

# 摘要

轨道交通与地面公交接驳(简称“接驳公交”)是解决城市居民出行“最后一公里”的有效方法之一,通过布局与轨道站点相连接的地面公交支线(线路的首末站位于轨道站点附近),将市郊且较为偏远的大型居住区的主体客流运输至轨道交通站点,发挥轨道交通在城市客运交通所应起到的主动脉作用。按照运营方式,接驳公交分为传统的固定线路运营与需求响应型不固定线路运营两种方式,前者适于稳定客流出行需求,而后者提供适于低密度出行的即时服务的接送需求。根据客流需求时空分布、调度中心布局、交通网络运行状态,如何合理地确定接驳公交线路访问站点的顺序以及其运行计划,是影响居民出行的方便性和公交运营成本的核心。因此,一个科学合理的接驳公交系统可以将客流主体尽可能地由小汽车吸引至公共交通,从而实现多模式公共网络的整体效益。

影响接驳公交系统的因素众多,涉及调度中心选址、需求点分布、个性化出行、接驳公交站点布局、线路设计和运营计划等,它们之间相互影响,局部最优未必保证全局最优。接驳公交系统优化是车辆路径问题的拓展和延伸,是一个 NP 难题。解决该问题既有非常重要的

工程背景价值,又有一定的理论研究意义。本文围绕固定线路运营模式与需求响应型不固定线路运营模式,探索一系列贴近公交企业实际生产的调度模型和算法。本文的主要研究工作和成果总结如下:

1) 在固定接驳公交系统设计方面:首先,考虑调度中心的建设费用和容量等因素,假设需求点为上车点,研究调度中心的位置对接驳线路设计的影响;其次,考虑实际道路等级、布局形态等影响,将需求点和可行上车点分开,研究接驳站点的选址对接驳线路设计的影响;最后,在此基础上研究调度中心、接驳公交站点选址、接驳线路设计和运行计划之间的耦合关系。基于集成运筹与优化思路,构建混合整数规划模型,设计求解模型的遗传算法、细菌觅食算法等一系列混合智能算法,给出算法操作机制,并对算法的未成熟收敛缺陷进行改进。根据需求点的空间布局,兼顾乘客和企业的双方利益,从备选调度中心和接驳站点集合中选择最佳位置,确定线路访问接驳站点的顺序,以及最佳发车班次数,从而追求系统整体最优。

2) 在需求响应型接驳公交系统设计方面:首先,在允许乘客多出行时间窗的情形下,研究了乘客满意度和线路运营成本之间的耦合关系,对居民出行时间进行了优化;其次,考虑乘客的个性化出行轨道班次,研究考虑轨道站点同步换乘的接驳公交调度问题;再次,同时考虑站点选址和居民轨道出行时间窗,解决如何将需求点分配给选中接驳站点,以及安排车辆访问接驳站点的顺序;最后,将共享汽车

引入接驳公交,在允许部分需求点的乘客步行至其它需求点上车的情况下,研究如何安排共享汽车访问部分需求点的顺序及其服务时间。建立需求响应型接驳公交涉及相关子问题之间集成混合整数规划模型,并设计改进混合智能算法,并进行不同算法进行比较分析。通过本研究,根据手机 APP 动态收集的共享汽车用户和乘客出行信息,可以精确地安排车辆在正确的时间和地点接送乘客上下车,确定车辆离开和到达调度中心、轨道站点和需求点的时间,将乘客从需求点运输至轨道站点。

本文针对轨道站点周边居民出行时空分布特性,从接驳公交规划、设计和运营管理角度,通过剖析候选站点选址、线路设计和运行计划之间的耦合关系,寻求该问题涉及候选站点、调度中心、需求点和车队规模等交通元素最优资源配置,合理组织运力及时将客流运送至目的地,最大化发挥整个公交系统运行效率,该项研究工作具有一定理论和实践意义。

**关键字:** 公共交通,接驳公交,固定线路,需求响应型,集成调度,启发式算法,运筹优化