running time of different AGVs, effectively avoiding traffic congestion and improving task completion efficiency.

**Key words:** AGV; traffic control; collision zone; path timetable

(R-03)

## 塞拉尼斯 × 理想汽车，推出用于汽车内饰的超低排放 POM 材料

## Celanese and Ideal Automotive launches ultra-low emission POM material for automotive interiors

塞拉尼斯公司 (Celanese) 正与理想汽车合作，于今年 5 月推出一款全新低排放工程材料。此次合作将推出 Hostaform POM XAP3，这是一款旨在显著降低汽车座舱排放的新一代聚合物。

这款创新材料是塞拉尼斯第三代低排放技术平台的一部分，将应用于理想汽车即将推出的车型的内饰部件。Hostaform POM XAP3 的甲醛排放量比目前汽车行业的主流水平低 90%。这使得该材料成为座舱空气质量和乘客舒适度的新标杆。

塞拉尼斯工程材料业务高级副总裁 Todd Elliott 表示：“塞拉尼斯致力于推动材料科学的发展，以改善日常生活。Hostaform POM XAP3 是我们通过最大限度地减少车内排放来提升驾驶体验的典范。我们与理想汽车的合作不仅彰显了我们在材料创新方面的作用，也巩固了我们在中国日益增长的新能源汽车市场中的份额。”

随着公众对车内空气质量的认识不断提高，汽车制造商正在寻求更具可持续性和更注重健康的解决方案。理想汽车强调，提供更健康的座舱环境正成为智能汽车的关键差异化因素。

理想汽车材料技术负责人段吉超表示：“随着消费者越来越关注车内环境健康，提供更清洁的座舱已成为智能汽车设计的核心优势。通过此次与塞拉尼斯的合作，我们旨在突破技术界限，为用户提供更舒适、更优质的体验。”

此次合作体现了汽车行业的一个普遍趋势，即整合尖端材料和创新设计，以满足日益增长的环保性能期望。通过将塞拉尼斯的材料专长与理想汽车对智能汽车设计的专注相结合，两家公司致力于提升乘客的舒适度和安全性。

Hostaform POM XAP3 是塞拉尼斯在工程材料方面的最新进展，该材料在遵守更严格的环境和健康标准的同时提供了更卓越的性能。随着消费者偏好转向更环保、更智能的出行解决方案，这种材料代表着在将技术创新与可持续发展目标相结合方面迈出了一步。

塞拉尼斯和理想汽车计划继续紧密合作，为新能源汽车市场带来更多材料解决方案，进一步巩固双方对创新、环境管理和提升驾驶体验的承诺。

摘编自“塞拉尼斯”

(R-03)