说明书摘要

本发明公开了一种考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法。在环境压力日益增大的背景下，电动汽车获得了快速地推广应用。得益于蓄电池技术的飞速进步，电动汽车的续航能力虽已有显著提升但仍与常规汽车存在明显差距。电动汽车在进行远距离行驶时必须经电动汽车充电站充电，如何选取最佳充电站及最优路线是迫切需要解决的问题。本发明根据电动汽车当前可行驶里程及周围充电站位置分布，将电动汽车进行分类并给出相对应的路径寻优搜索算法。本发明可根据电动汽车用户行驶偏好给出最优的电动汽车行驶路线，可应用于电动汽车车载导航等领域，有利于电动汽车的推广。

权利要求书

# 一种考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法，其特征在于包括以下步骤：

1. 提出一种“电动汽车辅助路线”明确最佳路径搜索思路。
2. 建立以起点终点位置为自变量的路线、里程、用时函数。
3. 根据电动汽车当前状态将电动汽车分成四类。
4. 考虑路径中潜在的充电站属性，包括慢充电站及快充电站，并通过充电效率差异的方法对其加以区分。
5. 根据电动汽车分类分别给出四类电动汽车的最优路径搜索方法。

## 2. 根据权利要求1所述的考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法，其特征在于：所述的步骤1)构建的肃静搜索思路，具体为：电动汽车辅助路线是指一种可行的电动汽车行驶路线方案，在该路线上电动汽车可以保证在电量耗完前及时进行充电从而顺利抵达终点。因此，本发明的主要思路是先搜索潜在的可进行充电的电动汽车充电站，然后在包含这些充电站的所有可行路径中通过比较总的行驶公里数或者行驶时间(包括行驶时间和充电时间)来确定最佳的行驶路线。

# 3．根据权利要求1所述的考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法，其特征在于：所述的步骤2)中的建立以起点终点位置为自变量的路线、里程、用时函数方法为：

本发明在寻找两点之间的自路线时采用了传统的Dijkstra搜索算法。在此，首先简要地介绍相应物理量的表示方法，本发明定义了一组路径搜索函数来建立各种物理量之间的联系：

表示两个地点之间可能的通行路径，分别表示路径的起点和终点；同样地，定义表示从起点至终点所需要的时间；表示从起点至终点的行驶距离。

另外，用“+”来表示子路线的相连，如：



上式表示从点至点的路径可以表示为从点至点路径与从点至点路径的组合，其中点为起点与终点之间的一个停靠点。

电动汽车当前状态可持续的航程是选择线路的重要依据，电动汽车剩余电量可行驶的里程可表示为：



其中，表示电动汽车蓄电池剩余电量，表示电动汽车单位电量所能行驶的距离，是电动汽车固有参数。

同理，电动汽车在充满电的情况下可行驶里程可表示为：



其中，表示电动汽车充满电时的电量。

# 根据权利要求1所述的考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法，其特征在于：所述的步骤3)中根据电动汽车当前状态将电动汽车分成四类的分类方法为：

本发明将电动汽车分为四种情况分别加以讨论：第一种，电动汽车不需要中途充电可直接到达终点；第二种，电动汽车中途停车充电一次；第三种，电动汽车中途停车充电两次或两次以上；第四种，电动汽车不存在成功通行路径，在到达终点或到达最近充电站前电量已经耗完。

# 根据权利要求1所述的考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法，其特征在于：所述的步骤4)中考虑路径中潜在的充电站属性，包括慢充电站及快充电站，并通过充电效率差异的方法对其加以区分的方法是：

除电动汽车当前可持续的航程外，电动汽车充电站属性也是选择路径的重要因素。电动汽车充电方式可以分为慢充和快充两种。慢充通常需要消耗几个小时，不适合作为行驶过程中的临时充电。快充速度快，可以在十几分钟至几十分钟内将电动汽车电量补充至较高水平。快充电站通常需要置备专门的电力设施，这也是制约快充电站发展的主要原因，本发明采用为慢充和快充电站设置不同充电效率的方法对两者加以区别。

# 根据权利要求1所述的考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法，其特征在于：所述步骤5)中根据电动汽车分类分别给出四类电动汽车的最优路径搜索方法具体为：

第一种，电动汽车不需要中途充电直接到达终点，则电动汽车剩余电量至少为：



其中，分别表示起点和终点。

第二种，电动汽车中途停车充电一次。首先以电动汽车当前位置为圆心，当前剩余电量可行驶距离为半径作一个圆，再以终点位置为圆心，以电动汽车满充电量可行驶距离为半径再作一个圆，在这两个圆重叠的区域寻找电动汽车充电站，如图1所示。当重叠范围内只有一个充电站时，电动汽车行驶过程中必须经过该充电站，否则无法顺利抵达目的地；当重叠范围内有多个充电站时，可根据用户倾向提供相应的路线参考。若用户倾向于更少的行驶距离，则提供经过充电站1的路线；若用户倾向于更短的旅行时间，则提供经过充电站2的路线。

因此非常有必要计算较长路径所需要的额外的行驶时间以及不同充电方式用时上的差异：

从点行驶至充电站且在充电站充满电，若点为出发点，则相应的充电用时可用下式计算：



其中，表示第个充电站的充电效率。

若点为另外一个充电站，则相应的充电用时可用下式计算：



汽车完整行程的总用时可以表示为：



比较不同路线总的旅行时间可以确定究竟是选择慢充电站或者快充电站。一旦充电电站确定，行驶路线、行驶距离以及电动汽车到达终点时剩余电量便可以依次得到：







第三种，动汽车中途停车充电两次或两次以上。首先需要搜索潜在的可进行充电的充电站。定义为行程起点与终点之间的直线距离，比较与两者的大小，选取两者间的较大值作为半径且分别以起点和终点为圆心作两个圆，并采用两个圆的公切线将圆相连，如图2所示。位置处于两圆及其公切线包围范围内的充电站为选定的潜在充电站。当时选取作为圆的半径是为了避免搜索到的潜在充电站数目过少；当时选取作为圆的半径是为了将当前电动汽车所能到达范围内的全部充电站纳入潜在充电站。搜索出的潜在充电站越多遗漏最佳行驶路线的可能性越小。

若从点至点的行驶成本表示为，若为出发点，则行驶时间成本可以表示为行驶时间和充电时间的叠加：



如果为终点，则有：



如果均为充电站，则有：



在图3中，若用户希望行驶距离最短(或表述为距离短的优先级比时间短的优先级高)，则应该选择途经充电站的行驶路线，若用户希望旅程时间最短(或表述为时间短的优先级比距离短的优先级高)，则应该选择途经充电站的线路，因为均为快充电站。一旦充电站组合确定，包含相应充电站的路线组合、总行驶距离、总行驶时间以及到达终点时电动汽车剩余电量均可确定：









第四种，电动汽车不存在成功通行路径。以下两种情况可以归入这一类型：1.出发点和目的地之间不存在充电站且电动车初始电量无法行驶至终点；2. 当打算停靠至某一充电站充电时，Dijkstra 算法得到的行驶成本无穷大。

说明书

一种考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法

技术领域

本发明涉及一种电动汽车行驶路径寻优方法，尤其是涉及一种考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法。

背景技术

随着能源与环境危机的加剧，新能源技术获得的广泛的发展与关注。近年来，电动汽车作为交通领域新能源革命的先驱获得了广泛的推广与应用。制约电动汽车发展的首要问题是蓄电池容量及寿命问题，随着蓄电池技术的不断提高，电动汽车的续航能力及使用寿命有了大幅提高。就续航能力而言，目前最先进的电动汽车已可达约几百公里，但是与常规汽车相比仍有差距。

电动汽车充电站的出现特别是快速充电技术的出现极大地改善了电动汽车出行受自身续航能力制约的缺陷。对电动汽车而言，就其当前位置可以有三种可能：第一种，电动汽车当前剩余电量足以到达目的地；第二种，电动汽车目前处于电动汽车充电站；第三种，电动汽车续航能力已不足，必须先就近寻找电动汽车充电站进行充电再向目的地行驶。对于第三种电动汽车，如何合理规划行驶路线，选取最佳的电动汽车充电站进行充电是亟待解决的问题。对驾驶员个体而言，这有利于节省出行时间节约出行成本，对汽车产业而言，也有利于电动汽车的推广与普及。

在解决上述问题时不能把电动汽车或者电动汽车充电站孤立地考虑，电动汽车当前状态、充电站位置、充电站属性(慢充、快充、换电)等因素皆应纳入考虑。并且，在电动汽车一次行驶中可能面临多次“寻站寻路”过程，算法需有良好的适应性并能给出全程而非局部的最优方案。目前，虽然已有学者提出了相应的一些算法，但已有的算法或多或少存在难以求得最优解、计算时间长的缺陷。为此，亟需研究相应的电动汽车路径寻优方法。

发明内容

为解决上述问题，本文发明提出了一种考虑航程及充电站位置的电动汽车路径寻优方法，考虑电动汽车当前剩余行驶里程及充电站地理分布，求取最佳行驶路线。

本发明的技术方案采用如下步骤：

## 提出一种“电动汽车辅助路线”明确最佳路径搜索思路。

## 建立以起点终点位置为自变量的路线、里程、用时函数。

## 根据电动汽车当前状态将电动汽车分成四类。

## 考虑路径中潜在的充电站属性，包括慢充电站及快充电站，并通过充电效率差异的方法对其加以区分。

## 根据电动汽车分类分别给出四类电动汽车的最优路径搜索方法。

所述的步骤1)中的电动汽车辅助路线的最佳路径搜索思路为：

电动汽车辅助路线是指一种可行的电动汽车行驶路线方案，在该路线上电动汽车可以保证在电量耗完前及时进行充电从而顺利抵达终点。因此，本发明的主要思路是先搜索潜在的可进行充电的电动汽车充电站，然后在包含这些充电站的所有可行路径中通过比较总的行驶公里数或者行驶时间(包括行驶时间和充电时间)来确定最佳的行驶路线。

所述的步骤2)中的建立以起点终点位置为自变量的路线、里程、用时函数的方法为：

本发明在寻找两点之间的自路线时采用了传统的Dijkstra搜索算法。在此，首先简要地介绍相应物理量的表示方法，本发明定义了一组路径搜索函数来建立各种物理量之间的联系：

表示两个地点之间可能的通行路径，分别表示路径的起点和终点；同样地，定义表示从起点至终点所需要的时间；表示从起点至终点的行驶距离。

另外，用“+”来表示子路线的相连，如：



上式表示从点至点的路径可以表示为从点至点路径与从点至点路径的组合，其中点为起点与终点之间的一个停靠点。

电动汽车当前状态可持续的航程是选择线路的重要依据，电动汽车剩余电量可行驶的里程可表示为：



其中，表示电动汽车蓄电池剩余电量，表示电动汽车单位电量所能行驶的距离，是电动汽车固有参数。

同理，电动汽车在充满电的情况下可行驶里程可表示为：



其中，表示电动汽车充满电时的电量。

所述的步骤3)中根据电动汽车当前状态将电动汽车分为四类，具体分类方法如下：

本发明将电动汽车分为四种情况分别加以讨论：第一种，电动汽车不需要中途充电可直接到达终点；第二种，电动汽车中途停车充电一次；第三种，电动汽车中途停车充电两次或两次以上；第四种，电动汽车不存在成功通行路径，在到达终点或到达最近充电站前电量已经耗完。

所述的步骤4)中考虑路径中潜在的电动汽车充电站属性，采用充电效率差异来区分慢充电站与快充电站具体为：

除电动汽车当前可持续的航程外，电动汽车充电站属性也是选择路径的重要因素。电动汽车充电方式可以分为慢充和快充两种。慢充通常需要消耗几个小时，不适合作为行驶过程中的临时充电。快充速度快，可以在十几分钟至几十分钟内将电动汽车电量补充至较高水平。快充电站通常需要置备专门的电力设施，这也是制约快充电站发展的主要原因，本发明采用为慢充和快充电站设置不同充电效率的方法对两者加以区别。

所述的步骤5)中根据电动汽车分类分别给出四类电动汽车最优路径的搜索方法，具体如下：

第一种，电动汽车不需要中途充电直接到达终点，则电动汽车剩余电量至少为：



其中，分别表示起点和终点。

第二种，电动汽车中途停车充电一次。首先以电动汽车当前位置为圆心，当前剩余电量可行驶距离为半径作一个圆，再以终点位置为圆心，以电动汽车满充电量可行驶距离为半径再作一个圆，在这两个圆重叠的区域寻找电动汽车充电站，如图1所示。当重叠范围内只有一个充电站时，电动汽车行驶过程中必须经过该充电站，否则无法顺利抵达目的地；当重叠范围内有多个充电站时，可根据用户倾向提供相应的路线参考。若用户倾向于更少的行驶距离，则提供经过充电站1的路线；若用户倾向于更短的旅行时间，则提供经过充电站2的路线。

因此非常有必要计算较长路径所需要的额外的行驶时间以及不同充电方式用时上的差异：

从点行驶至充电站且在充电站充满电，若点为出发点，则相应的充电用时可用下式计算：



其中，表示第个充电站的充电效率。

若点为另外一个充电站，则相应的充电用时可用下式计算：



汽车完整行程的总用时可以表示为：



比较不同路线总的旅行时间可以确定究竟是选择慢充电站或者快充电站。一旦充电电站确定，行驶路线、行驶距离以及电动汽车到达终点时剩余电量便可以依次得到：







第三种，动汽车中途停车充电两次或两次以上。首先需要搜索潜在的可进行充电的充电站。定义为行程起点与终点之间的直线距离，比较与两者的大小，选取两者间的较大值作为半径且分别以起点和终点为圆心作两个圆，并采用两个圆的公切线将圆相连，如图2所示。位置处于两圆及其公切线包围范围内的充电站为选定的潜在充电站。当时选取作为圆的半径是为了避免搜索到的潜在充电站数目过少；当时选取作为圆的半径是为了将当前电动汽车所能到达范围内的全部充电站纳入潜在充电站。搜索出的潜在充电站越多遗漏最佳行驶路线的可能性越小。

若从点至点的行驶成本表示为，若为出发点，则行驶时间成本可以表示为行驶时间和充电时间的叠加：



如果为终点，则有：



如果均为充电站，则有：



在图3中，若用户希望行驶距离最短(或表述为距离短的优先级比时间短的优先级高)，则应该选择途经充电站的行驶路线，若用户希望旅程时间最短(或表述为时间短的优先级比距离短的优先级高)，则应该选择途经充电站的线路，因为均为快充电站。一旦充电站组合确定，包含相应充电站的路线组合、总行驶距离、总行驶时间以及到达终点时电动汽车剩余电量均可确定：









第四种，电动汽车不存在成功通行路径。以下两种情况可以归入这一类型：1.出发点和目的地之间不存在充电站且电动车初始电量无法行驶至终点；2. 当打算停靠至某一充电站充电时，Dijkstra 算法得到的行驶成本无穷大。

本发明的有益效果是：

本发明能够根据电动汽车用户出行偏好为其搜索最佳的行驶路径，保证用户已最低的出行成本抵达目的地，另外，本发明也可应用于对电动汽车充电站布局的考察评估，确认电动汽车充电站的布局是否合理。

附图(表)说明

图1 电动汽车经过一次充电到达终点路径搜索原理图

图2 潜在充电站搜索原理图

图3 电动汽车经两次及两次以上充电到达终点的路径搜索原理图

表1 算例参数

表2 路线搜索结果

具体实施例

下面结合附图及具体实施例对本发明作进一步详细说明。

本发明的具体实施例如下：

采用日本某城市地图验证本发明的有效性，在该算例中充电站位置根据现有的加气站位置予以假定，共选取了2400个加气站，其中2000个设为慢充电站，500个设为快充电站。充电站效率经人为设定从而对慢充电站和快充电站加以区分。其它参数如表1所示。表2给出了一组线路搜索结果，可以看出本发明能够根据电动汽车当前状态及电动汽车充电站地理分布快速地(秒级)给出最佳路线，包括行驶里程、行驶时间以及行驶过程中总的充电次数，验证了本发明的有效性及实用性。

上述具体实施方式用来解释说明本发明，而不是对本发明进行限制，在本发明的精神和权利要求的保护范围内，对本发明做出的任何修改和改变，都落入本发明的保护范围。

说 明 书 附 图（表）



图1 电动汽车经过一次充电到达终点路径搜索原理图



图2 潜在充电站搜索原理图

((a)的情况 (b)的情况)



图3 电动汽车经两次及两次以上充电到达终点的路径搜索原理图

表1 算例参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 满充电量 | 24kW·h | 充电效率(慢充) | 2kW |
| 单位电量行驶里程 | 5km/kW·h | 充电效率(快充) | 48kW |
| 满充电量行驶里程 | 120km |  |  |

表2 路线搜索结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | 出发地 | 目的地 | (kwh) | (km) | 距离  (km) | 时间  (h) | 充电次数  (次) | 充电站搜索时间  (s) | 路线搜索时间  (s) | 总时间  (s) |
| 1 | Narita Airport | Maihama Station | 4 | 20 | 62.784 | 1.542 | 1 | 3.46 | 7.06 | 10.52 |
| 2 | Narita Airport | Maihama Station | 12 | 60 | 58.434 | 0.874 | 0 | 2.71 | 5.63 | 8.34 |
| 3 | Narita Airport | Hachioji Station | 12 | 60 | 112.722 | 3.033 | 2 | 6.41 | 16.20 | 22.61 |
| 4 | Narita Airport | Hachioji Station | 24 | 120 | 109.548 | 2.303 | 1 | 4.24 | 9.09 | 13.33 |
| 5 | Narita Airport | Atami Station | 4 | 20 | 200.522 | 4.953 | 2 | 6.01 | 16.98 | 22.99 |
| 6 | Narita Airport | Atami Station | 24 | 120 | 167.953 | 4.786 | 1 | 6.74 | 13.98 | 20.72 |