

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2022年11月24日 (24.11.2022)



(10) 国际公布号  
**WO 2022/242579 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
**G06Q 10/06** (2012.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/092902
- (22) 国际申请日: 2022年5月14日 (14.05.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
202110530786.8 2021年5月15日 (15.05.2021) CN
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人: 韦涛(WEI, Tao) [CN/CN]; 中国广西壮族自治区南宁市西乡塘区中华路66号兴华苑B座21-1号房韦涛, Guangxi 530001 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:  
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) **Title:** ELECTRIC-QUANTITY-BASED PATH PLANNING METHOD FOR ELECTRIC VEHICLE COMPATIBLE WITH ENERGY STORAGE CHARGING PILE

(54) **发明名称:** 兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法

(57) **Abstract:** Disclosed in the present invention is an electric-quantity-based path planning method for an electric vehicle compatible with an energy storage charging pile. The method comprises the following steps: 1) charging piles in a whole network submitting state information of the piles to a scheduling system platform, and before departure, an electric vehicle applying for a reservation from the scheduling system platform; 2) finding the shortest path from a departure place to a destination; 3) the scheduling system platform determining whether the reserved allocated electric quantity of the electric vehicle at one or more charging piles along the path meets an endurance requirement for traveling to the destination; 4) if so, generating a whole-journey reservation scheme; and 5) if not, excluding the shortest path, and finding the shortest path from the remaining paths, and performing cyclic execution from step 3) until all paths are traversed. By means of the method of the present invention, whole-journey electric-quantity-based path planning for an electric vehicle can be realized, the fused use of an energy storage charging pile and a power-grid direct-supply charging pile is realized by performing matching using an arrival time, and charging scheduling is also performed on the vehicle by means of a scheduling system platform, such that the electric quantity of charging pile resources, especially an energy storage pile, in a whole network is fully utilized.

(57) **摘要:** 本发明公开了兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法, 包括以下步骤: 1) 全网充电桩向调度系统平台提交本桩状态信息, 电动汽车出发前向调度系统平台申请预约; 2) 寻找从出发地到目的地的最短路径; 3) 调度系统平台判断电动汽车在该路径沿途一个或多个充电桩的预约分配电量是否满足行驶至目的地的续航要求; 4) 满足则生成全程预约方案; 5) 不满足则排除最短路径, 在余下路径找最短路径从步骤3) 循环执行直到遍历完所有路径。本发明方法能实现电动运载工具全程电量路径规划, 利用到达时间匹配实现储能充电桩与电网直供充电桩的融合使用, 同时通过调度系统平台对运载工具进行充电调度, 实现全网充电桩资源特别是储能桩电量的充分运用。



WO 2022/242579 A1

## 兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法

### 技术领域

本发明属于电动运载工具电量路径规划方法领域，特别涉及兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法。

### 背景技术

目前，基于新能源的电动运载工具比如电动车、电动船、无人机得到了广泛的应用，现有技术关于电动运载工具电量的充电路径规划方法比较多，但是基本上仅适用于电网直供充电桩或充电站，且现有的电动运载工具的充电路径规划，大多都是根据检测当前电动运载工具动力电池的剩余电量寻找下一个可充电的充电站供用户自行选择，对于远途必须多次充电才能到达目的地时，尚未见合理有效的全程电量路径规划方法。储能式充电桩具有慢蓄快放的优点，但由于储能式充电桩或充电站的储能是有限的，空闲时段不等同有足够储能的有效充电时段，目前尚无有效的预约方法。进一步的，对于包含储能式充电桩或充电站的路网，如何实现全网储能充电桩与电网充电桩的融合使用，乃至实现全网充电桩资源特别是储能桩储能电量的充分运用，服务更多的电动运载工具，也是目前尚未解决的难题。

### 发明内容

针对上述现有技术存在的问题，本发明提供了兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，利用到达时间匹配及能量时分化实现储能充电桩与电网充电桩的融合使用，同时通过调度系统平台对运载工具进行充电调度，实现全网充电桩资源特别是储能充电桩储能电量的充分运用。本发明另一目的是提供一种储能充电桩的电量预约方法，实现了对储能充电桩电量的多用户预约。

本发明采用以下技术方案解决上述技术问题：

兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，储能充电桩供电来源为新能源发电或向电网购电的互补式储能，包括以下步骤：

1)、全网所有的充电桩分别向调度系统平台提交本桩状态信息，电动汽车用户出发前通过网络连接向所述调度系统平台提出从出发地  $O$  到目的地  $D$  的电量申请预约，所述电量申请预约包括以下信息：电动汽车车型、汽车负载质量、出发时刻、出发地  $O$ 、目的地  $D$  及出发时刻电动汽车动力电池的剩余电量；

2)、所述调度系统平台在现有地图上寻找从出发地  $O$  到目的地  $D$  的最短路径  $l_z, z=1$ ；

3) 所述调度系统平台根据各充电桩提交的本桩状态信息，以及电动汽车用户提交的电量

预约申请，判断当所述电动汽车选择在所述最短路径 $l_z$ 沿途一个或多个充电桩分别预约充电，在各预约充电桩的预约分配电量是否满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求；若“是”则执行步骤 4)，若“否”则转去执行步骤 5)；

4) 所述调度系统平台为所述电动汽车生成全程预约方案，所述全程预约方案包括为所述电动汽车指派所述最短路径 $l_z$ 上各预约充电桩及对应的预约分配电量，且返回预约成功的信息给所述电动汽车用户，结束本次预约；当所述电动汽车从出发地 O 出发后，所述调度系统平台按所述全程预约方案引导所述电动汽车出行及充电；

5)、所述调度系统平台排除所述最短路径 $l_z$ ， $z = z + 1$ ，从出发地 O 到目的地 D 的剩余路径中再寻找新的最短路径 $l_z$ ，如果找到新的最短路径 $l_z$ 则循环执行步骤 3) 至 5)，如果找不到新的最短路径 $l_z$ 则返回预约失败的信息给所述电动汽车用户。

所述步骤 3) 中，所述电动汽车选择在所述最短路径 $l_z$ 沿途一个或多个充电桩分别预约充电，选择方法如下：设最短路径 $l_z$ 沿途分布有 $n$ 个充电桩，则所述电动汽车可选择充电的充电桩组合有 $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$ 种，从中选择任意一种充电桩组合或预约使用充电桩数量最少的充电桩组合进行预约充电。

所述步骤 3) 中，判断当所述电动汽车在所述最短路径 $l_z$ 沿途一个或多个充电桩分别预约充电，在各预约充电桩的预约分配电量是否满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求，具体判断方法如下：

设所述电动汽车在最短路径 $l_z$ 沿途依序预约充电的充电桩组合为 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ ，依序判断其中的每个充电桩 $j_w$ ，对应的预约分配电量是否满足不等式组 2-1-1，如果都满足则所述最短路径 $l_z$ 满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求；否则所述最短路径 $l_z$ 不满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求；

$$\begin{cases} RE_i(t_w) + TP_w \geq EC_{w,w+1} \\ bat\_cap_{str} + \sum_{w=x1}^{xk} TP_w \geq EC_{0,n+1} \end{cases} \quad \forall w \in [x1, xk], \quad 2-1-1$$

不等式组 2-1-1 中， $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量， $TP_w$ 表示电动汽车在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量， $EC_{w,w+1}$ 表示预估电动汽车从当前充电桩 $j_w$ 到下一个充电桩 $j_{w+1}$ 的耗能，如果充电桩 $j_w$ 为最短路径 $l_z$ 最后一个充电桩，则 $EC_{w,w+1}$ 表示预估电动汽车从当前充电桩 $j_w$ 到目的地 D 的能耗； $bat\_cap_{str}$ 为电动汽车出发时刻 $t_0$ 动力电池的初始剩余电量； $\sum_{w=x1}^{xk} TP_w$ 表示电动汽车在充电桩组合 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ 中的所有预约充电桩的预约

分配电量总和;  $EC_{0,n+1}$  表示预估电动汽车从出发地 O 沿最短路径  $l_z$  到达目的地 D 的全程能耗。

所述电动汽车到达充电桩  $j_w$  时刻  $t_w$ , 按下式 6-1 预估:

$$t_w = t_0 + \text{在先预约充电时长的总和} + \text{在先排队等待充电时长的总和} + t_{0,w} \quad 6-1$$

式 6-1 中,  $t_0$  表示所述电动汽车出发时刻;  $t_{0,w}$  表示预估所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径  $l_z$  到达充电桩  $j_w$  的行驶时长; 在先预约充电时长的总和指的是预估所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径  $l_z$  到达充电桩  $j_w$  时, 已经在沿途其他充电桩预约充电的预约充电时长累计值; 在先排队等待充电时长的总和指的是预估所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径  $l_z$  到达充电桩  $j_w$  时, 已经在沿途其他充电桩预约充电的排队等待充电时长累计值。

所述电动汽车在到达充电桩  $j_w$  时刻  $t_w$  的剩余电量  $RE_i(t_w)$ , 按下式 7-1 的预估:

$$RE_i(t_w) = bat\_cap_{str} + \text{在先预约分配电量总和} - EC_{0,w} \quad 7-1$$

式 7-1 中,  $bat\_cap_{str}$  为所述电动汽车出发时的初始剩余电量; 在先预约分配电量总和是指截止所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径  $l_z$  到达充电桩  $j_w$  时刻  $t_w$ , 已经在沿途其他充电桩预约的预约分配电量累计值;  $EC_{0,w}$  表示预估所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径  $l_z$  行驶到充电桩  $j_w$  的能耗。

所述电动汽车在充电桩  $j_w$  的预约分配电量  $TP_w$ , 当充电桩  $j_w$  为储能式充电桩时, 预约分配电量  $TP_w$  的预估方法具体步骤如下:

(10-1-1)、设所述电动汽车为电动汽车  $i$ , 首先预设电动汽车  $i$  到达充电桩  $j_w$  的时刻  $t_w$  之后的排队等待时限  $\sigma$ ,  $\sigma$  为自定义时长值;

(10-1-2)、根据充电桩  $j_w$  的预约服务列表, 查在  $t_w$  至  $t_w + \sigma$  之间充电桩  $j_w$  的空闲时间段类型, 如果查到的空闲时间段类型都为储能时段, 则充电桩  $j_w$  不能让电动汽车  $i$  预约充电, 即预约分配电量  $TP_w = 0$ ; 如果查到的空闲时间段类型是可分配电量空闲时段则转去执行步骤 (10-1-3);

(10-1-3)、查充电桩  $j_w$  预约服务列表, 如果在  $t_w$  至  $t_w + \sigma$  之间充电桩  $j_w$  的空闲时间段为  $[t_1^\circ, \infty)$ ,  $[t_1^\circ, \infty)$  表示在  $t_1^\circ$  之后尚无任何车预约充电, 即  $[t_1^\circ, \infty)$  为可分配电量空闲时段且为无限长; 如果在  $t_w$  至  $t_w + \sigma$  之间充电桩  $j_w$  的空闲时间段不是无限长则转去执行步骤 (10-1-4); 设有前车  $i_1$  已经在  $[t_1, t_1^\circ]$  时间段预约充电, 其中  $t_1$ 、 $t_1^\circ$  分别对应为前车  $i_1$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻,  $E(t_1)$ 、 $E(t_1^\circ)$  一一对应为预估在  $t_1$ 、 $t_1^\circ$  时刻充电桩  $j_w$  的剩余电量, 前车

$i_1$ 的预约分配电量为 $TP_1 = E(t_1^\circ) - E(t_1)$ ;

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}}$ 按下式 10-1 估算:

$$t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^\circ, t_w) \quad 10-1$$

充电桩 $j_w$ 在 $[t_1^\circ, \infty)$ 内的可分配电量 $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ 按以下方程组 10-2 估算:

$$\begin{cases} Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \, dt, & \text{当 } t_1^\circ \leq t_{w,i}^{\text{充}} \leq t^{\text{额}} \\ Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E_{\text{额}} & \text{当 } t_{w,i}^{\text{充}} > t^{\text{额}} \end{cases} \quad 10-2$$

方程组 10-2 的约束条件如下:

$$0 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \, dt \leq E_{\text{额}}$$

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的 $[t_1^\circ, \infty)$ 内的预约分配电量 $TP_w$ 按式 10-3 估算:

$$TP_w = \min\left(Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}), (bat\_cap_i - RE_i(t_w))\right) \quad 10-3$$

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约充电时长 $T_{w,i}^{\text{充}}$ 按式 10-4 估算:

$$T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}} \quad 10-4$$

充电桩 $j_w$ 对应预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}}$ 的剩余电量为 $E(t_{w,i}^{\text{充}}) = Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ , 充电桩 $j_w$ 对应预约充电结束时刻 $(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}})$ 的剩余电量为 $E(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_{w,i}^{\text{充}}) - TP_w$ ;

步骤 (10-1-3) 以上各式的变量统一定义如下:  $t_{w,i}^{\text{充}}$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻;  $t_w$ 为预估电动汽车 $i$ 到达充电桩 $j_w$ 的时刻;  $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ 为充电桩 $j_w$ 在 $[t_1^\circ, \infty)$ 内的可分配电量;  $E(t_1^\circ)$ 为对应前车 $i_1$ 的预约充电结束时刻 $t_1^\circ$ 充电桩 $j_w$ 的剩余电量;  $p_{\text{蓄}}(t)$ 为预测对应 $t$ 时刻充电桩 $j_w$ 的储能功率, 通过现有技术预测方法获得;  $P_w^{\text{out}}$ 为充电桩 $j_w$ 的恒定输出功率;  $E_{\text{额}}$ 为充电桩 $j_w$ 储能电池的额定电量;  $t^{\text{额}}$ 为在 $[t_1^\circ, \infty)$ 内充电桩 $j_w$ 储能达到额定电量 $E_{\text{额}}$ 的时刻;  $bat\_cap_i$ 为电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量,  $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车 $i$ 在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量;  $TP_w$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的 $[t_1^\circ, \infty)$ 内的预约分配电量;  $T_{w,i}^{\text{充}}$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约充电时长;

(10-1-4)、如果在 $t_w$ 至 $t_w + \sigma$ 之间充电桩 $j_w$ 的空闲时间段为可分配电量空闲时段且为有

限长, 设前车 $i_1$ 已经在 $[t_1, t_1^\circ]$ 时间段在充电桩 $j_w$ 预约充电, 预约分配电量为 $TP_1 = E(t_1^\circ) - E(t_1)$ ; 有前车 $i_2$ 已经在 $[t_2, t_2^\circ]$ 时间段在充电桩 $j_w$ 预约充电, 预约分配电量为 $TP_2 = E(t_2^\circ) - E(t_2)$ ; 其中 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 分别对应为前车 $i_1$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻,  $t_2$ 、 $t_2^\circ$ 分别为前车 $i_2$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻;  $t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ$ ;  $E(t_1)$ 、 $E(t_1^\circ)$ 、 $E(t_2)$ 、 $E(t_2^\circ)$ 一一对应为预估在 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 、 $t_2$ 、 $t_2^\circ$ 时刻充电桩 $j_w$ 的剩余电量;  $[t_1^\circ, t_2]$ 为所述的可分配电量空闲时段, 充电桩 $j_w$ 在可分配电量空闲时段 $[t_1^\circ, t_2]$ 允许电动汽车 $i$ 插队预约充电的前提条件, 是不能影响已经预约在该时间段 $[t_1^\circ, t_2]$ 后充电的其他前车的预约分配电量和预约充电起止时刻, 即首先须保证前车 $i_2$ 在预约充电时段 $[t_2, t_2^\circ]$ 的预约分配电量 $TP_2$ 不变, 也即须满足下式 10-5:

$$TP_2 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) + \int_{t_3^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \quad 10-5$$

$$\text{式 10-5 的约束条件: } \begin{cases} E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) + \int_{t_3^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \leq E_{\text{额}} \\ 0 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \leq E_{\text{额}} \\ P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \\ t_1 < t_1^\circ \leq t_{w,i}^{\text{充}} < t_3^\circ < t_2 < t_2^\circ \end{cases}$$

由式 10-5 及其约束条件可推算得充电桩 $j_w$ 允许电动汽车 $i$ 插队预约充电时电动汽车 $i$ 的最晚充电结束时刻 $t_3^\circ$ , 则充电桩 $j_w$ 在该可分配电量空闲时段 $[t_1^\circ, t_2]$ 的可分配电量 $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ 按如下方程组 10-6 预估:

$$\begin{cases} Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t), & \text{当 } t_{w,i}^{\text{充}} < t_{\text{额}} \\ Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E_{\text{额}}, & \text{当 } t_{\text{额}} \leq t_{w,i}^{\text{充}} < t_3^\circ \text{ 且 } (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) > \left(\frac{E_{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \\ Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}), & \text{当 } t_{\text{额}} \leq t_{w,i}^{\text{充}} < t_3^\circ \text{ 且 } (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) \leq \left(\frac{E_{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \end{cases} \quad 10-6$$

上式 10-5 和式 10-6 中, 电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}}$ , 按下式 10-7 估算:

$$t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^\circ, t_w) \quad 10-7$$

根据式 10-6 所得  $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ , 电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的  $[t_1^{\circ}, t_2]$  内的预约分配电量  $TP_w$  按下式 10-8 估算:

$$TP_w = \min\left(Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}), (bat\_cap_i - RE_i(t_w))\right) \quad 10-8$$

由式 10-8 所得  $TP_w$ , 电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约充电时长  $T_{w,i}^{\text{充}}$  按下式 10-9 估算:

$$T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}} \quad 10-9$$

如果还有其他前车比电动汽车  $i$  先在充电桩  $j_w$  预约充电, 但是预约充电的时间在前车  $i_2$  预约充电时段  $[t_2, t_2^{\circ}]$  之后, 则充电桩  $j_w$  在可分配电量空闲时段  $[t_1^{\circ}, t_2]$  允许电动汽车  $i$  插队预约充电的前提条件, 除了须保证前车  $i_2$  在预约充电时段  $[t_2, t_2^{\circ}]$  的预约分配电量  $TP_2$  不变, 还要保证所有所述的其他前车的预约起止时间和预约分配电量不变, 具体方法如下:

设还有其他前车  $i_4$  比电动汽车  $i$  先预约在  $[t_4, t_4^{\circ}]$  时间段充电, 预约分配电量为  $TP_4$ , 其中  $t_2 < t_2^{\circ} < t_4 < t_4^{\circ}$ ; 则  $TP_w$  还要满足以下公式 10-10:

$$TP_4 \leq E(t_1^{\circ}) + \int_{t_1^{\circ}}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - TP_w + \int_{t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - TP_2 + \int_{t_2^{\circ}}^{t_4} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \quad 10-10$$

如果  $TP_w$  不满足式 10-10, 则减少  $TP_w$ , 相应的  $T_{w,i}^{\text{充}}$  按式 10-9 推算也减少, 直到满足式 10-10;

如果前车  $i_4$  的预约充电时段  $[t_4, t_4^{\circ}]$  之后依次还有其他前车  $i_5, i_6, \dots$  均比电动汽车  $i$  先在充电桩  $j_w$  预约充电, 则分别比照前车  $i_4$  的方法处理; 直到  $TP_w$  能保证所有所述的其他前车的预约起止时间和预约分配电量不变; 如果  $TP_w$  减少到预设的阈值, 但均不能保证所有所述的其他前车的预约起止时间和预约分配电量不变, 则充电桩  $j_w$  不允许电动汽车  $i$  在空闲时间段  $[t_1^{\circ}, t_2]$  插队预约充电, 即令预约分配电量  $TP_w = 0$ ;

如果最终所得的  $TP_w \neq 0$ , 则充电桩  $j_w$  对应预约开始充电时刻  $t_{w,i}^{\text{充}}$  的剩余电量为

$$E(t_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_1^{\circ}) + \int_{t_1^{\circ}}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t), \text{ 充电桩 } j_w \text{ 对应预约充电结束时刻 } (t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}) \text{ 的剩余电量为}$$

$$E(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_{w,i}^{\text{充}}) - TP_w;$$

步骤 (10-1-4) 以上各式的变量统一定义如下:  $TP_2$  为前车  $i_2$  在预约充电时段  $[t_2, t_2^{\circ}]$  的预

约分配电量； $E(t_1^\circ)$ 为对应前车 $i_1$ 的预约充电结束时刻 $t_1^\circ$ 充电桩 $j_w$ 的剩余电量； $p_{\text{蓄}}(t)$ 为预测对应 $t$ 时刻充电桩 $j_w$ 的储能功率，通过现有技术预测方法获得； $P_w^{\text{out}}$ 为充电桩 $j_w$ 的恒定输出功率； $t_{w,i}^{\text{充}}$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻； $t_w$ 为预估电动汽车 $i$ 到达充电桩 $j_w$ 的时刻； $E_{\text{额}}$ 为充电桩 $j_w$ 储能电池的额定电量； $t_3^\circ$ 为充电桩 $j_w$ 允许电动汽车 $i$ 插队预约充电时电动汽车 $i$ 的最晚充电结束时刻； $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ 为预估充电桩 $j_w$ 在 $[t_1^\circ, t_2]$ 内的可分配电量； $t_{\text{额}}$ 为预估在 $[t_1^\circ, t_2]$ 内充电桩 $j_w$ 储能达到额定电量 $E_{\text{额}}$ 的时刻； $bat\_cap_i$ 为电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量， $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车 $i$ 在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量； $TP_w$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的 $[t_1^\circ, t_2]$ 内的预约分配电量； $T_{w,i}^{\text{充}}$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约充电时长； $TP_4$ 为前车 $i_4$ 在 $[t_4, t_4^\circ]$ 时间段的预约分配电量。

还包括步骤（10-1-5）：每经过一个 $\Delta t$ 时间，调度系统平台根据重新更新的充电桩 $j_w$ 的预约服务列表，从步骤（10-1-2）开始执行至步骤（10-1-4），重新预估预约分配电量 $TP_w$ 。

所述电动汽车在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ ，当充电桩 $j_w$ 为电网直供充电桩时，预约分配电量 $TP_w$ 的预估方法具体步骤如下：

（10-2-1）、设所述电动汽车为电动汽车 $i$ ，首先设置电动汽车 $i$ 到达充电桩 $j_w$ 的时刻 $t_w$ 之后的排队等待时限 $\sigma$ ， $\sigma$ 为自定义时长值；

（10-2-2）、根据充电桩 $j_w$ 的预约服务列表查找电动汽车 $i$ 到达充电桩 $j_w$ 的时刻 $t_w$ 至 $t_w+\sigma$ 之间是否有空闲时间段；如果没有空闲时间段，则预估充电桩 $j_w$ 能提供给电动汽车 $i$ 的可分配电量 $Q_w(i)=0$ ；电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w=0$ ；如果有空闲时间段则转去执行步骤（10-2-3）；

（10-2-3）、如果空闲时间段为无限长，记为 $[t_1^\circ, \infty)$ ，其中 $t_1^\circ$ 对应为前车 $i_1$ 的预约充电结束时刻且 $t_1^\circ$ 之后无其他前车预约充电；则电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ 按式 10-11 估算：

$$TP_w = bat\_cap_i - RE_i(t_w) \quad 10-11$$

式 10-11 中， $bat\_cap_i$ 为电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量， $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车 $i$ 在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量；

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^\circ, t_w)$ ；其中 $t_w$ 为预估电动汽车

$i$ 在到达充电桩  $j_w$  时刻;

由式 10-11 所得的  $TP_w$ , 预约充电时长  $T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}}$ ; 其中  $P_w^{\text{out}}$  为充电桩  $j_w$  的恒定输出功率;

(10-2-4)、如果空闲时间段是有限长, 即设前车  $i_1$  已经在  $[t_1, t_1^{\circ}]$  时间段在充电桩  $j_w$  预约充电; 有前车  $i_2$  已经在  $[t_2, t_2^{\circ}]$  时间段在充电桩  $j_w$  预约充电; 其中  $t_1$ 、 $t_1^{\circ}$  分别对应为前车  $i_1$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻,  $t_2$ 、 $t_2^{\circ}$  分别为前车  $i_2$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻;  $t_1 < t_1^{\circ} < t_2 < t_2^{\circ}$ ; 则按以下式 10-12 估算电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约分配电量  $TP_w$ :

$$TP_w = \min \left\{ (bat\_cap_i - RE_i(t_w)), P_w^{\text{out}} \times (t_2 - t_{w,i}^{\text{充}}) \right\} \quad 10-12$$

式 10-12 中,  $bat\_cap_i$  为电动汽车  $i$  动力电池的额定电量,  $RE_i(t_w)$  为预估电动汽车  $i$  在到达充电桩  $j_w$  时刻  $t_w$  的剩余电量;  $P_w^{\text{out}}$  为充电桩  $j_w$  的恒定输出功率;  $t_{w,i}^{\text{充}}$  为电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约开始充电时刻,  $t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^{\circ}, t_w)$ ;

电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约充电时长  $T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}}$ 。

所述电动汽车在到达充电桩  $j_w$  时刻  $t_w$ , 用  $t_w - \theta$  或  $t_w + \theta$  代替, 其中  $\theta$  为自定义时长值。

所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法, 还包括调整前车的方法如下:

设在电动汽车  $i$  预约前已有前车各自预约充电且分别生成各自的全程预约方案; 当电动汽车  $i$  按所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法进行预约充电, 当所选择的从出发地  $O$  到目的地  $D$  的路径集合  $L = \{l_1, \dots, l_a\}$  中的最短路径  $l_2$  不满足全程续航要求时, 则调整前车的全程预约方案, 包括取消或减少前车在一个或多个共用桩的预约分配电量, 再分别对电动汽车  $i$  的最短路径  $l_2$ 、前车原全程预约方案的路径进行判断是否各自满足电动汽车  $i$ 、前车的全程续航要求, 若都满足则调度系统平台为所述电动汽车  $i$  生成全程预约方案, 为所述前车生成新的全程预约方案, 调整成功; 若有任一车不满足全程续航要求, 则无法调整前车, 恢复前车的原全程预约方案。

储能充电桩的电量预约方法, 包括以下步骤:

(1)、储能充电桩建立并存储本桩的预约服务列表, 预约服务列表的字段内容包括电动汽车用户名、电动汽车牌号、车型、预约开始充电时刻及对应于此时刻的充电桩剩余电量、预约充电结束时刻及对应于此时刻的充电桩剩余电量、预约分配电量、预约充电时长、空闲时间段的类型及对应的可分配电量;

(2) 储能充电桩在不影响前车在本桩已经预约充电的时间段和预约分配电量的条件下，公布本桩每一段空闲时间段的类型及对应的可分配电量；

(3) 电动汽车车载终端通过无线网络连接储能充电桩，获取步骤(2)公布的空闲时间段的类型及对应的可分配电量，电动汽车用户根据需要选择适合的空闲时间段通过电动汽车车载终端向储能充电桩进行预约充电；

(4) 所述电动汽车预约后，储能充电桩根据步骤(3)的预约结果更新本桩的预约服务列表。

所述步骤(2)储能充电桩公布本桩每一段空闲时间段的类型及对应的可分配电量，具体方法如下：

空闲时间段分为储能充电桩  $j_w$  的储能时段和可分配电量空闲时段两种类型；查找储能充电桩  $j_w$  预约服务列表，设有空闲时间段  $[t_1^\circ, t_2]$  前后均已经有车预约充电，如有前车  $i_1$  已经在  $[t_1, t_1^\circ]$  时间段预约充电，预约分配电量为  $TP_1 = E(t_1^\circ) - E(t_1)$ ；有前车  $i_2$  已经在  $[t_2, t_2^\circ]$  时间段预约充电，预约分配电量为  $TP_2 = E(t_2^\circ) - E(t_2)$ ；其中  $t_1$ 、 $t_1^\circ$  分别对应为前车  $i_1$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻， $t_2$ 、 $t_2^\circ$  分别为对应前车  $i_2$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻； $t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ$ ； $E(t_1)$ 、 $E(t_1^\circ)$ 、 $E(t_2)$ 、 $E(t_2^\circ)$  一一对应为预估在  $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 、 $t_2$ 、 $t_2^\circ$  时刻储能充电桩  $j_w$  的剩余电量；

(A)、空闲时间段  $[t_1^\circ, t_2]$  的类型公布方法如下：

当满足下式 9-1 时，公布  $[t_1^\circ, t_2]$  为储能充电桩  $j_w$  的储能时段：

$$\begin{cases} 0 \leq E(t_2) \leq E_{\text{额}} \text{ 且 } E(t_2) = TP_2 \\ E(t_2) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \\ t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ \end{cases} \quad 9-1$$

式 9-1 中， $E_{\text{额}}$  为储能充电桩  $j_w$  储能电池的额定电量； $p_{\text{蓄}}(t)$  为预测  $t$  时刻储能充电桩  $j_w$  的储能功率，由现有技术方法预测获得；

储能充电桩  $j_w$  的储能时段只能用于本桩储能，即对应的可分配电量为 0；

(B)、储能充电桩  $j_w$  的可分配电量空闲时段的公布方法如下：

在储能充电桩  $j_w$  的所有空闲时间段中，排除步骤(A)公布的储能充电桩  $j_w$  的储能时段后，余下即为储能充电桩  $j_w$  的可分配电量空闲时段；

对可分配电量空闲时段按一固定时长  $\rho$  进行时点的划分， $\rho$  为自定义的常量，设空闲时间

段 $[t_1^\circ, t_2]$ 为可分配电量空闲时段，可划分为 $t_1^\circ$ 、 $(t_1^\circ + \rho)$ 、 $(t_1^\circ + 2 \times \rho)$ 、 $\dots t_1^\circ + k \times \rho$ 、 $(t_1^\circ + (k + 1) \times \rho)$ 、 $\dots t_2$ ， $k = 0, 1, 2, 3, \dots, \exists k \in \mathbb{N}$  若干个时点，又设电动汽车在可分配电量空闲时段的预约开始充电时刻为 $(t_1^\circ + k \times \rho)$ 时点；则储能充电桩 $j_w$ 的可分配电量空闲时段须满足下式 9-2:

$$TP_2 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_1^\circ + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)) + \int_{t_3^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \quad 9-2$$

$$\text{式 9-2 的约束条件: } \begin{cases} 0 \leq E(t_2) \leq E_{\text{额}} \\ 0 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_1^\circ + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \leq E_{\text{额}} \\ P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)) \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_1^\circ + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \\ t_1 < t_1^\circ \leq (t_1^\circ + k \times \rho) < t_3^\circ < t_2 < t_2^\circ \end{cases}$$

式 9-2 及其约束条件中， $p_{\text{蓄}}(t)$ 为预测  $t$  时刻储能充电桩 $j_w$ 的储能功率，由现有技术方法预测获得； $P_w^{\text{out}}$ 为储能充电桩 $j_w$ 的恒定输出功率， $E_{\text{额}}$ 为储能充电桩 $j_w$ 储能电池的额定电量； $t_3^\circ$ 为电动汽车最晚充电结束时间；

由式 9-2 及其约束条件可求得电动汽车最晚充电结束时间 $t_3^\circ$ ， $[t_3^\circ, t_2]$ 为储能充电桩 $j_w$ 储能时段；

储能充电桩 $j_w$ 在可分配电量空闲时间段 $[t_1^\circ, t_2]$ 内 $(t_1^\circ + k \times \rho)$ 时点的对应可分配电量 $Q_w(t)$ 按以下方程组 9-3 估算：

$$\begin{cases} Q_w(t) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_1^\circ + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t), \text{ 当 } (t_1^\circ + k \times \rho) < t^{\text{额}} \\ Q_w(t) = E_{\text{额}}, \text{ 当 } t^{\text{额}} \leq (t_1^\circ + k \times \rho) < t_3^\circ \text{ 且 } (t_3^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)) > \left(\frac{E_{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \\ Q_w(t) = P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)), \text{ 当 } t^{\text{额}} \leq (t_1^\circ + k \times \rho) \text{ 且 } (t_3^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)) \leq \left(\frac{E_{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \end{cases} \quad 9-3$$

方程组 9-3 中， $k = 0, 1, 2, 3, \dots, \exists k \in \mathbb{N}$ ； $t^{\text{额}}$ 表示如果储能充电桩 $j_w$ 储能达到额定电量的时刻，其余变量的定义同式 9-2 及其约束条件；

在储能充电桩 $j_w$ 的预约服务列表中公布该可分配电量空闲时段 $[t_1^\circ, t_2]$ 内 $(t_1^\circ + k \times \rho)$ 时点的对应可分配电量 $Q_w(t)$ ；其余时点比照 $(t_1^\circ + k \times \rho)$ 时点公布。

在所述空闲时间段 $[t_1^\circ, t_2]$ 的类型公布方法中,还包括:每经过一个 $\Delta t$ 时间,调度系统平台重新预估式 9-1 中充电桩  $j_w$  的综合储能电量 $\int_{t_1^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t)$ ,并按式 9-1 重新估算和公布,更新充电桩  $j_w$  的预约服务列表。

在所述储能充电桩  $j_w$  的可分配电量空闲时段的公布方法中,还包括:每经过一个 $\Delta t$ 时间,调度系统平台分别重新预估式 9-2 中充电桩  $j_w$  的综合储能电量 $\int_{t_1^\circ}^{t_1^\circ+k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t)$ 和 $\int_{t_3^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t)$ ,并分别按式 9-2 及其约束条件、式 9-3 重新估算和公布,更新充电桩  $j_w$  的预约服务列表。

本发明的有益效果:

1、实现运载工具全程电量路径规划,规划出来的最短可行路符合能量消耗节约的要求,也符合用户需求和低碳社会需求。

2、在储能充电桩储能预测的基础上对储能充电桩的多用户充电行为和储能充电桩的放电行为在时间维度上实现了统一运算,实现了对储能充电桩电量的多用户预约。

3、利用到达时间匹配及能量时分化实现储能充电桩与电网充电桩的融合使用,提高了充电桩网络的完整性,奠定了快充网的基础。

4、通过调度系统平台对运载工具进行充电调度,将原来由用户基于桩位的自行指定无序预约提升为由调度平台基于全网用户能量需求和充电桩资源进行统一规划和分配,并对用户进行指令性调度,实现了资源利用最大化,满足更多运载工具的行驶需求。

附图说明

图 1 是本发明实施例 5 按方法九公布储能充电桩的空闲时间段为储能充电桩的储能时段的示意图,图中,竖轴 $E$ 表示储能充电桩的剩余电量,横轴 $t$ 表示时间; $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 分别对应为前车 $i_1$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻, $t_2$ 、 $t_2^\circ$ 分别为对应前车 $i_2$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻; $TP_2$ 为前车 $i_2$ 已经在 $[t_2, t_2^\circ]$ 时间段预约充电的预约分配电量; $E_{\text{额}}$ 为储能充电桩储能电池的额定电量; $E(t_1)$ 、 $E(t_1^\circ)$ 、 $E(t_2)$ 一一对应为在 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 、 $t_2$ 时刻储能充电桩  $j_w$  的剩余电量。

图 2 是本发明实施例 2 按方法十当充电桩  $j_w$  在有限长的可分配电量空闲时段 $[t_1^\circ, t_2]$ 允许电动汽车 $i$ 插队预约充电的示意图;图中,竖轴 $E$ 表示储能充电桩的剩余电量,横轴 $t$ 表示时间, $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 分别对应为前车 $i_1$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻, $t_2$ 、 $t_2^\circ$ 分别为前车 $i_2$ 的

预约开始充电时刻和预约充电结束时刻， $t_w$ 为预估电动汽车*i*到达充电桩 $j_w$ 的时刻， $t_3^\circ$ 为充电桩 $j_w$ 允许电动汽车*i*插队预约充电时电动汽车*i*的最晚充电结束时， $t_4$ 、 $t_4^\circ$ 分别对应前车 $i_4$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻， $E_{\text{额}}$ 为储能充电桩储能电池的额定电量。

### 具体实施方式

以下结合具体实施例和附图，对本发明的技术方案作详细描述，但不构成对本发明权利要求保护范围的限制。

在说明具体实施例之前，将本发明具体实施例涉及的方法一至方法十统一说明如下。

### 方法一、获取分段路径距离的方法：

调度系统平台根据所接收到的充电桩的位置坐标，获得路径 $l_z$ 沿途分布的所有充电桩，假设有  $n$  个充电桩，所述  $n$  个充电桩从出发地  $O$  沿路径 $l_z$ 的有向序列矩阵表示为

$(j_1, j_2, \dots, j_n)^T$ 。用 $(j_0, j_1, \dots, j_n, j_{n+1})^T$ 表示路径 $l_z$ 以出发地  $O$ 、沿途分布的  $n$  个充电桩、目的地  $D$  作为分段点的分段点有向序列矩阵，其中 $j_0$ 对应为出发地  $O$ ， $j_{n+1}$ 对应为目的地  $D$ 。

调度系统平台分别从现有地图中获取 $(j_0, j_1, \dots, j_n, j_{n+1})^T$ 两两相邻分段点之间的路径距离，得到分段路径距离用有向序列矩阵 $(dist_{0,1}, dist_{1,2}, \dots, dist_{n-1,n}, dist_{n,n+1})^T$ 表示，其中 $dist_{0,1}$ 表示从出发地  $O$  到第一个充电桩 $j_1$ 的路径距离， $dist_{1,2}$ 表示从第一个充电桩 $j_1$ 到第二个充电桩 $j_2$ 的路径距离，以此类推， $dist_{n,n+1}$ 表示从第  $n$  个充电桩 $j_n$ 到目的地  $D$  的路径距离。

### 方法二、预估电动汽车*i*的分段路径行驶时间的方法：

根据式 2-1 预估电动汽车*i*的分段路径行驶时间 $t_{w-1,w}$ ：

$$t_{w-1,w} = \frac{dist_{w-1,w}}{\overline{v_w}} \quad , \quad \forall w \in [1, n+1] \quad 2-1$$

式 2-1 中， $dist_{w-1,w}$ 表示用方法一所得的从分段点 $j_{w-1}$ 到分段点 $j_w$ 的路径距离， $\overline{v_w}$ 表示电动汽车*i*从分段点 $j_{w-1}$ 到分段点 $j_w$ 的平均速度， $\overline{v_w}$ 可以是交通历史大数据中提取在历史统计时间段内电动汽车*i*历次通过 $dist_{w-1,w}$ 的速度的平均值，或者是从交通历史大数据中提取在历史统计时间段内通过 $dist_{w-1,w}$ 的所有车辆的平均速度，历史统计时间段的值为自定义。

电动汽车  $i$  的分段路径行驶时间 $t_{w-1,w}$ 也可以是从现有的 GIS 地图上直接获得。

### 方法三、预估电动汽车*i*的分段路径耗能的方法，可任选以下两种方法之一：

方法 1、按以下公式 3-1 预估电动汽车*i*的分段路径耗能：

$$EC_{w-1,w} = Aver \times dist_{w-1,w} , \forall w \in [1, n + 1] \quad 3-1$$

式 3-1 中,  $EC_{w-1,w}$ 表示预估电动汽车*i*从分段点 $j_{w-1}$ 到分段点 $j_w$ 的耗能, 分段点 $j_{w-1}$ 和分段点 $j_w$ 由方法一获得,  $dist_{w-1,w}$ 定义同式 2-1,  $Aver$ 为电动汽车*i*的单位里程耗电量。

其中单位里程耗电量 $Aver$ 按公式 3-2 计算：

$$Aver = (m_{\text{车}} + m_{\text{负}}) \varphi \quad 3-2$$

式 3-2 中,  $m_{\text{车}}$ 为电动汽车*i* 的车身质量,  $m_{\text{负}}$ 为电动汽车*i* 的车载质量, 若电动汽车*i* 的车型为非首次向调度系统平台预约的车型, 则 $\varphi$ 为调度系统平台从交通历史大数据中提取电动汽车*i* 的历史比能耗系数; 若为首次预约的车型, 按公式 3-3 计算比能耗系数 $\varphi$ :

$$\varphi = \frac{bat\_cap_i}{m_{\text{车}} \times S_{\text{max}}} \quad 3-3$$

式 3-3 中,  $S_{\text{max}}$ 为厂家提供电动汽车*i*的车型的最大续航里程数,  $bat\_cap_i$ 为电动汽车*i*动力电池的额定电量,  $m_{\text{车}}$ 定义同式 3-2。

方法 2: 按以下公式 3-4 预估电动汽车*i*的分段路径耗能 $EC_{w-1,w}$ :

$$EC_{w-1,w} = dist_{w-1,w} \times kWh \quad \forall w \in [1, n + 1] , \quad 3-4$$

式 3-4 中,  $EC_{w-1,w}$ 定义同式 3-1,  $dist_{w-1,w}$ 定义同式 2-1,  $kWh$ 为电动汽车*i*的百公里耗电量, 百公里耗电量可以从出厂参数取得或者是从交通历史大数据中获取。

方法四、按以下公式 4-1 预估电动汽车*i*在充电桩  $j_w$  的充电时长  $T_{w,i}^{\text{充}}$ :

$$T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}} \quad \forall w \in [1, n] , \quad 4-1$$

式 4-1 中,  $P_w^{\text{out}}$ 表示充电桩  $j_w$  的恒定输出功率,  $TP_w$ 为采用方法十预估得到的电动汽车*i*在充电桩  $j_w$  的预约分配电量。

方法五、按以下公式 5-1 预估电动汽车*i*在充电桩  $j_w$  的排队等待充电时长  $T_{w,i}^{\text{排}}$ :

$$T_{w,i}^{\text{排}} = t_{w,i}^{\text{充}} - t_w \quad 5-1$$

式 5-1 中,  $t_{w,i}^{\text{充}}$ 为采用方法十预估得到的预约开始充电时刻,  $t_w$ 为采用方法六预估得到的电动汽车*i*到达充电桩  $j_w$  的时刻。

方法六、按以下公式 6-1 预估电动汽车*i*到达充电桩  $j_w$  的时刻 $t_w$ :

$$t_w = t_0 + \text{在先预约充电时长的总和} + \text{在先排队等待充电时长的总和} + t_{0,w} \quad \forall w \in [1, n] , \quad 6-1$$

式 6-1 中,  $t_0$ 表示电动汽车*i*出发时刻,  $t_{0,w}$ 表示电动汽车*i*从出发地 O 沿路径 $l_z$ 到达充电桩  $j_w$  的行驶时长,  $t_{0,w}$ 为采用方法二预估从出发地 O 沿路径 $l_z$ 到充电桩  $j_w$  的各分段路径行驶时间再进行累计而得; 在先预约充电时长的总和指的是电动汽车*i*从出发地 O 沿路径 $l_z$ 到达充电桩  $j_w$  时, 已经在沿途其他充电桩预约充电的充电时长总和, 沿途其他充电桩的充电时长分别采用方法四而得; 在先排队等待充电时长的总和指的是电动汽车*i*从出发地 O 沿路径 $l_z$ 到达充电桩  $j_w$  时, 已经在沿途其他充电桩预约充电的排队等待充电时长总和, 沿途其他充电桩的排队等待充电时长分别采用方法五而得。

**方法七、按以下公式 7-1 预估电动汽车*i*在到达充电桩  $j_w$  时刻 $t_w$ 的剩余电量 $RE_i(t_w)$ :**

$$RE_i(t_w) = bat\_cap_{str} + \text{在先预约分配电量总和} - EC_{0,w} \quad \forall w \in [1, n] , \quad 7-1$$

式 7-1 中,  $bat\_cap_{str}$ 为电动汽车*i*的初始剩余电量; 在先预约分配电量总和是指电动汽车*i*从出发地 O 沿路径 $l_z$ 到达充电桩  $j_w$  时已经在沿途其他充电桩预约分配的电量总和, 沿途其他充电桩的预约分配电量分别采用方法十预估;  $EC_{0,w}$ 表示从电动汽车*i*从出发地 O 沿路径 $l_z$ 到达充电桩  $j_w$  的能耗,  $EC_{0,w}$ 为采用方法三预估电动汽车*i*的分段路径耗能再进行累计而得。

**方法八、预估充电桩  $j_w$  的综合储能电量 $E(t_2 - t_1)$ :**

本发明的充电桩, 如果是储能式充电桩, 则储能式充电桩供电电量来源为新月能源发电, 包括太阳能发电、风能发电的一种或多种, 也可以包括向电网购电的互补式储能。

充电桩  $j_w$  的综合储能电量 $E(t_2 - t_1)$ 用下式 8-1 表示:

$$E(t_2 - t_1) = \int_{t_1}^{t_2} p_{蓄}(t) \times d(t) \quad 8-1$$

式 8-1 的约束条件:  $E(t_2 - t_1) \leq E_{额}$ ; 其中 $E_{额}$ 为充电桩  $j_w$  储能电池的额定电量;  $t_1$ 为储能开始时刻;  $t_2$ 为储能结束时刻;  $p_{蓄}(t)$ 为预测  $t$  时刻储能充电桩  $j_w$  的储能功率; 若储能式充电桩供电电量来源是太阳能发电, 则 $p_{蓄}(t)$ 为预测  $t$  时刻太阳能发电的输出功率, 由现有技术方法预测获得; 若储能式充电桩供电电量来源是风能发电, 则 $p_{蓄}(t)$ 为预测  $t$  时刻风能发电的输出功率, 由现有技术方法预测获得; 若储能式充电桩供电电量来源是向电网购电的互补式储能, 则 $p_{蓄}(t)$ 为电网的恒定输出功率; 若储能式充电桩供电电量来源是太阳能发电、风能发电或向电网购电的互补式储能中多种供电来源的联合发电, 则 $p_{蓄}(t)$ 为联合发电的输出功

率。

由于太阳能或风力发电与天气、光照等因素密切相关，为了提高预估准确性，每经过一个 $\Delta t$ 时间，调度系统平台重新预估充电桩  $j_w$  的综合储能电量  $E(t_2 - t_1)$ 。

**方法九：公布**储能充电桩  $j_w$  的空闲时间段的类型及对应的可分配电量的方法，步骤如下：

(9.1)、储能充电桩  $j_w$  建立并存储预约服务列表，预约服务列表的字段内容包括电动汽车用户名、电动汽车牌号、车型、预约开始充电时刻及对应于此时刻的充电桩剩余电量、预约充电结束时刻及对应于此时刻的充电桩剩余电量、预约分配电量、充电时长、空闲时间段的类型及对应的可分配电量；

(9.2) 空闲时间段分为储能充电桩  $j_w$  的储能时段和可分配电量空闲时段两种类型，分别按步骤 (9.3) 或步骤 (9.4) 公布空闲时间段的类型及对应的可分配电量。

所述储能充电桩  $j_w$  的储能时段是指：为了不能影响该储能时段后已经预约充电的其他车的充电量和预约充电起止时刻，空闲时间段不能安排电动汽车充电仅作为本桩储能时段，所述储能充电桩  $j_w$  的储能时段包括储能起始时间和储能结束时间；

所述可分配电量空闲时段是储能充电桩  $j_w$  在预约服务列表中所有空闲时间段排除储能时段后的余下空闲时段，包括可分配电量空闲时段的电动汽车充电起始时间和充电结束时间；

(9.3) 储能充电桩  $j_w$  的储能时段的公布方法如下：

查找储能充电桩  $j_w$  预约服务列表的空闲时间段，如图 1 所示，若空闲时间段  $[t_1^\circ, t_2]$  前后均已经有车预约充电，如有前车  $i_1$  已经在  $[t_1, t_1^\circ]$  时间段预约充电，预约分配电量为  $TP_1$ ；有前车  $i_2$  已经在  $[t_2, t_2^\circ]$  时间段预约充电，预约分配电量为  $TP_2$ ；其中  $t_1$ 、 $t_1^\circ$  分别对应为前车  $i_1$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻， $t_2$ 、 $t_2^\circ$  分别为对应前车  $i_2$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻； $t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ$ 。 $E(t_1)$ 、 $E(t_1^\circ)$ 、 $E(t_2)$ 、 $E(t_2^\circ)$  一一对应为预估在  $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 、 $t_2$ 、 $t_2^\circ$  时刻储能充电桩  $j_w$  的剩余电量。当满足下面公式 9-1 时，公布  $[t_1^\circ, t_2]$  为储能充电桩  $j_w$  的储能时段，该储能时段不能安排任何车辆预约充电或充电，此时， $t_1^\circ$  为储能充电桩  $j_w$  的储能起始时间， $t_2$  为储能充电桩  $j_w$  的储能结束时间。

$$\begin{cases} 0 \leq E(t_2) \leq E_{\text{额}} \text{ 且 } E(t_2) = TP_2 \\ E(t_2) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \\ t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ \end{cases} \quad 9-1$$

式 9-1 中， $E_{\text{额}}$  为储能充电桩  $j_w$  储能电池的额定电量； $p_{\text{蓄}}(t)$  为预测  $t$  时刻储能充电桩  $j_w$  的

储能功率，如方法八由现有技术方法预测获得；

每经过一个 $\Delta t$ 时间，调度系统平台重新预估式 9-1 中充电桩  $j_w$  的综合储能电量  $\int_{t_1^{\circ}}^{t_2^{\circ}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t)$ ，并按式 9-1 重新估算和公布，更新充电桩  $j_w$  的预约服务列表。

(9.4) 储能充电桩  $j_w$  的可分配电量空闲时段的公布方法，步骤如下：

首先，查找储能充电桩  $j_w$  预约服务列表全部的空闲时间段，排除步骤 (9.3) 所公布的储能时段后，其余空闲时间段即为可分配电量空闲时段。

其次，对可分配电量空闲时段按一固定时长 $\rho$ 进行时点的划分， $\rho$ 为自定义的常量，如有可分配电量空闲时段为 9: 00--10: 15， $\rho$ 自定义 30 分钟，则该时段可划分为 9: 00、9: 30、10: 00、10: 15 四个时点，分别公布每个时点电动汽车的最晚充电结束时间及可分配电量。公布方法如下：

设可分配电量空闲时段为 $[t_1^{\circ}, t_2^{\circ}]$ ，可划分为 $t_1^{\circ}$ 、 $(t_1^{\circ} + \rho)$ 、 $(t_1^{\circ} + 2 \times \rho)$ 、... $t_1^{\circ} + k \times \rho$ 、 $(t_1^{\circ} + (k + 1) \times \rho)$ 、... $t_2^{\circ}$ ， $k = 0, 1, 2, 3, \dots, \exists k \in \mathbb{N}$  若干个时点。又设电动汽车在可分配电量空闲时段的预约开始充电时刻为 $(t_1^{\circ} + k \times \rho)$ 时点，若可分配电量空闲时间段 $[t_1^{\circ}, t_2^{\circ}]$ 前后均已经有车预约充电，如有前车 $i_1$ 已经在 $[t_1, t_1^{\circ}]$ 时间段预约充电，预约分配电量为 $TP_1 = E(t_1^{\circ}) - E(t_1)$ ；有其它前车 $i_2$ 已经在 $[t_2, t_2^{\circ}]$ 时间段预约充电，预约分配电量为 $TP_2 = E(t_2^{\circ}) - E(t_2)$ ；其中 $t_1$ 、 $t_1^{\circ}$ 分别对应为前车 $i_1$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻， $t_2$ 、 $t_2^{\circ}$ 分别为对应其它前车 $i_2$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻； $t_1 < t_1^{\circ} < t_2 < t_2^{\circ}$ 。 $E(t_1)$ 、 $E(t_1^{\circ})$ 、 $E(t_2)$ 、 $E(t_2^{\circ})$ 一一对应为预估在 $t_1$ 、 $t_1^{\circ}$ 、 $t_2$ 、 $t_2^{\circ}$ 时刻储能充电桩  $j_w$  的剩余电量。则储能充电桩  $j_w$  公布的可分配电量空闲时段须满足下式 9-2：

$$TP_2 \leq E(t_1^{\circ}) + \int_{t_1^{\circ}}^{t_1^{\circ} + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - P_w^{\text{out}} \times (t_3^{\circ} - (t_1^{\circ} + k \times \rho)) + \int_{t_3^{\circ}}^{t_2^{\circ}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \quad 9-2$$

$$\text{式 9-2 的约束条件: } \begin{cases} 0 \leq E(t_2^{\circ}) \leq E_{\text{额}} \\ 0 \leq E(t_2) \leq E_{\text{额}} \\ 0 \leq E(t_1^{\circ}) + \int_{t_1^{\circ}}^{t_1^{\circ} + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \leq E_{\text{额}} \\ P_w^{\text{out}} \times (t_3^{\circ} - (t_1^{\circ} + k \times \rho)) \leq E(t_1^{\circ}) + \int_{t_1^{\circ}}^{t_1^{\circ} + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \\ t_1 < t_1^{\circ} \leq (t_1^{\circ} + k \times \rho) < t_3^{\circ} < t_2 < t_2^{\circ} \end{cases}$$

式 9-2 及其约束条件中， $p_{\text{蓄}}(t)$ 为预测  $t$  时刻储能充电桩  $j_w$  的储能功率，如方法八由现有

技术方法预测获得； $P_w^{out}$ 为储能充电桩 $j_w$ 的恒定输出功率， $E_{额}$ 为储能充电桩 $j_w$ 储能电池的额定电量。

由式 9-2 及其约束条件可求得电动汽车最晚充电结束时间 $t_3^{\circ}$ ， $[t_3^{\circ}, t_2]$ 为储能充电桩 $j_w$ 储能时段。

储能充电桩 $j_w$ 在可分配电量空闲时间段 $[t_1^{\circ}, t_2]$ 内 $(t_1^{\circ} + k \times \rho)$ 时点的对应可分配电量 $Q_w(t)$ 按以下方程组 9-3 估算：

$$\begin{cases} Q_w(t) = E(t_1^{\circ}) + \int_{t_1^{\circ}}^{t_1^{\circ} + k \times \rho} p_{蓄}(t) \times d(t), & \text{当 } (t_1^{\circ} + k \times \rho) < t^{\circ} \\ Q_w(t) = E_{额}, & \text{当 } t^{\circ} \leq (t_1^{\circ} + k \times \rho) < t_3^{\circ} \text{ 且 } (t_3^{\circ} - (t_1^{\circ} + k \times \rho)) > \left(\frac{E_{额}}{P_w^{out}}\right) \\ Q_w(t) = P_w^{out} \times (t_3^{\circ} - (t_1^{\circ} + k \times \rho)), & \text{当 } t^{\circ} \leq (t_1^{\circ} + k \times \rho) \text{ 且 } (t_3^{\circ} - (t_1^{\circ} + k \times \rho)) \leq \left(\frac{E_{额}}{P_w^{out}}\right) \end{cases} \quad 9-3$$

方程组 9-3 中， $k = 0, 1, 2, 3, \dots, \exists k \in \mathbb{N}$ ； $t^{\circ}$ 表示如果储能充电桩 $j_w$ 储能达到额定电量的时刻，其余变量的定义同式 9-2 及其约束条件。

在储能充电桩 $j_w$ 的预约服务列表中公布该可分配电量空闲时段 $[t_1^{\circ}, t_2]$ 内 $(t_1^{\circ} + k \times \rho)$ 时点的对应可分配电量 $Q_w(t)$ 。其余时点比照 $(t_1^{\circ} + k \times \rho)$ 时点公布方法公布。

每经过一个 $\Delta t$ 时间，调度系统平台分别重新预估式 9-2 中充电桩 $j_w$ 的综合储能电量 $\int_{t_1^{\circ}}^{t_1^{\circ} + k \times \rho} p_{蓄}(t) \times d(t)$ 和 $\int_{t_3^{\circ}}^{t_2} p_{蓄}(t) \times d(t)$ ，并按式 9-2 及其约束条件、式 9-3 重新估算和公布，更新充电桩 $j_w$ 的预约服务列表。

**方法十、分别预估充电桩 $j_w$ 能提供给电动汽车 $i$ 的可分配电量 $Q_w(i)$ 、电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{充}$ 、电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约充电时长 $T_{w,i}^{充}$ 和电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ ：**

预估方法 1、当充电桩 $j_w$ 为储能式充电桩时，预估方法具体步骤如下：

(10-1-1)、首先设置电动汽车 $i$ 到达充电桩 $j_w$ 的时刻 $t_w$ 之后的排队等待时限 $\sigma$ ， $\sigma$ 为自定义时长值；

(10-1-2)、查充电桩 $j_w$ 的预约服务列表在 $t_w$ 至 $t_w + \sigma$ 之间充电桩 $j_w$ 的空闲时间段，根据方法九公布的空闲时间段类型，如果查到的空闲时间段类型都为储能时段，则充电桩 $j_w$ 能提供供给电动汽车 $i$ 的可分配电量 $Q_w(i) = 0$ ，充电桩 $j_w$ 不能让电动汽车 $i$ 预约充电，即预约分配电

量即 $TP_w = 0$ ；如果查到的空闲时间段类型是可分配电量空闲时段则转去执行步骤（10-1-3）；

（10-1-3）、查找充电桩 $j_w$ 预约服务列表中的可分配电量空闲时段，设该可分配电量空闲时段前有前车 $i_1$ 已经在 $[t_1, t_1^\circ]$ 时间段预约充电，其中 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 分别对应为前车 $i_1$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻， $E(t_1)$ 、 $E(t_1^\circ)$ 一一对应为在 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 时刻充电桩 $j_w$ 的剩余电量，前车 $i_1$ 的预约分配电量为 $TP_1 = E(t_1^\circ) - E(t_1)$ ；在 $t_1^\circ$ 之后尚无任何车预约充电，即该可分配电量空闲时段为无限长，记为 $[t_1^\circ, \infty)$ ，如果不是无限长则转去执行步骤（10-1-4）。

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}}$ 按下式 10-1 估算：

$$t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^\circ, t_w) \quad 10-1$$

充电桩 $j_w$ 在可分配电量空闲时段 $[t_1^\circ, \infty)$ 内的可分配电量 $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ 按以下方程组 10-2 估算：

$$\begin{cases} Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \, dt, & \text{当 } t_1^\circ \leq t_{w,i}^{\text{充}} \leq t_{\text{额}} \\ Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E_{\text{额}} & \text{当 } t_{w,i}^{\text{充}} > t_{\text{额}} \end{cases} \quad 10-2$$

方程组 10-2 的约束条件如下：

$$0 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \, dt \leq E_{\text{额}}$$

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的时段 $[t_1^\circ, \infty)$ 内的预约分配电量 $TP_w$ 按式 10-3 估算：

$$TP_w = \min\left(Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}), (bat\_cap_i - RE_i(t_w))\right) \quad 10-3$$

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约充电时长 $T_{w,i}^{\text{充}}$ 按式 10-4 估算：

$$T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}} \quad 10-4$$

充电桩 $j_w$ 对应预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}}$ 的剩余电量为 $E(t_{w,i}^{\text{充}}) = Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ ，充电桩 $j_w$ 对应预约充电结束时刻 $t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}$ 的剩余电量为 $E(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_{w,i}^{\text{充}}) - TP_w$ ；

步骤（10-1-3）以上各式的变量统一定义如下： $t_{w,i}^{\text{充}}$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻； $t_w$ 为预估电动汽车 $i$ 到达充电桩 $j_w$ 的时刻； $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ 为预估充电桩 $j_w$ 在 $[t_1^\circ, \infty)$ 内

的可分配电量;  $E(t_1^\circ)$ 为预估对应前车 $i_1$ 的预约充电结束时刻 $t_1^\circ$ 充电桩 $j_w$ 的剩余电量;  $p_{\text{蓄}}(t)$ 为预测对应 $t$ 时刻充电桩 $j_w$ 的储能功率,如方法八通过现有技术预测方法获得;  $\int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t)$ 表示如方法八预测充电桩 $j_w$ 在时间段 $[t_1^\circ, t_{w,i}^{\text{充}}]$ 的综合储能电量;  $P_w^{\text{out}}$ 为充电桩 $j_w$ 的恒定输出功率;  $E_{\text{额}}$ 为充电桩 $j_w$ 储能电池的额定电量;  $t_{\text{额}}$ 为在 $[t_1^\circ, \infty)$ 内充电桩 $j_w$ 储能达到额定电量 $E_{\text{额}}$ 的时刻;  $bat\_cap_i$ 为电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量,  $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车 $i$ 在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量;  $TP_w$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的 $[t_1^\circ, \infty)$ 内的预约分配电量;  $T_{w,i}^{\text{充}}$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约充电时长。

(10-1-4)、如图2所示,设有前车 $i_1$ 已经在 $[t_1, t_1^\circ]$ 时间段在充电桩 $j_w$ 预约充电,预约分配电量为 $TP_1$ ;有前车 $i_2$ 已经在 $[t_2, t_2^\circ]$ 时间段在充电桩 $j_w$ 预约充电,预约分配电量为 $TP_2$ ;其中 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 分别对应为前车 $i_1$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻,  $t_2$ 、 $t_2^\circ$ 分别对应为前车 $i_2$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻;  $t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ$ 。 $E(t_1)$ 、 $E(t_1^\circ)$ 、 $E(t_2)$ 、 $E(t_2^\circ)$ 一一对应为预估在 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 、 $t_2$ 、 $t_2^\circ$ 时刻充电桩 $j_w$ 的剩余电量,均由查充电桩 $j_w$ 预约服务列表获得。充电桩 $j_w$ 在可分配电量空闲时段 $[t_1^\circ, t_2]$ 允许电动汽车 $i$ 插队预约充电的前提条件,是不能影响已经预约在该时间段 $[t_1^\circ, t_2]$ 后充电的其他前车的预约分配电量和预约充电起止时刻;比照方法九,即充电桩 $j_w$ 在预约充电时段 $[t_2, t_2^\circ]$ 的充放电首先须满足下式 10-5:

$$TP_2 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) + \int_{t_3^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \quad 10-5$$

$$\text{式 10-5 的约束条件: } \begin{cases} E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) + \int_{t_3^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \leq E_{\text{额}} \\ 0 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \leq E_{\text{额}} \\ P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \\ t_1 < t_1^\circ \leq t_{w,i}^{\text{充}} < t_3^\circ < t_2 < t_2^\circ \end{cases}$$

由式 10-5 及其约束条件可推算出,当充电桩 $j_w$ 允许电动汽车 $i$ 在该可分配电量空闲时段 $[t_1^\circ, t_2]$ 插队预约充电时,电动汽车 $i$ 的最晚充电结束时刻 $t_3^\circ$ 。

则充电桩 $j_w$ 在该可分配电量空闲时段 $[t_1^\circ, t_2]$ 的可分配电量 $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ 按如下方程组 10-6

预估:

$$\begin{cases} Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_1^{\circ}) + \int_{t_1^{\circ}}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t), & \text{当 } t_{w,i}^{\text{充}} < t^{\text{额}} \\ Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E^{\text{额}}, & \text{当 } t^{\text{额}} \leq t_{w,i}^{\text{充}} < t_3^{\circ} \text{ 且 } (t_3^{\circ} - t_{w,i}^{\text{充}}) > \left(\frac{E^{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \\ Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = P_w^{\text{out}} \times (t_3^{\circ} - t_{w,i}^{\text{充}}), & \text{当 } t^{\text{额}} \leq t_{w,i}^{\text{充}} < t_3^{\circ} \text{ 且 } (t_3^{\circ} - t_{w,i}^{\text{充}}) \leq \left(\frac{E^{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \end{cases} \quad 10-6$$

上式 10-5 和式 10-6 中, 电动汽车*i*在充电桩  $j_w$  的预约开始充电时刻  $t_{w,i}^{\text{充}}$ , 按下式 10-7 估算:

$$t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^{\circ}, t_w) \quad 10-7$$

根据式 10-6 所得  $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ , 电动汽车*i*在充电桩  $j_w$  的  $[t_1^{\circ}, t_2]$  内的预约分配电量  $TP_w$  按下式 10-8 估算:

$$TP_w = \min\left(Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}), (bat\_cap_i - RE_i(t_w))\right) \quad 10-8$$

由式 10-8 所得  $TP_w$ , 电动汽车*i*在充电桩  $j_w$  的预约充电时长  $T_{w,i}^{\text{充}}$  按下式 10-9 估算:

$$T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}} \quad 10-9$$

如果还有其他前车比电动汽车*i*先在充电桩  $j_w$  预约充电, 但是预约充电的时间在前车  $i_2$  预约充电时段  $[t_2, t_2^{\circ}]$  之后, 则充电桩  $j_w$  允许电动汽车*i*在该可分配电量空闲时段  $[t_1^{\circ}, t_2]$  插队预约充电的条件除了要保证前车  $i_2$  在预约充电时段  $[t_2, t_2^{\circ}]$  的预约分配电量  $TP_2$  不变, 还要保证所有所述的其他前车的预约起止时间和预约分配电量不变, 具体方法如下:

设还有其他前车  $i_4$  比电动汽车*i*先预约在  $[t_4, t_4^{\circ}]$  时间段充电,  $t_4$ 、 $t_4^{\circ}$  分别对应前车  $i_4$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻, 预约分配电量为  $TP_4$ , 其中  $t_2 < t_2^{\circ} < t_4 < t_4^{\circ}$ ; 则  $TP_w$  还要满足以下公式 10-10:

$$TP_4 \leq E(t_1^{\circ}) + \int_{t_1^{\circ}}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - TP_w + \int_{t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - TP_2 + \int_{t_2^{\circ}}^{t_4} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \quad 10-10$$

如果  $TP_w$  不满足式 10-10, 则减少  $TP_w$ , 相应的  $T_{w,i}^{\text{充}}$  按式 10-9 推算也减少但  $t_{w,i}^{\text{充}}$  保持不变, 直到满足式 10-10;

如果前车  $i_4$  的预约充电时段  $[t_4, t_4^{\circ}]$  之后依次还有其他前车  $i_5$ 、 $i_6$ ..... 均比电动汽车*i*先在充

充电桩  $j_w$  预约充电，则分别比照前车  $i_4$  的方法处理。直到  $TP_w$  能保证所有所述的其他前车  $i_2$ 、 $i_4$ 、 $i_5$ 、 $i_6$ .....的预约分配电量不变。如果  $TP_w$  减少到预设的阈值，但均不能保证所有所述的其他前车的预约分配电量不变，则充电桩  $j_w$  不允许电动汽车  $i$  在空闲时间段  $[t_1^\circ, t_2]$  插队预约充电，即令预约分配电量  $TP_w = 0$ 。

如果最终所得的  $TP_w \neq 0$ ，则充电桩  $j_w$  对应预约开始充电时刻  $t_{w,i}^{\text{充}}$  的剩余电量为

$$E(t_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t), \text{ 充电桩 } j_w \text{ 对应预约充电结束时刻 } t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}} \text{ 的剩余电量为 } E(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_{w,i}^{\text{充}}) - TP_w。$$

步骤 (10-1-4) 以上各式的变量统一定义如下： $TP_2$  为前车  $i_2$  在预约充电时段  $[t_2, t_2^\circ]$  的预约分配电量； $E(t_1^\circ)$  为对应前车  $i_1$  的预约充电结束时刻  $t_1^\circ$  充电桩  $j_w$  的剩余电量； $p_{\text{蓄}}(t)$  为预测对应  $t$  时刻充电桩  $j_w$  的储能功率，通过现有技术预测方法获得； $p_w^{\text{out}}$  为充电桩  $j_w$  的恒定输出功率； $t_{w,i}^{\text{充}}$  为电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约开始充电时刻； $t_w$  为预估电动汽车  $i$  到达充电桩  $j_w$  的时刻； $E_{\text{额}}$  为充电桩  $j_w$  储能电池的额定电量； $t_3^\circ$  为充电桩  $j_w$  允许电动汽车  $i$  插队预约充电时电动汽车  $i$  的最晚充电结束时刻； $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$  为预估充电桩  $j_w$  在  $[t_1^\circ, t_2]$  内的可分配电量； $t^{\text{额}}$  为预估在  $[t_1^\circ, t_2]$  内充电桩  $j_w$  储能达到额定电量  $E_{\text{额}}$  的时刻； $bat\_cap_i$  为电动汽车  $i$  动力电池的额定电量， $RE_i(t_w)$  为预估电动汽车  $i$  在到达充电桩  $j_w$  时刻  $t_w$  的剩余电量； $TP_w$  为电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的  $[t_1^\circ, t_2]$  内的预约分配电量； $T_{w,i}^{\text{充}}$  为电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约充电时长； $TP_4$  为前车  $i_4$  在  $[t_4, t_4^\circ]$  时间段的预约分配电量。

(10-1-5)、每经过一个  $\Delta t$  时间，调度系统平台根据充电桩  $j_w$  重新更新的预约服务列表，从步骤 (10-1-2) 开始执行至步骤 (10-1-4)，重新预估预约分配电量  $TP_w$ 。

预估方法 2、当充电桩  $j_w$  为电网直供充电桩时，具体预估方法如下：

(10-2-1)、首先设置电动汽车  $i$  到达充电桩  $j_w$  的时刻  $t_w$  之后的排队等待时限  $\sigma$ ， $\sigma$  为自定义时长值；预估方法 2 以下各变量的定义同预估方法 1。

(10-2-2)、根据充电桩  $j_w$  的预约服务列表查找电动汽车  $i$  到达充电桩  $j_w$  的时刻  $t_w$  至  $t_w + \sigma$  之间是否有空闲时间段；如果没有空闲时间段，则预估充电桩  $j_w$  能提供给电动汽车  $i$  的可分

配电量 $Q_w(i)=0$ ；电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w=0$ 。如果有空闲时间段则转去执行步骤（10-2-3）。

（10-2-3）、如果空闲时间段同步骤（10-1-3）的无限长，记为 $[t_1^\circ, \infty)$ ，其中 $t_1^\circ$ 对应为前车 $i_1$ 的预约充电结束时刻且 $t_1^\circ$ 之后无其他前车预约充电。预估充电桩 $j_w$ 能提供给电动汽车 $i$ 的可分配电量 $Q_w(i)$ 无限大。

则电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ 按式 10-11 估算：

$$TP_w = bat\_cap_i - RE_i(t_w) \quad 10-11$$

式 10-11 中， $bat\_cap_i$ 为电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量， $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车 $i$ 在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量；

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^\circ, t_w)$ 。

预约充电时长 $T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}}$ 。

（10-2-4）、如果空闲时间段是有限长 $[t_1^\circ, t_2]$ ，即有前车 $i_1$ 已经在 $[t_1, t_1^\circ]$ 时间段在充电桩 $j_w$ 预约充电，预约分配电量为 $TP_1$ ；有前车 $i_2$ 已经在 $[t_2, t_2^\circ]$ 时间段在充电桩 $j_w$ 预约充电，预约分配电量为 $TP_2$ ；其中 $t_1, t_1^\circ$ 分别对应为前车 $i_1$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻， $t_2, t_2^\circ$ 分别为前车 $i_2$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻； $t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ$ 。电网直供充电桩的空闲时间段都是电动汽车可充电的时间段，故充电桩 $j_w$ 能提供给电动汽车 $i$ 的可分配电量 $Q_w(i)$ 用充电桩 $j_w$ 的可充电时间段 $[t_1^\circ, t_2]$ 代替。

则按以下式 10-12 估算电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ ：

$$TP_w = \min \left\{ (bat\_cap_i - RE_i(t_w)), P_w^{\text{out}} \times (t_2 - t_{w,i}^{\text{充}}) \right\} \quad 10-12$$

式 10-12 中， $bat\_cap_i$ 为电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量， $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车 $i$ 在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量； $P_w^{\text{out}}$ 为充电桩 $j_w$ 的恒定输出功率； $t_{w,i}^{\text{充}}$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻。

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约充电时长 $T_{w,i}^{\text{充}} = t_2 - t_{w,i}^{\text{充}}$ ；

对于电网直供充电桩，其预约服务列表可以不予考虑充电桩 $j_w$ 对应各时刻的剩余电量。通过此方法利用到达时间匹配及能量时分化实现储能充电桩与电网直供充电桩的融合使用，提高了充电桩网络的完整性，奠定了快充网的基础。

## 实施例 1

本实施例全路网的充电桩的类型包括现有的储能充电桩，也可以包括由电网直接提供给电动运载工具充电的现有电网直供充电桩。储能充电桩的供电来源可以是新能源发电或向电网购电的互补式储能中的一种或多种，新能源发电包括太阳能发电、风能发电。电动运载工具通过储能充电桩进行直流充电简称快充；储能充电桩内部有自动切换工作模式的控制模块，当有电动运载工具连接充电桩进行充电时，控制模块控制切换为充电桩放电工作模式；当无电动运载工具连接充电时，控制模块控制自动切换为充电桩储能工作模式。

兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，本实施例电动运载工具为电动汽车，包括以下步骤：

1)、全网所有的充电桩分别通过无线网络或有线通信网络与所述调度系统平台连接，并向所述调度系统平台提交本桩状态信息，包括：本充电桩位置、本桩类型、本充电桩储能电池的额定电量 $E_{\text{额}}$ 、若为储能充电桩则提交本充电桩实时储能电量、本充电桩实时占用状态。电动汽车用户出发前，通过无线网络或有线通信网络连接调度系统平台，向所述调度系统平台提出从出发地 O 到目的地 D 的电量申请预约，所述电量申请预约包括以下信息：电动汽车车型、出发时刻 $t_0$ 、出发地 O、目的地 D 及出发时刻电动汽车动力电池的初始剩余电量 $bat\_cap_{str}$ 、电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量 $bat\_cap_i$ 。

2)、所述调度系统平台在现有地图如 GIS 上寻找从出发地 O 到目的地 D 的最短路径 $l_z$ ， $z=1$ ；

3) 所述调度系统平台根据各充电桩提交的本桩状态信息，以及电动汽车用户提交的电量预约申请，判断当所述电动汽车选择在所述最短路径 $l_z$ 沿途一个或多个充电桩分别预约充电，在各预约充电桩的预约分配电量是否满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求；若“是”则执行步骤 4)，若“否”则转去执行步骤 5)；

4) 所述调度系统平台为所述电动汽车生成全程预约方案，所述全程预约方案包括为所述电动汽车指派所述最短路径 $l_z$ 上各预约充电桩及对应的预约分配电量、预约充电起止时刻，且返回预约成功的信息给所述电动汽车用户，结束本次预约；当所述电动汽车从出发地 O 出发后，所述调度系统平台按所述全程预约方案引导所述电动汽车出行及充电；

5)、所述调度系统平台排除所述最短路径 $l_z$ ， $z = z + 1$ ，从出发地 O 到目的地 D 的剩余路径中再寻找新的最短路径 $l_z$ ，如果找到所述新的最短路径 $l_z$ 则循环执行步骤 3) 至 5)，如果找不到新的最短路径 $l_z$ 则返回预约失败的信息给所述电动汽车用户。

作为实施例 1 的一种变化，步骤 3) 如果该路径沿途各预约充电桩的预约分配电量无法满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求，则派移动充电车前往该路径补充电动汽车的预约分配电量，直到满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求。

寻找最短路径的方法除了从电子地图获取，还可以采用 *dijkstra* 算法等多种传统算法进行推算。现在的电子导航地图也在考虑路况之后提供最快到达路径，也可最为最短路径的替代用本发明进行验算。

按本实施例方法规划出来的最短路径符合能量消耗节约的要求，也符合用户需求和低碳社会需求。

## 实施例 2

本实施例全路网的充电桩同实施例 1。

兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，本实施例电动运载工具为电动汽车，包括以下步骤：

1)、路网所有的充电桩分别通过无线通信网络或有线通信网络与调度系统平台连接，电动汽车客户端通过无线通信网络或有线通信网络与调度系统平台连接；

路网所有的充电桩分别向调度系统平台提交本桩状态信息，包括：本充电桩位置、本桩类型、本充电桩储能电池的额定电量 $E_{\text{额}}$ 、本充电桩实时占用状态、若为储能充电桩则提交本充电桩实时储能电量。电动汽车*i*出发前，电动汽车*i*的电动汽车客户端向调度系统平台提出预约申请，所述预约申请包括以下信息：电动汽车用户名、电动汽车牌号、车型、出发时刻 $t_0$ 、出发地 O、目的地 D 及出发时刻电动汽车动力电池的初始剩余电量 $bat\_cap_{str}$ 、电动汽车*i*动力电池的额定电量 $bat\_cap_i$ ；调度系统平台分别为每个充电桩建立并存储预约服务列表，预约服务列表的字段内容包括电动汽车用户名、电动汽车牌号、车型、预约开始充电时刻及对应的充电桩剩余电量、预约充电结束时刻及对应的充电桩剩余电量、预约分配电量、充电时长、空闲时间段类型及对应的可分配电量；

2)、寻找最短路径 $l_z$ ：由所述调度系统平台通过现有地图如 GIS 获得从出发地 O 到目的地 D 的路径集合 $L = \{l_1, \dots, l_a\}$ 中的最短路径 $l_z$ ， $z=1, \exists z \in [1, a]$ ；

3)、由以上方法一得路径 $l_z$ 沿途分布的充电桩有向序列矩阵 $(j_1, j_2, \dots, j_n)^T$ ，则电动汽车*i*可选择充电的充电桩组合有 $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$ 种，从中选择任意一种充电桩组合，假设为 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ ，电动汽车*i*在 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ 中每一个充电桩均预约充电。

4)、对所选的充电桩组合 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ , 用 $(j_{x0}, j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk}, j_{xk+1})^T$ 表示路径 $l_z$ 的分段点有向序列矩阵, 其中 $j_{x0}$ 对应为出发地 O,  $j_{xk+1}$ 对应为目的地 D, 其余一一对应为 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ 中的充电桩。

假设电动汽车*i*从出发地 O 沿路径 $l_z$ 依序到达 $(j_{x0}, j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk}, j_{xk+1})^T$ 中各分段点, 分别按以上方法三预估电动汽车*i*分段路径耗能; 依序对 $(j_{x0}, j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk}, j_{xk+1})^T$ 中每一个充电桩 $j_w, \forall w \in [x1, xk]$ , 分别按以上方法六预估电动汽车*i*到达充电桩 $j_w$ 的时刻 $t_w$ , 分别按以上方法七预估电动汽车*i*在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量 $RE_i(t_w)$ ; 分别按以上方法十预估电动汽车*i*在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ 、电动汽车*i*在充电桩 $j_w$ 的充电时长 $T_{w,i}^{\text{充}}$ 、电动汽车*i*在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}}$ 及对应的充电桩剩余电量 $E(t_{w,i}^{\text{充}})$ 、预约充电结束时刻 $(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}})$ 及对应的充电桩剩余电量 $E(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}})$ 。

5)、若充电桩组合 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ 中的每一个充电桩 $j_w$ , 按步骤 4) 所得的电动汽车*i*从当前分段点到下一个分段点的耗能 $EC_{w,w+1}$ 、电动汽车*i*到达充电桩 $j_w$ 的时刻 $t_w$ 、电动汽车*i*在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量 $RE_i(t_w)$ 、电动汽车*i*在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ 均满足以下不等式组 2-1-1, 则该充电桩组合 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ 能使该最短路径 $l_z$ 满足电动汽车*i*的全程续航要求, 否则转去执行步骤 6)。

$$\begin{cases} RE_i(t_w) + TP_w \geq EC_{w,w+1} \\ bat\_cap_{str} + \sum_{w=x1}^{xk} TP_w \geq EC_{0,n+1} \end{cases} \quad \forall w \in [x1, xk], \quad 2-1-1$$

不等式组 2-1-1 中,  $bat\_cap_{str}$ 为电动汽车*i*出发时刻 $t_0$ 动力电池的初始剩余电量;

$\sum_{w=x1}^{xk} TP_w$ 表示电动汽车*i*在充电桩组合 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ 中的所有预约充电桩的预约分配电量总和;  $EC_{0,n+1}$ 表示电动汽车*i*从出发地 O 沿最短路径 $l_z$ 到达目的地 D 的全程能耗, 为采用以上方法三预估电动汽车*i*的分段路径耗能后累计而得。

当最短路径 $l_z$ 满足全程续航要求则生成全程预约方案, 结束本次预约; 全程预约方案包括指派最短路径 $l_z$ 沿途分布的充电桩组合 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ 为电动汽车*i*依序预约充电, 一一对应预约分配电量为 $(TP_{x1}, TP_{x2}, \dots, TP_{xk})^T$ , 以及各预约充电桩的预约充电起止时刻。并根据所述全程预约方案和步骤 4) 所得更新 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ 中的每一个充电桩 $j_w$ 的预约服

务列表。当所述电动汽车从出发地  $O$  出发后，所述调度系统平台按所述全程预约方案引导所述电动汽车出行及充电。

6) 若充电桩组合  $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$  不能使路径  $l_z$  满足电动汽车  $i$  的全程续航要求，则从步骤 3) 的  $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$  种电动汽车  $i$  可选择充电的充电桩组合中排除充电桩组合  $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ ，如果步骤 3) 的  $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$  种电动汽车  $i$  可选择充电的充电桩组合均已经排除完，则说明路径  $l_z$  不满足全程续航要求，转去执行步骤 7)；否则从  $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$  种电动汽车  $i$  可选择充电的充电桩组合排除充电桩组合  $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$  后剩余的组合中选择另一种组合，转去步骤 4) 循环执行至步骤 6)。

7) 从步骤 2) 的路径集合  $L = \{l_1, \dots, l_a\}$  排除路径  $l_z$ ，如果路径集合  $L = \{l_1, \dots, l_a\}$  中的路径已经被排除至为空集合，则返回客户预约失败信息，结束预约；如果路径集合  $L$  的路径还未被排除至为空集合，则  $z=z+1$ ，从剩余的路径集合  $L$  找新的最短路径  $l_z$ ，转去步骤 3) 开始循环执行至步骤 6)。

作为本实施例的另一种变换，考虑到路况及汽车用户驾驶情况等实际因素的影响可能使电动汽车  $i$  提前或延迟到达预约充电桩  $j_w$ ，为了不影响预约，预估电动汽车  $i$  到达充电桩  $j_w$  的时刻  $t_w$  可以用  $t_w - \theta$  或  $t_w + \theta$  代替，其中  $\theta$  为自定义时长值。其余方法和步骤不变。

作为本实施例的另一种变换，若  $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$  种电动汽车  $i$  可选择充电的充电桩组合中有  $N$  种组合均能使路径  $l_z$  满足电动汽车  $i$  的全程续航要求，则选择其中预约充电次数最少即预约充电桩最少的组合生成全程预约方案。其余方法和步骤不变。

作为本实施例的另一种变换，考虑司机驾驶疲劳度，途中充电即为休息停歇点，可采取等分为若干个时点选择充电桩，在步骤 (3) 的  $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$  种组合选择其中包含所述必选预约充电的充电桩的组合代替，其余方法和步骤不变。

作为本实施例的另一种变换，考虑到物流电动汽车有指定作业点，所述指定作业点有充电桩则作为物流电动汽车必选预约充电的充电桩，则步骤 (2) 中只能选择包含所述必选预约充电的充电桩的路径，在步骤 (3) 的  $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$  种组合只能选择其中包含所述必选预约充电的充电桩的组合代替，其余方法和步骤不变。

作为本实施例的另一种变换，每经过一个  $\Delta t$  时间，调度系统平台按方法九重新公布充电桩组合  $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$  中每一个储能充电桩  $j_w$  的空闲时间段类型及对应的可分配电量，更新每一个储能充电桩  $j_w$  的预约服务列表；按方法十重新预估每一个储能充电桩  $j_w$  的预约分

配电量 $TP_w$ ，按方法六重新预估电动汽车*i*到达充电桩 $j_w$ 的时刻 $t_w$ ，然后从步骤4)开始循环执行至步骤6)，重新规划电动汽车电量路径。

作为本实施例的另一种变换，如果是包含多个充电桩的充电站，只需设充电站中的各充电桩之间的距离为极小值比如1米，同样适用上述实施例2的方法进行充电路径规划，就能实现电动汽车*i*在一个充电站中预约不同充电桩充电。

现有技术中，有些直流充电桩与供电电源的连接结构为：风力发电机产生的交流电通过整流后转化为直流入入共用直流母线，光伏发电产生的直流电通过变压器传入共用直流母线，或者还包括市电通过整流后转化为直流入入共用直流母线，充电桩的储能电池产生的直流电经过变压器传入共用直流母线，共用直流母线连接电动汽车。当充电桩的储能电池电量不足时，光伏发电、风力发电或市电可以同时为该储能电池和电动汽车充电，此时电动汽车为慢充，相当于电网直供充电桩；当充电桩的储能电池电量足够时，通过充电桩的储能电池为电动汽车充电，此时电动汽车为快充，相当于储能式充电桩。同样适用本实施例方法。

### 实施例3

本实施例全路网的充电桩同实施例1。

兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，本实施例电动运载工具为电动汽车，还包括调整前车的方法，步骤如下：

1、设在电动汽车*i*预约前已有前车按实施例2的方法各自预约充电路径，分别生成各自的全程预约方案。本实施例所述前车指的是：与电动汽车*i*至少有一个共同预约充电的充电桩简称共用桩，包括当电动汽车*i*预计到达共用桩时，已预约但尚未出发的车；还包括预约后已出发但当电动汽车*i*预计到达共用桩时，尚未行驶到该共用桩的车。

2、电动汽车*i*按实施例2的方法进行预约，从实施例2步骤1)开始执行，步骤2)选择的是从出发地O到目的地D的路径集合 $L = \{l_1, \dots, l_a\}$ 中的最短路径 $l_z$ ，当执行至步骤6)得出结论为最短路径 $l_z$ 不满足全程续航要求时，则按执行以下步骤3调整前车；

3、按实施例2步骤3)在最短路径 $l_z$ 电动汽车*i*可选择充电的充电桩组合有 $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$ 种，从中选择任意一种充电桩组合进行预约充电，假设为 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ ，当执行到步骤5)电动汽车*i*在充电桩 $j_w$ 预约电量但无法满足式2-1-1时，即电动汽车*i*在充电桩 $j_w$ 预约电量但不能行驶至下一个分段点 $j_{w+1}$ ， $j_w$ 和 $j_{w+1}$ 均为 $(j_{x0}, j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk}, j_{xk+1})^T$ 中的分段点；则对前车进行全程预约方案的调整。可以是对任意一个共用桩或者多个共用桩调整前车的预约方案。调整方法包含但并不限于以下几种：

调整方法 1)、取消前车在一个或多个共用桩的预约分配电量,取消的预约分配电量重新合并计入各自对应充电桩的剩余电量中,再按实施例 2 的步骤 3)至 6)的方法,分别对电动汽车*i*的最短路径 $l_z$ 、前车原全程预约方案的路径进行判断是否各自满足电动汽车*i*、前车的续航要求,若满足则调度系统平台为所述电动汽车*i*生成全程预约方案,为所述前车生成新的全程预约方案,调整成功;若不满足电动汽车*i*或前车续航要求,则无法调整前车,恢复前车的原全程预约方案。

调整方法 2)、减少前车在一个或多个共用桩的预约分配电量,前车减少的预约分配电量总和大于等于电动汽车*i*在充电桩 $j_w$ 预约电量后行驶至下一个分段点 $j_{w+1}$ 预计还缺少的电量 $\Delta TP^i$ , $\Delta TP^i$ 按下式 3-1-1 估算:

$$\Delta TP^i = EC_{w,w+1} - RE_i(t_w) - TP_w \quad 3-1-1$$

其中: $EC_{w,w+1}$ 表示电动汽车*i*从当前充电桩 $j_w$ 到下一个分段点的耗能、 $t_w$ 为预估电动汽车*i*到达充电桩 $j_w$ 的时刻、 $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车*i*在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量、 $TP_w$ 为电动汽车*i*在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量。

各共用桩减少的预约分配电量重新合并计入各自的剩余电量中,再按实施例 2 的步骤 3)至 6)的方法,分别对电动汽车*i*的最短路径 $l_z$ 、前车原全程预约方案的路径进行判断是否各自满足电动汽车*i*、前车的续航要求,若均满足则调度系统平台为所述电动汽车*i*生成全程预约方案,为所述前车生成新的全程预约方案,调整成功;若不满足电动汽车*i*或前车续航要求,则无法调整前车,恢复前车的原全程预约方案。

通过调度系统平台对运载工具进行充电调度,将原来由用户基于桩位的自行指定无序预约提升为由调度平台基于全网用户能量需求和充电桩资源进行统一规划和分配,并对用户进行指令性调度,实现了资源利用最大化,满足更多运载工具的行驶需求。

#### 实施例 4

本实施例全路网的充电桩同实施例 1。

兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法,本实施例电动运载工具为电动汽车,还包括校正的方法如下:

电动汽车按实施例 2 或 3 的兼容储能充电桩的电动汽车电量路径规划方法生成全程预约方案。

由于电动汽车的全程预约方案为提前预约,为了避免在出发时或出发后实际的车辆参数或充电桩参数与预约时产生较大的变化而影响电动汽车按全程预约方案顺利出行充电,分

别采用以下几种校正方法对电动汽车的全程预约方案进行校正：

**校正方法 1：**如果电动汽车在出发前，确定参数包括出发时刻、车载质量 $m_{\text{质}}$ 和电动汽车动力电池的初始剩余电量与申请预约时提交的信息有变化，则按确定参数重新向调度系统平台提交，调度系统平台根据确定参数采用实施例 2 或实施例 3 的电量路径规划方法重新生成全程预约方案，当所述电动汽车从出发地  $O$  出发后，所述调度系统平台按所述新的全程预约方案引导所述电动汽车出行及充电。如果按实施例 2 或实施例 3 的电量路径规划方法无法生成新的全程预约方案，则预约失败。

**校正方法 2：**电动汽车出发后，当行驶一段时间或距离后，电动汽车根据行驶的实际参数包括电动汽车动力电池的剩余电量、行驶里程的变化，计算出平均行驶速度和平均能耗和汽车负载，向调度系统平台再次提交，调度系统平台根据实际参数采用实施例 2 或实施例 3 的电量路径规划方法重新生成全程预约方案引导电动汽车出行和充电。实际参数可以通过电动汽车自身检测获得并通过无线网络或司机电话或车载终端语音方式提报给调度系统平台，也可以是司机根据经验值估算后提报给调度系统平台。

**校正方法 3：**每当调度系统平台为一辆电动汽车生成全程预约方案，或者是电动汽车按全程预约方案实施充电行动后，调度系统平台将更新对应预约充电桩的服务列表内容。

**校正方法 4：**

已知在电动汽车的全程预约方案中包括预估到达充电桩 $j_w$ 的时刻为 $t_w$ 、预估电动汽车在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ 、电动汽车在充电桩 $j_w$ 的充电时长 $T_{w,i}^{\text{充}}$ 、电动汽车在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}}$ 及对应的充电桩剩余电量 $E(t_{w,i}^{\text{充}})$ 、预约充电结束时刻 $(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}})$ 及对应的充电桩剩余电量 $E(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}})$ 。

电动汽车上路后，行驶途中，车上的地图软件实时提供当前位置  $P_a$ 、当前时间  $t_a$ 、与最近的预约充电桩 $j_w$ 的距离  $D_{aw}$ 、从  $P_a$  到 $j_w$ 的行驶时间  $t_{aw}$ ；

电动汽车定时判断若发生  $|(t_a+t_{aw})-t_w| > \theta$ ，其中 $\theta$ 为自定义时长值，则电动汽车用户向调度系统平台申请修改在充电桩 $j_w$ 的预约，调度系统平台查询充电桩 $j_w$ 的预约服务列表，若在  $(t_a+t_{aw})$ 时刻之后存在空闲时间段 $\geq$ 充电时长 $T_{w,i}^{\text{充}}$ 且该空闲时间段对应的可分配电量 $\geq$ 预约分配电量 $TP_w$ ，则将该空闲时间段分配给电动汽车，修改预估到达充电桩 $j_w$ 的时刻及预约开始充电时刻均为 $(t_a+t_{aw})$ ，在充电桩 $j_w$ 的预约充电时长和预约分配电量不变，更新电动汽车的全程预约方案；同时取消电动汽车在充电桩 $j_w$ 的原预约，再更新充电桩 $j_w$ 的预约服务列表。

如果在  $(t_a+t_{aw})$ 时刻之后不存在空闲时间段 $\geq$ 充电时长  $T_{w,i}^{\text{充}}$ 且该空闲时间段对应的可分配电量 $\geq$ 预约分配电量 $TP_w$ ，那么调度系统平台通知用户无法修改在充电桩 $j_w$ 的预约，电动汽车应当就当前的时间和位置向调度系统平台申请按按实施例 2 或 3 的兼容储能充电桩的电动汽车电量路径规划方法重新规划新的电量路径。

### 实施例 5

储能充电桩的电量预约方法，步骤如下：

(1)、储能充电桩建立并存储本桩的预约服务列表，预约服务列表的字段内容包括电动汽车用户名、电动汽车牌号、车型、预约开始充电时刻及对应于此时刻的充电桩剩余电量、预约充电结束时刻及对应于此时刻的充电桩剩余电量、预约分配电量、充电时长、空闲时间段类型及对应的可分配电量；

(2) 储能充电桩在不影响前车在本桩已经预约充电的时间段和预约分配电量的条件下，储能充电桩按以上方法九公布本桩每一段空闲时间段的类型及对应的可分配电量；

(3) 电动汽车车载终端通过无线网络连接储能充电桩，获取步骤(2)公布的空闲时间段类型及对应的可分配电量，电动汽车用户根据需要选择适合的空闲时间段通过电动汽车车载终端向储能充电桩进行预约充电。

(4) 所述电动汽车预约后，储能充电桩根据步骤(3)的预约结果更新本桩的预约服务列表。

作为本实施例的另一种变换，本储能充电桩在不影响本桩预约服务列表的前提下，通过无线或有线连接调度系统平台，与全网其他储能充电桩一样，按实施例 2 或 3 或 4 的电量路径规划方法参与调度系统平台的统筹管理。反之，实施例 2 或 3 或 4 的全网储能充电桩在不影响各自的预约服务列表前提下，均可按实施例 5 的上述储能充电桩电量预约方法为电动汽车提供电量预约。

通过此方法在储能充电桩储电预测的基础上对储能充电桩的多用户充电行为和储能电桩的放电行为在时间维度上实现了统一运算，实现了对储能充电桩电量的多用户预约。

本发明的实施例 1 至实施例 5 的方法，不仅适用于电动汽车，同样也适用于电动飞行器或电动船，在考虑适航区域和气象条件修正后进行预约及电量路径规划。

## 权利要求书

1. 兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，储能充电桩供电来源为新能源发电或向电网购电的互补式储能，其特征在于：包括以下步骤：

1)、全网所有的充电桩分别向调度系统平台提交本桩状态信息，电动汽车用户出发前通过网络连接向所述调度系统平台提出从出发地 O 到目的地 D 的电量申请预约，所述电量申请预约包括以下信息：电动汽车车型、汽车负载质量、出发时刻、出发地 O、目的地 D 及出发时刻电动汽车动力电池的剩余电量；

2)、所述调度系统平台在现有地图上寻找从出发地 O 到目的地 D 的最短路径  $l_z$ ,  $z=1$ ;

3) 所述调度系统平台根据各充电桩提交的本桩状态信息，以及电动汽车用户提交的电量预约申请，判断当所述电动汽车选择在所述最短路径  $l_z$  沿途一个或多个充电桩分别预约充电，在各预约充电桩的预约分配电量是否满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求；若“是”则执行步骤 4)，若“否”则转去执行步骤 5)；

4) 所述调度系统平台为所述电动汽车生成全程预约方案，所述全程预约方案包括为所述电动汽车指派所述最短路径  $l_z$  上各预约充电桩及对应的预约分配电量，且返回预约成功的信息给所述电动汽车用户，结束本次预约；当所述电动汽车从出发地 O 出发后，所述调度系统平台按所述全程预约方案引导所述电动汽车出行及充电；

5)、所述调度系统平台排除所述最短路径  $l_z$ ,  $z = z + 1$ ，从出发地 O 到目的地 D 的剩余路径中再寻找新的最短路径  $l_z$ ，如果找到新的最短路径  $l_z$  则循环执行步骤 3) 至 5)，如果找不到新的最短路径  $l_z$  则返回预约失败的信息给所述电动汽车用户。

2、如权利要求 1 所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，其特征在于，所述步骤 3) 中，所述电动汽车选择在所述最短路径  $l_z$  沿途一个或多个充电桩分别预约充电，选择方法如下：设最短路径  $l_z$  沿途分布有  $n$  个充电桩，则所述电动汽车可选择充电的充电桩组合有  $(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n)$  种，从中选择任意一种充电桩组合或预约使用充电桩数量最少的充电桩组合进行预约充电。

3、如权利要求 1 所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，其特征在于，所述步骤 3) 中，判断当所述电动汽车在所述最短路径  $l_z$  沿途一个或多个充电桩分别预约充电，在各预约充电桩的预约分配电量是否满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求，具体判断方法如下：

设所述电动汽车在最短路径  $l_z$  沿途依序预约充电的充电桩组合为  $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ ，依序判断其中的每个充电桩  $j_w$ ，对应的预约分配电量是否满足不等式组 2-1-1，如果都满足则

所述最短路径 $l_z$ 满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求；否则所述最短路径 $l_z$ 不满足所述电动汽车从出发地 O 行驶至目的地 D 的续航要求；

$$\begin{cases} RE_i(t_w) + TP_w \geq EC_{w,w+1} \\ bat\_cap_{str} + \sum_{w=x1}^{xk} TP_w \geq EC_{0,n+1} \end{cases} \quad \forall w \in [x1, xk], \quad 2-1-1$$

不等式组 2-1-1 中， $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量， $TP_w$ 表示电动汽车在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量， $EC_{w,w+1}$ 表示预估电动汽车从当前充电桩 $j_w$ 到下一个充电桩 $j_{w+1}$ 的耗能，如果充电桩 $j_w$ 为最短路径 $l_z$ 最后一个充电桩，则 $EC_{w,w+1}$ 表示预估电动汽车从当前充电桩 $j_w$ 到目的地 D 的能耗； $bat\_cap_{str}$ 为电动汽车出发时刻 $t_0$ 动力电池的初始剩余电量； $\sum_{w=x1}^{xk} TP_w$ 表示电动汽车在充电桩组合 $(j_{x1}, j_{x2}, \dots, j_{xk})^T$ 中的所有预约充电桩的预约分配电量总和； $EC_{0,n+1}$ 表示预估电动汽车从出发地 O 沿最短路径 $l_z$ 到达目的地 D 的全程能耗。

4、如权利要求 3 所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，其特征在于，所述电动汽车到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ ，按下式 6-1 预估：

$$t_w = t_0 + \text{在先预约充电时长的总和} + \text{在先排队等待充电时长的总和} + t_{0,w} \quad 6-1$$

式 6-1 中， $t_0$ 表示所述电动汽车出发时刻； $t_{0,w}$ 表示预估所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径 $l_z$ 到达充电桩 $j_w$ 的行驶时长；在先预约充电时长的总和指的是预估所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径 $l_z$ 到达充电桩 $j_w$ 时，已经在沿途其他充电桩预约充电的预约充电时长累计值；在先排队等待充电时长的总和指的是预估所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径 $l_z$ 到达充电桩 $j_w$ 时，已经在沿途其他充电桩预约充电的排队等待充电时长累计值。

5、如权利要求 3 所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，其特征在于，所述电动汽车在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量 $RE_i(t_w)$ ，按下式 7-1 的预估：

$$RE_i(t_w) = bat\_cap_{str} + \text{在先预约分配电量总和} - EC_{0,w} \quad 7-1$$

式 7-1 中， $bat\_cap_{str}$ 为所述电动汽车出发时的初始剩余电量；在先预约分配电量总和是指截止所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径 $l_z$ 到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ ，已经在沿途其他充电桩预约的预约分配电量累计值； $EC_{0,w}$ 表示预估所述电动汽车从出发地 O 沿最短路径 $l_z$ 行驶到充电桩 $j_w$ 的能耗。

6、如权利要求 3 所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，其特征在于，所述电动汽车在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ ，当充电桩 $j_w$ 为储能式充电桩时，预约分配电量

$TP_w$ 的预估方法具体步骤如下:

(10-1-1)、设所述电动汽车为电动汽车*i*, 首先预设电动汽车*i*到达充电桩  $j_w$  的时刻 $t_w$ 之后的排队等待时限 $\sigma$ ,  $\sigma$ 为自定义时长值;

(10-1-2)、根据充电桩  $j_w$  的预约服务列表, 查在 $t_w$ 至 $t_w+\sigma$ 之间充电桩  $j_w$  的空闲时间段类型, 如果查到的空闲时间段类型都为储能时段, 则充电桩  $j_w$  不能让电动汽车*i*预约充电, 即预约分配电量 $TP_w=0$ ; 如果查到的空闲时间段类型是可分配电量空闲时段则转去执行步骤(10-1-3);

(10-1-3)、查充电桩  $j_w$  预约服务列表, 如果在 $t_w$ 至 $t_w+\sigma$ 之间充电桩  $j_w$  的空闲时间段为 $[t_1^\circ, \infty)$ ,  $[t_1^\circ, \infty)$ 表示在 $t_1^\circ$ 之后尚无任何车预约充电, 即 $[t_1^\circ, \infty)$ 为可分配电量空闲时段且为无限长; 如果在 $t_w$ 至 $t_w+\sigma$ 之间充电桩  $j_w$  的空闲时间段不是无限长则转去执行步骤(10-1-4); 设有前车 $i_1$ 已经在 $[t_1, t_1^\circ]$ 时间段预约充电, 其中 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 分别对应为前车 $i_1$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻,  $E(t_1)$ 、 $E(t_1^\circ)$ 一一对应为预估在 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 时刻充电桩  $j_w$  的剩余电量, 前车 $i_1$ 的预约分配电量为 $TP_1=E(t_1^\circ)-E(t_1)$ ;

电动汽车*i*在充电桩  $j_w$  的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}}$ 按下式 10-1 估算:

$$t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^\circ, t_w) \quad 10-1$$

充电桩  $j_w$  在 $[t_1^\circ, \infty)$ 内的可分配电量 $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ 按以下方程组 10-2 估算:

$$\begin{cases} Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \, dt, & \text{当 } t_1^\circ \leq t_{w,i}^{\text{充}} \leq t_{\text{额}} \\ Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E_{\text{额}} & \text{当 } t_{w,i}^{\text{充}} > t_{\text{额}} \end{cases} \quad 10-2$$

方程组 10-2 的约束条件如下:

$$0 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \, dt \leq E_{\text{额}}$$

电动汽车*i*在充电桩  $j_w$  的 $[t_1^\circ, \infty)$ 内的预约分配电量 $TP_w$ 按式 10-3 估算:

$$TP_w = \min\left(Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}), (bat\_cap_i - RE_i(t_w))\right) \quad 10-3$$

电动汽车*i*在充电桩  $j_w$  的预约充电时长 $T_{w,i}^{\text{充}}$ 按式 10-4 估算:

$$T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}} \quad 10-4$$

充电桩  $j_w$  对应预约开始充电时刻  $t_{w,i}^{\text{充}}$  的剩余电量为  $E(t_{w,i}^{\text{充}}) = Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ , 充电桩  $j_w$  对应预约充电结束时刻  $(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}})$  的剩余电量为  $E(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_{w,i}^{\text{充}}) - TP_w$ ;

步骤 (10-1-3) 以上各式的变量统一定义如下:  $t_{w,i}^{\text{充}}$  为电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约开始充电时刻;  $t_w$  为预估电动汽车  $i$  到达充电桩  $j_w$  的时刻;  $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$  为充电桩  $j_w$  在  $[t_1^{\circ}, \infty)$  内的可分配电量;  $E(t_1^{\circ})$  为对应前车  $i_1$  的预约充电结束时刻  $t_1^{\circ}$  充电桩  $j_w$  的剩余电量;  $p_{\text{蓄}}(t)$  为预测对应  $t$  时刻充电桩  $j_w$  的储能功率, 通过现有技术预测方法获得;  $P_w^{\text{out}}$  为充电桩  $j_w$  的恒定输出功率;  $E_{\text{额}}$  为充电桩  $j_w$  储能电池的额定电量;  $t^{\circ}$  为在  $[t_1^{\circ}, \infty)$  内充电桩  $j_w$  储能达到额定电量  $E_{\text{额}}$  的时刻;  $bat\_cap_i$  为电动汽车  $i$  动力电池的额定电量,  $RE_i(t_w)$  为预估电动汽车  $i$  在到达充电桩  $j_w$  时刻  $t_w$  的剩余电量;  $TP_w$  为电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的  $[t_1^{\circ}, \infty)$  内的预约分配电量;  $T_{w,i}^{\text{充}}$  为电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约充电时长;

(10-1-4)、如果在  $t_w$  至  $t_w + \sigma$  之间充电桩  $j_w$  的空闲时间段为可分配电量空闲时段且为有限长, 设前车  $i_1$  已经在  $[t_1, t_1^{\circ}]$  时间段在充电桩  $j_w$  预约充电, 预约分配电量为  $TP_1 = E(t_1^{\circ}) - E(t_1)$ ; 有前车  $i_2$  已经在  $[t_2, t_2^{\circ}]$  时间段在充电桩  $j_w$  预约充电, 预约分配电量为  $TP_2 = E(t_2^{\circ}) - E(t_2)$ ; 其中  $t_1$ 、 $t_1^{\circ}$  分别对应为前车  $i_1$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻,  $t_2$ 、 $t_2^{\circ}$  分别为前车  $i_2$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻;  $t_1 < t_1^{\circ} < t_2 < t_2^{\circ}$ ;  $E(t_1)$ 、 $E(t_1^{\circ})$ 、 $E(t_2)$ 、 $E(t_2^{\circ})$  一一对应为预估在  $t_1$ 、 $t_1^{\circ}$ 、 $t_2$ 、 $t_2^{\circ}$  时刻充电桩  $j_w$  的剩余电量;  $[t_1^{\circ}, t_2]$  为所述的可分配电量空闲时段, 充电桩  $j_w$  在可分配电量空闲时段  $[t_1^{\circ}, t_2]$  允许电动汽车  $i$  插队预约充电的前提条件, 是不能影响已经预约在该时间段  $[t_1^{\circ}, t_2]$  后充电的其他前车的预约分配电量和预约充电起止时刻, 即首先须保证前车  $i_2$  在预约充电时段  $[t_2, t_2^{\circ}]$  的预约分配电量  $TP_2$  不变, 也即须满足下式 10-5:

$$TP_2 \leq E(t_1^{\circ}) + \int_{t_1^{\circ}}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - P_w^{\text{out}} \times (t_3^{\circ} - t_{w,i}^{\text{充}}) + \int_{t_3^{\circ}}^{t_2^{\circ}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \quad 10-5$$

$$\text{式 10-5 的约束条件: } \begin{cases} E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) + \int_{t_3^\circ}^{t_2^\circ} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \leq E_{\text{额}} \\ 0 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \leq E_{\text{额}} \\ P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \\ t_1 < t_1^\circ \leq t_{w,i}^{\text{充}} < t_3^\circ < t_2 < t_2^\circ \end{cases}$$

由式 10-5 及其约束条件可推算得充电桩  $j_w$  允许电动汽车  $i$  插队预约充电时电动汽车  $i$  的最晚充电结束时刻  $t_3^\circ$ , 则充电桩  $j_w$  在该可分配电量空闲时段  $[t_1^\circ, t_2]$  的可分配电量  $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$  按如下方程组 10-6 预估:

$$\begin{cases} Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t), \text{ 当 } t_{w,i}^{\text{充}} < t_{\text{额}} \\ Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = E_{\text{额}}, \text{ 当 } t_{\text{额}} \leq t_{w,i}^{\text{充}} < t_3^\circ \text{ 且 } (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) > \left(\frac{E_{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \\ Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}) = P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}), \text{ 当 } t_{\text{额}} \leq t_{w,i}^{\text{充}} < t_3^\circ \text{ 且 } (t_3^\circ - t_{w,i}^{\text{充}}) \leq \left(\frac{E_{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \end{cases} \quad 10-6$$

上式 10-5 和式 10-6 中, 电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约开始充电时刻  $t_{w,i}^{\text{充}}$ , 按下式 10-7 估算:

$$t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^\circ, t_w) \quad 10-7$$

根据式 10-6 所得  $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ , 电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的  $[t_1^\circ, t_2]$  内的预约分配电量  $TP_w$  按下式 10-8 估算:

$$TP_w = \min\left(Q_w(t_{w,i}^{\text{充}}), (bat\_cap_i - RE_i(t_w))\right) \quad 10-8$$

由式 10-8 所得  $TP_w$ , 电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约充电时长  $T_{w,i}^{\text{充}}$  按下式 10-9 估算:

$$T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}} \quad 10-9$$

如果还有其他前车比电动汽车  $i$  先在充电桩  $j_w$  预约充电, 但是预约充电的时间在前车  $i_2$  预约充电时段  $[t_2, t_2^\circ]$  之后, 则充电桩  $j_w$  在可分配电量空闲时段  $[t_1^\circ, t_2]$  允许电动汽车  $i$  插队预约充电的前提条件, 除了须保证前车  $i_2$  在预约充电时段  $[t_2, t_2^\circ]$  的预约分配电量  $TP_2$  不变, 还要保证所有所述的其他前车的预约起止时间和预约分配电量不变, 具体方法如下:

设还有其他前车  $i_4$  比电动汽车  $i$  先预约在  $[t_4, t_4^\circ]$  时间段充电, 预约分配电量为  $TP_4$ , 其中

$t_2 < t_2^\circ < t_4 < t_4^\circ$ ; 则 $TP_w$ 还要满足以下公式 10-10:

$$TP_4 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - TP_w + \int_{t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}}^{t_2^\circ} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - TP_2 + \int_{t_2^\circ}^{t_4^\circ} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \quad 10-10$$

如果 $TP_w$ 不满足式 10-10, 则减少 $TP_w$ , 相应的 $T_{w,i}^{\text{充}}$ 按式 10-9 推算也减少, 直到满足式 10-10;

如果前车 $i_4$ 的预约充电时段 $[t_4, t_4^\circ]$ 之后依次还有其他前车 $i_5, i_6, \dots$ 均比电动汽车 $i$ 先在充电桩 $j_w$ 预约充电, 则分别比照前车 $i_4$ 的方法处理; 直到 $TP_w$ 能保证所有所述的其他前车的预约起止时间和预约分配电量不变; 如果 $TP_w$ 减少到预设的阈值, 但均不能保证所有所述的其他前车的预约起止时间和预约分配电量不变, 则充电桩 $j_w$ 不允许电动汽车 $i$ 在空闲时间段 $[t_1^\circ, t_2]$ 插队预约充电, 即令预约分配电量 $TP_w = 0$ ;

如果最终所得的 $TP_w \neq 0$ , 则充电桩 $j_w$ 对应预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}}$ 的剩余电量为 $E(t_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_{w,i}^{\text{充}}} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t)$ , 充电桩 $j_w$ 对应预约充电结束时刻 $(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}})$ 的剩余电量为 $E(t_{w,i}^{\text{充}} + T_{w,i}^{\text{充}}) = E(t_{w,i}^{\text{充}}) - TP_w$ ;

步骤 (10-1-4) 以上各式的变量统一定义如下:  $TP_2$ 为前车 $i_2$ 在预约充电时段 $[t_2, t_2^\circ]$ 的预约分配电量;  $E(t_1^\circ)$ 为对应前车 $i_1$ 的预约充电结束时刻 $t_1^\circ$ 充电桩 $j_w$ 的剩余电量;  $p_{\text{蓄}}(t)$ 为预测对应 $t$ 时刻充电桩 $j_w$ 的储能功率, 通过现有技术预测方法获得;  $P_w^{\text{out}}$ 为充电桩 $j_w$ 的恒定输出功率;  $t_{w,i}^{\text{充}}$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻;  $t_w$ 为预估电动汽车 $i$ 到达充电桩 $j_w$ 的时刻;  $E_{\text{额}}$ 为充电桩 $j_w$ 储能电池的额定电量;  $t_3^\circ$ 为充电桩 $j_w$ 允许电动汽车 $i$ 插队预约充电时电动汽车 $i$ 的最晚充电结束时刻;  $Q_w(t_{w,i}^{\text{充}})$ 为预估充电桩 $j_w$ 在 $[t_1^\circ, t_2]$ 内的可分配电量;  $t_{\text{额}}$ 为预估在 $[t_1^\circ, t_2]$ 内充电桩 $j_w$ 储能达到额定电量 $E_{\text{额}}$ 的时刻;  $bat\_cap_i$ 为电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量,  $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车 $i$ 在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量;  $TP_w$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的 $[t_1^\circ, t_2]$ 内的预约分配电量;  $T_{w,i}^{\text{充}}$ 为电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约充电时长;  $TP_4$ 为前车 $i_4$ 在 $[t_4, t_4^\circ]$ 时间段的预约分配电量。

7、如权利要求 6 所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法, 其特征在于, 还包括步骤 (10-1-5): 每经过一个 $\Delta t$ 时间, 调度系统平台根据重新更新的充电桩 $j_w$ 的预约

服务列表，从步骤（10-1-2）开始执行至步骤（10-1-4），重新预估预约分配电量 $TP_w$ 。

8、如权利要求3所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，其特征在于，所述电动汽车在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ ，当充电桩 $j_w$ 为电网直供充电桩时，预约分配电量 $TP_w$ 的预估方法具体步骤如下：

（10-2-1）、设所述电动汽车为电动汽车 $i$ ，首先设置电动汽车 $i$ 到达充电桩 $j_w$ 的时刻 $t_w$ 之后的排队等待时限 $\sigma$ ， $\sigma$ 为自定义时长值；

（10-2-2）、根据充电桩 $j_w$ 的预约服务列表查找电动汽车 $i$ 到达充电桩 $j_w$ 的时刻 $t_w$ 至 $t_w+\sigma$ 之间是否有空闲时间段；如果没有空闲时间段，则预估充电桩 $j_w$ 能提供给电动汽车 $i$ 的可分配电量 $Q_w(i)=0$ ；电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w=0$ ；如果有空闲时间段则转去执行步骤（10-2-3）；

（10-2-3）、如果空闲时间段为无限长，记为 $[t_1^\circ, \infty)$ ，其中 $t_1^\circ$ 对应为前车 $i_1$ 的预约充电结束时刻且 $t_1^\circ$ 之后无其他前车预约充电；则电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ 按式 10-11 估算：

$$TP_w = bat\_cap_i - RE_i(t_w) \quad 10-11$$

式 10-11 中， $bat\_cap_i$ 为电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量， $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车 $i$ 在到达充电桩 $j_w$ 时刻 $t_w$ 的剩余电量；

电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约开始充电时刻 $t_{w,i}^{\text{充}} = \max(t_1^\circ, t_w)$ ；其中 $t_w$ 为预估电动汽车 $i$ 在到达充电桩 $j_w$ 时刻；

由式 10-11 所得的 $TP_w$ ，预约充电时长 $T_{w,i}^{\text{充}} = TP_w \div P_w^{\text{out}}$ ；其中 $P_w^{\text{out}}$ 为充电桩 $j_w$ 的恒定输出功率；

（10-2-4）、如果空闲时间段是有限长，即设前车 $i_1$ 已经在 $[t_1, t_1^\circ]$ 时间段在充电桩 $j_w$ 预约充电；有前车 $i_2$ 已经在 $[t_2, t_2^\circ]$ 时间段在充电桩 $j_w$ 预约充电；其中 $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 分别对应为前车 $i_1$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻， $t_2$ 、 $t_2^\circ$ 分别为前车 $i_2$ 的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻； $t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ$ ；则按以下式 10-12 估算电动汽车 $i$ 在充电桩 $j_w$ 的预约分配电量 $TP_w$ ：

$$TP_w = \min \left\{ (bat\_cap_i - RE_i(t_w)), P_w^{\text{out}} \times (t_2 - t_{w,i}^{\text{充}}) \right\} \quad 10-12$$

式 10-12 中， $bat\_cap_i$ 为电动汽车 $i$ 动力电池的额定电量， $RE_i(t_w)$ 为预估电动汽车 $i$ 在到

达充电桩  $j_w$  时刻  $t_w$  的剩余电量；  $P_w^{out}$  为充电桩  $j_w$  的恒定输出功率；  $t_{w,i}^{充}$  为电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约开始充电时刻，  $t_{w,i}^{充} = \max(t_1^o, t_w)$ ；

电动汽车  $i$  在充电桩  $j_w$  的预约充电时长  $T_{w,i}^{充} = TP_w \div P_w^{out}$ 。

9、如权利要求 6 或 8 所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，其特征在于，所述电动汽车在到达充电桩  $j_w$  时刻  $t_w$ ，用  $t_w - \theta$  或  $t_w + \theta$  代替，其中  $\theta$  为自定义时长值。

10、如权利要求 1 至 8 之一所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法，其特征在于，还包括调整前车的方法如下：

设在电动汽车  $i$  预约前已有前车各自预约充电且分别生成各自的全程预约方案；当电动汽车  $i$  按所述的兼容储能充电桩的电动运载工具电量路径规划方法进行预约充电，当所选择的从出发地  $O$  到目的地  $D$  的路径集合  $L = \{l_1, \dots, l_a\}$  中的最短路径  $l_z$  不满足全程续航要求时，则调整前车的全程预约方案，包括取消或减少前车在一个或多个共用桩的预约分配电量，再分别对电动汽车  $i$  的最短路径  $l_z$ 、前车原全程预约方案的路径进行判断是否各自满足电动汽车  $i$ 、前车的全程续航要求，若都满足则调度系统平台为所述电动汽车  $i$  生成全程预约方案，为所述前车生成新的全程预约方案，调整成功；若有任一车不满足全程续航要求，则无法调整前车，恢复前车的原全程预约方案。

11、储能充电桩的电量预约方法，其特征在于，包括以下步骤：

(1)、储能充电桩建立并存储本桩的预约服务列表，预约服务列表的字段内容包括电动汽车用户名、电动汽车牌号、车型、预约开始充电时刻及对应于此时刻的充电桩剩余电量、预约充电结束时刻及对应于此时刻的充电桩剩余电量、预约分配电量、预约充电时长、空闲时间段的类型及对应的可分配电量；

(2) 储能充电桩在不影响前车在本桩已经预约充电的时间段和预约分配电量的条件下，公布本桩每一段空闲时间段的类型及对应的可分配电量；

(3) 电动汽车车载终端通过无线网络连接储能充电桩，获取步骤 (2) 公布的空闲时间段的类型及对应的可分配电量，电动汽车用户根据需要选择适合的空闲时间段通过电动汽车车载终端向储能充电桩进行预约充电；

(4) 所述电动汽车预约后，储能充电桩根据步骤 (3) 的预约结果更新本桩的预约服务列表。

12、如权利要求 11 所述的储能充电桩的电量预约方法，其特征在于，所述步骤 (2) 储

能充电桩公布本桩每一段空闲时间段的类型及对应的可分配电量，具体方法如下：

空闲时间段分为储能充电桩  $j_w$  的储能时段和可分配电量空闲时段两种类型；查找储能充电桩  $j_w$  预约服务列表，设有空闲时间段  $[t_1^\circ, t_2]$  前后均已经有车预约充电，如有前车  $i_1$  已经在  $[t_1, t_1^\circ]$  时间段预约充电，预约分配电量为  $TP_1 = E(t_1^\circ) - E(t_1)$ ；有前车  $i_2$  已经在  $[t_2, t_2^\circ]$  时间段预约充电，预约分配电量为  $TP_2 = E(t_2^\circ) - E(t_2)$ ；其中  $t_1$ 、 $t_1^\circ$  分别对应为前车  $i_1$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻， $t_2$ 、 $t_2^\circ$  分别为对应前车  $i_2$  的预约开始充电时刻和预约充电结束时刻； $t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ$ ； $E(t_1)$ 、 $E(t_1^\circ)$ 、 $E(t_2)$ 、 $E(t_2^\circ)$  一一对应为预估在  $t_1$ 、 $t_1^\circ$ 、 $t_2$ 、 $t_2^\circ$  时刻储能充电桩  $j_w$  的剩余电量；

(A)、空闲时间段  $[t_1^\circ, t_2]$  的类型公布方法如下：

当满足下式 9-1 时，公布  $[t_1^\circ, t_2]$  为储能充电桩  $j_w$  的储能时段；

$$\begin{cases} 0 \leq E(t_2) \leq E_{\text{额}} \text{ 且 } E(t_2) = TP_2 \\ E(t_2) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \\ t_1 < t_1^\circ < t_2 < t_2^\circ \end{cases} \quad 9-1$$

式 9-1 中， $E_{\text{额}}$  为储能充电桩  $j_w$  储能电池的额定电量； $p_{\text{蓄}}(t)$  为预测  $t$  时刻储能充电桩  $j_w$  的储能功率，由现有技术方法预测获得；

储能充电桩  $j_w$  的储能时段只能用于本桩储能，即对应的可分配电量为 0；

(B)、储能充电桩  $j_w$  的可分配电量空闲时段的公布方法如下：

在储能充电桩  $j_w$  的所有空闲时间段中，排除步骤 (A) 公布的储能充电桩  $j_w$  的储能时段后，余下即为储能充电桩  $j_w$  的可分配电量空闲时段；

对可分配电量空闲时段按一固定时长  $\rho$  进行时点的划分， $\rho$  为自定义的常量，设空闲时间段  $[t_1^\circ, t_2]$  为可分配电量空闲时段，可划分为  $t_1^\circ$ 、 $(t_1^\circ + \rho)$ 、 $(t_1^\circ + 2 \times \rho)$ 、 $\dots$ 、 $t_1^\circ + k \times \rho$ 、 $(t_1^\circ + (k + 1) \times \rho)$ 、 $\dots$ 、 $t_2$ ， $k = 0, 1, 2, 3, \dots, \exists k \in \mathbb{N}$  若干个时点，又设电动汽车在可分配电量空闲时段的预约开始充电时刻为  $(t_1^\circ + k \times \rho)$  时点；则储能充电桩  $j_w$  的可分配电量空闲时段须满足下式 9-2：

$$TP_2 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_1^\circ + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) - P_w^{\text{out}} \times (t_2^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)) + \int_{t_2^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \quad 9-2$$

$$\text{式 9-2 的约束条件: } \begin{cases} 0 \leq E(t_2^\circ) \leq E_{\text{额}} \\ 0 \leq E(t_2) \leq E_{\text{额}} \\ 0 \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_1^\circ + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \leq E_{\text{额}} \\ P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)) \leq E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_1^\circ + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t) \\ t_1 < t_1^\circ \leq (t_1^\circ + k \times \rho) < t_3^\circ < t_2 < t_2^\circ \end{cases}$$

式 9-2 及其约束条件中,  $p_{\text{蓄}}(t)$  为预测  $t$  时刻储能充电桩  $j_w$  的储能功率, 由现有技术方法预测获得;  $P_w^{\text{out}}$  为储能充电桩  $j_w$  的恒定输出功率,  $E_{\text{额}}$  为储能充电桩  $j_w$  储能电池的额定电量;  $t_3^\circ$  为电动汽车最晚充电结束时间;

由式 9-2 及其约束条件可求得电动汽车最晚充电结束时间  $t_3^\circ$ ,  $[t_3^\circ, t_2]$  为储能充电桩  $j_w$  储能时段;

储能充电桩  $j_w$  在可分配电量空闲时间段  $[t_1^\circ, t_2]$  内  $(t_1^\circ + k \times \rho)$  时点的对应可分配电量  $Q_w(t)$  按以下方程组 9-3 估算:

$$\begin{cases} Q_w(t) = E(t_1^\circ) + \int_{t_1^\circ}^{t_1^\circ + k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t), \text{ 当 } (t_1^\circ + k \times \rho) < t^{\text{额}} \\ Q_w(t) = E_{\text{额}}, \text{ 当 } t^{\text{额}} \leq (t_1^\circ + k \times \rho) < t_3^\circ \text{ 且 } (t_3^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)) > \left(\frac{E_{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \\ Q_w(t) = P_w^{\text{out}} \times (t_3^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)), \text{ 当 } t^{\text{额}} \leq (t_1^\circ + k \times \rho) \text{ 且 } (t_3^\circ - (t_1^\circ + k \times \rho)) \leq \left(\frac{E_{\text{额}}}{P_w^{\text{out}}}\right) \end{cases} \quad 9-3$$

方程组 9-3 中,  $k = 0, 1, 2, 3, \dots, \exists k \in \mathbb{N}$ ;  $t^{\text{额}}$  表示如果储能充电桩  $j_w$  储能达到额定电量的时刻, 其余变量的定义同式 9-2 及其约束条件;

在储能充电桩  $j_w$  的预约服务列表中公布该可分配电量空闲时段  $[t_1^\circ, t_2]$  内  $(t_1^\circ + k \times \rho)$  时点的对应可分配电量  $Q_w(t)$ ; 其余时点比照  $(t_1^\circ + k \times \rho)$  时点公布。

13、如权利要求 12 所述的储能充电桩的电量预约方法, 其特征在于, 在所述空闲时间段  $[t_1^\circ, t_2]$  的类型公布方法中, 还包括: 每经过一个  $\Delta t$  时间, 调度系统平台重新预估式 9-1 中充电桩  $j_w$  的综合储能电量  $\int_{t_1^\circ}^{t_2} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t)$ , 并按式 9-1 重新估算和公布, 更新充电桩  $j_w$  的预约服务列表。

14、如权利要求 12 所述的储能充电桩的电量预约方法, 其特征在于, 在所述储能充电桩  $j_w$  的可分配电量空闲时段的公布方法中, 还包括: 每经过一个  $\Delta t$  时间, 调度系统平台分别重

新预估式 9-2 中充电桩  $j_w$  的综合储能电量  $\int_{t_1^0}^{t_1^0+k \times \rho} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t)$  和  $\int_{t_3^0}^{t_2^0} p_{\text{蓄}}(t) \times d(t)$ , 并分别按式 9-2 及其约束条件、式 9-3 重新估算和公布, 更新充电桩  $j_w$  的预约服务列表。

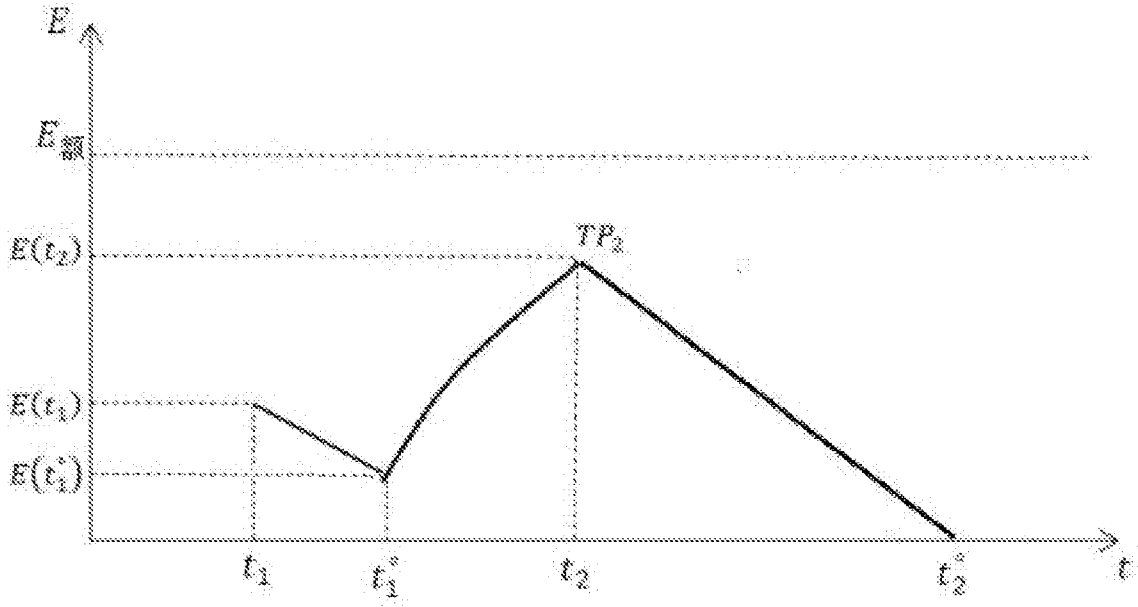


图 1

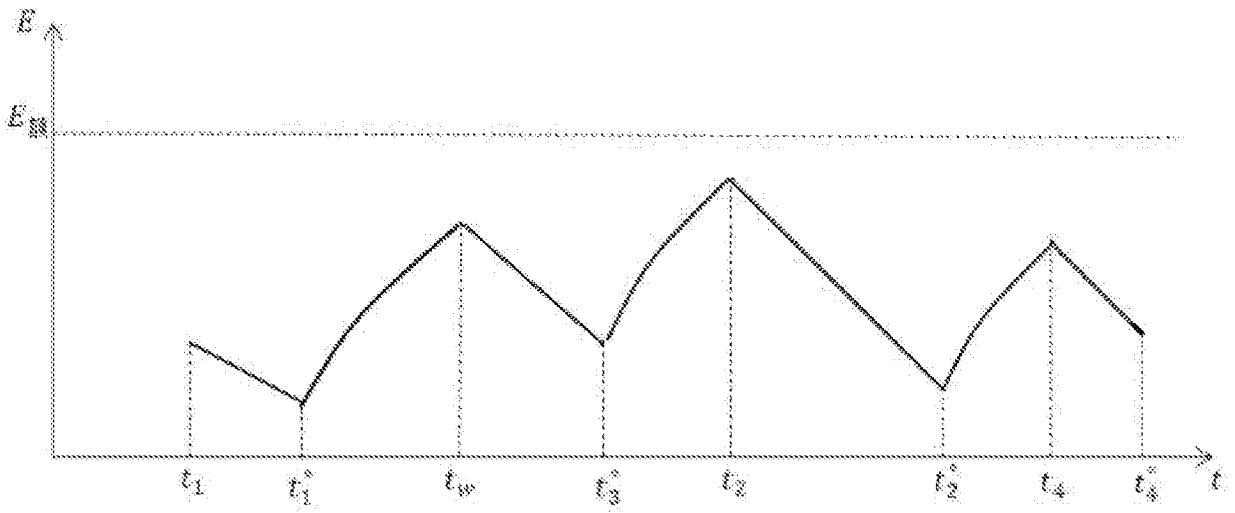


图 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/092902

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
G06Q 10/06(2012.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G06Q;G06F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNABS; WPABS; DWPI; CNTXT; ENTXT; ENTXTC; CNKI: 兼容, 储能, 充电, 预约, 申请, 路径, 路线, 规划, 导航, 出发, 起点, 目的, 终点, 最短, 最优, 电量, 续航, 空闲, compatibility, store, energy, accumulation, recharge, charge, appointment, booking, reservation, car, mobile, vehicle, route, path, way, plan, program, navigate, guide, depart, start, destination, purpose, short, optimal, recommend, preference, quantity, battery, duration, endurance, free, busy, using		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113283623 A (WEI TAO) 20 August 2021 (2021-08-20) claims 1-14	1-14
X	CN 108162771 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, GUIZHOU POWER GRID CO., LTD.) 15 June 2018 (2018-06-15) description, paragraphs [0006]-[0091]	1-2, 10-11
A	CN 106989752 A (MAHINDRA REVA ELECTRIC VEHICLES PVT LTD.) 28 July 2017 (2017-07-28) entire document	1-14
X	US 2017343366 A1 (HYUNDAI MOTOR CO., LTD. et al.) 30 November 2017 (2017-11-30) description, paragraphs [0016]-[0033]	1-2, 10-11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
27 June 2022		08 July 2022
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/CN2022/092902</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113283623	A	20 August 2021	None			
CN	108162771	A	15 June 2018	None			
CN	106989752	A	28 July 2017	None			
US	2017343366	A1	30 November 2017	KR	20170133763	A	06 December 2017
				US	10107634	B2	23 October 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/092902

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>G06Q 10/06 (2012.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																													
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G06Q; G06F</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNABS; WPABS; DWPI; CNTXT; ENTXT; ENTXTC; CNKI: 兼容, 储能, 充电, 预约, 申请, 路径, 路线, 规划, 导航, 出发, 起点, 目的, 终点, 最短, 最优, 电量, 续航, 空闲, compatibility, store, energy, accumulation, recharge, charge, appointment, booking, reservation, car, mobile, vehicle, route, path, way, plan, program, navigate, guide, depart, start, destination, purpose, short, optimal, recommend, preference, quantity, battery, duration, endurance, free, busy, using</p>																													
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 113283623 A (韦涛) 2021年8月20日 (2021 - 08 - 20) 权利要求1-14</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 108162771 A (贵州电网有限责任公司电力科学研究院) 2018年6月15日 (2018 - 06 - 15) 说明书第[0006]-[0091]段</td> <td>1-2, 10-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106989752 A (马亨德拉雷瓦电动汽车有限公司) 2017年7月28日 (2017 - 07 - 28) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2017343366 A1 (HYUNDAI MOTOR CO., LTD. 等) 2017年11月30日 (2017 - 11 - 30) 说明书第[0016]-[0033]段</td> <td>1-2, 10-11</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <table border="0"> <tr> <td>* 引用文件的具体类型:</td> <td>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</td> </tr> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</td> <td>“&amp;” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</td> <td></td> </tr> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 113283623 A (韦涛) 2021年8月20日 (2021 - 08 - 20) 权利要求1-14	1-14	X	CN 108162771 A (贵州电网有限责任公司电力科学研究院) 2018年6月15日 (2018 - 06 - 15) 说明书第[0006]-[0091]段	1-2, 10-11	A	CN 106989752 A (马亨德拉雷瓦电动汽车有限公司) 2017年7月28日 (2017 - 07 - 28) 全文	1-14	X	US 2017343366 A1 (HYUNDAI MOTOR CO., LTD. 等) 2017年11月30日 (2017 - 11 - 30) 说明书第[0016]-[0033]段	1-2, 10-11	* 引用文件的具体类型:	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性	“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“&” 同族专利的文件	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件		“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																											
PX	CN 113283623 A (韦涛) 2021年8月20日 (2021 - 08 - 20) 权利要求1-14	1-14																											
X	CN 108162771 A (贵州电网有限责任公司电力科学研究院) 2018年6月15日 (2018 - 06 - 15) 说明书第[0006]-[0091]段	1-2, 10-11																											
A	CN 106989752 A (马亨德拉雷瓦电动汽车有限公司) 2017年7月28日 (2017 - 07 - 28) 全文	1-14																											
X	US 2017343366 A1 (HYUNDAI MOTOR CO., LTD. 等) 2017年11月30日 (2017 - 11 - 30) 说明书第[0016]-[0033]段	1-2, 10-11																											
* 引用文件的具体类型:	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件																												
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性																												
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性																												
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“&” 同族专利的文件																												
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件																													
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件																													
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																												
2022年6月27日	2022年7月8日																												
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																												
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	赵伟华																												
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-010-62411830																												

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2022/092902

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	113283623	A	2021年8月20日	无			
CN	108162771	A	2018年6月15日	无			
CN	106989752	A	2017年7月28日	无			
US	2017343366	A1	2017年11月30日	KR	20170133763	A	2017年12月6日
				US	10107634	B2	2018年10月23日