2.4 问题四的分析

在前三问的基础上，第四问的研究目标是在成本较低的情况下，达到最大的运输量；即找到一种选址方案，使得单位成本投入下的运输量最大。

在第四问的问题中，首先要确定充电站的使用个数。在不同的使用个数下进行充电站的匹配方案不同，需要针对取料点分布状况确定充电站的个数，即匹配的个数。

换电站的选址也是一大考虑因素。 因为从换电站出发的车辆涉及到分配问题，需要在尽量少的换电站选址中找到最高的运输效率，所以要针对换电站的个数和位置，进行取货点与换电站之间的匹配。

当换电站对应多个取货点时，不同的取货点分布状况需要不同的分配方案来达到最优解的目的，应当根据分布情况进行充电站与取料点匹配方案的选择。

该问将沿用第一问和第三问的结论，将一维问题转换成二维，确定最佳的初始电池组分配和成本优化策略，对充电站个数、充电站选址、充电站与取料点的匹配进行规划，每一次规划后的总运输量与总成本之间的商值作为目标函数，求解规划问题。并给出该类问题普适化解决方案。

5.4 模型的建立与求解

1. **针对多取料点单一卸货点的规划模型**



图1

第四问中的路程单元由图1所示，卸货点，充电站，取料点共同构成一个运输单元，先由该运输单元进行目标规划。假设卸货点与取料点之间的距离小于90km（保证每辆货车有能源进行至少一次往返），同时假设在一个运行单元中，充电站有900个电池和125辆车，在车辆运行在Si1路段时不存在等待、拥挤的现象。设每个取料点为Qi，每条道路上发车Fi遵循：

 （1）

由于车辆本身属性不改变但是路程存在变化，为保证每一次车辆运行充电时是车辆用电效率的最大值，设定变量，用以表示每一次车辆充电时的电量上限。如图1，车辆从充电站出发开往取料点，设每一圈使用的电量为

 （4）

总存在非零正整数N，使得则可以写出不同情况下的表达式为：

 （5）

再通过成本计算，计算出在该充电站的情况下进行选址的运行成本，成本计算方法与第三问相同，计算周期为一天。

始终满足方程：

 （6）

另外，第四问具有二维平面的特殊性，设定充电站的坐标为,卸货站的坐标为,每一个运行单元内每一个取料点的坐标分别为。k的值表示一个运行单元中取料站的个数。使用二维坐标利用坐标间距离公式表示出充电站的位置，设定充电上限来计算当前的运输量。充电站的位置选定基础单位为1，x，y分别满足条件：

 （7）

针对该运行单元，对第一问的求解函数进行改动，修改为函数，改动的部分为：

x1，x2代表原第一问的参数，根据模型假设，选址是双向同址故两参数相等。添加Fi作为修改的车辆数，增加膨胀常数代表距离相对第一问初始的10km的膨胀量，不会对函数本身造成影响。wi代表车辆达到最高用电率时的电量大小，与的距离记为Si1，与的距离记为Si2。

根据上述条件，又由于最后规划的结果大小n与充电站的设计数有关，结合第一问和第三问以及上述公式（1）（4）（5）（6）（7）提出规划模型目标函数为：





1. **基于K-means聚类算法和PSO求解规划模型**

k均值聚类算法（k-means clustering algorithm）是一种[迭代](https://baike.baidu.com/item/%E8%BF%AD%E4%BB%A3/8415523" \t "_blank)求解的聚类分析算法，其步骤是，预将数据分为K组，则随机选取K个对象作为初始的聚类中心，然后计算每个对象与各个种子聚类中心之间的距离，把每个对象分配给距离它最近的聚类中心。聚类中心以及分配给它们的对象就代表一个[聚类](https://baike.baidu.com/item/%E8%81%9A%E7%B1%BB/593695" \t "_blank)。每分配一个样本，聚类的聚类中心会根据聚类中现有的对象被重新计算。这个过程将不断重复直到满足某个终止条件。终止条件可以是没有（或最小数目）对象被重新分配给不同的聚类，没有（或最小数目）聚类中心再发生变化，[误差](https://baike.baidu.com/item/%E8%AF%AF%E5%B7%AE/738024" \t "_blank)[平方和](https://baike.baidu.com/item/%E5%B9%B3%E6%96%B9%E5%92%8C/783894)局部最小[1]。

在第四问题目中，先使用K-means算法初始化聚类，将不同类的取料站各分配一个充电站，使用修改过的方程进行计算，分子通过PSO算法进行优化迭代计算出结果，在第一问中有详细描述，分母计算方式详见问题三的算例分析，计算后得到的结果与实际的充电站位置进行比较，若充电站位置即得到最优解的位置，进入K+1聚类的下一阶段；若不相同，将充电站位置代换为所得到的最优解结果进行迭代，直至最优解位置与当前位置相同。当K+n轮时，最优解的值开始下跌，即K+n轮最优解小于K+n-1轮最优解，表明找到了局部最值点，在当前模型下，考虑到充电站建站因素，第一次出现的局部最值可以等效为全局最值，输出全局最值，对应的充电站个数，充电站坐标以及得到的最优解，求解过程结束。（下面简称K-means算法与PSO算法的结合为K-P算法）

运用K-P算法能够解决所有电站的分配问题，并将每个集群内的聚类中心初始化为每一个取料站集群的充电站位置，可以将取料站的位置进行以欧式平均距离为基础的细致化分类，降低了分类的随机性，提高了分类后汽车行驶的效率；另外，聚类算法能够初步确定充电站的大致位置，能够在将初始值代入进行PSO优化时减少迭代次数，降低时间复杂度。

通过算法进行规划的流程图如下：



图2

[1] [Polykovskiy, D. and Novikov, A., Bayesian Methods for Machine Learning](https://baike.baidu.com/reference/15779627/d639FOQtZZyx0jAxYKDnjKPYhnHd2PvTcfw5aos1AZo8R48pz24dnx4t0ZpuXjF-419u31n78cYHU0TTiPWQbK2UTtBL5_xK0K3GYiuhUXtFYXr_pyjPFbvcKVqvjUsh) Coursera and National Research University Higher School of Economics．2018