



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 119561048 B

(45) 授权公告日 2025.06.13

(21) 申请号 202510106689.4

(22) 申请日 2025.01.23

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 119561048 A

(43) 申请公布日 2025.03.04

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510641 广东省广州市天河区五山路  
381号

专利权人 人工智能与数字经济广东省实验  
室(广州)

(72) 发明人 林镇宏 黄炽坤 许超旭 郑曼翠  
东淏博

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限  
公司 44202

专利代理人 赖志民

(51) Int.Cl.

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/32 (2006.01)

B60L 55/00 (2019.01)

G06Q 10/0637 (2023.01)

G06Q 30/0283 (2023.01)

G06Q 50/06 (2024.01)

G06F 17/11 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 118970927 A, 2024.11.15

CN 115693797 A, 2023.02.03

审查员 夏明

权利要求书3页 说明书10页 附图2页

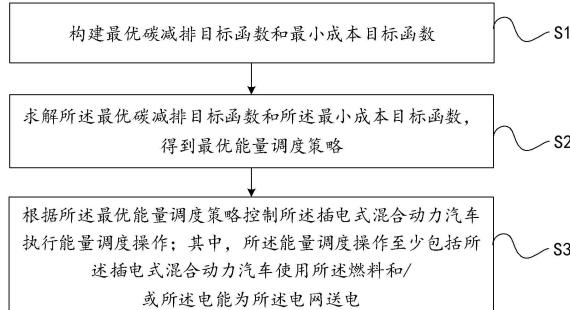
(54) 发明名称

基于V2G的能量调度方法、装置、设备、存储  
介质及产品

(57) 摘要

本发明公开一种基于V2G的能量调度方法、  
装置、设备、存储介质及产品，在V2G能量调度场  
景下，通过考虑插电式混合动力汽车在回程过程  
中所消耗的燃料的碳排放量、回程过程中所消耗  
的电能的碳排放量、插电式混合动力汽车与电网  
进行能量调度时所消耗的燃料的碳排放量以及  
将电能送回电网所产生的碳排放量、回程过程中  
所消耗的所述燃料的成本以及插电式混合动力  
汽车与电网进行电能交换时所消耗的成本等因  
素，来构建最优碳减排目标函数和最小成本目标  
函数；通过对多目标函数进行求解，来得到最优  
能量调度策略，以用于控制插电式混合动力汽车  
基于燃料和/或电能执行能量调度操作，有效地  
降低了V2G模式下能量调度的碳排放量，有利于  
环境保护。

B  
CN 119561048



CN

1. 一种基于V2G的能量调度方法,其特征在于,包括:

构建最优碳减排目标函数和最小成本目标函数:

$$\min E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = E_{R_{MF}} + E_{R_B} + \sum_{t=1}^T (E_{MF} + E_B);$$

$$\min Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = C_{R_{MF}} + \sum_{t=1}^T (C_{MF} + C_B);$$

其中, $E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$ 是V2G能量调度场景下插电式混合动力汽车的总碳排放量; $E_{R_{MF}}$ 是回程过程中所消耗的燃料的碳排放量; $E_{R_B}$ 是回程过程中所消耗的电能的碳排放量; $E_{MF}$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车所消耗的燃料的碳排放量; $E_B$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车参与V2G,将电能送回电网所产生的碳排放量; $t$ 是时段 $t$ , $T$ 是所述插电式混合动力汽车在充电桩与所述电网进行能量调度的总时段数; $Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$ 是所述V2G能量调度场景下所述插电式混合动力汽车的总成本, $C_{R_{MF}}$ 是回程过程中所消耗的所述燃料的成本, $C_{MF}$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车消耗的所述燃料的成本, $C_B$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车通过所述充电桩与所述电网进行电能交换所消耗的成本;所述回程过程是所述插电式混合动力汽车完成V2G后从所述充电桩行驶回车主住宅的过程;

求解所述最优碳减排目标函数和所述最小成本目标函数,得到最优能量调度策略;

根据所述最优能量调度策略控制所述插电式混合动力汽车执行能量调度操作;其中,所述能量调度操作至少包括所述插电式混合动力汽车使用所述燃料和/或所述电能为所述电网送电。

2. 如权利要求1所述的基于V2G的能量调度方法,其特征在于,还包括:

$$E_{R_{MF}} = R_{MF} \cdot cef_{MF};$$

$$E_{R_B} = R_B \cdot cef_B;$$

$$E_{MF} = C_0 \cdot Q_{MF} \cdot cef_{MF};$$

$$E_B = C_2 \cdot Q_B \cdot cef_B;$$

其中, $R_{MF}$ 是回程过程中所消耗的燃料用量, $cef_{MF}$ 是所述燃料的单位碳排放量; $R_B$ 是回程过程中所消耗的电能用量, $cef_B$ 是电能的单位碳排放量; $C_0$ 表示燃料送电状态,在使用所述燃料为所述电网送电时 $C_0$ 的值为1,在没有使用所述燃料为所述电网送电时 $C_0$ 的值为0, $Q_{MF}$ 是时段 $t$ 所消耗的燃料用量; $C_2$ 表示电能送电状态,在使用所述插电式混合动力汽车的电能为所述电网送电时 $C_2$ 的值为1,在没有使用所述插电式混合动力汽车的电能为所述电网送电时 $C_2$ 的值为0, $Q_B$ 是所述插电式混合动力汽车在时段 $t$ 与所述电网交换的电量的绝对值。

3. 如权利要求2所述的基于V2G的能量调度方法,其特征在于,所述燃料是混合燃料,所述混合燃料由电子燃料和传统燃料按照设定配比组成;所述燃料的单位碳排放量是每单位所述混合燃料中,消耗所述传统燃料产生的碳排放量和为生产所述电子燃料产生的碳排放

量之和。

4. 如权利要求3所述的基于V2G的能量调度方法,其特征在于,所述电子燃料的单位碳排放量通过以下公式计算得到:

$$\text{cef}_{e-fuel} = \frac{\text{cef}_B}{\eta_{conversion}} + \text{cef}_I + \text{cef}_c + \text{cef}_{FT};$$

$$\eta_{conversion} = \frac{P'_{e-fuel}}{P_{renewable}};$$

$\text{cef}_{e-fuel}$ 表示所述电子燃料的单位碳排放量, $\text{cef}_B$ 表示为了生产所述电子燃料所消耗绿电的单位碳排放量, $\eta_{conversion}$ 表示所述电子燃料生产的电能转化效率, $\text{cef}_I$ 表示生产单位电子燃料所需基础设施的碳排放量, $\text{cef}_c$ 表示生产单位电子燃料所需碳捕获过程的碳排放量, $\text{cef}_{FT}$ 表示生产单位电子燃料所需合成过程的碳排放量, $P_{renewable}$ 是生成所述电子燃料所消耗的总绿电电量, $P'_{e-fuel}$ 为所述电子燃料总生产量;

每单位所述混合燃料中,为生产所述电子燃料产生的碳排放量根据所述设定配比和所述电子燃料的单位碳排放量计算得到。

5. 如权利要求1所述的基于V2G的能量调度方法,其特征在于,还包括:

$$C_{MF} = f_{MF} \cdot Q_{MF};$$

$$C_{R_{MF}} = R_{MF} \cdot P_{MF};$$

$$C_B = f_B \cdot Q_B;$$

$$f_{MF} = P_{MF} + C_0 \cdot (-P_{V2G}) \cdot \varepsilon_g;$$

$$f_B = C_1 \cdot P_E + C_2 \cdot (-P_{V2G});$$

其中, $f_{MF}$ 是减去所述插电式混合动力汽车使用所述燃料参与V2G获得收益后的燃料单位成本, $Q_{MF}$ 是时段 $t$ 所消耗的燃料用量, $P_{MF}$ 是所述燃料的单位购入成本, $P_{V2G}$ 是所述插电式混合动力汽车参与V2G的单位收益, $\varepsilon_g$ 是所述燃料的发电效率, $R_{MF}$ 表示回程过程中所消耗的燃料用量, $f_B$ 是减去所述插电式混合动力汽车使用电能参与V2G获得收益后的电力单位成本, $P_E$ 是为使用所述充电桩向所述插电式混合动力汽车充电时的单位电量成本, $Q_B$ 表示是所述插电式混合动力汽车在时段 $t$ 与所述电网交换的电量的绝对值; $C_0$ 表示燃料送电状态,在使用所述燃料为所述电网送电时 $C_0$ 的值为1,在没有使用所述燃料为所述电网送电时 $C_0$ 的值为0; $C_1$ 表示车辆充电状态,在所述电网为所述插电式混合动力汽车充电时 $C_1$ 的值为1,在所述电网不为所述插电式混合动力汽车充电时 $C_1$ 的值为0; $C_2$ 表示电能送电状态,在使用所述插电式混合动力汽车的电能为所述电网送电时 $C_2$ 的值为1,在没有使用所述插电式混合动力汽车的电能为所述电网送电时 $C_2$ 的值为0。

6. 如权利要求5所述的基于V2G的能量调度方法,其特征在于,所述燃料是混合燃料,所述混合燃料由传统燃料和电子燃料按照设定配比组成;所述燃料的单位购入成本通过以下

公式计算得到：

$$P_{MF} = \delta P_{e-fuel} + (1 - \delta) P_{gasoline};$$

$$P_{e-fuel} = O_{e-fuel} + TAX_{CE};$$

$$P_{gasoline} = O_{gasoline} + TAX_{CE};$$

其中， $\delta$ 是所述混合燃料中所述电子燃料所占比例， $P_{e-fuel}$ 是考虑了碳税的所述电子燃料的单位成本， $P_{gasoline}$ 是考虑了碳税的所述传统燃料的单位成本， $O_{e-fuel}$ 是所述电子燃料的原始单位成本， $O_{gasoline}$ 是所述传统燃料的原始单位成本， $TAX_{CE}$ 为碳税的成本数据。

7. 一种基于V2G的能量调度装置，其特征在于，包括：

函数构建模块，用于构建最优碳减排目标函数和最小成本目标函数：

$$\min E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = E_{R_{MF}} + E_{R_B} + \sum_{t=1}^T (E_{MF} + E_B);$$

$$\min Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = C_{R_{MF}} + \sum_{t=1}^T (C_{MF} + C_B);$$

其中， $E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$ 是V2G能量调度场景下插电式混合动力汽车的总碳排放量； $E_{R_{MF}}$ 是回程过程中所消耗的燃料的碳排放量； $E_{R_B}$ 是回程过程中所消耗的电能的碳排放量； $E_{MF}$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车所消耗的燃料的碳排放量； $E_B$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车参与V2G，将电能送回电网所产生的碳排放量； $t$ 是时段 $t$ ， $T$ 是所述插电式混合动力汽车在充电桩与所述电网进行能量调度的总时段数； $Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$ 是所述V2G能量调度场景下所述插电式混合动力汽车的总成本， $C_{R_{MF}}$ 是回程过程中所消耗的所述燃料的成本， $C_{MF}$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车消耗的所述燃料的成本， $C_B$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车通过所述充电桩与所述电网进行电能交换所消耗的成本；所述回程过程是所述插电式混合动力汽车完成V2G后从所述充电桩行驶回车主住宅的过程；

求解模块，用于求解所述最优碳减排目标函数和所述最小成本目标函数，得到最优能量调度策略；

能量调度模块，用于根据所述最优能量调度策略控制所述插电式混合动力汽车执行能量调度操作；其中，所述能量调度操作至少包括所述插电式混合动力汽车使用所述燃料和/或所述电能为所述电网送电。

8. 一种基于V2G的能量调度设备，其特征在于，包括处理器、存储器以及存储在所述存储器中且被配置为由所述处理器执行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至6中任意一项所述的基于V2G的能量调度方法。

9. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质包括存储的计算机程序，其中，在所述计算机程序运行时控制所述计算机可读存储介质所在设备执行如权利要求1至6中任意一项所述的基于V2G的能量调度方法。

10. 一种计算机程序产品，包括计算机程序/指令，其特征在于，所述计算机程序/指令被处理器执行时实现如权利要求1至6中任意一项所述的基于V2G的能量调度方法。

## 基于V2G的能量调度方法、装置、设备、存储介质及产品

### 技术领域

[0001] 本发明涉及车辆技术领域,具体的说,涉及的是一种基于V2G的能量调度方法、装置、设备、存储介质及产品。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着全球气候变化和环境污染问题日益严重,以及人们对于车辆的续航能力的需求,插电式混合动力汽车(Plug-in Hybrid Electric Vehicle,PHEV)因兼具低碳排放和高续航能力的特点成为替代传统燃油汽车的选择之一。中汽中心PHEV销量数据显示近三年的PHEV增长率分别为147%、134%和85%,随着插电式混合动力汽车的普及以及车网互动技术的快速发展,PHEV会成为电网重要的灵活性储能资源。

[0003] 目前在车辆向电网送电(Vehicle-to-Grid,V2G)模式下,对于车辆向电网输电的能量调度,普遍仅以经济性为优化目标,缺乏能量调度的低碳优化,不利于环境保护,因此,有必要考虑低碳排放来实现V2G模式下车辆的能量调度。

### 发明内容

[0004] 基于此,本发明提供了一种基于V2G的能量调度方法、装置、设备、存储介质及产品,以解决现有技术中仅考虑经济因素来进行V2G模式下车辆的能量调度所导致的低碳优化程度不足的缺陷。

[0005] 为实现上述目的,本发明实施例提供了一种基于V2G的能量调度方法,包括:

[0006] 构建最优化碳减排目标函数和最小成本目标函数:

$$\min E_{Q_B,Q_{MF},\alpha,a,b} = E_{R_{MF}} + E_{R_B} + \sum_{t=1}^T (E_{MF} + E_B);$$

$$\min Cost_{Q_B,Q_{MF},\alpha,a,b} = C_{R_{MF}} + \sum_{t=1}^T (C_{MF} + C_B);$$

[0009] 其中, $E_{Q_B,Q_{MF},\alpha,a,b}$ 是V2G能量调度场景下插电式混合动力汽车的总碳排放量; $E_{R_{MF}}$ 是回程过程中所消耗的燃料的碳排放量; $E_{R_B}$ 是回程过程中所消耗的电能的碳排放量; $E_{MF}$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车所消耗的燃料的碳排放量; $E_B$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车参与V2G,将电能送回电网所产生的碳排放量; $t$ 是时段 $t$ , $T$ 是所述插电式混合动力汽车在充电桩与所述电网进行能量调度的总时段数; $Cost_{Q_B,Q_{MF},\alpha,a,b}$ 是所述V2G能量调度场景下所述插电式混合动力汽车的总成本, $C_{R_{MF}}$ 是回程过程中所消耗的所述燃料的成本, $C_{MF}$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车消耗的所述燃料的成本, $C_B$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车通过所述充电桩与所述电网进行电能交换所消耗的成本;所述回程过程是所述插电式混合动力汽车完成V2G后从所述充电桩行驶回车主住宅的过程;

[0010] 求解所述最优化碳减排目标函数和所述最小成本目标函数,得到最优化能量调度策略;

[0011] 根据所述最优能量调度策略控制所述插电式混合动力汽车执行能量调度操作；其中，所述能量调度操作至少包括所述插电式混合动力汽车使用所述燃料和/或所述电能为所述电网送电。

[0012] 为实现上述目的，本发明实施例还提供了一种基于V2G的能量调度装置，包括：

[0013] 函数构建模块，用于构建最优化碳减排目标函数和最小成本目标函数：

$$[0014] \min E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = E_{R_{MF}} + E_{R_B} + \sum_{t=1}^T (E_{MF} + E_B);$$

$$[0015] \min Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = C_{R_{MF}} + \sum_{t=1}^T (C_{MF} + C_B);$$

[0016] 其中， $E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$ 是V2G能量调度场景下插电式混合动力汽车的总碳排放量； $E_{R_{MF}}$ 是回程过程中所消耗的燃料的碳排放量； $E_{R_B}$ 是回程过程中所消耗的电能的碳排放量； $E_{MF}$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车所消耗的燃料的碳排放量； $E_B$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车参与V2G，将电能送回电网所产生的碳排放量； $t$ 是时段 $t$ ， $T$ 是所述插电式混合动力汽车在充电桩与所述电网进行能量调度的总时段数； $Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$ 是所述V2G能量调度场景下所述插电式混合动力汽车的总成本， $C_{R_{MF}}$ 是回程过程中所消耗的所述燃料的成本， $C_{MF}$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车消耗的所述燃料的成本， $C_B$ 是时段 $t$ 所述插电式混合动力汽车通过所述充电桩与所述电网进行电能交换所消耗的成本；所述回程过程是所述插电式混合动力汽车完成V2G后从所述充电桩行驶回车主住宅的过程；

[0017] 求解模块，用于求解所述最优化碳减排目标函数和所述最小成本目标函数，得到最优能量调度策略；

[0018] 能量调度模块，用于根据所述最优能量调度策略控制所述插电式混合动力汽车执行能量调度操作；其中，所述能量调度操作至少包括所述插电式混合动力汽车使用所述燃料和/或所述电能为所述电网送电。

[0019] 为实现上述目的，本发明实施例还提供了一种基于V2G的能量调度设备，包括处理器、存储器以及存储在所述存储器中且被配置为由所述处理器执行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现如上述任一实施例所述的基于V2G的能量调度方法。

[0020] 为实现上述目的，本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质包括存储的计算机程序，其中，在所述计算机程序运行时控制所述计算机可读存储介质所在设备执行如上述任一实施例所述的基于V2G的能量调度方法。

[0021] 为实现上述目的，本发明实施例还提供了一种计算机程序产品，包括计算机程序/指令，所述计算机程序/指令被处理器执行时实现如上述任一实施例所述的基于V2G的能量调度方法。

[0022] 与现有技术相比，本发明实施例公开的基于V2G的能量调度方法、装置、设备、存储介质及产品，首先，在V2G能量调度场景下，通过考虑插电式混合动力汽车在回程过程中所消耗的燃料的碳排放量、回程过程中所消耗的电能的碳排放量、插电式混合动力汽车与电网进行能量调度时所消耗的燃料的碳排放量、插电式混合动力汽车与电网进行能量调度时将电能送回电网所产生的碳排放量、回程过程中所消耗的所述燃料的成本，以及插电式混

合动力汽车与电网进行电能交换时所消耗的成本等因素,来构建最优碳减排目标函数和最小成本目标函数;然后,通过对多目标函数进行求解,以得到最优能量调度策略;最后,通过根据求解得到的最优能量调度策略来控制插电式混合动力汽车基于车辆的燃料和/或电能来执行能量调度操作,有效地降低了V2G模式下插电式混合动力汽车和电网之间能量调度的碳排放量,有利于环境保护。

## 附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,下面将对实施方式中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0024] 图1是本发明一实施例提供的一种基于V2G的能量调度方法的流程示意图;

[0025] 图2是本发明一实施例提供的一种基于V2G的能量调度装置的结构示意图;

[0026] 图3是本发明一实施例提供的一种基于V2G的能量调度设备的结构示意图。

## 具体实施方式

[0027] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0028] 本发明一实施例提供一种基于V2G的能量调度方法,参见图1所示的基于V2G的能量调度方法的流程示意图。具体地,所述基于V2G的能量调度方法,包括步骤S1~S3:

[0029] S1、构建最优碳减排目标函数和最小成本目标函数。

[0030] 所述最优碳减排目标函数和最小成本目标函数如下所示:

$$[0031] \min E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = E_{R_{MF}} + E_{R_B} + \sum_{t=1}^T (E_{MF} + E_B);$$

$$[0032] \min Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = C_{R_{MF}} + \sum_{t=1}^T (C_{MF} + C_B);$$

[0033] 其中, $E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$ 是在V2G能量调度场景下插电式混合动力汽车的总碳排放量,其中,下标 $Q_B$ 是插电式混合动力汽车在时段 $t$ 与电网交换的电量的绝对值,下标 $Q_{MF}$ 是时段 $t$ 所消耗的燃料用量,下标 $\alpha$ 为体现车辆模式的变量,车辆模式包括车辆充电模式(G2V)、电能送电模式(用电V2G)和燃料送电模式(用油V2G),车辆充电模式指的是电网为插电式混合动力汽车充电,电能送电模式指的是使用插电式混合动力汽车的电能为电网送电,燃料送电模式指的是使用插电式混合动力汽车的燃料为电网送电,下标 $a$ 是最后时刻用于回程所消耗的燃料占剩余燃料的比例,下标 $b$ 是最后时刻用于回程所消耗的电能占剩余电量的比例,剩余燃料指的是插电式混合动力汽车完成V2G后剩余的燃料,剩余电量指的是插电式混合动力汽车完成V2G后剩余的电量; $E_{R_{MF}}$ 是回程过程中所消耗的燃料的碳排放量; $E_{R_B}$ 是回程过程中所消耗的电能的碳排放量; $E_{MF}$ 是时段 $t$ 插电式混合动力汽车所消耗的燃料的碳排

放量;  $E_B$  是时段  $t$  插电式混合动力汽车参与V2G, 将电能送回电网所产生的碳排放量;  $t$  是时段  $t$ ,  $T$  是插电式混合动力汽车在充电桩与电网进行能量调度的总时段数;  $Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$  是在V2G能量调度场景下插电式混合动力汽车的总成本,  $C_{R_{MF}}$  是回程过程中所消耗的燃料的成本,  $C_{MF}$  是时段  $t$  插电式混合动力汽车消耗的燃料的成本,  $C_B$  是时段  $t$  插电式混合动力汽车通过充电桩与电网进行电能交换所消耗的成本; 所述回程过程是插电式混合动力汽车完成V2G后从充电桩行驶回车主住宅的过程。

[0034] S2、求解所述最优碳减排目标函数和所述最小成本目标函数, 得到最优能量调度策略。

[0035] S3、根据所述最优能量调度策略控制所述插电式混合动力汽车执行能量调度操作; 其中, 所述能量调度操作至少包括所述插电式混合动力汽车使用所述燃料和/或所述电能为所述电网送电。

[0036] 值得说明的是, 所述方法的应用场景是车辆向电网送电 (Vehicle-to-Grid, V2G) 场景, V2G技术是指车辆给电网送电的技术, 其核心思想就是利用大量车辆的储能源作为电网的缓冲。通过利用V2G技术, 电网效率低以及电网负荷波动大的问题不仅可以得到很大程度的缓解, 还可以为车主创造收益。

[0037] 具体地, 在步骤S1中构建多目标函数, 除了最小成本目标函数外, 增加了最优碳减排目标函数, 考虑了V2G模式下的碳排放量。在V2G能量调度场景下, 主要的碳排放量包括: 1、插电式混合动力汽车在完成V2G后从充电桩行驶回车主住宅这一过程中, 使用燃料为插电式混合动力汽车提供动力所造成的碳排放量, 2、在完成V2G后从充电桩行驶回车主住宅这一过程中, 使用电能为插电式混合动力汽车提供动力所造成的碳排放量, 3、插电式混合动力汽车在V2G模式下, 使用燃料向电网送电产生的碳排放量, 4、插电式混合动力汽车在V2G模式下, 将电能送回电网所产生的碳排放量。在V2G能量调度场景下, 主要的成本包括但不限于: 1、插电式混合动力汽车在完成V2G后从充电桩行驶回车主住宅这一过程中, 所消耗的燃料的成本, 2、对于插电式混合动力汽车在充电桩为电网送电所消耗的燃料, 其成本是考虑了燃料送电产生收益后的成本, 3、插电式混合动力汽车在充电桩与电网进行电能与电能之间的交换产生的成本。

[0038] 具体地, 在步骤S2中, 对多目标函数进行求解, 尽可能地寻找使得碳排放量小且成本小的能量调度策略, 使得找到的最优能量调度策略能够使得碳排放量和成本均被限定在可接受的范围内, 避免出现碳排放量过大或者成本过大的情况。

[0039] 具体地, 在步骤S3中, 最优能量调度策略实际上就是插电式混合动力汽车在V2G模式下, 采用燃料或者电能向电网输送电力的控制策略, 根据该策略控制能量调度。

[0040] 与现有技术相比, 本发明实施例所公开的方法, 首先, 在V2G能量调度场景下, 通过考虑插电式混合动力汽车在回程过程中所消耗的燃料的碳排放量、回程过程中所消耗的电能的碳排放量、插电式混合动力汽车与电网进行能量调度时所消耗的燃料的碳排放量、插电式混合动力汽车与电网进行能量调度时将电能送回电网所产生的碳排放量、回程过程中所消耗的所述燃料的成本, 以及插电式混合动力汽车与电网进行电能交换时所消耗的成本等因素, 来构建最优碳减排目标函数和最小成本目标函数; 然后, 通过对多目标函数进行求解, 以得到最优能量调度策略; 最后, 根据求解得到的最优能量调度策略来控制插电式混合

电动汽车使用燃料和电能,与电网进行V2G能量调度,有效地降低了V2G模式下能量调度的碳排放量,有利于环境保护。

[0041] 在一种优选的实施方式中,在步骤S1~S3的基础上,还设置了以下公式:

$$[0042] E_{R_{MF}} = R_{MF} \cdot cef_{MF};$$

$$[0043] E_{R_B} = R_B \cdot cef_B;$$

$$[0044] E_{MF} = C_0 \cdot Q_{MF} \cdot cef_{MF};$$

$$[0045] E_B = C_2 \cdot Q_B \cdot cef_B;$$

[0046] 其中, $R_{MF}$ 表示回程过程中所消耗的燃料用量, $cef_{MF}$ 表示所述燃料的单位碳排放量; $R_B$ 表示回程过程中所消耗的电能用量, $cef_B$ 表示电能的单位碳排放量; $C_0$ 表示燃料送电状态,在使用所述燃料为所述电网送电时 $C_0$ 的值为1,在没有使用所述燃料为所述电网送电时 $C_0$ 的值为0; $Q_{MF}$ 表示时段 $t$ 所消耗的燃料用量; $C_2$ 表示电能送电状态,在使用所述插电式混合动力汽车的电能为所述电网送电时 $C_2$ 的值为1,在没有使用所述插电式混合动力汽车的电能为所述电网送电时 $C_2$ 的值为0, $Q_B$ 是所述插电式混合动力汽车在时段 $t$ 与所述电网交换的电量的绝对值。

[0047] 具体地,在本实施方式中,通过将获取的插电式混合动力汽车在回程过程中消耗的燃料用量与燃料使用时的单位碳排放量相乘,得到回程过程中所消耗的燃料的碳排放量。通过将获取的插电式混合动力汽车在回程过程中所消耗的电能用量与电能的单位碳排放量相乘,得到回程过程中所消耗的燃料的碳排放量。通过将获取的插电式混合动力汽车使用燃料向电网送电的方式消耗的燃料用量和燃料使用时的单位碳排放量相乘,得到使用燃料向电网送电的方式对应的碳排放量。

[0048] 进一步地,所述燃料是混合燃料,所述混合燃料由电子燃料和传统燃料按照设定配比组成;所述燃料的单位碳排放量是每单位所述混合燃料中,消耗所述传统燃料产生的碳排放量和为生产所述电子燃料产生的碳排放量之和。

[0049] 具体地,使用混合燃料和电能为插电式混合动力汽车提供动力,插电式混合动力汽车可使用混合燃料和电能向电网送电,混合燃料包括电子燃料和传统燃料,传统燃料是汽油,电子燃料是E-fuel,又名合成燃料,电子燃料是面向碳中和的变革性技术,为能源转型与碳中和目标实现提供全新的解决方案,其具有低碳排放和高续航能力的特点。电子燃料是通过水电解生成的氢气,与二氧化碳进行催化反应,进而生成的一种液体碳氢链燃料,在电子燃料的生成过程中,为了降低排放指标,其中氢气通过“电解水”的方式获得,二氧化碳直接从工业废气或是普通空气中采集而来,由此可知,电子燃料产生的碳排放量主要是为生产电子燃料所产生的碳排放量。因此,所述燃料的单位碳排放量是每单位所述混合燃料中,传统燃料消耗时产生的碳排放量,加上为生产电子燃料产生的碳排放量。

[0050] 进一步地,所述电子燃料的单位碳排放量通过以下公式计算得到:

$$[0051] cef_{e-fuel} = \frac{cef_B}{\eta_{conversion}} + cef_I + cef_c + cef_{FT};$$

$$[0052] \eta_{conversion} = \frac{P'_e - fuel}{P_{renewable}};$$

[0053]  $cef_{e-fuel}$  表示所述电子燃料的单位碳排放量,  $cef_B$  表示为了生产所述电子燃料所消耗绿电的单位碳排放量,  $\eta_{conversion}$  表示所述电子燃料生产的电能转化效率,  $cef_I$  表示生产单位电子燃料所需基础设施的碳排放量,  $cef_c$  表示生产单位电子燃料所需碳捕获过程的碳排放量,  $cef_{FT}$  表示生产单位电子燃料所需合成过程的碳排放量,  $P_{renewable}$  是生成所述电子燃料所消耗的总绿电电量,  $P'_e - fuel$  为所述电子燃料总生产量;

[0054] 每单位所述混合燃料中, 为生产所述电子燃料产生的碳排放量根据所述设定配比和所述电子燃料的单位碳排放量计算得到。

[0055] 具体地, 每单位所述混合燃料中, 为生产所述电子燃料产生的碳排放量根据电子燃料在混合燃料中的占比乘以电子燃料的单位碳排放量得到。电子燃料的单位碳排放量由生成电子燃料过程产生的碳排放决定, 主要影响因素包括每生成单位电子燃料所需要消耗的绿电电量以及在生成电子燃料时电能转化效率等等。值得说明的是, 电能转化效率变高, 电子燃料的单位碳排放量会相应降低。

[0056] 进一步地, 还可以设置所述电子燃料的单位碳排放量的计算公式为:

$$[0057] cef_{e-fuel} = \frac{cef_B}{\eta_{conversion}} + cef_I + cef_c + cef_{FT} + cef_o;$$

[0058] 其中,  $cef_o$  表示生产单位电子燃料所需其他过程的碳排放量, 其他过程的具体类型根据实际情况设置, 在此不作限定。

[0059] 在一种优选的实施方式中, 在步骤S1~S3的基础上, 所述方法还包括:

$$[0060] C_{Q_{MF}} = f_{MF} \cdot Q_{MF};$$

$$[0061] C_{R_{MF}} = R_{MF} \cdot P_{MF};$$

$$[0062] C_B = f_B \cdot Q_B;$$

$$[0063] f_{MF} = P_{MF} + C_0 \cdot (-P_{V2G}) \cdot \varepsilon_g;$$

$$[0064] f_B = C_1 \cdot P_E + C_2 \cdot (-P_{V2G});$$

[0065] 其中,  $f_{MF}$  是减去所述插电式混合动力汽车使用所述燃料参与V2G获得收益后的燃料单位成本,  $Q_{MF}$  是时段  $t$  所消耗的燃料用量,  $P_{MF}$  是所述燃料的单位购入成本,  $P_{V2G}$  是所述插电式混合动力汽车参与V2G的单位收益,  $\varepsilon_g$  是所述燃料的发电效率,  $R_{MF}$  表示回程过程中所消耗的燃料用量,  $f_B$  是减去所述插电式混合动力汽车使用电力参与V2G获得收益后的电力单位成本,  $P_E$  是为使用所述充电桩向所述插电式混合动力汽车充电时的单位电量成本, 该单位电量成本是分时价格,  $Q_B$  表示是所述插电式混合动力汽车在时段  $t$  与所述电网交换的电量的绝对值, 每个时段  $t$  都有对应的  $Q_B$  值,  $C_0$  表示燃料送电状态, 在使用所述燃料为所述电网送电时  $C_0$  的值为1, 在没有使用所述燃料为所述电网送电时  $C_0$  的值为0;  $C_1$  表

示车辆充电状态,在所述电网为所述插电式混合动力汽车充电时 $C_1$ 的值为1,在所述电网不为所述插电式混合动力汽车充电时 $C_1$ 的值为0; $C_2$ 表示电能送电状态,在使用所述插电式混合动力汽车的电能为所述电网送电时 $C_2$ 的值为1,在没有使用所述插电式混合动力汽车的电能为所述电网送电时 $C_2$ 的值为0。

[0066] 具体地,通过确定不同状态下的燃料的消耗量以及相应的单位成本,进而计算不同状态下的成本,将所有成本相比即可得到总的成本。

[0067] 进一步地,所述燃料是混合燃料,所述混合燃料由传统燃料和电子燃料按照设定配比组成;所述燃料的单位购入成本通过以下公式计算得到:

$$[0068] P_{MF} = \delta P_{e-fuel} + (1 - \delta) P_{gasoline};$$

$$[0069] P_{e-fuel} = O_{e-fuel} + TAX_{CE};$$

$$[0070] P_{gasoline} = O_{gasoline} + TAX_{CE};$$

[0071] 其中, $\delta$ 是所述混合燃料中所述电子燃料所占比例, $P_{e-fuel}$ 是考虑了碳税的所述电子燃料的单位成本, $P_{gasoline}$ 是考虑了碳税的所述传统燃料的单位成本, $O_{e-fuel}$ 是所述电子燃料的原始单位成本, $O_{gasoline}$ 是所述传统燃料的原始单位成本, $TAX_{CE}$ 为碳税的成本数据。

[0072] 值得说明的是,碳税是指针对二氧化碳排放所征收的税,它以环境保护为目的,希望通过削减二氧化碳排放来减缓全球变暖,碳税的成本数据的具体数值、混合燃料中传统燃料的占比以及混合燃料中电子燃料的占比均根据实际情况设置,在此不作限定。

[0073] 具体地,采用绿电来生产E-fuel,电子燃料的原始单位成本 $O_{e-fuel}$ 可通过以下方式来确定其数值的大小:

[0074] 考虑了绿电生产商和E-fuel生产商之间的博弈关系,绿电生产商和E-fuel生产商之间的供需关系达到纳什均衡条件:

$$[0075] \frac{\partial U_{renewable}}{\partial P_{renewable}} = 0; \frac{\partial U_{e-fuel}}{\partial P_{renewable}} = 0;$$

[0076] 式中, $U_{e-fuel}$ 是E-fuel生产商的收益函数, $P_{renewable}$ 是生成E-fuel所消耗的总绿电电量, $U_{renewable}$ 是绿电生产商的销售绿电收益函数;

[0077]  $U_{renewable}$ 的计算公式如下:

$$[0078] U_{renewable}(P_{renewable}, \alpha_{renewable}, D_{e-fuel}) = R_{renewable}(P_{renewable}, \alpha_{renewable}, D_{e-fuel}) - C_{renewable} \times P_{renewable};$$

[0079] 式中, $\alpha_{renewable}$ 是可再生能源在电力结构中的比例; $D_{e-fuel}$ 用来表示E-fuel的需求量与绿电发电量的关系,为绿电发电量的函数; $R_{renewable}$ 是绿电生产商售卖绿电得到的收入; $C_{renewable}$ 用来表示为了生产E-fuel,所需要消耗绿电的单位成本。

[0080] E-fuel生产商的相关成本计算公式如下:

[0081]  $C_{e-fuel} = (C_{renewable} \times P_{renewable}/\eta_{conversion}) + C_{e-fuel,base};$

[0082]  $cef_{e-fuel} = \frac{cef_B}{\eta_{conversion}} + cef_I + cef_c + cef_{FT} + cef_o;$

[0083]  $\eta_{conversion} = \frac{P'_{e-fuel}}{P_{renewable}};$

[0084] 式中,  $C_{e-fuel}$  表示E-fuel生产商的支出总成本,  $C_{e-fuel,base}$  是生产E-fuel的基础生产成本,  $\eta_{conversion}$  是E-fuel生产的电能转化效率,  $cef_{e-fuel}$  表示所述电子燃料的单位碳排放量,  $cef_B$  表示为了生产所述电子燃料所消耗绿电的单位碳排放量,  $\eta_{conversion}$  表示所述电子燃料生产的电能转化效率,  $cef_I$  表示所述生产单位电子燃料所需基础设施的碳排放量,  $cef_c$  表示所述生产单位电子燃料所需碳捕获过程的碳排放量,  $cef_{FT}$  表示所述生产单位电子燃料所需合成过程的碳排放量,  $cef_o$  表示所述生产单位电子燃料所需其他过程的碳排放量,  $P_{renewable}$  是生成所述电子燃料所消耗的总绿电电量,  $P'_{e-fuel}$  为所述电子燃料总生产量;

[0085] 设置以下公式:

[0086]  $D_{renewable}(t') = D_{e-fuel}(P_{renewable}(t'));$

[0087]  $U_{e-fuel}(P_{renewable}, \alpha_{renewable}) = P_{renewable} \times O_{e-fuel} - (C_{e-fuel,base} + C_{renewable});$

[0088] 式中,  $D_{renewable}(t')$  为  $t'$  时段 E-fuel 的需求量,  $D_{e-fuel}$  为一个需求函数, 绿电的发电量会对 E-fuel 的需求产生影响,  $O_{e-fuel}$  为 E-fuel 生产商售卖 E-fuel 的价格, 即电动车主购买使用 E-fuel 的成本(即电子燃料的原始单位成本)。

[0089] 通过利用上述公式, 在绿电生产商和 E-fuel 生产商之间的供需关系达到纳什均衡条件下确定电子燃料的原始单位成本  $O_{e-fuel}$ 。

[0090] 与现有技术相比, 本发明实施例所提供的基于V2G的能量调度方法, 首先, 在V2G能量调度场景下, 通过考虑插电式混合动力汽车在回程过程中所消耗的燃料的碳排放量、回程过程中所消耗的电能的碳排放量、插电式混合动力汽车与电网进行能量调度时所消耗的燃料的碳排放量、插电式混合动力汽车与电网进行能量调度时将电能送回电网所产生的碳排放量、回程过程中所消耗的所述燃料的成本, 以及插电式混合动力汽车与电网进行电能交换时所消耗的成本等因素, 来构建最优碳减排目标函数和最小成本目标函数; 然后, 通过对多目标函数进行求解, 以得到最优能量调度策略; 最后, 通过根据求解得到的最优能量调度策略来控制插电式混合动力汽车基于车辆的燃料和/或电能来执行能量调度操作, 有效地降低了V2G模式下插电式混合动力汽车和电网之间能量调度的碳排放量, 有利于环境保护。

[0091] 参见图2, 图2是本发明实施例提供的一种基于V2G的能量调度装置, 所述基于V2G的能量调度装置, 包括:

[0092] 函数构建模块21, 用于构建最优碳减排目标函数和最小成本目标函数:

$$[0093] \min E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = E_{R_{MF}} + E_{R_B} + \sum_{t=1}^T (E_{MF} + E_B);$$

$$[0094] \min Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b} = C_{R_{MF}} + \sum_{t=1}^T (C_{MF} + C_B);$$

[0095] 其中,  $E_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$  是 V2G 能量调度场景下插电式混合动力汽车的总碳排放量;  $E_{R_{MF}}$  是回程过程中所消耗的燃料的碳排放量;  $E_{R_B}$  是回程过程中所消耗的电能的碳排放量;  $E_{MF}$  是时段  $t$  所述插电式混合动力汽车所消耗的燃料的碳排放量;  $E_B$  是时段  $t$  所述插电式混合动力汽车参与 V2G, 将电能送回电网所产生的碳排放量;  $t$  是时段  $t$ ,  $T$  是所述插电式混合动力汽车在充电桩与所述电网进行能量调度的总时段数;  $Cost_{Q_B, Q_{MF}, \alpha, a, b}$  是所述 V2G 能量调度场景下所述插电式混合动力汽车的总成本,  $C_{R_{MF}}$  是回程过程中所消耗的所述燃料的成本,  $C_{MF}$  是时段  $t$  所述插电式混合动力汽车消耗的所述燃料的成本,  $C_B$  是时段  $t$  所述插电式混合动力汽车通过所述充电桩与所述电网进行电能交换所消耗的成本; 所述回程过程是所述插电式混合动力汽车完成 V2G 后从所述充电桩行驶回车主住宅的过程;

[0096] 求解模块 22, 用于求解所述最优碳减排目标函数和所述最小成本目标函数, 得到最优能量调度策略;

[0097] 能量调度模块 23, 用于根据所述最优能量调度策略控制所述插电式混合动力汽车执行能量调度操作; 其中, 所述能量调度操作至少包括所述插电式混合动力汽车使用所述燃料和/或所述电能为所述电网送电。

[0098] 值得说明的是, 上述实施例所提供的基于 V2G 的能量调度装置的工作原理可参见上述任一实施例所提供的基于 V2G 的能量调度方法的工作流程, 在此不作赘述。

[0099] 与现有技术相比, 本发明实施例提供的基于 V2G 的能量调度装置, 首先, 在 V2G 能量调度场景下, 通过考虑插电式混合动力汽车在回程过程中所消耗的燃料的碳排放量、回程过程中所消耗的电能的碳排放量、插电式混合动力汽车与电网进行能量调度时所消耗的燃料的碳排放量、插电式混合动力汽车与电网进行能量调度时将电能送回电网所产生的碳排放量、回程过程中所消耗的所述燃料的成本, 以及插电式混合动力汽车与电网进行电能交换时所消耗的成本等因素, 来构建最优碳减排目标函数和最小成本目标函数; 然后, 通过对多目标函数进行求解, 以得到最优能量调度策略; 最后, 通过根据求解得到的最优能量调度策略来控制插电式混合动力汽车基于车辆的燃料和/或电能来执行能量调度操作, 有效地降低了 V2G 模式下插电式混合动力汽车和电网之间能量调度的碳排放量, 有利于环境保护。

[0100] 参见图 3, 本发明实施例还提供一种基于 V2G 的能量调度设备, 包括处理器 31、存储器 32 以及存储在所述存储器 32 中且被配置为由所述处理器 31 执行的计算机程序, 所述处理器 31 执行所述计算机程序时实现如上述基于 V2G 的能量调度方法实施例中的步骤, 例如图 1 中的 S1~S3; 或者, 所述处理器 31 执行所述计算机程序时实现上述各装置实施例中各模块的功能。

[0101] 示例性的, 所述计算机程序可以被分割成一个或多个模块, 所述一个或者多个模块被存储在所述存储器 32 中, 并由所述处理器 31 执行, 以完成本发明。所述一个或多个模块可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段, 该指令段用于描述所述计算机程序

在所述基于V2G的能量调度设备中的执行过程。例如，所述计算机程序可以被分割成多个模块，各模块用于执行上述任一实施例所述的方法中的具体步骤。

[0102] 所述基于V2G的能量调度设备可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备。所述基于V2G的能量调度设备可包括，但不仅限于，处理器31、存储器32。本领域技术人员可以理解，所述基于V2G的能量调度设备还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0103] 所述处理器31可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU)，还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等，所述处理器31是所述基于V2G的能量调度设备的控制中心，利用各种接口和线路连接整个基于V2G的能量调度设备的各个部分。

[0104] 所述存储器32可用于存储所述计算机程序和/或模块，所述处理器31通过运行或执行存储在所述存储器32内的计算机程序和/或模块，以及调用存储在存储器32内的数据，实现所述基于V2G的能量调度设备的各种功能。所述存储器32可主要包括存储程序区和存储数据区，其中，存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序(比如图像播放功能等)等；存储数据区可存储根据手机的使用所创建的数据等。此外，存储器32可以包括高速随机存取存储器，还可以包括非易失性存储器，例如硬盘、内存、插接式硬盘，智能存储卡(Smart Media Card,SMC)，安全数字(Secure Digital,SD)卡，闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

[0105] 其中，所述基于V2G的能量调度设备集成的模块如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程，也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中，该计算机程序在被处理器31执行时，可实现上述各个方法实施例的步骤。其中，所述计算机程序包括计算机程序代码，所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括：能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。

[0106] 本发明实施例还提供一种计算机程序产品，包括计算机程序/指令，所述计算机程序/指令被处理器执行时实现如上述任一实施例所述的基于V2G的能量调度方法。

[0107] 以上所述是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

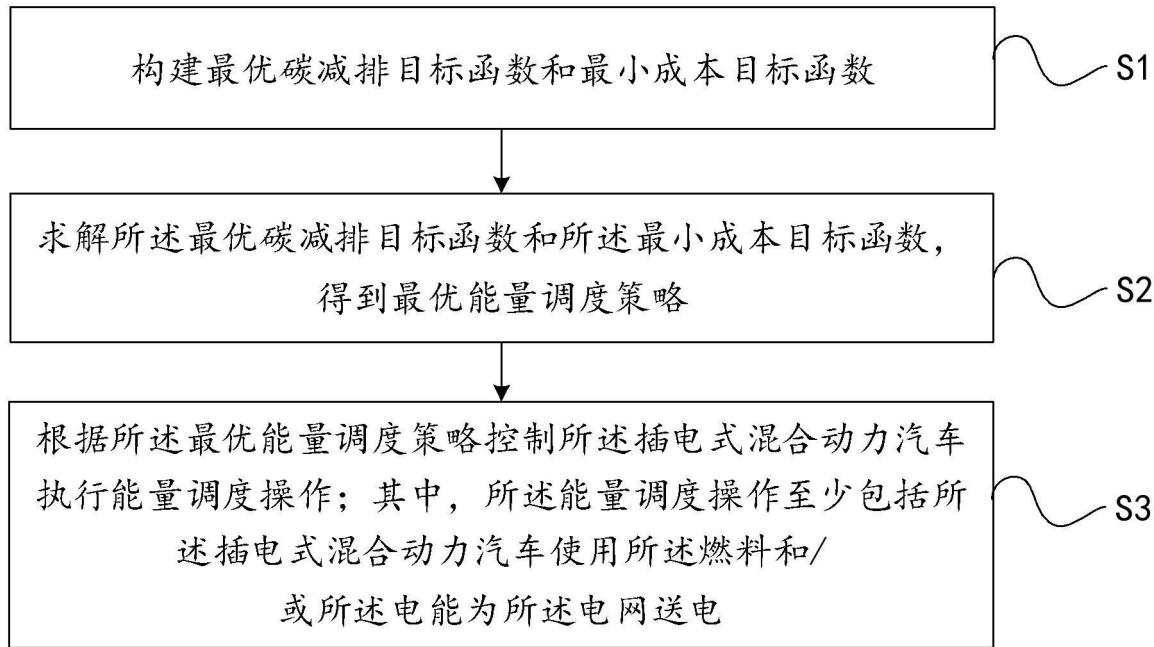


图1

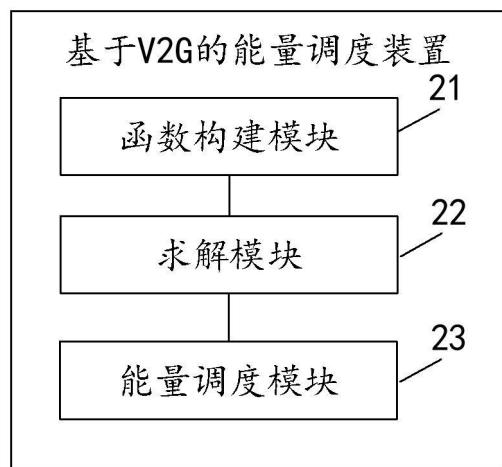


图2

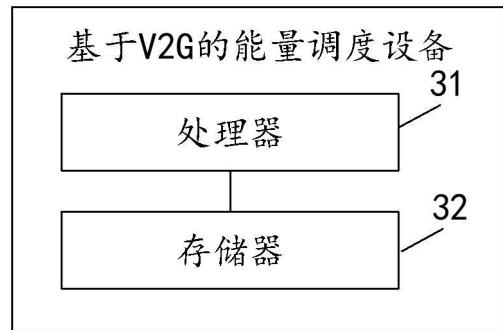


图3