高速路上的电动汽车充电安排

姓名：赵旭 学号：14211010 班号：142111

【摘要】

随着时代的发展，技术的进步，电动汽车凭借其便捷、环保、易操作、易维修的特点逐渐走进人们的视野而且正在成为主流。电动汽车相比于普通耗油汽车弱点在于发动机输出功率小，稳定行驶最大速度相对较低，因此迟迟没有被批准进入高速公路。然而随着电力发动机的更新换代，电动汽车进入高速公路已经逐渐成为可能。同时电动汽车的续航能力仍旧是一个很大问题，在高速公路上的大功率输出情况下，电动汽车的电能必须及时得到补充，那么高速公路上一个行之有效的充电方案用来满足电动汽车的电力需求就有着非常重要的意义了。

本文将高速公路系统抽象为一段段简单的线段，从而将研究的重点从公路网络转移到一条简单的线路上，本文对一条线路的讨论是以1km的原子单元为单位的，所有关于里程的变量均为1km的整数倍。首先根据统计采样的方式获取到一段线路上车流量的数据用于后续概率分布模型的计算。然后通过对一般电动汽车的功率计算，求得电动汽车放电深度与行驶距离间的关系。最终通过放电深度来构建出汽车的充电需求度概念，并针对线路上的每一个点求出汽车经过该点时需求度的期望值，将该期望值作为判断是否要在该点建立充电站的依据，当期望值大于临界需求度时就选择在该点建立充电站。

关键词：车流量、汽车功率、放电深度、充电需求度、临界需求度

1. 问题重述与分析

1.1问题的提出与重述

电动汽车进入高速公路逐渐成为可能，同时带来的问题是如何在高速公路上合理地实现充电安排。首先考虑高速公路的结构，高速公路网络是由许多独立的高速公路路线组合而成的，比如京藏高速、京沪高速等。这些高速公路会相交，通过一些节点和匝道连接起来，然而这些用于连接的道路都相对较短，在这里我们将问题简化，将高速公路简化为一条两点间的线段，同时考虑电动汽车进入高速公路最初时的平均电量剩余，从而忽略用于连接的道路对整个模型的影响。在整条公路线上，电动汽车可以在不同的点进入高速公路上，同时我们必须注意到不同的路段和时间上车流量的变化（问题一）。接下来我们考虑电动汽车的续航里程，在这里我们需要考虑到电动汽车蓄电池存储总能量、高速公路限速、风速阻力、路况等因素，我们需要给出电动汽车进入高速公路时能量的平均初始剩余状态，以及电动汽车需要充电时的临界电量剩余值。并结合以上的因素进行合理的分析（问题二）。通过前两个问题的分析结果，我们以此作为依据，构建出充电站在这条路线上的最终分布（问题三）。

1.2问题的分析

针对问题一：由于我们研究的是定点的充电站分布，不会随时间的变化而改变，所以我们不考虑时间的影响，仅构建出车流量随距离的变化情况。

针对问题二：电动汽车的续航里程受多种因素影响，且影响有大有小。比如行驶所在的路况，路况差对于续航里程有负面影响；道路的坡度，坡度越大，耗电量也越大，续航里程也越小；风力的风向和大小，迎风状态下会影响到续航里程。在这里我们忽略道路的坡度和加速阻力消耗的功率，在滚动阻力系数、空气阻力系数、汽车迎风面积、汽车速度以及质量给定的情况下，通过功率计算公式计算出汽车消耗的功率。然后在蓄电池存储总能量以及其放电特性给定的情况下，我们求出汽车放电深度与行驶距离间的关系。

针对问题三：通过前两个问题分析的结果，我们需要在这里将整个建模的结果拟合。目标结果是给出在这条线路上每一个点汽车对于充电站的需求度期望值，如果某一个点上的需求度大于临界需求度值时，那么这个点对于充电站的需求就是迫切的。关于需求度的求解方法以及临界需求度的求解，在模型的建立与求解过程中将会详细地介绍。

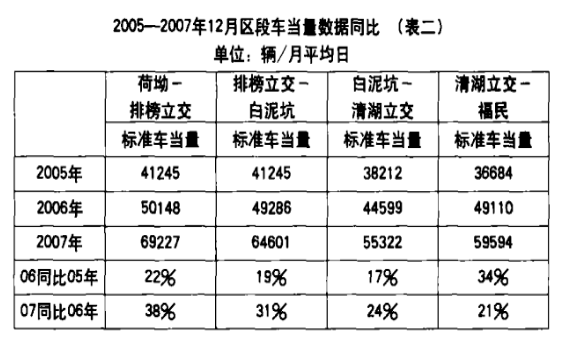
1. 模型假设
2. 假设高速公路的路况良好，而且平坦（没有坡度），对电动汽车发动机功率没有影响。
3. 忽略温度因素、天气因素等对电动汽车发动机工作的影响。
4. 忽略不同电动汽车之间的差异以及一些特殊的汽车类型。
5. 假设高速公路间的连接匝道都非常短（然而实际中有的会很长，不过我们可以将其当作单独的道路来 处理），从而可以将该模型用于整个高速公路系统。
6. 我们忽略刚刚进入高速公路的不同汽车蓄电池的电量剩余，仅仅取一种一般平均的情况。
7. 假设汽车在高速公路上只进行匀速的行驶，不考虑加速减速刹车等情况。
8. 将整个线路用1km长的原子单元进行划分，从而便于研究和分析。
9. 符号说明

|  |  |
| --- | --- |
|  | 汽车重力 |
|  | 行驶所需功率 |
|  | 滚动阻力消耗的功率 |
|  | 空气阻力消耗的功率 |
|  | 滚动阻力系数 |
|  | 空气阻力系数 |
|  | 迎风面积 |
|  | 速度 |
|  | 物体所受重力 |
|  | 距离线路起点的距离 |
|  | 需求度 |
|  | 电池放电效率 |
|  | 汽车蓄电池的总容量 |
|  | 汽车的放电深度 |
|  | 汽车刚刚进入高速公路时的平均放电深度 |
|  | 车流量随的变化函数 |

1. 模型的建立与求解

4.1问题一的模型建立与求解

该模型建立过程就是将一条线路分成几个不同的区段，然后对每个区段的车流量进行估计。这个模型构建即是一个简单的采样统计过程。由于条件的限制，我们这里使用网络上的一组数据[[[1]](#endnote-0)]，该数据是机荷高速东段四个小区段的车流量统计结果，数据如下图所示：



那么线路上各点的车流量分布如下式：

 （1）

在式（1）中s的单位是km，而且s是整数，这样我们以1km为原子单元对整条线路进行研究。

4.2问题二的模型建立与求解

首先我们分别求解汽车受滚动摩擦阻力和空气阻力所消耗的功率：

 （2）

式（2）中 单位为Kw，单位为Km/h

 （3）

式（3）中，单位为Kw，的单位为，单位为Km/h

发动机的总输出功率即为这两者之和，如式（4）

 （4）

汽车从进入高速公路到放电深度达到时经过的时间[[[2]](#endnote-1)]：

 （5）

然后根据s = v × t 公式可以求出汽车在该时间段内驶过的距离:

 （6）

我们可以得到汽车驶过的距离与放电深度之间的关系 ，如式（7）：

 （7）

的单位是km，且为整数。

4.3问题三的模型建立与求解

在这里我们首先需要给出需求度的定义，从汽车的角度出发，其对于充电站的需求应该与其电池中电量的消耗是线性相关的，也就是与电池的放电深度线性相关的，在这里我们假设

 （8）

在式（7）中，为大于0的系数，定义了需求度同放电深度间的正比关系。

然后对于线路上的一个点A（这里的点指的是一个1km的原子单元），我们需要求出当汽车经过该点时需求度的期望值。对于某一辆经过A点的汽车来说，它从线路上的哪一个位置进入高速公路是一个随机事件，我们假设这个进入位置是点B，那么该车在该高速公路上行驶过的距离为，根据式（7）我们可以求得该车在行驶过这段距离后的放电深度，列出方程：

 （9）

方程（9）中的是B点到线路起点的距离，是未知放电深度，求解该方程得：

 （10）

点B在整条线路上的分布与线路上各点的车流量存在着依赖关系，这其实很容易想到，一辆车来自于一个车流量大的地方的概率肯定是要高于一个来自车流量小的地方的概率。

根据问题一建模结果的式（1）我们可以求出B点落在整个线路上任意一点的概率[[[3]](#endnote-2)]：

 （11）

式（11）中是整个线路的长度。（因为采取1km作为研究的单元，所以这里使用而不是）

从而根据数学期望的定义有：

 （12）

将式（11）代入式（12）即可求得的数学期望。

根据数学期望的计算公式以及式（10）可以求得的数学期望：

 （13）

同理根据式（8）可以求出A点的需求度期望值

 （14）

到这一步我们就求得了汽车经过这条线路上每一点时的需求度的数学期望。

这样我们就可以进行最后一步的充电站安排了：

对于这条线路上的任意一点Q，如果（的计算方法与相同）,那么就在该点建立充电站。

1. 模型的评价

5.1模型的优点

1. 本文在合理的假设下，对问题进行了简化，简洁明了地对问题进行概括和抽象。
2. 本模型在给定数据的情况下可以很快完成对一条高速公路上充电站分布的安排。
3. 本模型引入需求度的概念，通过这个抽象化的数学概念对线路上的每一个点进行研究，从而得出最佳的建站地点，结果具有很高的参考价值。

5.2模型的缺点

1. 本模型的前提是建立在高速公路上未曾建立过充电站的基础上，如果考虑到已有充电站对需求度的影响，模型还需要进一步的细化和丰富。
2. 本模型中对于汽车汽车功率求解过程中忽略了一些影响功率的因素，诸如道路坡度、温度等因素，这会带来一定的误差。
3. 本模型对于充电站部署上的一些细节，诸如如何提高充电便捷性、根据需求度的不同建立不同模式的充电站等方面还欠考虑。

参考文献

1. [] 张立人 高速公路区段车流量数据的应用 深圳机荷高速公路有限公司 2014 [↑](#endnote-ref-0)
2. [] 纯电动汽车续航里程估计 百度文库 [↑](#endnote-ref-1)
3. [] 隋亚莉、曲子芳 《概率统计（第四版）》 清华大学 2014.7 [↑](#endnote-ref-2)