1. **立项依据与研究内容**
2. **项目的立项依据**（研究意义、国内外研究现状及发展动态分析，需结合科学研究发展趋势来论述科学意义；或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。附主要参考文献目录）；
   1. **研究意义**

继共享单车，共享汽车之后，共享运营的时代也催化了另外一种交通工具的流行，即共享电单车（Shared Ev）。国内已经出现了包括猎吧、租八戒、小鹿单车、电斑马、ebike、八点到、7号电单车、萌小明等一系列从事电单车租赁的公司，并且还有一些传统电单车制造商也在考虑以电单车切入到共享出行领域[1]。但是由于共享电单车主要依靠可充电电瓶维持运行，所以共享电单车的电瓶剩余能量是限制其正常工作的主要原因，这也是电单车租赁公司所面临的主要挑战。目前各大电单车租赁公司所采用的主要充电方式分为三类，一是在线下设置大量的运维人员频繁更换电池或充电，这将增大公司的整体运维成本。二是通过在共享电单车固定停靠点部署一定数量充电桩。用户在使用完共享电单车之后将其放于充电桩处补充能量。但是对于北上广深等一线城市而言，寸金寸土，要在城区部署足够满足数十台或是上百台电单车充电的充电桩并不现实，这便衍生了第三种充电方式，即利用移动充电车（Mobile Charging Vehicle, 简称MCV）。MCV采用一般通用的载货车底盘装置改进后的充电桩，使之实现移动到需要的地域实现充电作业。MCV能够实现快速充电，同时能够同时为多辆电单车进行充电。虽然MCV的价格较高，但其强流动性的特点也将满足城区内较高的充电需求，这将降低电车租赁公司的运维成本，节约了人力与物力投入。

虽然MCV的投入可以减少运维成本，但是其优势的背后也隐藏着某些天然局限性。其一，MCV的购进价格，保养成本较高。其二，城市拥堵无法避免，MCV上路后也会面临道路拥堵的问题，对服务的响应速度也有可能因此下降[2]。这些局限性是限制电车租赁公司大范围采取使用MCV充电的主要原因。因此优化MCV在城区中的充电路径，同时最小化所需MCV的数量在城市共享电单车的运营中具有极其重要的价值，其实现具有极其重要的现实意义。

* 1. **国内外研究现状分析**

1. **项目的研究内容、研究目标，以及拟解决的关键科学问题**（此部分为重点阐述内容）
   1. **研究目标**

本项目拟针对共享电单车复杂的运行环境和动态变化的特点，对共享电单车的两种能量补充方式，即静态充电桩和移动充电车充电方案设计开展相关研究。在共享电单车动态变化环境下，以最小化所需的静态充电桩为目标，设计能够1-覆盖静态充电桩区域内的共享电单车节点的最少所需静态充电桩的优化函数，减少运营公司前期投入，基于静态充电车覆盖范围共享电单车的分布情况，优化静态充电桩具体部署位置以最大化充电覆盖范围内的共享电单车个数，提高静态充电桩的利用率；在复杂环境下确定移动充电车自适应出发机制，从而提高移动充电车的充电效率，在此基础上设计移动充电车的可调度性条件，引入电单车选择插入算法，实时构建合适的共享电单车充电次序，以提高共享电单车的生命期；最后，以最小化运营成本投入为目标，设计出一种能够适应复杂环境变化的静态充电桩与移动充电车联合优化调度方法，并通过仿真试验和理论分析的手段评价和分析比较所设计的机制与算法的性能。

* 1. **研究内容**

在本项目中，我们首先将分别对复杂环境下静态充电桩优化部署算法和移动充电车充电调度算法进行研究。这两部分的研究从实际共享电单车运行场景出发，基于共享电单车动态变化过程确定静态充电桩的部署区域，并利用充电覆盖范围的几何位置特征优化其具体部署位置，此外，定义最小化所需静态充电桩数量优化问题，利用启发式算法解决这一问题，在减少了静态充电桩投入成本的基础上，扩大了其利用率。在复杂空间内设计移动充电车充电调度算法，从理论上分析了移动充电车的充电可调度性条件，并从理论上研究了电单车可插入充电队列条件，其结论对于在复杂环境下设计移动充电车充电路径具有重要的指导意义。在此基础上，我们针对复杂环境下静态充电桩与移动充电车联合优化调度方法进行研究，力图克服共享电单车运营中的低效率，高投入等问题。具体来说，根据项目团队已有的工作基础和当前共享经济下共享电单车的不断普及，能量却成了限制共享电单车发展的主要因素，本项目拟针对如下几个方面进行深入研究：

1. 研究动态环境下静态充电桩优化部署算法
2. 研究复杂环境下移动充电车充电调度算法
3. 设计复杂环境下静态充电桩与移动充电车联合优化调度方法
   1. **拟解决的关键问题**

为了达到预期的研究目标，如下一些问题是必须要考虑解决的关键问题。对于这些问题，有一部分我们已经有了初步的解决方案，而对那些还没有明确解决思路的问题，我们进行了说明并列出了可能有助于解决这些问题的方向。

节点动态变化对充电桩部署影响

1. 如何定义最小化静态充电桩部署数量问题。
2. 复杂环境下如何优化静态充电桩的部署位置。
3. 电单车动态变化情况下如何设计移动充电车工作机制。
4. 如何在复杂环境下优化设计静态充电桩与移动充电车联合调度方法。
5. **拟采取的研究方案及可行性分析**（包括有关方法、技术路线、实验手段、关键技术等说明）
   1. **拟采取的研究方案**

本项目围绕复杂环境下的共享电单车充电规划及其可调度性研究为主题。首先研究复杂环境下的静态充电桩优化部署算法，以期最小化所需静态充电桩数量，得到可以由静态充电桩负责充电的共享电单车集合，城区中剩余共享电单车将由移动充电车负责充电。在此基础上，我们设计自适应的移动充电车出发机制以减少充电等待时间，提高移动充电车充电效率，同时，我们考虑在周期性充电与按需充电两种充电模式下设计移动充电车可调度性条件,在满足可调度性条件的基础上加入电单车选择插入算法，以提高移动充电车整体服务吞吐量，这些将为后续设计复杂环境下静态充电桩与移动充电车联合优化调度方法提供了重要依据。基于上述框架，针对各项研究内容拟采取的研究方案如下。

1. 研究复杂环境下静态充电桩优化部署算法

* 静态充电桩负责充电区域确定
* 最小化静态充电桩部署数量问题定义
* 基于几何位置优化复杂环境下的静态充电桩部署位置

1. 研究复杂环境下移动充电车充电调度算法

* 基于电单车动态变化的移动充电车出发机制
* 周期性充电方式下移动充电车充电可调度性条件确定
* 电单车选择性插入算法
* 基于Skyline Query的电单车充电次序确定算法
* 按需充电方式下移动充电车充电可调度性条件确定

1. 设计复杂环境下静态充电桩与移动充电车联合优化调度方法

**3.2** **可行性分析**

* 1. 研究目标的可行性
  2. 研究路线和技术方法的可行性
  3. 工作基础能够支撑本项目研究的顺利开展
  4. 实验环境具备能够保证验证工作的顺利开展

1. **本项目的特色与创新之处**

本项目的特色与创新之处如下：

1. 基于共享电单车动态变化确定静态充电桩部署范围：
2. 定义最小化静态充电桩部署数量优化问题：
3. 提出基于几何位置变化的静态充电桩优化部署算法：
4. 提出自适应移动充电车出发机制：
5. 在两种充电模式下讨论移动充电车可调度性条件：
6. 设计复杂环境下静态充电桩与移动充电车联合调度方法：