(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119095758 A
(43)申请公布日 2024.12.06

(21)申请号 202380036539.X

(22)申请日 2023.04.28

(30)优先权数据
2022-075515 2022.04.28 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.10.25

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/016960 2023.04.28

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/210825 JA 2023.11.02

(71)申请人 株式会社日立制作所
地址 日本

(72)发明人 嶋田基巳 岸本宪树 仲田清
金子贵志 铃木晓 畑邦彦

(74)专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322
专利代理师 龙淳

(51)Int.Cl.
B61L 27/60(2022.01)
B60L 3/00(2019.01)
G01M 17/08(2006.01)
G06Q 10/30(2023.01)

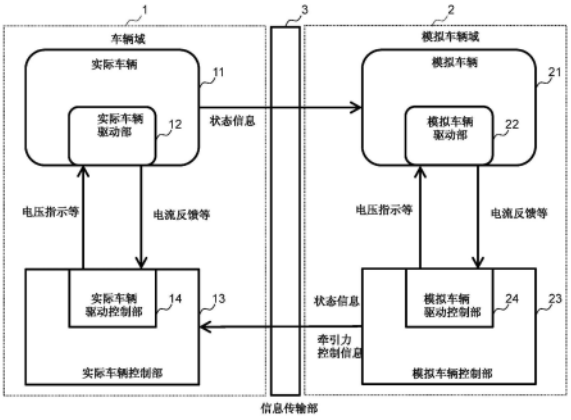
权利要求书4页 说明书30页 附图24页

(54)发明名称

铁路升级改造系统,其方法和基于它的生产方法

(57)摘要

本发明提供一种铁路升级改造系统、其方法和基于它的生产方法。控制器:设定模拟属于铁路系统的、价值提高的对象的第1数字孪生模型;通过导入对象的运用数据而调整第1数字孪生模型的参数,提高第1数字孪生模型的精度;设定模拟对对象进行了价值提高的情况下的更新对象的第2数字孪生模型;通过对在同一条件下分别运用第1数字孪生模型和第2数字孪生模型的情况下的模拟结果进行比较,能够进行对价值提高的评价。由此,提供一种可以对是否适合升级改造进行正确的判断、从而对于涉及铁路系统的设备和软件等升级改造对象、能够比现有的规格性能改善、进而能够反复执行这样的性能改善的铁路升级改造系统。



CN 119095758 A

1.一种铁路升级改造系统,其具有控制器和存储器,该控制器和该存储器构建模拟铁路系统的数字孪生环境,按照所述存储器的程序,来实现所述铁路系统的价值提高,其特征在于:

所述控制器,

设定模拟属于所述铁路系统的、作为价值提高的对象的第1数字孪生模型,

通过导入所述对象的运用数据来调整所述第1数字孪生模型的参数,提高所述第1数字孪生模型的精度,

设定用于模拟对所述对象进行了价值提高的情况下的更新对象的第2数字孪生模型,

通过对在同一条件下分别运用所述第1数字孪生模型和所述第2数字孪生模型的情况下的模拟结果进行比较,得以进行对所述价值提高的评价。

2.如权利要求1所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

通过将已鉴别的现有的数字孪生模型中包括的一个以上功能更新为新功能而生成新的数字孪生模型。

3.如权利要求1或2所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

对于属于铁路系统的对象、和与其对应的数字孪生模型,附加了共同的ID,运用数据关联于该ID。

4.如权利要求1~3中任意一项所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

在用于调整数字孪生模型的参数的运用数据中,

包括列车的运行信息、驾驶指令或驾驶操作、列车的构成信息、或车辆的设备动作。

5.如权利要求1~4中任意一项所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

在用于调整数字孪生模型的参数的运用数据中,

如果所述对象是驱动控制装置,则包括频率、输入输出电流/电压、或功率单元温度,

如果所述对象是辅助电源控制装置,则包括频率、输入输出电流/电压、或功率单元温度,

如果所述对象是蓄电池,则包括充放电电流、电压、SOC、SOH、或温度,

如果所述对象是列车信息控制装置,则包括各设备状态、乘车率、或气温室温,

如果所述对象是车辆的部件,则包括振动、温度、或变形。

6.如权利要求1~5中任意一项所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

在判断为属于所述铁路系统的对象的运用数据中没有包含事故或故障引起的异常数据之后,调整数字孪生模型的参数。

7.如权利要求1~6中任意一项所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

通过基于时程的模拟把握性能降低来预测性能劣化时期,在属于所述铁路系统的对象的劣化开始之前决定并建议价值提高时期。

8.如权利要求1~7中任意一项所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

作为属于所述铁路系统的对象的运用数据,使用利用了自动驾驶或驾驶辅助系统的驾驶的数据。

9.如权利要求8所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

在所述自动驾驶的驾驶模式、或所述驾驶辅助系统的驾驶模式中的至少任一者中事先规定调整数字孪生模型所需的驾驶模式。

10.如权利要求1～9中任意一项所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

通过对也输入了实际车辆的运用数据以外的变动数据的所述模拟的结果进行比较,得以进行对所述价值提高的评价。

11.如权利要求1～10中任意一项所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

所述价值提高的对象,是实际车辆、蓄电池、驱动控制装置、辅助电源控制装置、燃料电池系统、空调装置、车内监视装置、列车信息控制装置、旅客信息提供装置、座位、车辆的部件、前方监视装置、安全监视装置、驾驶辅助系统、自动驾驶的控制功能、或地车间无线信息传输的控制功能中的任意者。

12.如权利要求1～11中任意一项所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

对于属于所述铁路系统的对象,附加了用于个体识别的ID,记录关联于该ID,能够对该记录根据与变更作业数据相同的作业实施内容进行更新。

13.如权利要求1～12中任意一项所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

基于运用数据在数字孪生模型上自动调整控制软件的参数,响应于规定的触发将所述自动调整后的软件激活。

14.如权利要求13所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

所述控制软件的能够自动调整的参数是粘着控制、前方监视灵敏度、驾驶辅助系统模式、自动列车控制模式、混合能源管理、蓄电池电流限制、蓄电池SOC范围限制、基于加速度限制的牵引力控制、空气制动混合控制、或设备动作切换地点信息。

15.如权利要求1所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

所述对象是蓄电池,

所述第1数字孪生模型模拟车辆中装载的所述蓄电池的充放电电流。

16.如权利要求15所述的铁路升级改造系统,其特征在于:

所述第2数字孪生模型模拟代替车辆中装载的所述蓄电池要更换的所述蓄电池的充放电电流。

17.一种铁路升级改造方法,其具有控制器和存储器,该控制器和该存储器构建模拟铁路系统的数字孪生环境,按照所述存储器的程序,来实现所述铁路系统的价值提高,其特征在于:

所述控制器,

设定模拟属于所述铁路系统的、作为价值提高的对象的第1数字孪生模型,

通过导入所述对象的运用数据来调整所述第1数字孪生模型的参数,提高所述第1数字孪生模型的精度,

设定用于模拟对所述对象进行了价值提高的情况下的更新对象的第2数字孪生模型,

通过对在同一条件下分别运用所述第1数字孪生模型和所述第2数字孪生模型的情况下的模拟结果进行比较,得以进行对所述价值提高的评价。

18.如权利要求17所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

通过将已鉴别的现有的数字孪生模型中包括的一个以上功能更新为新功能而生成新的数字孪生模型。

19.如权利要求17或18所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

对于属于铁路系统的对象、和与其对应的数字孪生模型,附加了共同的ID,运用数据关

联于该ID。

20.如权利要求17～19中任意一项所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

在用于调整数字孪生模型的参数的运用数据中,包括列车的运行信息、驾驶指令或驾驶操作、列车的构成信息、或车辆的设备动作。

21.如权利要求17～20中任意一项所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

在用于调整数字孪生模型的参数的运用数据中,

如果所述对象是驱动控制装置,则包括频率、输入输出电流/电压、或功率单元温度,

如果所述对象是辅助电源控制装置,则包括频率、输入输出电流/电压、或功率单元温度,

如果所述对象是蓄电池,则包括充放电电流、电压、SOC、SOH、或温度,

如果所述对象是列车信息控制装置,则包括各设备状态、乘车率、或气温室温,

如果所述对象是车辆的部件,则包括振动、温度、或变形。

22.如权利要求17～21中任意一项所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

在判断为属于所述铁路系统的对象的运用数据中没有包含事故或故障引起的异常数据之后,调整数字孪生模型的参数。

23.如权利要求17～22中任意一项所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

通过基于时程的模拟把握性能降低来预测性能劣化时期,在属于所述铁路系统的对象的劣化开始之前决定并建议价值提高时期。

24.如权利要求17～23中任意一项所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

作为属于所述铁路系统的对象的运用数据,使用利用了自动驾驶或驾驶辅助系统的驾驶的数据。

25.如权利要求24所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

在所述自动驾驶的驾驶模式、或所述驾驶辅助系统的驾驶模式中的至少任一者中事先规定调整数字孪生模型所需的驾驶模式。

26.如权利要求17～25中任意一项所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

通过对也输入了实际车辆的运用数据以外的变动数据的所述模拟的结果进行比较,得以进行对所述价值提高的评价。

27.如权利要求17～26中任意一项所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

所述价值提高的对象,是实际车辆、蓄电池、驱动控制装置、辅助电源控制装置、燃料电池系统、空调装置、车内监视装置、列车信息控制装置、旅客信息提供装置、座位、车辆的部件、前方监视装置、安全监视装置、驾驶辅助系统、自动驾驶的控制功能、或地车间无线信息传输的控制功能中的任意者。

28.如权利要求17～27中任意一项所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

对于属于所述铁路系统的对象,附加了用于个体识别的ID,记录关联于该ID,能够对该记录根据与变更作业数据相同的作业实施内容进行更新。

29.如权利要求17～28中任意一项所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

基于运用数据在数字孪生模型上自动调整控制软件的参数,响应于规定的触发将所述自动调整后的软件激活。

30.如权利要求29所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

所述控制软件的能够自动调整的参数是粘着控制、前方监视灵敏度、驾驶辅助系统模式、自动列车控制模式、混合能源管理、蓄电池电流限制、蓄电池SOC范围限制、基于加速度限制的牵引力控制、空气制动混合控制、或设备动作切换地点信息。

31.如权利要求17所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

所述对象是蓄电池,

所述第1数字孪生模型模拟车辆中装载的所述蓄电池的充放电电流。

32.如权利要求31所述的铁路升级改造方法,其特征在于:

所述第2数字孪生模型模拟代替车辆中装载的所述蓄电池要更换的所述蓄电池的充放电电流。

33.一种铁路升级改造生产方法,其具有控制器和存储器,该控制器和该存储器构建模拟铁路系统的数字孪生环境,按照所述存储器的程序,来实现所述铁路系统的价值提高,其特征在于:

所述控制器,

设定模拟属于所述铁路系统的、作为价值提高的对象的第1数字孪生模型,

通过导入所述对象的运用数据来调整所述第1数字孪生模型的参数,提高所述第1数字孪生模型的精度,

设定用于模拟对所述对象进行了价值提高的情况下的更新对象的第2数字孪生模型,

通过对在同一条件下分别运用所述第1数字孪生模型和所述第2数字孪生模型的情况下的模拟结果进行比较,得以进行对所述价值提高的评价,

生产对所述对象进行了价值提高的铁路系统。

铁路升级改造系统,其方法和基于它的生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铁路升级改造系统、其方法和基于它的生产方法。

背景技术

[0002] 近年来,存在作为可持续(Sustainable)社会、想要实现不破坏地球环境、不过度使用资源、后代也可以继续富裕的生活的社会的动向。升级改造(Upcycle)是其一环,使作为对象的产品(以下也称为“对象产品”或“对象”)整体性能提高同时使其耐久而减少废弃物。对于减少的废弃物也循环利用同时使品质变化为能够持续地保护环境的可循环的产品。要求这样提高产品等的价值的技术。

[0003] 此处,已知价值能够分类为环境价值、经济价值、社会价值。关于环境价值,在资源循环之外,在铁路系统中,可以举出低能耗、低噪音、低振动等。作为经济价值,在低成本之外,在铁路系统中,可以举出小型轻量、安全性、用户观点上的易用性、易达性等。社会价值可以认为是要与实现环境价值、经济价值一同实现的目标,已知SDGs(Sustainable Development Goals)等。

[0004] 专利文献1中,记载了取得在运行中用车辆中装载的传感器监视的车辆的子系统的现场性能数据、基于模拟的性能数据与现场性能数据之间的差异决定车辆的子系统的性能复合指数的系统。记载了基于性能复合指数在运行中或之后的运行中控制车辆、或者基于健康评分自动地安排车辆的预防维护。

[0005] 非专利文献1中,记载了通过在粘着控制的参数设计中应用田口方法(为了排除产品制造中产生的各种品质不均、而在设计阶段考虑这些不均、使实际的产品的功能中不产生不均的稳定化设计方法)的框架,而适当地追随时刻变化的粘着状态的稳健粘着控制。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:US2018/0257683A1

[0009] 非专利文献

[0010] 非专利文献1:“稳健粘着控制”,第41次铁路控制论应用研讨会论文集,论文No.518(2004-11)

发明内容

[0011] 发明要解决的课题

[0012] 作为可循环的产品,为了在提供新价值(功能、性能、寿命等)的同时持续使用,需要能够对模块化的设备或组件在产品或材料的级别上管理、追踪使用历程和品质信息等数据。另一方面,铁路领域中,采购→生产→使用→废弃以线性的、或者虽然进行一部分产品或材料的循环利用但允许废弃物的循环利用性的经济模型运用,尚未建立能够在产品或材料的级别上追踪使用历程和品质信息的机制。

[0013] 另外,对于软件功能,为了提高控制的性能,以往在实际车辆环境中进行最终的参

数调整、性能确认。但是,实际车辆环境中,路线状态、乘车状态、和气象状态等时刻变化。要求实现反复再现实际车辆环境中的运用状态、与变化相应地调整大量参数而使控制性能稳定收敛、直到判断对实际车辆的应用都能够完成的模拟器等模拟车辆环境。

[0014] 这样,现有的铁路系统中,难以判断是否适合升级改造,难以顺利地实施持续的升级改造。本发明的目的在于提供一种可以对是否适合升级改造进行正确的判断、从而对于涉及铁路系统的设备和软件等升级改造对象、能够比现有的规格性能改善、进而能够反复执行这样的性能改善的铁路升级改造系统。

[0015] 用于解决课题的方法

[0016] 解决上述课题的本发明是一种具有控制器和存储器、该控制器和该存储器构建模拟铁路系统的数字孪生环境、按照存储器的程序执行铁路系统的价值提高的铁路升级改造系统,控制器:设定模拟属于铁路系统的、价值提高的对象的第1数字孪生模型;通过导入对象的运用数据而调整第1数字孪生模型的参数,提高第1数字孪生模型的精度;设定模拟对对象进行了价值提高的情况下的更新对象的第2数字孪生模型;通过对在同一条件下分别运用第1数字孪生模型和第2数字孪生模型的情况下的模拟结果进行比较,能够进行对价值提高的评价。

[0017] 发明效果

[0018] 根据本发明,能够提供一种可以对是否适合升级改造进行正确的判断、从而对于涉及铁路系统的设备和软件等升级改造对象、能够比现有的规格性能改善、进而能够反复执行这样的性能改善的铁路升级改造系统。

附图说明

[0019] 图1是表示本发明的实施例1的铁路升级改造系统(以下也称为“本升级改造系统”)中的并行分析的概念的结构图。

[0020] 图2是表示图1的本升级改造系统的基本动作的功能结构图。

[0021] 图3是表示图1的本升级改造系统的基本动作(模拟车辆模型更新)的一例的功能结构图。

[0022] 图4是表示图1的本升级改造系统的基本动作(实际车辆控制更新)的一例的功能结构图。

[0023] 图5是表示图1的本升级改造系统的信息传输部3的一例的示意说明图。

[0024] 图6是用于说明本发明的实施例2的铁路升级改造系统(将其也称为“本升级改造系统”)实现的蓄电池的循环体制的概念说明图。

[0025] 图7是用于说明图6的循环体制中的参数鉴别的示意说明图。

[0026] 图8是用于说明图7的参数鉴别的流程的流程图。

[0027] 图9是用于说明图6的循环体制中的升级改造评价的示意说明图。

[0028] 图10是用于说明图9的升级改造评价的流程的流程图。

[0029] 图11是用于说明图6的循环体制中的参数鉴别(升级改造后)的示意说明图。

[0030] 图12是用于说明图11的参数鉴别(升级改造后)的流程的流程图。

[0031] 图13是用于说明图6的循环体制中的维护判断的示意说明图。

[0032] 图14是用于说明图13的维护判断的流程的流程图。

[0033] 图15是用于说明本升级改造系统中的、产品和材料的数据管理功能、以及维护计划的建议功能的概念说明图。

[0034] 图16是表示将图5的实际车辆11a、11b连接为1个编组的变形例的结构的功能框图。

[0035] 图17是更详细地表示图16的实际车辆11a的结构的功能框图。

[0036] 图18是表示规定图1的并行分析系统的硬件/软件的可追溯性(traceability)的ID系统的一例的图。

[0037] 图19是用于说明由实施例3的升级改造系统实现的蓄电池的循环体制的概念说明图。

[0038] 图20是表示图5所示的信息传输部3的其他例的示意说明图。

[0039] 图21是表示图17的主电路蓄电池123由多个蓄电池系统构成时的实际车辆11的驱动系统的结构的框图。

[0040] 图22是表示蓄电池系统的内部结构的图。

[0041] 图23(a)是表示从蓄电池系统进行数据收集的控制器的结构的图。(b)是表示作为蓄电池的品质数据必要的必要数据的图。

[0042] 图24是表示实施例3中能够实现可追溯性的ID系统的一例的图。

[0043] 图25是表示实施例3中能够实现可追溯性的ID系统的一例的图。

[0044] 图26是表示蓄电池系统的维护更换过程的步骤图。

[0045] 图27是表示蓄电池系统的维护更换过程的流程图。

[0046] 图28是表示模拟蓄电池系统的充放电动作的模型(模拟模型)的结构的图。

具体实施方式

[0047] 以下,对于本发明的实施方式的本升级改造系统,使用附图进行说明。使用图1～图5说明主要涉及软件的实施例1,使用图6～图18说明主要涉及硬件(实物)的实施例2。另外,各图中,对于效果相同的部位附加同一符号而避免说明重复。另外,图6中,因为基于记载的语句在图中明确示出了各要件的关联性,所以省略符号。同样,图9、图11、图13、图15和图18也省略符号。

[0048] 另外,实施例中,说明一种具有控制器和存储器、该控制器和该存储器构建模拟铁路系统的数字孪生环境、按照存储器的程序执行铁路系统的价值提高的铁路升级改造系统或铁路升级改造方法,控制器:设定模拟属于铁路系统的、价值提高的对象的第1数字孪生模型;通过导入对象的运用数据而调整第1数字孪生模型的参数,提高第1数字孪生模型的精度;设定模拟对对象进行了价值提高的情况下的更新对象的第2数字孪生模型;通过对在同一条件下分别运用第1数字孪生模型和第2数字孪生模型的情况下的模拟结果进行比较,能够进行对价值提高的评价。另外,说明一种使用该铁路升级改造系统或该铁路升级改造方法、生产使对象价值提高的铁路系统的铁路升级改造生产方法。

[0049] 另外,实施例中,说明用新功能更新已鉴别的现有的数字孪生模型中包括的一个以上功能而使其成为新的数字孪生模型。

[0050] 另外,实施例中,说明对属于铁路系统的对象和与其对应的数字孪生模型附加共同的ID,对该ID关联运用数据。

[0051] 另外,实施例中,说明在用于调整数字孪生模型的参数的运用数据中,包括列车的运行信息、驾驶指令或驾驶操作、列车的构成信息、或车辆的设备动作。

[0052] 另外,实施例中,说明在用于调整数字孪生模型的参数的运用数据中,如果对象是驱动控制装置,则包括频率、输入输出电流/电压、或功率单元温度,如果对象是辅助电源控制装置,则包括频率、输入输出电流/电压、或功率单元温度,如果对象是蓄电池,则包括充放电电流、电压、SOC、SOH、或温度,如果对象是列车信息控制装置,则包括各设备状态、乘车率、或气温室温,如果对象是车辆的部件,则包括振动、温度、或变形。

[0053] 另外,实施例中,说明在判断为属于铁路系统的对象的运用数据中不包括事故或故障引起的异常数据之后,调整数字孪生模型的参数。

[0054] 另外,实施例中,说明用基于时程的模拟把握性能降低而预测性能劣化时期,在属于铁路系统的对象的劣化开始之前决定并建议价值提高时期。

[0055] 另外,实施例中,说明在属于铁路系统的对象的运用数据中,使用利用了自动驾驶或驾驶辅助系统的驾驶的数据。另外,说明在自动驾驶的驾驶模式、或驾驶辅助系统的驾驶模式中的至少任一者中预先规定调整数字孪生模型所需的驾驶模式。

[0056] 另外,实施例中,说明通过对也输入了实际车辆的运用数据以外的变动数据的模拟结果进行比较,而能够进行对价值提高的评价。

[0057] 另外,实施例中,说明价值提高的对象是实际车辆、蓄电池、驱动控制装置、辅助电源控制装置、燃料电池系统、空调装置、车内监视装置、列车信息控制装置、旅客信息提供装置、座位、车辆的部件、前方监视装置、安全监视装置、驾驶辅助系统、自动驾驶的控制功能、或地车间无线信息传输的控制功能中的任意者。

[0058] 另外,实施例中,说明对于属于铁路系统的对象附加用于个体识别的ID,对该ID关联记录,对该记录根据与变更作业数据相同的作业实施内容进行更新。

[0059] 另外,实施例中,说明基于运用数据在数字孪生模型上自动调整控制软件的参数,与规定触发相应地使自动调整后的软件有效化。另外,说明控制软件的受到自动调整的参数是粘着控制、前方监视灵敏度、驾驶辅助系统模式、自动列车控制模式、混合能源管理、蓄电池电流限制、蓄电池SOC范围限制、基于加速度限制的牵引力控制、空气制动混合控制、或设备动作切换地点信息。

[0060] 【实施例1】

[0061] 此处,作为与铁路相关的升级改造的对象,举例示出电车的驱动系统的控制软件,但也包括运行管理系统、车辆信息控制系统、自动驾驶系统等车载设备的控制软件。实施例1举例示出预测铁路车辆驱动控制系统的动作、使控制优化的并行分析系统(参考图1)。即,举例示出验证更新了实现铁路车辆驱动控制系统的软件的情况下的利害得失、辅助关于更新(升级改造)是否适合的判断的本升级改造系统。

[0062] 即,本升级改造系统为了能够将铁路车辆的驱动控制维持在与路线状态、乘车状态、气象状态对应的最优的状态,而使模拟现实空间的实际车辆的状况的数字孪生体进行模拟,结果如果判断为升级改造有成果,则如此执行。关于稳定控制参数的探索,优选采用在实现尽可能接近实际车辆11的环境的模拟环境等中探索而决定稳定控制参数的流程。

[0063] 铁路车辆驱动控制系统对于构成列车的电动车辆和附随车辆中的、电动车中装载的主电动机117的转矩,用同一车辆或接近车辆中装载的主转换装置进行控制而驱动列车。

[0064] 主电动机117的转矩控制一般用基于主电动机117的机械/机械特性、驱动系统规格(车轮直径、齿轮比等)、车辆规格(车辆质量、行驶阻力、载荷等)等设备规格、车辆规格,以满足加速特性、减速特性等规定的车辆性能的方式进行功能设计,在主转换装置的控制器中安装的软件实现。

[0065] 如上所述,实现车辆性能的主转换装置的软件是基于设备/车辆规格进行功能设计的。最终用实际车辆11的行驶试验确认用设计的软件实现的车辆性能满足规定的性能。

[0066] 如果设备和车辆规格与实际车辆11完全等价,则行驶试验中仅确认设计的车辆性能满足规定的性能即可。但是,实际上,设备和车辆规格与实际车辆11必然存在程度或大或小的规格差异。

[0067] 关于设备规格,存在主电动机117的特性常数、其温度变化和车载配线长度引起的不均。关于设备效率,设计值与实测值也不完全一致。关于车辆规格,车辆质量的设计值与实测值必然存在制造误差。另外,实际车辆11的行驶阻力因车体形状而较大不同,但在设计中应用JIS规格等规定的行驶阻力式,实际上两者并不一定一致。

[0068] 这样,基于理想的设备规格、车辆规格设计的车辆性能与实际车辆11不同。因此,需要在实际车辆11的行驶试验中识别两者的差异的基础上,控制调整为规定的性能。

[0069] 作为需要调整的车辆性能,加速、减速等驾驶性能(包括雨天(轨道面湿)时的评价)是重要的。关于用矢量控制等驱动的主电动机117的基本控制,因为主电动机特性常数的设计值与实测值的差异影响稳定性,所以需要实际车辆11中的控制调整。

[0070] 另外,关于高次谐波回流线电流和电磁环境兼容性(EMC:Electro-magnetic compatibility)对信号设备的影响,也存在需要实际车辆11中的控制调整的情况。作为实际车辆11中的控制调整的一例,可以举出非专利文献1中示出的“稳健粘着控制”。该“稳健粘着控制”中,公开了在铁路车辆中通过降低踏面力而抑制因基于电动机转矩从车轮对轨道传递的踏面力在雨天时等超过车轮与轨道之间的摩擦极限而发生的空转的粘着控制。

[0071] 该粘着控制执行对于降雨状态等的摩擦极限的变动探索稳定地传递踏面力的稳定控制参数的田口方法、和用应用了稳定控制参数的实际车辆11进行的性能验证。另外,一般而言,按加速时是空转、减速时是滑行进行区分,但此处总称为“空转”。

[0072] 图1是表示本升级改造系统中的并行分析的概念的结构图。本升级改造系统中,实际车辆域1是包括实际车辆11行驶所需的设备的环境,至少在实际车辆11之外,也包括未图示的线路等的轨条15(图5、图6)。另外,实际车辆11是从车辆外接受电力供给而行驶的电动车的情况下,包括架空线或第3轨条等对车辆11供给电力的电力供给部16(图5、图6)。

[0073] 实际车辆11包括由驱动自身的电动机、逆变器装置等构成的实际车辆驱动部12。实际车辆驱动部12中,有时也设置暂时蓄积制动时电动机发生的再生电力、或燃料电池、发动机等的发电电力、并适时对电动机供给而得到驱动力的蓄电部。

[0074] 实际车辆控制部13监视上述构成实际车辆11的各部的状态并控制动作。实际车辆驱动部12和实际车辆驱动控制部14包括相互发送接收驱动控制所需的信息的接口。作为主要发送接收的信息,实际车辆驱动控制部14输出使构成实际车辆驱动部12的逆变器装置的开关电路通/断的PWM信号Vp。实际车辆驱动部12至少输出电动机中流通的电动机电流Im、开关电路的输入电压Ecf作为输入PWM信号Vp而控制开关电路的结果,对模拟车辆驱动控制部24输入。

[0075] 模拟车辆域2是包括模拟车辆21行驶所需的设备的环境,至少在模拟车辆21之外,也包括线路等的轨条15(图5、图6)。另外,模拟车辆21是从车辆外接受电力供给而行驶的电动车的情况下,包括架空线和第3轨条等对车辆11供给电力的电力供给部16(图5、图6)。这样,模拟车辆域2中,将实际车辆域1的实际车辆11置换为模拟车辆21。同样,将实际车辆驱动部12置换为模拟车辆驱动部22,将实际车辆控制部13置换为模拟车辆控制部23,将实际车辆驱动控制部14置换为模拟车辆驱动控制部24而构成。

[0076] 构成模拟车辆域2的模拟车辆21、模拟车辆驱动部22、模拟车辆控制部23、模拟车辆驱动控制部24是电子计算机上的模拟器,但也能够实现将模拟车辆21置换为实际车辆11、将模拟车辆驱动部22置换为实际车辆驱动部12、将模拟车辆控制部23置换为实际车辆控制部13、将模拟车辆驱动控制部24置换为实际车辆驱动控制部14、将其中某个或多个部分置换为实际存在的部分的混合结构(Hardware In the Loop Simulator)。此处,实际车辆域1和模拟车辆域2按同一时间尺度工作,但两者进行动作的绝对时间不一定需要相同。

[0077] 模拟车辆21包括由驱动自身的电动机、逆变器装置等构成的模拟车辆驱动部22。模拟车辆驱动部22中,有时也设置暂时蓄积制动时电动机发生的再生电力、或燃料电池、发动机等的发电电力、并适时对电动机供给而得到驱动力的蓄电部。

[0078] 模拟车辆控制部23监视上述构成模拟车辆21的各部的状态并控制动作。模拟车辆驱动部22和模拟车辆驱动控制部24包括相互发送接收驱动控制所需的信息的接口。作为主要发送接收的信息,模拟车辆驱动控制部24输出使构成模拟车辆驱动部22的逆变器装置的开关电路通/断的PWM信号Vp。模拟车辆驱动部22至少输出电动机中流通的电动机电流Im、开关电路的输入电压Ecf作为输入PWM信号Vp而控制开关电路的结果,对模拟车辆驱动控制部24输入。

[0079] 这样,模拟车辆域2将构成实际车辆域1的实际车辆11、实际车辆驱动部12、实际车辆控制部13、实际车辆驱动控制部14的全部或一部分置换为用具有CPU和存储器的电子计算机实现的模拟器,相互接受数据,能够实现实际车辆域1和模拟车辆域2的并行行驶。此处,并行行驶指的是在实际车辆域1和模拟车辆域2中基于同一驾驶指令行驶时,关于行驶数据、例如车辆的加速度、速度、行驶距离和车辆驱动部的电流值、电压值等,使两者的差异最小的铁路系统的控制方式。

[0080] 构成实际车辆域1中的实际车辆11的各部的状态经由信息传输部3传输至模拟车辆域2。构成模拟车辆域2的模拟车辆21定义为用电子计算机实现的模拟器上的物理理论模型。但是,相对于作为物理理论模型的模拟车辆环境,实际车辆环境中存在路线状态、乘车状态、气象状态等变动要素。

[0081] 包括关于实际车辆域1和模拟车辆域2基于同一驾驶指令行驶的情况下的行驶数据、例如车辆的加速度、速度、行驶距离和车辆驱动部的电流值、电压值、使两者的差异最小化的未图示的车辆动作分析部231,基于分析结果修正模拟车辆21的物理理论模型。

[0082] 根据基于修正后的物理理论模型的模拟车辆21,能够期待实际车辆域1和模拟车辆域2基于同一驾驶指令行驶的情况下的行驶数据相同。即,如果模拟车辆域2中模拟车辆驱动部22和模拟车辆控制部23的控制动作稳定,则能够期待模拟车辆域2中实际车辆驱动部12和实际车辆控制部13的控制动作也稳定。因此,首先以在模拟车辆域2中模拟车辆驱动部22和模拟车辆控制部23的控制动作稳定的方式,修正驱动控制动作数据。

[0083] 具体而言,模拟车辆控制部23包括变更实现模拟车辆驱动控制部24的控制动作的驱动控制动作数据、使构成模拟车辆21的各部的状态稳定化的调整运算部。作为一例,防止车轮与轨道的空转/滑行的粘着控制中,车轮/轨道间的粘着状态(接触力系数)、与粘着控制中实现的车辆加速度成正比关系(Y=kX)是理想的,以使模拟车辆域2中变更粘着状态并测定的车辆加速度成为正比关系(Y=kX)的方式变更驱动控制动作数据而优化驱动控制动作数据,验证控制动作的稳定性。

[0084] 优化后的驱动控制动作数据经由信息传输部3传输至实际车辆域1,更新车辆控制部13或车辆驱动控制部14中已安装的驱动控制动作数据。车辆控制部13或车辆驱动控制部14的驱动控制动作数据更新,基本上在实际车辆域1的实际车辆11停车中、车辆驱动控制部14的动作停止中等规定条件成立时自动进行,但作为特别状况,也可以考虑基于由负责人的判断决定的手动操作、或与负责人相当的AI等作出的判断进行。

[0085] 进而,实际车辆域1的按优化后的驱动控制动作数据进行动作的实际车辆11的行驶数据,经由信息传输部3传输至模拟车辆域2。以关于实际车辆域1和模拟车辆域2基于同一驾驶指令行驶的情况下的行驶数据、例如车辆的加速度、速度、行驶距离和车辆驱动部的电流值、电压值、使差异最小化的方式,再次修正模拟车辆驱动控制部24、或模拟车辆21的物理理论模型的驱动控制动作数据。修正驱动控制动作数据、物理理论模型中的哪一方,按以下基准由模拟器判断。

[0086] 关于实际车辆域1和模拟车辆域2基于同一驾驶指令行驶的情况下的、实际车辆11的行驶数据、和实际车辆11的行驶数据,对按优化前后的驱动控制动作数据进行动作的实际车辆11的行驶数据差异、与按优化前后的驱动控制动作数据进行动作的实际车辆11的行驶数据差异进行比较,执行以下处理。

[0087] (1)上述差异不足无限接近零的规定值的情况下:再次修正驱动控制动作数据。

[0088] (2)上述差异在无限接近零的规定值以上的情况下:再次修正物理理论模型。

[0089] 如果实际车辆域1与模拟车辆域2的环境相同,则期待按优化前后的驱动控制动作数据进行动作的实际车辆11的行驶数据差异、与按优化前后的驱动控制动作数据进行动作的实际车辆11的行驶数据相同。关于此处产生差异的原因,推算实际车辆域1与模拟车辆域2的环境不同,因此判断模拟车辆域2的物理理论模型需要修正。另外,关于该判断,不考虑按优化前后的驱动控制动作数据进行动作的实际车辆11、模拟车辆21的控制性能的优劣。

[0090] 此处,驱动控制动作数据是为了控制实际车辆驱动部12的动作而安装在实际车辆驱动控制部14中、或为了控制模拟车辆驱动部22的动作而安装在模拟车辆驱动控制部24中的、软件等的控制逻辑或控制逻辑的构成参数。

[0091] 用以上结构,能够基于实际车辆域1的行驶数据,提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度。另外,通过提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度,能够基于在模拟车辆域2中变更了驱动控制动作数据时的动作预测而事前验证在实际车辆域1中变更了驱动控制动作数据时的动作。进而,能够将在模拟车辆域2中事前验证的上述驱动控制动作数据经由信息传输部3传输至实际车辆域1,变更实际车辆域1的驱动控制动作数据而确认实际的动作。

[0092] 即,通过实现提高模拟车辆21的精度以使其与实际车辆11动作相同、在提高精度后的模拟车辆21中调整驱动控制、将调整后的驱动控制动作数据应用至实际车辆11的流

程,而实现自主地实现驱动控制的优化的铁路系统的控制方式。

[0093] 图2是表示图1的本升级改造系统的基本动作的功能结构图。图2中,是实际车辆域1与模拟车辆域2能够用信息传输部3相互发送接收信息数据的结构。驾驶指令部111输出动力运行(加速)、制动(减速/停止)、OFF(惯性运行)等指示实际车辆11的动作的驾驶指令COM。这相当于司机操作的主控制器、和自动驾驶的情况下的ATO(Automatic Train Operation)装置等。

[0094] 驾驶指令COM被输入至实际车辆驱动控制部14,以使实际车辆11按照驾驶指令COM进行动作的方式,控制未图示的实际车辆驱动部12输出的驱动力。另外,实际车辆驱动控制部14输出状态信息STARr,作为以使实际车辆11按照驾驶指令COM进行动作的方式、控制实际车辆驱动部12输出的驱动力的结果。

[0095] 状态信息STARr是用实际车辆驱动控制部14的软件运算识别的物理量数据,是车辆的加速度Acc、速度Vel、位置Pos、主电动机117的旋转速度Fr、电流Im、电压Vm、逆变器装置的直流电流Is、直流电压Ecf等。驾驶指令COM和状态信息STARr经由信息传输部3输入至模拟车辆域2。

[0096] 驾驶指令COM被输入至构成模拟车辆21的模拟车辆驱动控制部24,以使模拟车辆21按照驾驶指令COM进行动作的方式,控制未图示的模拟车辆驱动部22输出的驱动力。特别将状态信息STARr中的实际车辆11的速度数据VELr、位置数据POSr输入至存储部(存储器)233。

[0097] 存储部233存储了实际车辆11行驶的路线的坡度数据、曲线数据、车站位置数据STN等。坡度数据是规定与实际车辆11的行驶位置数据POSr对应的该位置的坡度量(与行驶距离相对的标高增加率)的表数据。坡度数据是规定与实际车辆11的行驶位置数据POSr对应的线路的曲率(曲率半径的倒数)的表数据。车站位置数据STN是表示与实际车辆11的行驶位置数据POSr对应的行驶路线中配置的车站设施的位置的表数据。车站设施包括停车场、停留所等、以及信号所等,通常用表示各设施的中心位置的里程表示。

[0098] 车辆动作分析部231输入模拟车辆21输出的状态信息STAs、和实际车辆11输出并经由信息传输部3对模拟车辆域2传输的状态信息STARr,基于状态信息STAs和状态信息STARr,计算实际车辆11的动作与模拟车辆21的动作近似的模拟车辆21的修正参数ΔMDL。修正参数ΔMDL被输入至模拟车辆21,修正模拟车辆21的构成参数。

[0099] 同样,关于实际车辆驱动部12和模拟车辆驱动部22的举动的差异,也以追随实际车辆驱动部12的动作的方式修正模拟车辆驱动部22的构成参数。控制数据分析部232输入状态信息STAs,分析决定状态信息STAs与作为其目标的控制结果的状态值STAp最近似的最优控制参数。

[0100] 该最优控制参数的分析,是以基于驾驶指令COM的模拟车辆21的动作的结果的状态信息STAs追随同样基于驾驶指令COM的实际车辆11的动作的结果的状态信息STARr的方式,在模拟车辆21的构成参数的修正完成之后进行的。构成参数修正完成后的模拟车辆21和模拟车辆驱动部22对于驾驶指令COM表现出与实际车辆11、实际车辆驱动部12相同的举动,所以如果是实际车辆控制部13与模拟车辆控制部23、实际车辆驱动控制部14与模拟车辆驱动控制部24的控制动作相同,则实际车辆域1与模拟车辆域2的举动也相同。

[0101] 因此,通过将用模拟车辆域2的控制数据分析部232决定的最优控制参数应用至实

际车辆域1的实际车辆控制部13、实际车辆驱动控制部14,能够在实际车辆域1中实现作为目标的控制结果。另外,从模拟车辆域2向实际车辆域1的最优控制参数的传输,是用信息传输部3实现的。

[0102] 用以上结构,能够基于实际车辆域1的行驶数据,提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度。另外,通过提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度,能够基于在模拟车辆域2中变更了驱动控制动作数据时的动作预测而事前验证在实际车辆域1中变更了驱动控制动作数据时的动作。进而,能够将在模拟车辆域2中事前验证的上述驱动控制动作数据经由信息传输部3传输至实际车辆域1,变更实际车辆域1的驱动控制动作数据而确认实际的动作。

[0103] 即,通过实现提高模拟车辆21的精度以使其与实际车辆11动作相同、在提高精度后的模拟车辆21中调整驱动控制、将调整后的驱动控制动作数据应用至实际车辆11的流程,而实现自主地实现驱动控制的优化的铁路系统的控制方式。

[0104] 此处,驱动控制动作数据是为了控制实际车辆驱动部12的动作而安装在实际车辆驱动控制部14中、或为了控制模拟车辆驱动部22的动作而安装在模拟车辆驱动控制部24中的、软件等的控制逻辑或控制逻辑的构成参数。

[0105] 图3是表示图1的本升级改造系统的基本动作(模拟车辆模型更新)的一例的功能结构图。图3中,是实际车辆域1与模拟车辆域2能够用信息传输部3相互发送接收信息数据的结构。驾驶指令部111输出动力运行(加速)、制动(减速/停止)、OFF(惯性运行)等指示实际车辆11的动作的驾驶指令COM。这相当于司机操作的主控制器、和自动驾驶的情况下的ATO装置等。

[0106] 驾驶指令COM被输入至实际车辆驱动控制部14,以使实际车辆11按照驾驶指令COM进行动作的方式,控制未图示的实际车辆驱动部12输出的驱动力。另外,实际车辆驱动控制部14输出状态信息STARr,作为以使实际车辆11按照驾驶指令COM进行动作的方式、控制实际车辆驱动部12输出的驱动力的结果。由此,能够收集驾驶指令、位置、速度作为实际车辆数据。

[0107] 状态信息STARr是用实际车辆驱动控制部14的软件运算识别的物理量数据,是车辆的加速度Acc、速度Vel、位置Pos、主电动机117的旋转速度Fr、电流Im、电压Vm、逆变器装置的直流电流Is、直流电压Ecf等。驾驶指令COM和状态信息STARr经由信息传输部3输入至模拟车辆域2。

[0108] 特别将状态信息STARr中的实际车辆11的速度数据VELr、位置数据POSr输入至存储部233。存储部233存储了实际车辆11行驶的路线的坡度数据GRD、曲线数据CRV、车站位置数据STN等。坡度数据GRD是规定与实际车辆11的行驶位置数据POSr对应的该位置的坡度量(与行驶距离相对的标高增加率)的表数据。坡度数据GRD是规定与实际车辆11的行驶位置数据POSr对应的线路的曲率(曲率半径的倒数)的表数据。

[0109] 车站位置数据STN是表示与实际车辆11的行驶位置数据POSr对应的行驶路线中配置的车站设施的位置的表数据。车站设施包括停车场、停留所等、以及信号所等,通常用表示各设施的中心位置的里程表示。

[0110] 车辆动作分析部231输入模拟车辆21输出的状态信息STAs、和实际车辆11输出并经由信息传输部3对模拟车辆域2传输的状态信息STARr,基于状态信息STAs和状态信息

STARr,计算实际车辆11的动作与模拟车辆21的动作近似的模拟车辆21的修正参数ΔMDL。修正参数ΔMDL被输入至模拟车辆21,修正模拟车辆21的构成参数。车辆动作分析部231求出实际车辆11与模拟车辆21进行的模拟的速度差。然后,车辆动作分析部231以修正速度差(≈行驶阻力误差)的方式修正行驶阻力系数。

[0111] 根据模拟车辆21输出的状态信息STAs的位置数据POSr、和坡度数据GRD,求出坡度阻力Rg(POSr)。根据位置数据POSr、和曲线数据CRV,求出坡度阻力Rc(POSr)。另外,根据速度数据VELr和行驶阻力式求出Rr(VELr)。行驶阻力式由规格等决定,例如已知下式(1)。

[0112] $R(v)=(1.65+0.0247\cdot V(v))\cdot mM+(0.78+0.0028\cdot V(v))\cdot mT+9.81\cdot[0.028+0.0078\cdot(n-1)]\cdot V2(v)\cdots\cdots(1)$

[0113] 此处,R:行驶阻力(N)

[0114] ΔR:行驶阻力修正值(N)

[0115] V:电车的速度(km/h)

[0116] mM:编组中的电动车的总质量的载荷(kN)

[0117] mT:编组中的控制车和附随车的总质量的载荷(kN)

[0118] n:编组车辆数

[0119] 应用数式1作为行驶阻力式的情况下,数式1的V代入上述速度VERr,Rr(VERr)=R(VERr)。另一方面,基于实际车辆11的驾驶指令COM、位置POS、速度VERr(附带时间戳),测定实际车辆11的行驶阻力Rmsd,根据与用行驶阻力式求出的行驶阻力Rr(VERr)的差异用下式(2)求出行驶阻力修正值ΔR。

[0120] $\Delta R=Rr(VERr)-Rmsd\cdots\cdots(2)$

[0121] 修正后行驶阻力Rrev(VERr)是对用下式(3)的行驶阻力求出的Rr(VERr)加上行驶阻力修正值ΔR而求出的。

[0122] $Rrev(VERr)=Rr(VERr)+\Delta R\cdots\cdots(3)$

[0123] 通过对模拟车辆域2应用该修正后行驶阻力Rrev(VERr),能够使模拟车辆21的动作接近实际车辆11的动作。用以上结构,能够基于实际车辆域1的行驶数据,提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度。

[0124] 另外,通过提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度,能够基于在模拟车辆域2中变更了驱动控制动作数据时的动作预测而事前验证在实际车辆域1中变更了驱动控制动作数据时的动作。

[0125] 进而,能够将在模拟车辆域2中事前验证的上述驱动控制动作数据经由信息传输部3传输至实际车辆域1,变更实际车辆域1的驱动控制动作数据而确认实际的动作。

[0126] 即,通过实现提高模拟车辆21的精度以使其与实际车辆11动作相同、在提高精度后的模拟车辆21中调整驱动控制、将调整后的驱动控制动作数据应用至实际车辆11的流程,而实现自主地实现驱动控制的优化的铁路系统的控制方式。

[0127] 此处,驱动控制动作数据是为了控制实际车辆驱动部12的动作而安装在实际车辆驱动控制部14中、或为了控制模拟车辆驱动部22的动作而安装在模拟车辆驱动控制部24中的、软件等的控制逻辑或控制逻辑的构成参数。

[0128] 图4是表示图1的本升级改造系统的基本动作(实际车辆控制更新)的一例的功能结构图。图4中,驾驶指令部111输出动力运行(加速)、制动(减速/停止)、OFF(惯性运行)等

指示实际车辆11的动作的驾驶指令COM。这相当于司机操作的主控制器、和自动驾驶的情况下的ATO装置等。

[0129] 驾驶指令COM被输入至实际车辆驱动控制部14,以使实际车辆11按照驾驶指令COM进行动作的方式,控制未图示的实际车辆驱动部12输出的驱动力。另外,实际车辆驱动控制部14输出状态信息STARr,作为以使实际车辆11按照驾驶指令COM进行动作的方式、控制实际车辆驱动部12输出的驱动力的结果。由此,能够收集驾驶指令、位置、速度作为实际车辆数据。

[0130] 状态信息STARr是用实际车辆驱动控制部14的软件运算识别的物理量数据,是车辆的加速度Acc、速度Vel、位置Pos、主电动机117的旋转速度Fr、电流Im、电压Vm、逆变器装置的直流电流Is、直流电压Ecf等。驾驶指令COM和状态信息STARr经由信息传输部3输入至模拟车辆域2。

[0131] 特别将状态信息STARr中的实际车辆11的速度数据VELr、位置数据POSr输入至存储部233。存储部233存储了实际车辆11行驶的路线的坡度数据GRD、曲线数据CRV、车站位置数据STN等。坡度数据GRD是规定与实际车辆11的行驶位置数据POSr对应的该位置的坡度量(与行驶距离相对的标高增加率)的表数据。

[0132] 坡度数据GRD是规定与实际车辆11的行驶位置数据POSr对应的线路的曲率(曲率半径的倒数)的表数据。车站位置数据STN是表示与实际车辆11的行驶位置数据POSr对应的行驶路线中配置的车站设施的位置的表数据。车站设施包括停车场、停留所等、以及信号所等,通常用表示各设施的中心位置的里程表示。

[0133] 车辆动作分析部231输入模拟车辆21输出的状态信息STAs、和实际车辆11输出并经由信息传输部3对模拟车辆域2传输的状态信息STARr,基于状态信息STAs和状态信息STARr,计算实际车辆11的动作、和模拟车辆21的动作数据。此处,实际车辆11和模拟车辆21的动作数据是关于车辆动力学的数据,包括以下或其一部分。

[0134] 构成列车的各车辆的加速度:(d/dt)Vxv_i,(d/dt)θyv_i,速度:Vxv_i,θyv_i

[0135] 各车辆的转向架的加速度:(d/dt)Vxt_ji,(d/dt)θyt_ji,速度:Vxt_ji,θyt_ji

[0136] 各转向架的轮轴的加速度:(d/dt)Vxw_kji,(d/dt)θyw_kji,速度:Vxw_kji,θyw_kji

[0137] 其中,Vx是X轴(轨道方向)的速度,θy是Y轴(枕木方向)的角速度。

[0138] (i是车辆的序号,i=1,2,3……,j是各车辆的转向架,j=1,2……,k是各车辆的转向架,k=1,2……)

[0139] 运算并输出这些实际车辆11和模拟车辆21的动作数据。控制数据分析部232包括采用模拟车辆控制部23输出的电动机电流Im、开关电路的输入电压Ecf等控制数据、基于控制数据探索使模拟车辆驱动控制部24的控制更稳定化的控制参数的功能。作为使控制稳定化的控制参数探索的一例,示出非专利文献1。

[0140] 非专利文献1介绍了关于在铁路车辆中通过降低踏面力而抑制因基于电动机转矩从车轮对轨道传递的踏面力在雨天时等超过车轮与轨道之间的摩擦极限而发生的空转的粘着控制、对于降雨状态等的摩擦极限的变动用田口方法探索稳定地传递踏面力的稳定控制参数的方法、和用应用了稳定控制参数的实际车辆11进行的性能验证(按加速时是空转、减速时是滑行进行区分,但此处总称为“空转”)。

[0141] 稳定控制参数的探索优选在实际车辆环境中进行,但另一方面,实际车辆环境中,路线状态、乘车状态、气象状态等时刻变化,所以难以确保变更大量参数而收集的数据的再现性。因此,优选采用在提供尽可能接近实际车辆11的环境的模拟车辆域2中、探索决定稳定控制参数的流程。

[0142] 用上述流程决定的稳定控制参数,被作为实际车辆域1的实际车辆驱动控制部14、模拟车辆域2的模拟车辆驱动控制部24的控制参数应用,之后用稳定化参数控制。基于稳定化参数的控制结果被汇总至车辆动作分析部231,确认车辆的动作数据、控制数据处于目标范围内。

[0143] 车辆的动作数据、控制数据在目标范围外的情况下,再次反复用控制数据分析部232探索控制参数而计算稳定化参数、应用于实际车辆域1的实际车辆驱动控制部14、模拟车辆域2的模拟车辆驱动控制部24的控制参数的循环。车辆动作分析部231求出实际车辆11与模拟车辆21进行的模拟的速度差。控制数据分析部232以修正速度差(≈加速度误差)的方式修正电动机转矩指令。另外,即使存在传输延迟,只要全部数据都延迟相同时间,就没有问题。

[0144] 用以上结构,能够基于实际车辆域的行驶数据,提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度。另外,通过提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度,能够基于在模拟车辆域2中变更了驱动控制动作数据时的动作预测而事前验证在实际车辆域1中变更了驱动控制动作数据时的动作。进而,能够将在模拟车辆域2中事前验证的上述驱动控制动作数据经由信息传输部3传输至实际车辆域1,变更实际车辆域1的驱动控制动作数据而确认实际的动作。

[0145] 即,通过实现提高模拟车辆21的精度以使其与实际车辆11动作相同、在提高精度后的模拟车辆21中调整驱动控制、将调整后的驱动控制动作数据应用至实际车辆11的流程,而实现自主地实现驱动控制的优化的铁路系统的控制方式。

[0146] 另外,驱动控制动作数据是为了控制实际车辆驱动部12的动作而安装在实际车辆驱动控制部14中、或为了控制模拟车辆驱动部22的动作而安装在模拟车辆驱动控制部24中的、控制逻辑或控制逻辑的构成参数。

[0147] 图5是表示图1的本升级改造系统的信息传输部3的一例的示意说明图。实际车辆域1中,多个实际车辆11在轨道等的轨条15上行驶。实际车辆11a～11e(如果不需要区分则记作11)是电动车的情况下,用架空线等电力供给部16对驱动系统和照明、空调等辅助设备118供给电力。另外,对于实际车辆11a的驱动控制功能的结构,使用图16和图17在后文中更详细地叙述。另外,能够不是由电动车、而是由发动机、燃料电池等发电装置、蓄电池等电力蓄积部对驱动系统和辅助设备118供给电力的情况下,电力供给部16不是必需的。

[0148] 实际车辆11不限于单个车辆,也存在将多个车辆连接编组的列车的情况。也存在使轨条15多个并列、构成上行方向、下行方向等驶向不同方面的列车能够同时行驶的复线区间的情况。模拟车辆域2与实际车辆域1经由信息传输部3至少发送接收上述实际车辆11的状态信息STARr、实际车辆驱动控制部14的控制参数PARA_ctrl。以下,对于信息传输部3的结构进行说明。

[0149] 实际车辆11与广域信息传输基地33之间用无线通信发送接收信息。此处对于无线通信,考虑应用设想为用第五代移动通信系统(5G)等、在多个限定的通信范围中移动的同时连续地持续通信的移动通信系统。对于用广域信息传输部32发送接收的信息,用广域信

息传输部32汇总,用互联网等的广域信息传输部32与模拟车辆域2的外部信息接口(未图示)连接。由此,能够接受实际车辆域1和模拟车辆域2的信息。

[0150] 另外,实际车辆11与区域内信息发送接收基地36之间用无线通信发送接收信息。区域内信息发送接收基地36设置在车站、车辆基地等中,能够与停车的实际车辆11之间进行无线通信。因此,能够应用适合近距离的设备间通信的无线LAN、Bluetooth(注册商标)、红外线通信等。对于用区域内信息发送接收基地36发送接收的信息,用广域信息传输部32汇总,用互联网等广域信息传输线路31与模拟车辆域2的外部信息接口(未图示)连接。由此,能够接受实际车辆域1和模拟车辆域2的信息。

[0151] 用以上结构,能够基于实际车辆域1的行驶数据,提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度。另外,通过提高构成模拟车辆域2的模拟器的模型精度,能够基于在模拟车辆域2中变更了驱动控制动作数据时的动作预测而事前验证在实际车辆域1中变更了驱动控制动作数据时的动作。进而,能够将在模拟车辆域2中事前验证的上述驱动控制动作数据经由信息传输部3传输至实际车辆域1,变更实际车辆域1的驱动控制动作数据而确认实际的动作。

[0152] 即,通过实现提高模拟车辆21的精度以使其与实际车辆11动作相同、在提高精度后的模拟车辆21中调整驱动控制、将调整后的驱动控制动作数据应用至实际车辆11的流程,而实现自主地实现驱动控制的优化的铁路系统的控制方式。

[0153] 此处,驱动控制动作数据是为了控制实际车辆驱动部12的动作而安装在实际车辆驱动控制部14中、或为了控制模拟车辆驱动部22的动作而安装在模拟车辆驱动控制部24中的、软件等的控制逻辑或控制逻辑的构成参数。

[0154] 如上所述,实施例1的本升级改造系统将实际车辆环境的测定数据发送至模拟环境,基于测定数据鉴别与实际车辆11的动作近似的模拟模型,在模拟了路线状态、乘车状态、气象状态等行驶条件的模拟环境中优化驱动控制,将优化控制数据发送至实际车辆环境而反映至实际车辆11的控制。

[0155] 另外,验证更新了实现铁路车辆驱动控制系统的软件的情况下的利害得失,对于是否适合更新(升级改造)辅助判断。结果,本升级改造系统能够使铁路车辆的驱动控制维持在与路线状态、乘车状态、气象状态对应的最优状态。另外,本升级改造系统通过推进节省能源(以下简称为“节能”)效果实现的碳中和、和防止空转使车轮等延长寿命而减少废弃物的效果实现的循环经济,而有助于实现可持续社会。

[0156] 【实施例2】

[0157] 实施例2举例示出验证更新了蓄电池电车或混合动力电车(以下称为“蓄电池电车等”)中使用的各种部件等的情况下的性能提高、对于更新的时期和是否适合辅助判断的本升级改造系统。此处,作为与铁路相关的升级改造的对象产品,举例示出蓄电池,但也可以是铁路车辆中车载的其他构成部,特别是蓄电池电车等中的其他车载设备、以及信号系统等地上设备等。

[0158] 作为铁路车辆中车载的构成部,可以考虑驱动控制装置、辅助电源控制装置、燃料电池系统、空调装置、车内监视装置、TCMS(Train Control Management System,列车信息控制装置)、PIS(Passenger Information System,旅客信息提供装置)等车载设备、座位等车内设备、车辆的部件、前方监视装置、安全监视装置、驾驶辅助系统、自动驾驶、地车间无

线信息传输等的控制功能等。例如,如果是蓄电池,则通过高性能化,能够节能、缩短充电时间、增加蓄电容量、长寿命化、和削减废弃物。另外,如果是驱动装置,则能够节能、改善乘坐舒适性、长寿命化、和削减废弃物。

[0159] 近年来的蓄电池表现出显著的性能提高,所以在其更换时,用数字孪生体比较验证更新前的劣化程度、和更新后的性能提高的效果较高。这样,性能在时序上持续提高的产品、部件模块的升级改造即使是仅将损耗部件置换为同等规格的更换部件的简单的维持行为,也可以得到优化其更换时期的决定的效果。

[0160] 将实际车辆环境的测定数据发送至模拟环境,基于测定数据鉴别与实际车辆11的动作近似的模拟模型,在模拟了路线状态、乘车状态、气象状态等行驶条件的模拟环境中优化驱动控制,将优化控制数据发送至实际车辆环境而反映至实际车辆11的控制。

[0161] 图6是用于说明实施例2的本升级改造系统实现的蓄电池的循环体制的概念说明图。大致按时间顺序说明图6的循环体制。蓄电池被生产、安装、运用而驾驶,在能够提高价值的时期被升级改造,生成反映后的升级改造品而循环。

[0162] 生产的过程具有企划、设计、决定规格、采购材料、制造批量产品、检查和出货的体制。运用的过程是搬入和安装而驾驶,但为了价值提高,而在卸下之后搬出。升级改造的过程是回收已使用的蓄电池,对劣化程度进行品质计测,基于升级改造设计进行制造/制作,评价分级,管理分级等,由此使升级改造品产品化。另外,回收指的是返还已使用的蓄电池。与此相对,软件的回收有时指的是没有发挥期待的效果的状态。

[0163] 这样的升级改造品也利用新品供给的销售途径进行循环。为了使升级改造品产品化并循环,需要产品和材料的数据管理。该数据管理的过程中,运用计划、模型鉴别、升级改造评价、品质管理、和升级改造设计方针是重要的。数据管理的功能主要是收集运用数据(指令和驾驶数据)并提供运用计划。

[0164] 作为为了数据管理而需要收集的信息,进而举例列举生产计划、规格、需要量、品质计测数据、和历程(生涯数据等历史记录)等。作为能够用数据管理的功能提供的信息,在运用计划以外,举例列举对于生产部门的信用数据(品质和寿命)、和对于升级改造部门的生产量和方案的信息等。

[0165] 图6的升级改造的概念中,不一定与该顺序相同。蓄电池被生产、安装,在驾驶、回收之后,进行升级改造设计,生产反映后的升级改造品而循环。另外,根据图6的循环体制,仅在基于产品和材料的数据管理得到的升级改造评价较高的情况下,执行升级改造。在更换蓄电池时,如果用数字孪生体比较验证更新前的劣化程度、和更新后的性能提高,则可以判明此时的更换是否适合。

[0166] 关于蓄电池,新品更换越迟,则越是在能量效率降低的状态下长期运用,更换时期越迟,则越是仅更换为同等规格的新品,就可以得到大幅减少的蓄电容量恢复实现的强烈的节能效果。反之,新品更换过早时,会发生废弃能量效率良好且残存价值较高的蓄电池的浪费,但更换时期越早,则更换前蓄电容量减少的程度越小,节能效果越高。

[0167] 另一方面,近年来的蓄电池在认为是更换周期的数年间表现出相当的性能提高,所以仅最优地设定蓄电池的更换时期,就可以使使用它的蓄电池电车等对象产品全体性能提高同时使其耐久而减少废弃物。蓄电池是化学应用产品,所以确定其动作特性的多个参数的作用是复杂的,但构建使其系统化的数学模型,修正系数等也被逐渐整理为能够用电

子计算机模拟的程度。

[0168] 另外,本升级改造系统中,对于蓄电池,减少废弃物的排出量,循环利用可提取的有效材料同时使品质变化为持续地保护环境的可循环的产品。在这样提高产品的价值的升级改造的观点上,本升级改造系统用图6的循环体制,仅在升级改造评价高的情况下,执行有益的升级改造。以下,使用图7～图14,对于更具体的升级改造进行说明。另外,本升级改造系统通过使用驾驶辅助系统(DAS:Driver advisory system)的有人驾驶实行驾驶指令。或者,通过自动驾驶执行驾驶指令。

[0169] 图7是用于说明图6的循环体制中的参数鉴别的示意说明图。图7中,本升级改造系统对于用“现”表示升级改造以前的现行的实际车辆1号(此处包括实际车辆中装载的功能A)、和与其对应的现行的物理模型1号(此处包括物理模型上的功能A)双方,使其执行驾驶指令。

[0170] 本升级改造系统对于目标在于性能一致的实际车辆1号和物理模型1号,为了能够鉴别各自的运用数据(速度、温度、振动、动作时间)而成对比较,以消除比较的结果的差ΔMode的方式,进行参数鉴别。即,参数鉴别指的是以使实际车辆1号和物理模型1号对于同一指令进行同一动作的方式调整模型的参数。

[0171] 优选进行参数鉴别直到实际车辆1号与物理模型1号的动作一致,但可以在之后的控制性能的优化过程中保证必要的精度的范围内容许差异。一致(差在规定值以下)指的是模拟结果能够容许的水平。

[0172] 即,能够以能够判定的水平计算、输出模拟结果,结果能够通过执行驾驶指令而按可预测的驾驶模式进行参数鉴别,所以可以得到提高鉴别精度且稳定化的效果。但是,现实上,对于驱动控制装置的电流、电压的变动,考虑实际车辆1号中装载的电流、电压检测器的测定误差,认为一定程序容许实际车辆1号与物理模型1号的动作的差异。

[0173] 另外,实际车辆1号在图15中后述的实际车辆11(实物)环境中实际运用。与此相对的现行的物理模型1号是用于图15所示的产品和材料的数据管理的、在虚拟(信息)空间中再现现实空间、使用电子计算机中的模拟、进行故障预测等预测评价软件和部件的更新结果用的数字孪生体。接着,使用图8说明其流程。

[0174] 图8是用于说明图7的参数鉴别的流程的流程图。本升级改造系统构建模仿实际车辆1号的物理模型1号(S81)。接着,本升级改造系统基于实际车辆11的驾驶指令,如下式所示地比较运用数据的差异(S82)。

[0175] ΔModel＝运用数据(物理模型1号)-运用数据(实际车辆1号)

[0176] 如果比较(S82)的结果是|ΔModel|＞γ、存在差异,则本升级改造系统与ΔModel相应地修正物理模型(S83)。如果结果是|ΔModel|≤γ、没有差异,则本升级改造系统完成物理模型1号的鉴别。另外,以0为示例。

[0177] 图9是用于说明图6的循环体制中的升级改造评价的示意说明图。此处,也主要对于与图7的不同点进行说明。图9中,本升级改造系统对于用“现”表示升级改造以前的现行的物理模型1号、和与其对应的用“新”表示升级改造以后的更新后的物理模型2号双方,使其执行驾驶指令。

[0178] 另外,物理模型1号和物理模型2号是用于图15所示的产品和材料的数据管理的、虚拟(信息)空间中的模拟用的数字孪生体。物理模型1号基于上述实际车辆1号的运用数据

完成了参数鉴别。物理模型2号相对于物理模型1号,将“功能A”变更为“功能A'”。

[0179] 关于两者的功能A、A',例如“A”是现状的蓄电池模块。另外,“A'”是使单电池高性能化(损耗降低等)的蓄电池模块。本升级改造系统中,对于升级改造的评价,例如考虑以蓄电池劣化指标SOH(State of Health)为评价指标,测定劣化的进展程度。该情况下,对于基准值K,可以设定判断更换蓄电池的SOH的极限值。进行相对于该设定的基准值K的Low/High的阈值判定。此时,本升级改造系统特征在于不仅得知上述阈值判定的Low→High的转移,也得知该转移发生的时刻这一点。由此,不是基于上述蓄电池劣化指标SOH达到极限值的结果进行蓄电池更换判断,而是预测达到极限值的时机,能够在蓄电池仍发挥要求的性能时,建议蓄电池的升级改造。另外,对于极限值和基准值K,设想由设计者基于设备规格书等决定,但也可以由AI系统基于过去的实际情况等决定。接着,使用图10说明其流程。

[0180] 图10是用于说明图9的升级改造评价的流程的流程图。首先,将物理模型1号的功能A变更为物理模型2号的功能A'(S11)。接着,基于驾驶指令(包括变动),如下式所示地比较物理模型1号与2号(S12)。

[0181] ΔFunc=评价指标(物理模型1号)-评价指标(物理模型2号)

[0182] 如果比较(S12)的结果是图9(1),则实施升级改造(S13)。另一方面,如果比较(S12)的结果是图9(0),则暂缓升级改造(S14)。

[0183] 图11是用于说明图6的循环体制中的参数鉴别(升级改造后)的示意说明图。此处,也主要对于与图7的不同点进行说明。图11中,本升级改造系统对于用“新”表示升级改造以后的更新后的实际车辆2号(此处包括实际车辆中装载的功能A')、和与其对应的更新后的物理模型2号(此处包括物理模型上的功能A')双方,使其执行驾驶指令。两者的功能是A'、A'。

[0184] 另外,更新后的实际车辆2号在图15中后述的实际车辆11(实物)环境中实际运用。与此相对的更新后的物理模型2号是用于图15所示的产品和材料的数据管理的、在虚拟(信息)空间中模拟用的数字孪生体。接着,使用图12说明其流程。

[0185] 图12是用于说明图11的参数鉴别(升级改造后)的流程的流程图。首先,将物理模型1号的功能A变更为物理模型2号的功能A'(S21)。接着,基于实际车辆11的驾驶指令,如下式所示地比较运用数据的差异(S22)。

[0186] ΔModel=运用数据(物理模型2号)-运用数据(实际车辆2号)

[0187] 如果比较(S22)的结果是|ΔModel|>γ、存在差异,则与ΔModel相应地修正物理模型(S23)。如果结果是|ΔModel|≤γ、没有差异,则完成物理模型2号的鉴别。

[0188] 上述参数鉴别设想为基于通常时的运用数据进行,需要防止将事故和故障等异常时的运用数据用于参数鉴别。因此,需要与参数鉴别并行地实施事故和故障的监视,要求利用基于该监视的信息进行维护判断。另外,升级改造是带有价值提高的更换,与此相对,维护是更换经年使用的劣化品等的维持行为。其中,对经年使用的劣化品等实施带有价值提高的更换是升级改造。

[0189] 图13是用于说明图6的循环体制中的维护判断的示意说明图。此处,也主要对于与图7的不同点进行说明。图13中,本升级改造系统对于用“现”表示升级改造以前的现行的实际车辆1号(此处包括实际车辆中装载的功能A)、和与其对应的用“现”表示的现行的物理模型1号(此处包括物理模型上的功能A)双方,使其执行驾驶指令。

[0190] 本升级改造系统对于要求性能一致的两者的功能A、A,对各自的运用数据成对比较,如果比较的结果是存在差异,则判断为异常。另外,现行的实际车辆1号在图15中后述的实际车辆11(实物)环境中实际运用。与此相对的现行的物理模型1号是用于图15所示的产品和材料的数据管理的、虚拟(信息)空间中的模拟用的数字孪生体。

[0191] 本升级改造系统对于比较两者的功能A、A得到的评价,例如将运用数据(速度、温度、振动、动作时间)作为评价指标,进行相对于设定的基准值K的Low/High的阈值判定,如果判定结果是高则发出提醒实施维护的信号。本升级改造系统如果判断为异常,则能够对驾驶台的司机发出警告。

[0192] 另外,作为铁路车辆的特征,蓄电池模块的故障仅在某一特定车辆中发生的概率高,其他车辆同样发生故障的概率低。此时,根据其他车辆的信息判断本车辆的(传感器)故障。从而,能够仅使发生故障的特定蓄电池从该车辆断开连接,增强其他正常车辆的驱动力而继续列车的运行。结果,本升级改造系统可以提高列车运行的可用性。

[0193] 图14是用于说明图13的维护判断的流程的流程图。首先,收集投入运用的全部实际车辆1号的数据(S41)。接着,在多个车辆(最少3个以上)中,基于实际车辆11的驾驶指令,如下式所示地比较运用数据的差异(S42)。

[0194] ΔModel=运用数据(物理模型1号)-运用数据(实际车辆1号)

[0195] 如果比较(S42)的结果是全部车辆中Menteyo=1,则与ΔModel相应地修正物理模型(S43)。另外,如果比较(S42)的结果是全部车辆中Menteyo=0,则暂缓维护(S44)。另外,如果比较(S42)的结果是特定车辆中Menteyo=1,则实施维护(S45)。

[0196] 另外,全部车辆中Δmodel>K的情况下,判断为物理模型的鉴别不充分,返回模型鉴别的循环。另外,特定车辆中Δmodel<K的情况下,视为该车辆的功能A性能劣化而判断为异常,实施维护。

[0197] 图15是用于说明本升级改造系统中的、产品和材料的数据管理功能、以及维护计划的建议功能的概念说明图。本升级改造系统如图15所示,在进行产品和材料的数据管理的管理部、与实际车辆11(实物)环境之间经由网络更换信息。数据管理方从实际车辆11(实物)环境接收运用数据,提供运用计划和维护计划。

[0198] 实际车辆11(实物)环境具有运用信息、升级改造信息、和生产信息,作为主要信息。这些信息经由各自的数据输入输出部与网络连接,对外部输入输出。管理部制定并执行基于使用数字孪生体的模拟的升级改造和维护计划。

[0199] 升级改造对于硬件和软件中的至少任一者执行。实施例1中举例示出了对软件的升级改造,实施例2中举例示出了对硬件的升级改造。升级改造以对基于品质管理的设计方针的反馈为代表。另外,适当地评价升级改造并蓄积数据,同时也对运用计划反馈。该升级改造进行的反馈中,经由数据输入输出部与网络连接,有效利用信息。

[0200] 维护计划对于硬件和软件中的至少任一者执行。软件的维护例如是随着硬件变更进行的软件变更、其他工程中的改修项目的反映等。图15所示的升级改造和维护计划中,对实际车辆11(实物)环境提供的信息除了从运用计划置换为维护计划以外是同样的方式。举例示出蓄电池进行说明时,将经年使用的劣化品更换为与原本相同的新品是作为维持行为的维护,带有价值提高的更换是升级改造。无论哪一种情况下,管理部都制定并执行基于使用数字孪生体的模拟的升级改造或维护计划。

[0201] 图16是表示将图5的实际车辆11a、11b连接为1个编组的变形例的结构的功能框图。另外,对于图5中已说明的部位省略说明,仅说明不同点。如图16所示,实际车辆域1中,如果是电车,则以具有驱动力的实际车辆11a牵引没有驱动力的实际车辆11b的列车编组进行驾驶。另外,实际车辆11a、11b也可以双方都包括驱动力,或者不限于电车,也可以是电力机车。

[0202] 实际车辆11a将从电力供给部16用集电装置114接受的电流输入至主变压器121的一次绕组,以经由转向架112a、112b(如果不需要区分则总称为转向架112)、轮轴113a～113d(如果不需要区分则总称为113)、接地装置115和轨条15回到变电站的方式,形成电流通路。实际车辆11a用实际车辆控制部13控制作为主要的车上装置的、主变压器121、驱动控制部122、主电路蓄电池123、和辅助电源装置(APS_DC/AC)124。另外,将AC/DC转换器122a和DC/AC逆变器122b总称为驱动控制部122。

[0203] 交流电压检测器(ACPT)131配设在集电装置114与主变压器121的一次绕组之间,将检测出的电压信号输入至实际车辆控制部13以供控制。交流电流检测器(ACCT)132a将检测出的电流信号输入至实际车辆控制部13以供控制。

[0204] 实际车辆控制部13在使实际车辆11a动力运行/再生时,以使从电力供给部16接受的电力最小的方式进行目标在于节能的控制。因此,在主电动机117(图18)、与主电路蓄电池123之间输入输出的电力之外,也使对辅助电源装置(APS_DC/AC)124和辅助设备118(图18)输出的电力适当地增减,使从主变压器121的二次绕组输出的电力的消耗最小,减小从电力供给部16接受的电力。结果,实际车辆11a在铁路本来的良好的能量效率之外,追求进一步节能,由此能够有助于实现可持续社会。

[0205] 图17是更详细地表示图16的实际车辆11a的结构的功能框图。另外,对于图5或图16中已说明的部位省略说明,仅说明不同点。在AC/DC转换器122a与DC/AC逆变器122b之间形成主直流电路,用直流电压检测器133a、133b检测出的直流电压信号被输入至实际车辆控制部13,以供控制。

[0206] 实际车辆控制部13包括列车信息控制装置141、AC/DC转换器控制部142a、DC/AC逆变器控制部142b、蓄电池控制装置143、和辅助电源控制装置144。实际车辆控制部13被省略图示的上级的控制部控制。上级的控制部是驾驶主体,指的是运行管理系统或司机。实际车辆控制部13包括控制用的软件,与上级的控制部之间更换控制信号,并且符合目的地控制下级的被控制部。

[0207] 对于主直流电路,连接了主电路蓄电池123、和辅助电源装置124。对于它们,连接直流电压检测器133c～133d、和直流电流检测器134a～134c,用它们检测出的直流电压信号被输入至实际车辆控制部13,以供控制。蓄电池控制装置143控制主电路蓄电池123。辅助电源控制装置144控制辅助电源装置124,控制辅助设备118。对于辅助设备118,连接直流电压检测器135a、135b,用它们检测出的直流电压信号被输入至实际车辆控制部13,以供控制。

[0208] 用该结构,能够收集以下数据。

[0209] AC/DC转换器:控制频率,输入电流/电压,输出电流/电压,功率单元温度推算值

[0210] DC/AC逆变器:控制频率,输入电流/电压,输出电流/电压,功率单元温度推算值

[0211] 辅助电源装置:控制频率,输入电流/电压,输出电流/电压,功率单元温度推算值

[0212] 主电路蓄电池:充放电电流,电压,SOC,SOH,单电池温度

[0213] 列车信息控制装置:各设备状态,乘车率,气温室温

[0214] 本升级改造系统发挥收集这些数据、提高控制用的软件的功能的作用效果。

[0215] 图18是表示能够实现图1的并行分析系统的硬件/软件的可追溯性(traceability)的ID系统的一例的图。其中,可追溯性指的是从产品的原材料的采购、直到生产、消费、废弃地进行追踪。图18的ID系统包括以下要件,适当执行。

[0216] •对模块、部件、材料各要素按分层结构分配ID。

[0217] •对于全部ID分配电子记录信息进行管理。

[0218] •电子记录是各构成要素的“户口本”,包括可以追溯父子关系的信息(上级构成要素、下级构成要素)。

[0219] •为了升级改造而基于实际使用数据记录自身的历史记录。记录数据设想为另外蓄积的大数据,电子记录中记录用于访问该数据的“关联数据”。即,能够访问用于实施升级改造的历史记录。

[0220] •在实施升级改造时与自身的变更内容一同地追加父子关系的变更点。即,在实施升级改造时,记录变更的父子关系,确保可追溯性。

[0221] 这样,本升级改造系统将ID系统提供的“电子记录”“户口本”“历史记录”组合,得到实现升级改造的效果。另外,图18的ID系统中,在ID:1蓄电池模块2022年型的下级,形成了ID:1-1Li离子单电池ABC型、ID:1-2模块箱体ABC型、ID:1-3单电池控制器ABC型、……这样的父子关系。作为这些父子关系的定位,例如按ID:1(级别A)是最终产品、ID:1-1(级别B)是构成产品的部件、ID:1-1-1(级别C)是构成部件的材料这样分配。这些级别不限于3级,取决于最上级的级别A的实际结构,可以考虑设为2级以下的情况、和设为4级以上的情况。

[0222] 进而,在ID:1-1的下级,形成了ID:1-1-1、……、ID:1-1-3、……这样的父子关系。同样,在ID:1-2的下级,形成了ID:1-2-1、……、ID:1-2-3、……这样的父子关系。同样,在ID:1-3的下级,形成了ID:1-3-1、……这样的父子关系。从而,ID:1-1-1、~、ID:1-3-1相对于ID:1-1形成孙关系。

[0223] 图18的ID系统中的第1子ID:1-1对于Li离子单电池ABC型,将以下信息成系统地可改写检索地保存在存储部233中。也可以是通过通信而能够从存储部233以外的存储部使用信息。

[0224] α.历史记录信息_长度,质量,特性,使用状况历史记录

[0225] β.上级构成要素(父)_(ID:1)蓄电池模块2022年型

[0226] γ.下级构成要素(子)_(ID:1-1-1)单电池箱体,Al,/(ID:1-1-2)正极材料,$LiCoO_2$,3g/(ID:1-1-3)负极材料,C(石墨),2g

[0227] Δ.关联数据_长度:Data_ID1_size/质量:Data_ID1_mass/特性:Data_ID1_chara/使用状况历史记录:Data_ID1_UsageHist

[0228] 如以上所说明,本升级改造系统包括软件的升级改造地使对象产品全体性能提高同时使其耐久而减少废弃物。对于减少的废弃物也循环利用同时使品质变化为能够持续地保护环境的可循环的产品,同时提高产品的价值。

[0229] 结果,本升级改造系统通过蓄电池的升级改造和最优维护,而在节能效果实现的碳中和、和延长蓄电池寿命之外,也通过推进循环利用而减少废弃物的效果实现的循环经

济,有助于实现可持续社会。

[0230] 【实施例3】

[0231] 实施例3对于验证关于蓄电池的性能提高、关于更新时期和是否适合辅助判断的本升级改造系统,用与实施例2不同的其他例进行说明。

[0232] 图19是用于说明实施例3的升级改造系统实现的蓄电池的循环体制的概念说明图。

[0233] 此处,蓄电池被经营者使用。经营者是铁路公司(运行部门),将蓄电池装载在车辆中,作为动力源使用。因此,铁路公司(运行部门)在该情况下也能够称为蓄电池应用目标方。对于蓄电池,按收纳了多个蓄电池模块的蓄电池单元的单位进行维护更换。

[0234] 蓄电池单元被蓄电池硬件维护者维护。蓄电池硬件维护者基于蓄电池硬件管理者的委托等,将蓄电池单元分解,更换构成蓄电池单元的蓄电池模块,由此进行维护。图19中,将该作业图示为蓄电池硬件维护。作为维护的对象的蓄电池单元,被作为维护回收单元从车辆上拆下,并发送至蓄电池管理者。然后,蓄电池硬件维护者进行维护回收单元的蓄电池硬件维护。维护后的蓄电池单元被作为维护完成单元发送至经营者,再次装载在车辆中使用。

[0235] 另外,蓄电池单元被蓄电池硬件管理者管理。蓄电池硬件管理者具有蓄电池单元的所有权。蓄电池硬件管理者根据需要从经营者回收蓄电池单元(单元回收)。另外,蓄电池硬件管理者根据需要对经营者供给蓄电池单元(单元供给)。

[0236] 蓄电池硬件管理者所有的蓄电池单元进而被蓄电池硬件供给者回收、供给。蓄电池硬件供给者进行蓄电池单元的生产和升级改造。“生产”中,蓄电池硬件供给者从蓄电池硬件管理者回收蓄电池单元(单元回收),分解为蓄电池模块(单元分解)。另一方面,使用再生的蓄电池模块生产蓄电池单元(单元组装)。生产的蓄电池单元被供给至蓄电池硬件管理者(单元供给)。另外,“升级改造”中,回收蓄电池模块(模块回收),进行单电池材料的再生(单电池材料再生)。由此进行蓄电池模块的再生(模块再生),再生的蓄电池模块被供给用于蓄电池单元的生产(模块供给)。

[0237] 然后,在经营者、蓄电池硬件维护者、蓄电池硬件管理者和蓄电池硬件供给者之间,使用具有进行蓄电池的管理的服务器等的升级改造单元进行蓄电池数据管理。作为蓄电池数据管理,例如进行作为产品的蓄电池和蓄电池的材料的数据管理。具体而言,与经营者之间,进行蓄电池单元的运用数据和品质数据的更换。另外,由蓄电池数据管理者进行维护建议时,对经营者发送维护建议,进行维护建议的日期时间回答。进而,与经营者和蓄电池硬件维护者之间,进行关于单元维护和单元调查的信息的更换。进而,与蓄电池硬件供给者之间,进行蓄电池模块的规格(模块规格)、蓄电池单元的规格(单元规格)和分析报告的信息的更换。然后,与蓄电池硬件管理者之间,进行单元的供给和回收以及维护的记录、分析报告的信息的更换。另外,升级改造单元中进行的蓄电池数据管理,按照记录关于从材料采购直到循环利用的蓄电池的生命周期的信息的Battery Passport(产品和材料的数据管理)进行。在经营者、蓄电池硬件维护者、蓄电池硬件管理者和蓄电池硬件供给者之间,访问升级改造单元而进行信息共享。

[0238] 图20是表示图5所示的信息传输部3的其他例的示意说明图。

[0239] 以下,以与图5的不同点为中心进行说明。

[0240] 图20相对于图5所示的示意说明图,使用广域信息发送接收部32a代替广域信息传输部32。另外,使用区域内信息发送接收部35a代替区域内信息传输部35。进而,使用升级改造单元18代替模拟车辆域2。另外,此处,示出了将路线分类为车库、电气化区间、非电气化区间这3种,从各路线进行信息的发送接收。即,将路线分类为路线(车库)17a、路线(电气化)17b、路线(非电气化)17c,进行信息的发送接收。另外,其他与图5相同。

[0241] 广域信息传输部32与广域信息发送接收部32a功能大致相同,但广域信息发送接收部32a明确具有进行信息的发送接收的功能。同样,区域内信息传输部35与区域内信息发送接收部35a功能大致相同,但区域内信息发送接收部35a明确具有进行信息的发送接收的功能。

[0242] 升级改造单元18进行对硬件和软件的升级改造。具体而言,从实际车辆11经由广域信息发送接收部32a、区域内信息发送接收部35a和区域内信息发送接收基地36通过无线通信接收实际行驶数据。此时,按路线(车库)17a、路线(电气化)17b、路线(非电气化)17c接收实际行驶数据。然后,对于接收的实际行驶数据(接收数据),用数据分析单元181中包括的模拟车辆单元181a进行与模拟的比较。然后,使用比较结果,用升级改造评价181b进行升级改造评价。进而,基于升级改造评价,执行对硬件的升级改造即硬件升级改造182、和对软件的升级改造即软件升级改造183。硬件升级改造182例如是蓄电池硬件的维护和更新。另外,软件升级改造183例如是控制蓄电池系统的控制软件、和控制用来自蓄电池系统的电力驱动的驱动系统的控制软件的更新。

[0243] 图21是表示图17的主电路蓄电池123由多个蓄电池系统构成时的实际车辆11的驱动系统的结构的框图。

[0244] 以下,以与图17的不同点为中心进行说明。

[0245] 此处,示出了图17的主电路蓄电池123由蓄电池系统(1)123a、蓄电池系统(2)123b、蓄电池系统(3)123c这多个蓄电池系统构成的情况。另外,在不区分它们的情况下,以下有时简称为蓄电池系统。因此,图17的直流电流检测器134b是直流电流检测器134b1～134b3这3个。

[0246] 另外,此处,示出图17的列车信息控制装置141与显示器(Display)150和天线(Antenna)160连接的情况。显示器150进行收集的数据的显示。该数据例如如图17所说明,是AC/DC转换器和DC/AC逆变器的控制频率、输入电流/电压、输出电流/电压、功率单元温度推算值等。天线160与图20中说明的广域信息发送接收部32a、区域内信息发送接收部35a和区域内信息发送接收基地36之间进行通信。另外,显示器150在实际车辆11中不一定必要。

[0247] 然后,列车信息控制装置141包括控制器141a和路由器(Router)141b1、141b2、141b3、141b4。控制器141a进行AC/DC转换器控制部142a、DC/AC逆变器控制部142b、蓄电池控制装置143和辅助电源控制装置144的控制。路由器141b1、141b2、141b3、141b4分别从AC/DC转换器控制部142a、DC/AC逆变器控制部142b、蓄电池控制装置143、辅助电源控制装置144收集数据,并且输出来自控制器141a的控制信号。

[0248] 图22是表示蓄电池系统的内部结构的图。

[0249] 蓄电池系统也被称为蓄电池箱。蓄电池系统中,多个蓄电池单元串联连接,并且串联连接的多个蓄电池单元进而并联连接。各蓄电池单元由多个蓄电池模块构成。另外,虽然未图示,但各蓄电池模块由多个蓄电池单电池构成。图22中,将串联连接的多个蓄电池单元

表示为串联单元U。另外,该情况下,示出了串联单元U多个并联连接。串联单元U中分别包括电流检测单元。另外,直流电压检测单元(DCPT)检测蓄电池系统(串联单元U)的输出电压。电流控制单元控制蓄电池系统的输出电流。蓄电池系统的控制装置(Controller)基于电流检测单元和直流电压检测单元,控制电流控制单元。由此,能够连续地控制蓄电池系统的输出电流的流通和切断。另外,电流控制单元可以是切换流通和切断的断路器。

[0250] 图23(a)是表示从蓄电池系统进行数据收集的控制器的结构的图。

[0251] 如图21、22所说明,主电路蓄电池123由多个蓄电池系统构成。多个蓄电池系统例如是图21的蓄电池系统(1)123a～蓄电池系统(3)123c。另外,各蓄电池系统由多个蓄电池单元构成。进而,各蓄电池单元由多个蓄电池模块构成。进而,各蓄电池模块由多个蓄电池单电池构成。

[0252] 然后,各蓄电池系统中,分别包括箱控制器。另外,各蓄电池单元中,分别包括单元控制器。进而,各蓄电池模块中,分别包括模块控制器。进而,各蓄电池单电池中,分别包括单电池控制器。箱控制器、单元控制器、模块控制器和单电池控制器中,包括通信I/F(通信接口,图23(a)中图示为“通信”)和标签。通信I/F在这些控制器之间进行数据更换。另外,标签具有蓄电池系统、各蓄电池单元、蓄电池模块和蓄电池单电池的型号或型号编号作为标签信息,能够识别收集的数据的输出源。另外,标签信息能够采用图18或后述的图24、25所示的ID。然后,用这些控制器取得的数据被主转换装置中包括的控制器收集,进而被车辆信息控制装置中包括的控制器取得,利用如图20所说明的无线通信发送至升级改造单元18。此处,作为无线通信,示出了利用OTA(Over The Air)云通信的情况。

[0253] 图23(b)是表示作为蓄电池的品质数据必要的必要数据的图。

[0254] 此处,示出了与No.1～No.10对应地作为项目(item)示出的数据是必要数据。即,将标签信息(型号、型号编号)、蓄电池单元的SOH(State of Health:蓄电池劣化指标)即单元SOH、蓄电池模块的SOH即模块SOH、蓄电池单元的电压即单元电压、蓄电池单元的电流即单元电流、蓄电池模块的电压即模块电压、蓄电池模块的电流即模块电流、蓄电池单电池的电压即单电池电压、蓄电池单电池的电流即单电池电流、和蓄电池单电池或蓄电池模块的温度即单电池/模块温度作为必要数据。另外,Remarks是备注栏。此处,表示了标签信息(型号、型号编号)被周期传输,单元SOH每隔1s取得。

[0255] 图24、25是表示实施例3中能够实现可追溯性的ID系统的一例的图。

[0256] 其中,图24表示蓄电池模块以上的ID系统的例子。即,图24中,示出关于蓄电池系统、构成蓄电池系统的蓄电池单元、构成蓄电池单元的蓄电池模块的ID系统的例子。

[0257] 另外,图25中,示出蓄电池模块以下的ID系统的例子。该情况下,示出关于蓄电池模块、构成蓄电池模块的蓄电池单电池、蓄电池模块的箱体即蓄电池模块箱体、单电池控制器、单电池的箱体即单电池箱体、单电池的正极材料、单电池的负极材料的ID系统的例子。

[0258] 该ID系统具有与图18所示的ID系统同样的结构。即,对蓄电池系统、部件、材料各要素按分层结构分配ID,对于全部ID分配电子记录信息进行管理。进而,电子记录包括可以追溯父子关系的记录信息(上级构成要素、下级构成要素)。

[0259] 具体而言,图24中,对于各蓄电池系统、各蓄电池单元、各蓄电池模块分别按分层结构分配ID。该情况下,蓄电池系统的ID是A。另外,构成该蓄电池系统的各蓄电池单元的ID是A-U1、A-U2、A-U3。进而,例如构成具有A-UI的ID的蓄电池单元的蓄电池模块的ID是A-U1-

MD11、A-U1-MD12、A-U1-MD21、……,具有与这些ID对应的电子记录。然后,对于各电子记录,分配记录信息α～Δ。该电子记录具有记录信息β、γ作为可以追溯父子关系的记录信息。记录信息β是表示作为父的上级构成要素的信息。另外,记录信息γ是表示作为子的下级构成要素的信息。另外,记录信息α是包括大小、质量、特性、使用状况历史记录的历史记录信息。然后,记录信息Δ是表示记录大小、质量、特性、使用状况历史记录的关联数据的信息。

[0260] 另外,图25中,对于各蓄电池系统、各蓄电池单元、各蓄电池模块分别按分层结构分配ID。对于蓄电池模块、蓄电池单电池、蓄电池模块箱体、单电池控制器、单电池箱体、单电池的正极材料、单电池的负极材料,分别按分层结构分配ID。该情况下,在“*”中填入包括蓄电池模块的蓄电池单元的ID。例如,蓄电池单元的ID是A-U1的情况下,作为构成该蓄电池单元的蓄电池模块的ID图示的*-MD11实际上是A-U1-MD11。另外,蓄电池单电池、蓄电池模块箱体、单电池控制器、单电池箱体、单电池的正极材料、单电池的负极材料各自的ID此处设为*-MD11-1、*-MD11-2、*-MD11-3、*-MD11-1-1、*-MD11-1-2、*-MD11-1-3。

[0261] 图26是表示蓄电池系统的维护更换过程的步骤图。

[0262] 图26中,用步骤1～步骤3这3个阶段示出了蓄电池系统的维护更换过程。然后,此处图示了使用蓄电池的经营者、维护蓄电池的蓄电池硬件维护者、进行升级改造管理的蓄电池数据管理者之间的更换。

[0263] 步骤1是直到蓄电池硬件维护者进行蓄电池的维护更换建议的过程。步骤1中,从经营者对蓄电池数据管理者传输运用数据。接着,蓄电池数据管理者进行运用数据的分析。然后,作为分析结果,在需要更换蓄电池时,蓄电池数据管理者对蓄电池硬件维护者发出蓄电池的维护更换指示。蓄电池硬件维护者确认代替单元,对经营者进行蓄电池的维护更换建议。代替单元是作为车辆11中装载的蓄电池单元的代替而准备的蓄电池单元。

[0264] 步骤2是直到蓄电池硬件维护者发送蓄电池的代替单元的过程。步骤2中,由蓄电池硬件维护者进行了蓄电池的维护更换建议的经营者,对蓄电池硬件维护者进行更换日期的回答。接着,蓄电池硬件维护者进行代替单元的安排。然后,蓄电池硬件维护者从蓄电池单元的保管场所对经营者的车库发送代替单元。进而,蓄电池硬件维护者在经营者的车库中进行蓄电池单元的更换。

[0265] 步骤3是直到蓄电池数据管理者接收维护更换完成记录的过程。步骤3中,在经营者的车库中,蓄电池硬件维护者将拆下的更换单元送回至蓄电池单元的保管场所。更换单元是车辆11中装载的蓄电池单元,是为了安装代替单元而从车辆11上拆下的蓄电池单元。接着,蓄电池硬件维护者在蓄电池单元的保管场所进行更换单元的调查。调查结果被展示给经营者,经营者确认调查结果。然后,蓄电池硬件维护者对蓄电池数据管理者发送维护更换完成记录。由此,维护更换完成记录对于蓄电池硬件管理者也成为能够浏览的状态。

[0266] 图27是表示蓄电池系统的维护更换过程的流程图。

[0267] 首先,经营者运用蓄电池(S701)。即,经营者将车辆11中装载的蓄电池单元用作动力源。

[0268] 运用蓄电池时的运用数据被发送至蓄电池数据管理者的升级改造单元,蓄电池数据管理者用升级改造单元分析运用数据(S702)。

[0269] 然后,作为分析结果,在需要更换蓄电池时,蓄电池数据管理者对蓄电池硬件维护者经由升级改造单元发出蓄电池的维护更换指示。另外,此时,蓄电池数据管理者同时进行

更换/代替单元的准备的指示(S703)。

[0270] 蓄电池硬件维护者经由升级改造单元对经营者进行蓄电池的维护更换建议(S704)。

[0271] 经营者用升级改造单元设定蓄电池的更换实施日期时间(S705),对蓄电池硬件维护者经由升级改造单元进行更换实施日期时间的回答(S706)。

[0272] 蓄电池硬件维护者从经营者经由升级改造单元受理并确认更换实施日期时间(S707),从蓄电池单元的仓库对客户(经营者)的车库发送代替单元(S708)。

[0273] 在经营者的车库中,接收了代替单元时(S709),在经营者的仓库中,蓄电池硬件维护者拆下更换单元,安装代替单元(S710)。

[0274] 进而,蓄电池硬件维护者对蓄电池单元的仓库送回在经营者的仓库中拆下的更换单元(S711)。

[0275] 蓄电池硬件维护者在蓄电池单元的仓库中,接收更换单元(S712)。

[0276] 蓄电池硬件维护者进行接收的更换单元的调查(S713),对升级改造单元输入调查结果,对经营者展示(S713)。

[0277] 经营者用升级改造单元确认调查结果(S714),经由升级改造单元承认调查结果(作业完成)(S715)。

[0278] 经营者承认了调查结果时,蓄电池硬件维护者经由升级改造单元确认蓄电池的维护更换完成(S716)。

[0279] 蓄电池硬件维护者经由升级改造单元、对蓄电池数据管理者发送维护更换完成记录,蓄电池数据管理者接收(S717)。由此,维护更换完成记录对于蓄电池硬件管理者也成为能够浏览的状态。蓄电池硬件管理者能够用升级改造单元确认规定的单元的供给和回收的记录,能够确认要求的单元的状态(装载的车辆和保管场所等)。

[0280] 接着,蓄电池数据管理者根据需要、经由升级改造单元、对蓄电池硬件维护者发出更换单元的蓄电池模块的更换的指示(S718)。

[0281] 从升级改造单元接受了指示的蓄电池硬件维护者进行蓄电池模块的更换(S719)。然后,蓄电池硬件维护者实施进行了蓄电池模块的更换的蓄电池单元的检查(S720)。然后,蓄电池硬件维护者对升级改造单元输入蓄电池单元的检查记录和蓄电池模块的更换完成的消息,将蓄电池单元保管在仓库中(S721)。

[0282] 然后,蓄电池数据管理者从升级改造单元接收蓄电池单元的保管完成记录(S722)。由此,蓄电池单元的检查记录和蓄电池模块的更换完成的消息的记录对于蓄电池硬件管理者也成为能够浏览的状态。蓄电池硬件管理者能够用升级改造单元确认规定的单元的维护的记录,能够确认要求的单元的状态(蓄电池模块的结构等)。

[0283] 图28是表示模拟蓄电池系统的充放电动作的模型(模拟模型)的结构的图。

[0284] 首先,输入运用数据(Real train operation data)。

[0285] 输入的运用数据被模拟模型接口(Simulation model Interface(Input))转换为规定的数据格式。

[0286] 然后,基于运用数据,进行使用车辆模型(vehicle model)的模拟,计算行驶模式(Running Profile)。行驶模式表示相对于时间(Time)的速度(Velocity)。该行驶模式是基于运用数据模拟相对于时间的车辆的速度变化的结果。对于计算出的行驶模式,与车辆的

实际的动作进行比较,基于两者的差异,进行车辆模型的鉴别(Model identification)。

[0287] 另一方面,基于运用数据,进行使用蓄电池模型(Battery model)的模拟,计算充放电模式(Charging Profile)。充放电模式表示相对于时间(Time)的充放电电流(Current)。该充放电模式按图22所示的每个串联单元U求出。该充放电模式是在使车辆按上述行驶模式行驶时、模拟串联单元U中流过的充放电电流的变化的结果。对于计算出的充放电模式,与实际的充放电电流进行比较,基于两者的差异,进行蓄电池模型的鉴别(Model identification)。

[0288] 另外,行驶模式和充放电模式被模拟模型接口(Simulation model Interface (Output))转换为规定的数据格式。

[0289] 然后,进行行驶模式和充放电模式的分析(Analysis)。作为充放电模式的分析,例如计算每个串联单元U的SOH。根据该SOH,能够判断蓄电池单元的更换的时期。另外,作为充放电模式的分析,也可以计算蓄电池系统的SOH。另外,如果测定蓄电池模块和蓄电池单电池的电压,则也能够计算蓄电池模块和蓄电池单电池的SOH。

[0290] 实施例3中,铁路升级改造系统和铁路升级改造方法应用于的对象是蓄电池。然后,第1数字孪生模型模拟车辆11中装载的蓄电池的充放电电流。这相当于求出图28的充放电模式的处理。车辆11中装载的蓄电池对应于图26、27的更换单元。

[0291] 另外,第2数字孪生模型模拟代替车辆11中装载的蓄电池而更换的蓄电池的充放电电流。代替车辆11中装载的蓄电池而更换的蓄电池对应于图26、27的代替单元。代替单元是新品或再生的蓄电池单元时,代替单元的充放电电流能够应用预先决定的充放电模式。另外,对于判断为不需要再生的蓄电池单元,能够应用以前在车辆11中装载时计算出的充放电模式。

[0292] 然后,实施例3的铁路升级改造系统、铁路升级改造方法中,关于升级改造的评价,例如与实施例2同样地,将SOH作为评价指标,测定蓄电池的劣化的进展程度。该SOH能够用图28中说明的方法计算。由此,与实施例2同样,不是基于SOH达到极限值的结果进行蓄电池更换判断,而是预测达到极限值的时机,能够在蓄电池仍发挥要求的性能时,进行蓄电池的升级改造建议。

[0293] 实施例3的升级改造系统中,通过进行蓄电池的升级改造和最有维护,而在节能效果实现的碳中和、和延长蓄电池寿命之外,也通过推进循环利用而减少废弃物的效果实现的循环经济,有助于实现可持续社会。

[0294] 实施例3中,用图19中说明的循环体制,仅在基于产品和材料的数据管理得到的升级改造评价高的情况下,执行升级改造。在更换蓄电池时,如果用数字孪生体比较验证更新前的劣化程度、和更新后的性能提高,则可以判明此时的更换是否适合。更新前的劣化程度能够用图28中说明的SOH判断。

[0295] 另外,实施例3中,经营者、蓄电池管理者、蓄电池硬件管理者和蓄电池硬件供给者访问升级改造单元,进行关于蓄电池的信息共享。由此,能够共享、操作蓄电池的状态、维护更换建议、维护结果等动作的信息。由此,能够提供决定蓄电池的状态、将来的动作的虚拟的空间。另外,能够实现支持Battery Passport的资源的历史记录管理。

[0296] 本升级改造系统例如能够概括为如下所述。

[0297] [1]本升级改造系统是具有控制器和存储器(存储部)、按照存储器的程序执行铁

路系统的升级改造用的升级改造系统。本升级改造系统中,在存储器中保持模拟用的数字孪生模型。控制器导入属于铁路系统的、升级改造的对象的运用数据。控制器设定执行对象的运用模拟用的第1数字孪生模型。控制器通过调整参数,而提高第1数字孪生模型的精度。控制器构建对对象进行升级改造后的更新对象用的第2数字孪生模型。然后,控制器对在同一条件下分别运用第1数字孪生模型和第2数字孪生模型的情况下的模拟结果进行比较。这样,控制器能够进行对升级改造的评价。

[0298] 本升级改造系统包括对象产品、数字孪生体、和存储部,用于通过用电子计算机使用数字孪生体进行模拟,而改善对象产品。对象产品是铁路系统全体、即与铁路相关的产品,产品中也包括软件。本升级改造系统基于模拟的结果决定是否对这样的产品的一部分、或用于控制该产品的软件进行升级改造。

[0299] 数字孪生体以能够模拟对象产品的动作的方式,由模拟对象产品的数学模型和软件中的至少任一者构成。存储部是能够存储关于对象产品的动作的参数和状态的信息的电子计算机用的存储器,进而存储评价升级改造的成果的基准值。

[0300] 本升级改造系统中,基准值K基于存储部中存储的过去的实际情况信息和设备规格中的至少任一者,由AI系统或人决定。升级改造更新对象产品的一部分和软件中的至少任一者。在该升级改造前后,分别用数字孪生体进行模拟。

[0301] 该模拟的评价超过基准值(图9的K)的情况下,实际对对象产品进行升级改造。而且,该升级改造基于对象产品的运用数据,变更数字孪生体的参数而提高精度。这样,在数字孪生体的精度变得充分之后,对在同一条件下运用对象产品的数字孪生体、和将对象产品的一部分改为新的装置或控制的情况下的新的数字孪生体的情况下的模拟结果进行比较。如果其结果良好,则将对象产品的一部分更换为新的装置或控制。

[0302] 根据这样的本升级改造系统,具有与以往的对象产品的规格性能相比、能够反复确保其以上的性能的效果。这样,本升级改造系统能够包括保护环境、提高性能、循环利用地,对各部的更新前后用数字孪生体模拟验证同时判断升级改造是否适合,建议有益的更新计划。

[0303] 另外,本升级改造系统在升级改造之后,也能够进一步升级改造,所以这样反复升级改造的结果,具有提高模拟的精度的效果。使铁路的实际车辆高性能化有助于创造可持续的环境,在该观点上,本升级改造系统也是有益的。

[0304] [2]本升级改造系统按部件和软件中至少任一者的可升级改造的单位,将已鉴别的现有的数字孪生体、和用新功能更新而新生成的数字孪生体组合成为1个数字孪生体。由此,通过在实际车辆和已鉴别模型(已知部分)中,仅变更升级改造部分(新功能)模型,能够着眼于新功能部分的效果进行评价。

[0305] [3]对于属于铁路系统的对象、和与其对应的数字孪生体,附加共同的ID,对ID关联运用数据。

[0306] [4]用于调整数字孪生模型的参数的运用数据中,包括列车的运行信息、驾驶指令或驾驶操作、列车的构成信息、或车辆的设备动作。本升级改造系统对于以下运用数据,附加能够实现产品、部件、或材料的可追溯性的ID(户籍数据)。运用数据使列车的运行信息(相当于时刻表)、驾驶指令(驾驶操作)、列车的构成信息、车辆/设备动作(取决于模型存在变化的可能性)中的至少任一者、与不同的实际车辆的数字孪生体进行共通的关联。对于使

用状况,作为图18的α历史记录信息,存在对于各模型(对应于车体、INV、控制等)共通的运用数据,如下所述。

[0307] 即,运用数据使CI(频率、输入输出电流/电压、PU(power unit)温度)、APS(辅助电源装置:Auxiliary Power System的频率、输入输出电流/电压、PU(power unit)温度)、蓄电池(充放电电流、电压、SOC、SOH、温度)、TCMS(各设备状态、乘车率、气温室温)、和车辆的部件信息(振动、温度、变形)中的至少任一者、与不同的实际车辆的数字孪生体分别进行特有的关联。另外,需要模型鉴别和评价的数据,与实现需要升级改造的产品、部件、材料的可追溯性的ID(户籍数据)关联。

[0308] 这些可以用于判断在使用结束之前是否进行升级改造。另外,升级改造的情况下,能够生成方案。方案在原样使用部件时、和作为材料与其他组合而再生产时使用。本升级改造系统对于上述运用数据鉴别数字孪生体,进行评价、升级改造,所以能够应对多种多样的状况。

[0309] 另外,TCMS(列车信息控制装置:Train control and Monitoring System)因信息技术的进展而高性能化、高功能化进展,是对于车辆不可或缺的管理系统,通过与地上装置协作等,不仅对车辆单独地、也集中控制列车全体的信息,由此实现节能化等。

[0310] [5]用于调整数字孪生模型的参数的运用数据中,如果对象是CI,则包括频率、输入输出电流/电压、或功率单元温度,如果对象是APS,则包括效率提高计划方法,如果对象是蓄电池,则包括充放电电流、电压、SOC、SOH、或温度,如果对象是TCMS,则包括各设备状态、乘车率、或气温室温,如果对象是车辆的部件,则包括振动、温度、或变形。

[0311] [6]本升级改造系统判断为属于铁路系统的对象的运用数据中不包括事故或故障引起的异常数据之后,调整数字孪生模型的参数。由此,不仅对一个车辆的历史记录数据,也对多个车辆(本编组内或其他编组车辆)的数据相互比较而判别异常场所,除去异常数据,由此数字孪生模型的精度提高。

[0312] [7]本升级改造系统用基于时程的模拟把握性能降低而预测性能劣化时期,在属于铁路系统的对象的劣化开始之前决定并建议价值提高时期。由此,在转移至视为劣化的状态之前,通过功能提高,而长期提供持续的功能提高,由此能够构建循环型社会。持续的功能提高指的是不会发生劣化,持续提供与新生产时相比同等以上的价值。

[0313] [8]本升级改造系统中,属于铁路系统的对象的运用数据使用利用了自动驾驶或驾驶辅助系统的驾驶的数据。由此,在稳定的(已知的)驾驶模式中导入模型参数,所以效率良好地在短时间内高精度地鉴别数字孪生体。与此相对,如果是手动模式,则因操作时机因人而异等原因而包括不适合模型鉴别的操作,所以鉴别需要时间,并且误差增大,因此精度变低。

[0314] [9]本升级改造系统在自动驾驶的驾驶模式、或驾驶辅助系统的驾驶模式中的至少任一者中预先规定对于调整数字孪生模式必要的驾驶模式。由此,效率良好地在短时间内高精度地鉴别数字孪生体。提高上述[7]的效果。

[0315] [10]本升级改造系统通过对也输入了实际车辆的运用数据以外的变动数据的模拟结果进行比较,能够进行对价值提高的评价。变动数据是不包括在实际车辆运用数据中、但在规格上的允许范围内的数据。由此,能够考虑通常时以外地判断升级改造是否适合。将可以设想的范围的运用数据作为输入,提高可否升级改造判断(控制中是调整结果)的稳健

性。

[0316] [11]本升级改造系统中,价值提高的对象是实际车辆、蓄电池、驱动控制装置、辅助电源控制装置、燃料电池系统、空调装置、车内监视装置、列车信息控制装置、旅客信息提供装置、座位、车辆的部件、前方监视装置、安全监视装置、驾驶辅助系统、自动驾驶的控制功能、或地车间无线信息传输的控制功能中的任意者。

[0317] 本升级改造系统对产品或软件进行升级改造。升级改造的产品例如是蓄电池和模块产品。升级改造的软件是作为需要按每个路线进行定制的功能的、粘着控制、前方监视灵敏度、DAS模式、ATO模式、混合能源管理、蓄电池电流限制、蓄电池SOC范围限制、基于加速度限制的牵引力控制、空气制动混合控制、设备动作切换地点信息中的至少任一者。另外,作为升级改造对象的模块产品、软件和系统,举例列举安全监视装置、座位、5G_OTA(第五代移动通信_无线收发:Over-the-air)、空调装置、无人驾驶系统、燃料电池、驱动装置、蓄电池、TCMS、和PIS。

[0318] 这样的本升级改造系统对于软件,通过在转移至视为劣化的状态之前进行功能提高,能够长期提供持续的功能提高。另外,本升级改造系统对于硬件,划分基本功能和定制功能,例如能够期待按每个路线的定制和性能提高。即,本升级改造系统可以实现符合客户、路线状况的功能提高(模块更新)、和追求最高性能(参数调整)中的至少任一者。由此,能够实现循环型社会。

[0319] [12]本升级改造系统对于属于铁路系统的对象附加用于个体识别的ID,对ID关联记录,对记录根据与变更作业数据相同的作业实施内容进行更新。对该记录根据与变更作业数据(更换产品的一部分部件等)相同的作业实施内容进行更新。由此,示出了用于表示实现了升级改造的确保可追溯性的方法。另外,通过实现升级改造,能够维持或提高材料的级别(品质)。

[0320] 结果,能够有助于保证品质。另外,“实际车辆的产品、部件、和材料”与“数据空间的产品、部件、和材料”用ID等一对一地关联,即使升级改造中结构变化,也能够追踪该变化而保证维持或提高初期的品质。另外,结构变化指的是从材料级别重新组装。

[0321] [13]本升级改造系统基于运用数据在数字孪生模型上自动调整控制软件的参数,与规定触发相应地使自动调整后的软件有效化。规定触发不仅可以是手动操作,也可以是对应日程或时刻表、维护及其他某种机会。而且,本升级改造系统通过数字孪生功能与行驶状态相应地实时地控制优化。此时,作为安全保障方法,软件即使被下载至实际车辆控制器存储器、如果负责人不按下“确认”按钮就不会有效化等,在运用方面弥补即可。

[0322] 能够将控制功能分离为标准功能(不需要定制,PWM等基本控制)和定制功能(需要根据路线的特征调整,粘着控制、DAS等),能够对后者自动鉴别而使软件制作低成本化。假设能够使列车和装置支持订阅。已知订阅(subscription)方式是仅在合约期间中能够自由使用的定额制收费方式。订阅化的情况下,使与各路线相应的参数调整自动化,所以可以实现效率提高。

[0323] [14]本升级改造系统中,控制软件的受到自动调整的参数是粘着控制、前方监视灵敏度、驾驶辅助系统模式、自动列车控制模式、混合能源管理、蓄电池电流限制、蓄电池SOC范围显示、基于加速度限制的牵引力控制、空气制动混合控制、或设备动作切换地点信息。

[0324] [15]本升级改造系统中,作为对象的是蓄电池,第1数字孪生模型模拟车辆11中装载的蓄电池的充放电电流。实际上,按每个串联单元U模拟充放电电流。另外,该情况下,第2数字孪生模型模拟代替车辆11中装载的蓄电池更换的蓄电池的充放电电流。该情况下,关于升级改造的评价,例如将SOH作为评价指标,测定蓄电池的劣化的进展程度。由此,不是基于SOH达到极限值的结果进行蓄电池更换判断,而是预测达到极限值的时机,能够在蓄电池仍发挥要求的性能时,建议蓄电池的升级改造。

[0325] 本发明的实施方式的铁路的升级改造生产方法(以下称为“本生产方法”)能够概括为如下所述。另外,以下说明中,可以将“本生产方法”替换为“升级改造方法”。

[0326] [16]本生产方法是与模拟的结果相应地对对象产品进行升级改造同时包括铁路相关的软件的产品的生产方法。即,本生产方法具有以下工序,生产对象产品。

[0327] 预先用模拟对象产品的数学模型和软件中的至少任一者构成数字孪生体。另外,将关于与铁路相关的对象产品的动作的参数和状态的信息可读取地存储在电子计算机的存储部中。在其中进而存储评价升级改造的成果的基准值。该基准值基于存储的过去的实际状况信息和设备规格中的至少任一者,由AI系统或人决定。如果准备就绪,则用数字孪生体模拟对象产品的动作。

[0328] 用数字孪生体进行的模拟,在更新对象产品的一部分和软件中的至少任一者的升级改造前后分别执行。基于该模拟的结果判断是否需要升级改造(“需要”的情况下判断其实施时机),在判断为需要升级改造的情况下,在其实施时机更新对象产品。

[0329] 根据这样的本生产方法,具有与以往的对象产品的规格性能相比、能够反复确保其以上的性能的效果。另外,本生产方法在升级改造之后,也能够进一步升级改造,所以这样反复升级改造的结果,具有提高模拟的精度的效果。

[0330] 附图标记说明

[0331] 1…实际车辆域

[0332] 2…模拟车辆域

[0333] 3…信息传输部

[0334] 11…实际车辆

[0335] 12…实际车辆驱动部

[0336] 13…实际车辆控制部

[0337] 14…实际车辆驱动控制部

[0338] 15…轨条

[0339] 16…电力供给部

[0340] 21…模拟车辆

[0341] 22…模拟车辆驱动部

[0342] 23…模拟车辆控制部

[0343] 24…模拟车辆驱动控制部

[0344] 31…广域信息传输线路

[0345] 32…广域信息传输部

[0346] 33…广域信息发送接收基地

[0347] 34…区域内信息传输线路

[0348] 35…区域内信息传输线路

[0349] 36…区域内信息发送接收基地

[0350] 111…驾驶指令输出部

[0351] 112、112a、112b…转向架

[0352] 113、113a～113d…轮轴

[0353] 114…集电装置

[0354] 115…接地装置

[0355] 117…主电动机

[0356] 118…辅助设备

[0357] 121…主变压器

[0358] 122a…AC/DC转换器

[0359] 122b…DC/AC逆变器

[0360] 123…主电路蓄电池

[0361] 123a、123b、123c…蓄电池系统

[0362] 124…辅助电源装置(APS_DC/AC)

[0363] 131…交流电压检测器(ACPT)

[0364] 132、132a～132e…交流电流检测器(ACCT)

[0365] 133、133a～133d、135a、135b…直流电压检测器

[0366] 134、134a～134c…直流电流检测器

[0367] 141…列车信息控制装置

[0368] 142a…AC/DC转换器控制部

[0369] 142b…DC/AC逆变器控制部

[0370] 143…蓄电池控制装置

[0371] 144…辅助电源控制装置

[0372] 231…车辆动作分析部

[0373] 232…控制数据分析部

[0374] 233…存储部

[0375] U…串联单元。

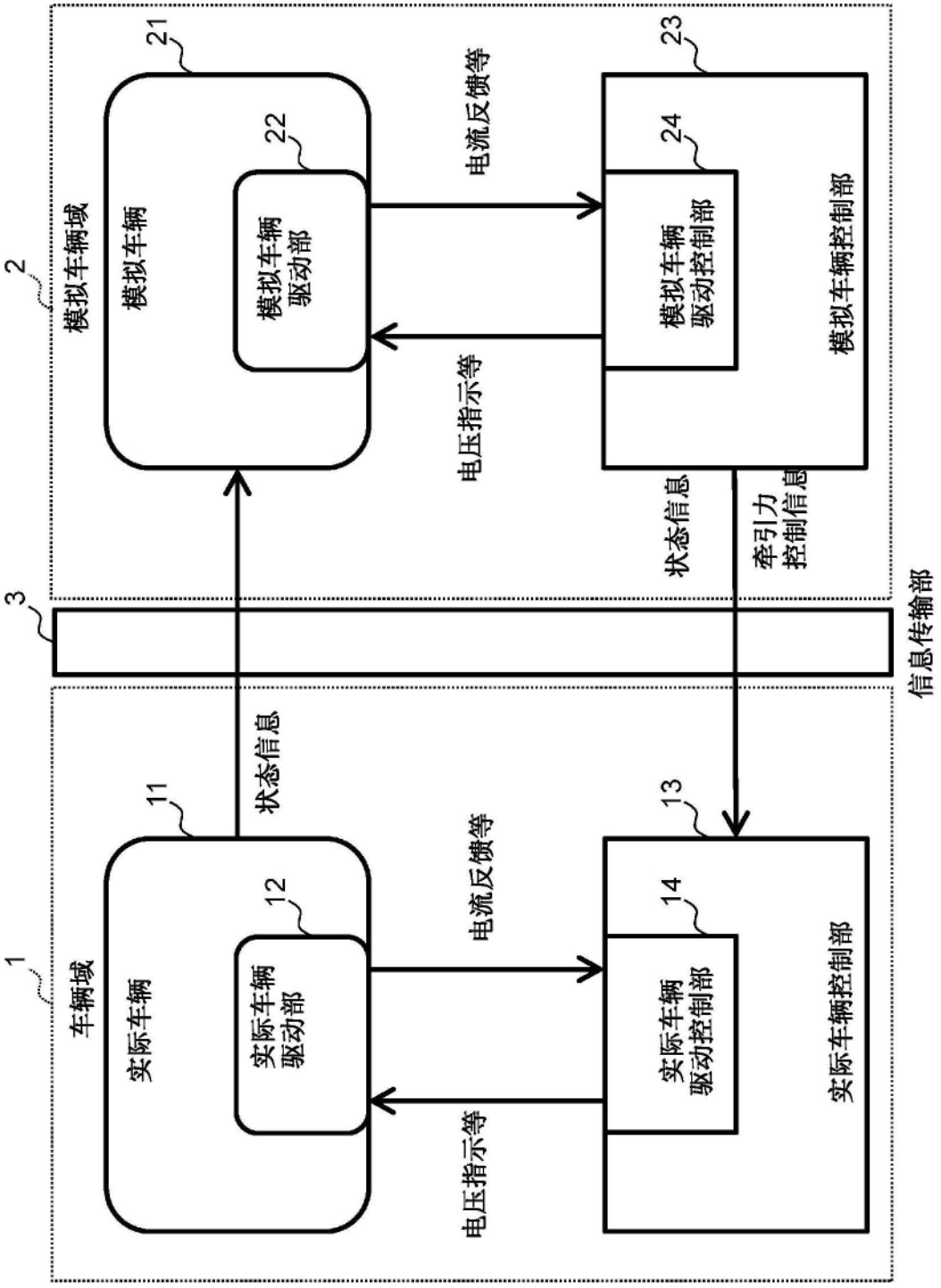

1
车辆域
实际车辆
11
实际车辆
驱动部
12
状态信息
电流反馈等
电压指示等
13
实际车辆
驱动控制部
14
实际车辆控制部
3
信息传输部
2
模拟车辆域
模拟车辆
21
模拟车辆
驱动部
22
电流反馈等
电压指示等
23
模拟车辆
驱动控制部
24
模拟车辆控制部
状态信息
牵引力
控制信息

图1

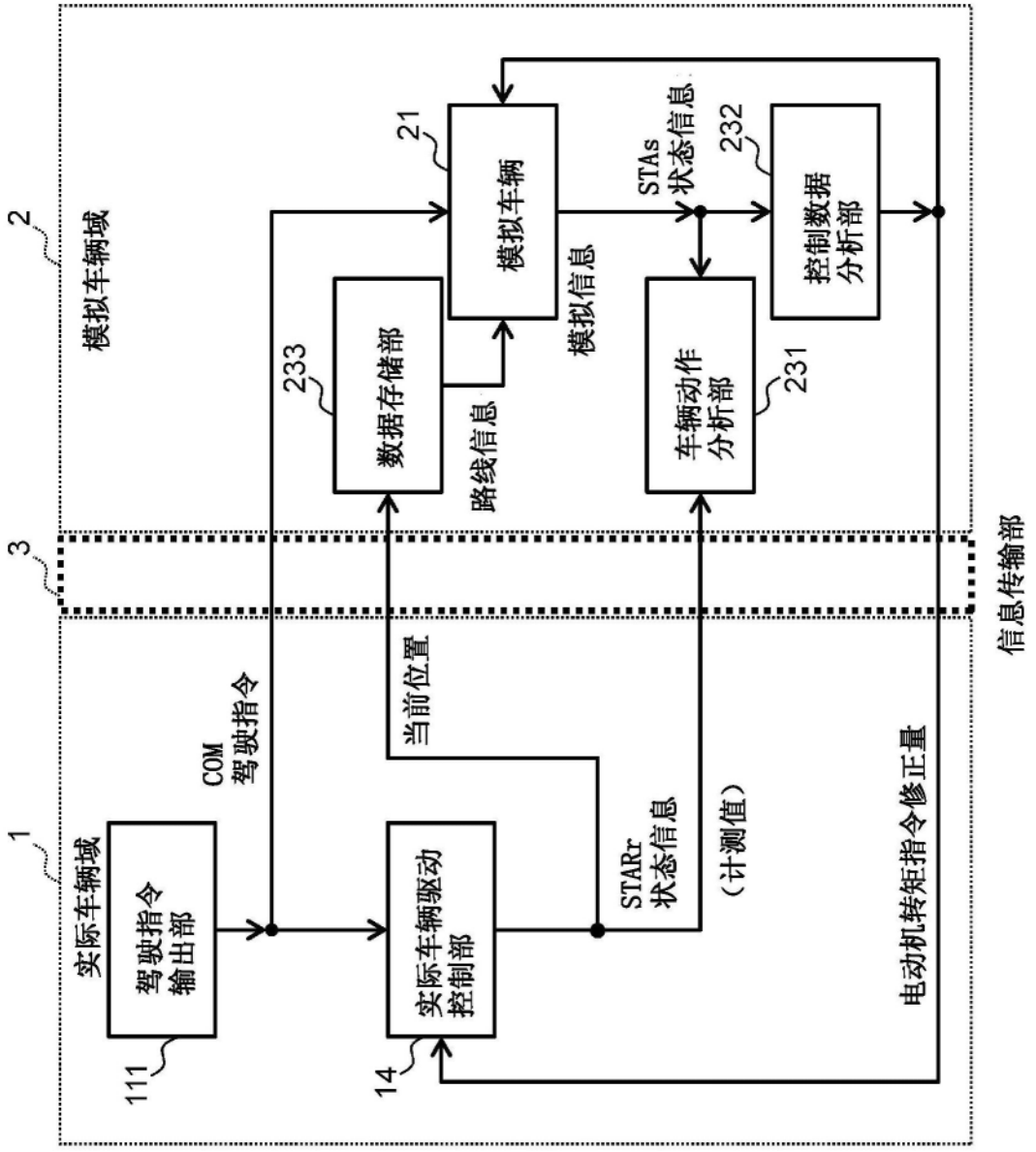

1
实际车辆域
驾驶指令输出部
111
COM
驾驶指令
实际车辆驱动控制部
14
当前位置
STARr
状态信息
（计测值）
电动机转矩指令修正量
2
模拟车辆域
21
模拟车辆
STAs
状态信息
232
控制数据分析部
233
数据存储部
路线信息
模拟信息
车辆动作分析部
231
3
信息传输部

图2

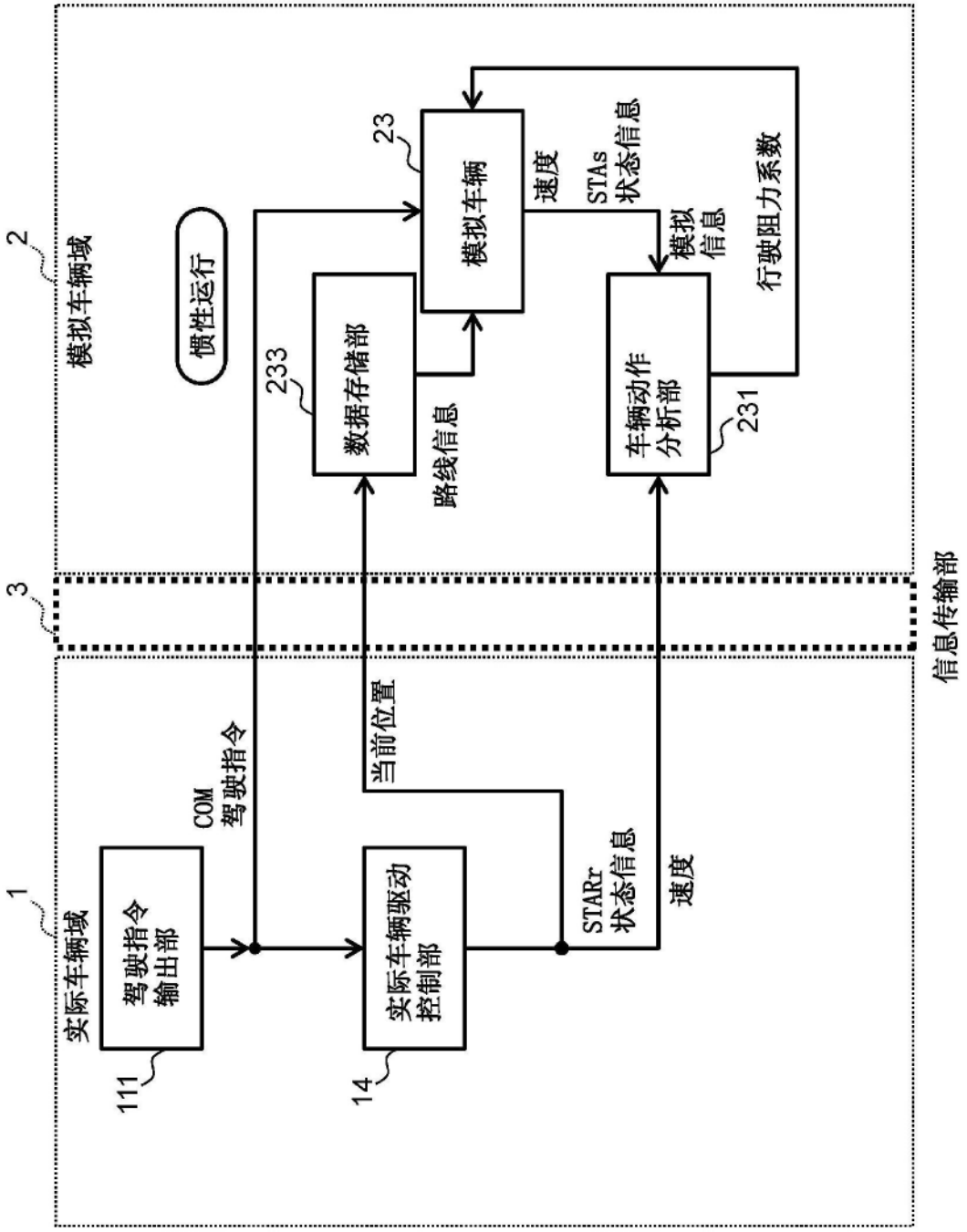

2
模拟车辆域
惯性运行
23
模拟车辆
速度
STAs
状态信息
模拟
信息
行驶阻力系数
233
数据存储部
路线信息
车辆动作
分析部
231
3
信息传输部
1
实际车辆域
驾驶指令
输出部
111
COM
驾驶指令
当前位置
实际车辆驱动
控制部
14
STARr
状态信息
速度

图3

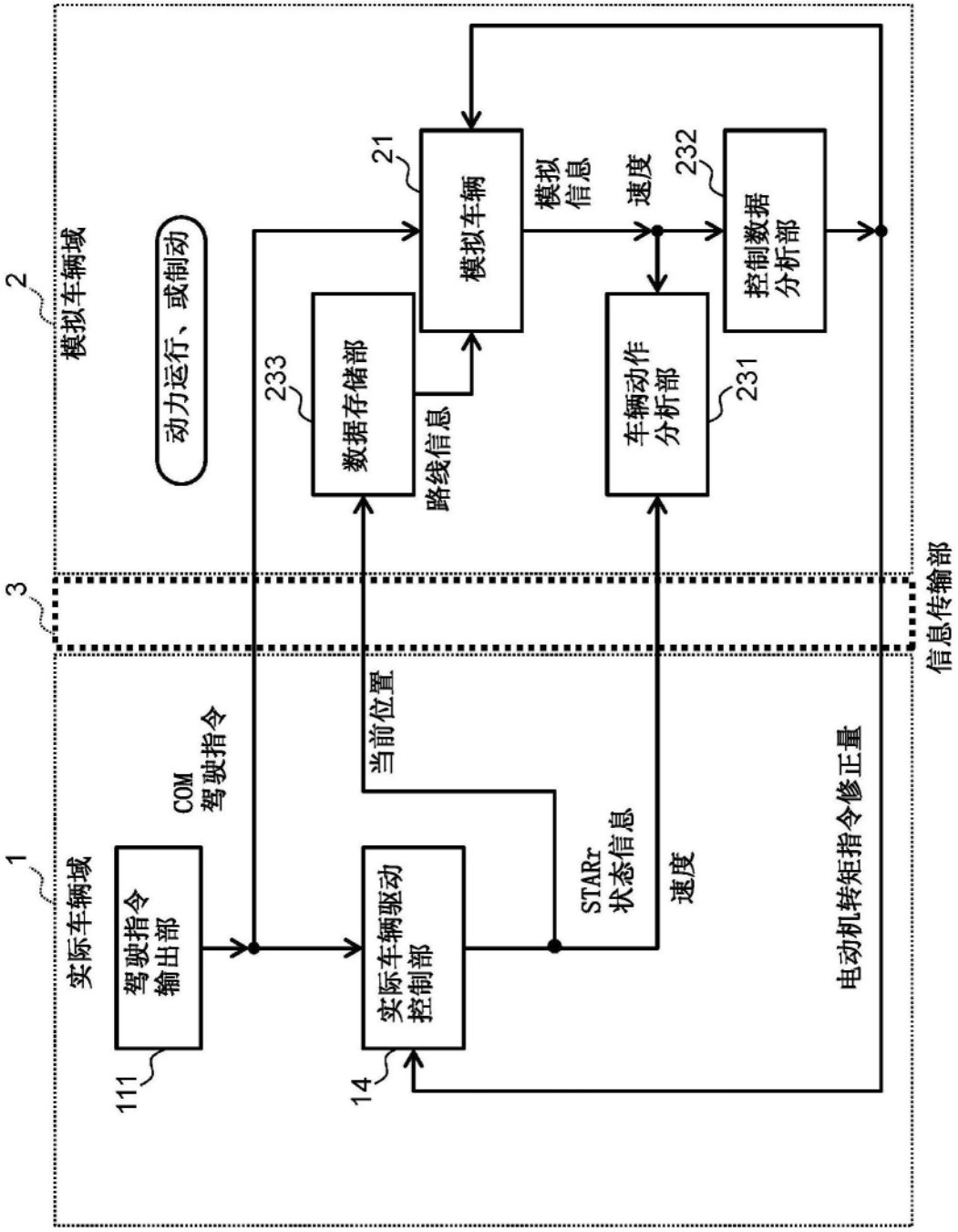

2
模拟车辆域
动力运行、或制动
21
模拟车辆
模拟信息
速度
232
控制数据分析部
233
数据存储部
路线信息
车辆动作分析部
231
3
信息传输部
1
实际车辆域
驾驶指令输出部
111
COM
驾驶指令
当前位置
实际车辆驱动控制部
14
STARr
状态信息
速度
电动机转矩指令修正量

图4

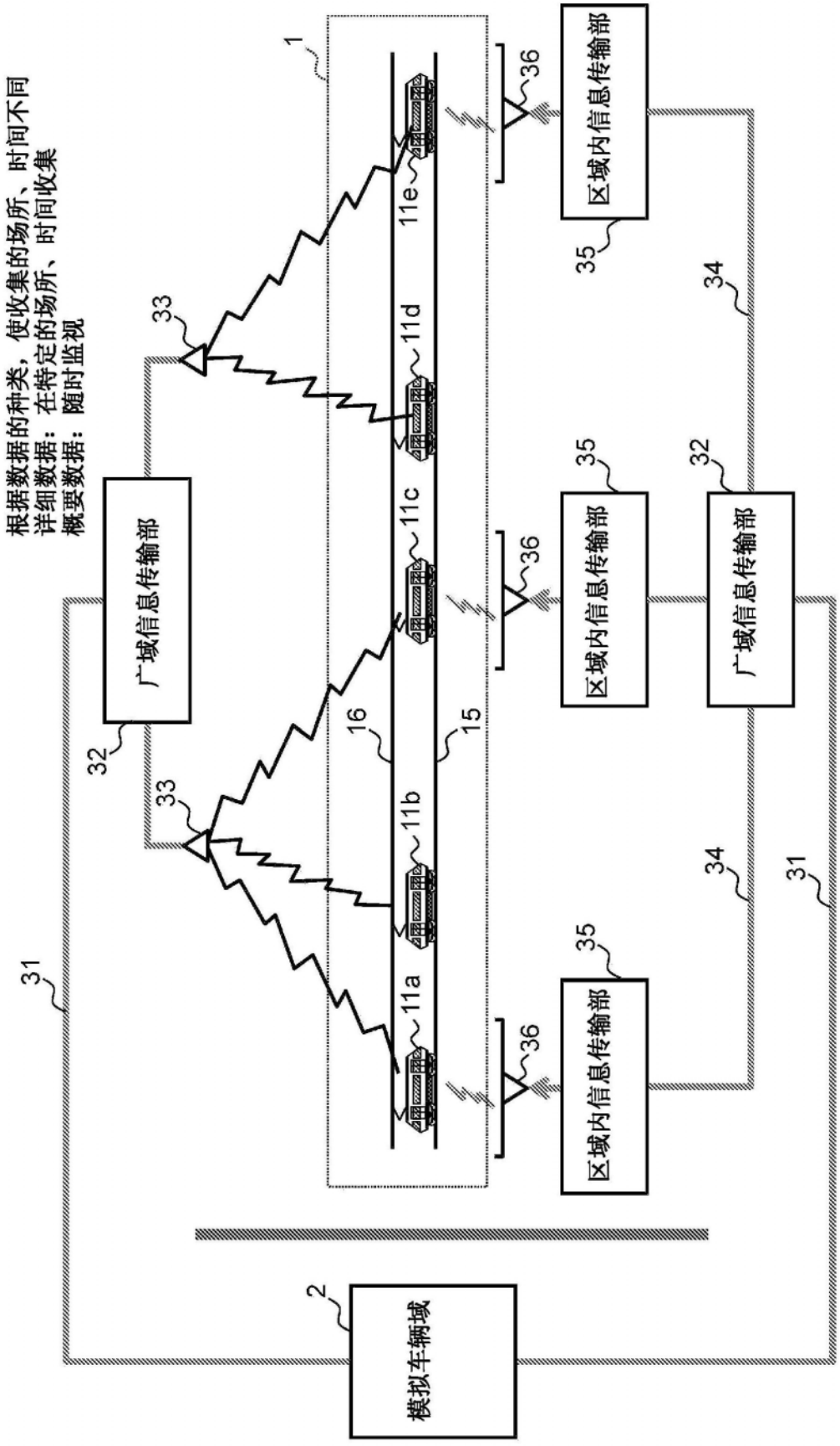

根据数据的种类，使收集的场所、时间不同
详细数据：在特定的场所、时间收集
概要数据：随时监视
1
2
31
32
33
34
35
36
11a
11b
11c
11d
11e
15
16
广域信息传输部
区域内信息传输部
模拟车辆域

图5

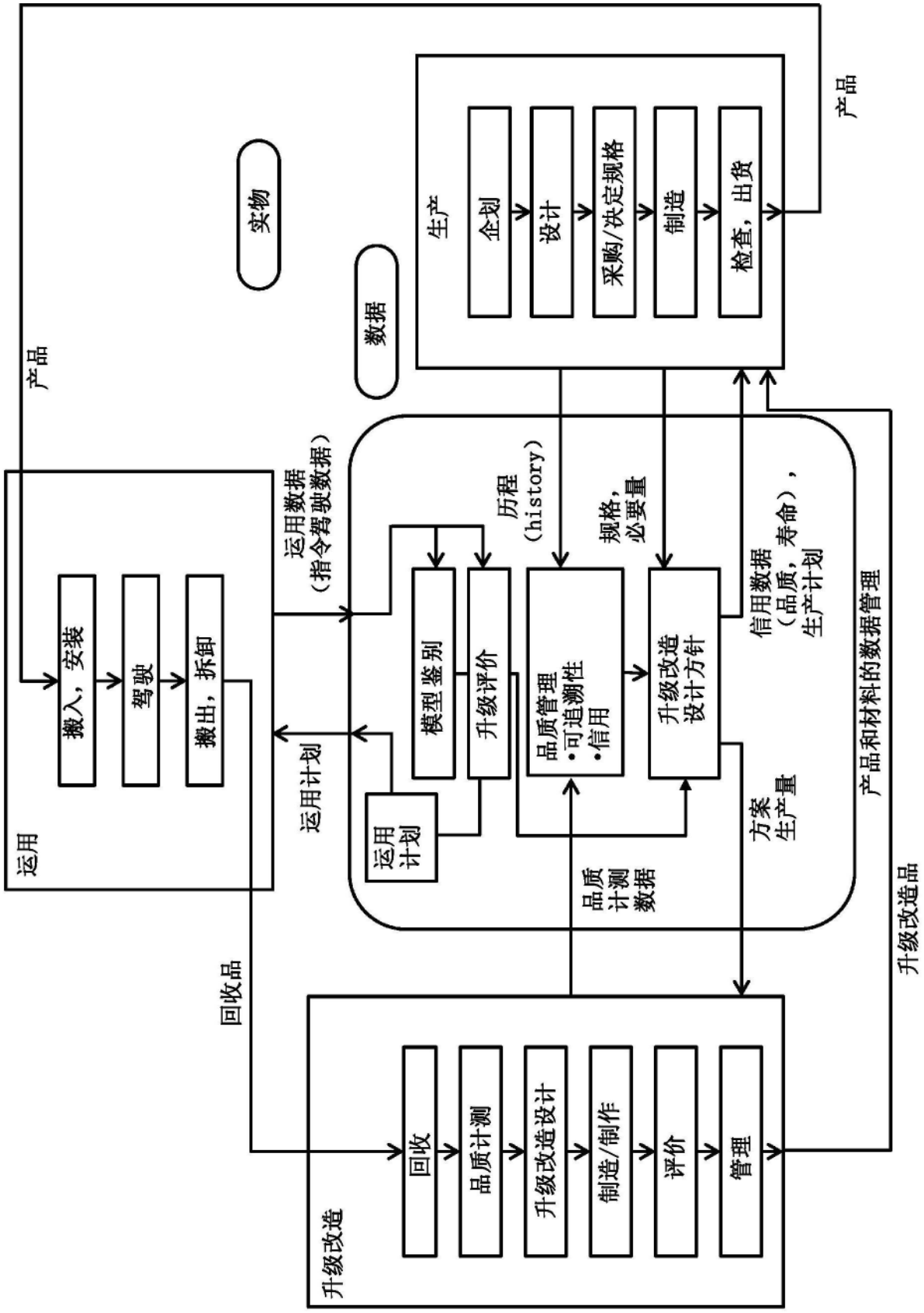

实物
数据
产品
生产
企划
设计
采购/决定规格
制造
检查，出货
产品
运用
搬入，安装
驾驶
搬出，拆卸
运用数据
（指令驾驶数据）
运用计划
运用
计划
模型 鉴别
升级评价
历程
（history）
品质管理
•可追溯性
•信用
规格，
必要量
升级改造
设计方针
信用数据
（品质，寿命），
生产计划
方案
生产量
品质
计测
数据
产品和材料的数据管理
升级改造品
回收品
升级改造
回收
品质计测
升级改造设计
制造/制作
评价
管理

图6

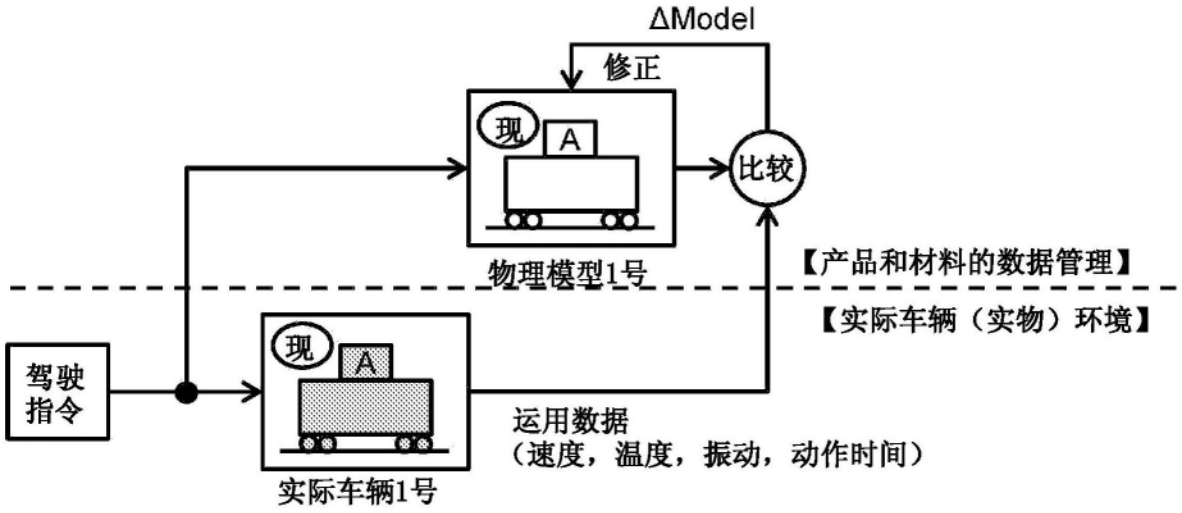

ΔModel
修正
现
A
比较
物理模型1号
【产品和材料的数据管理】
【实际车辆（实物）环境】
驾驶
指令
现
A
运用数据
（速度，温度，振动，动作时间）
实际车辆1号

图7

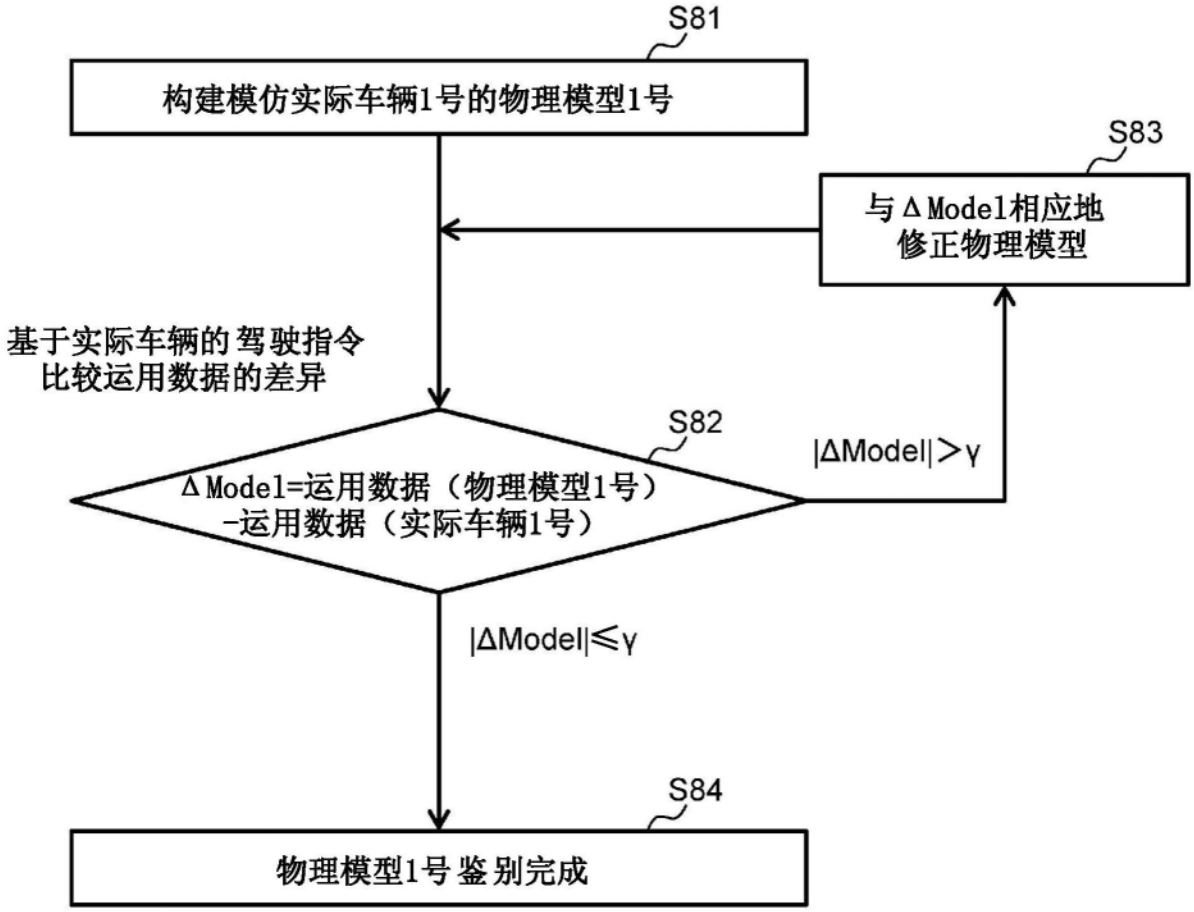

S81
构建模仿实际车辆1号的物理模型1号
S83
与ΔModel相应地
修正物理模型
基于实际车辆的驾驶指令
比较运用数据的差异
S82
ΔModel=运用数据（物理模型1号）
-运用数据（实际车辆1号）
|ΔModel|>γ
|ΔModel|≤γ
S84
物理模型1号鉴别完成

图8

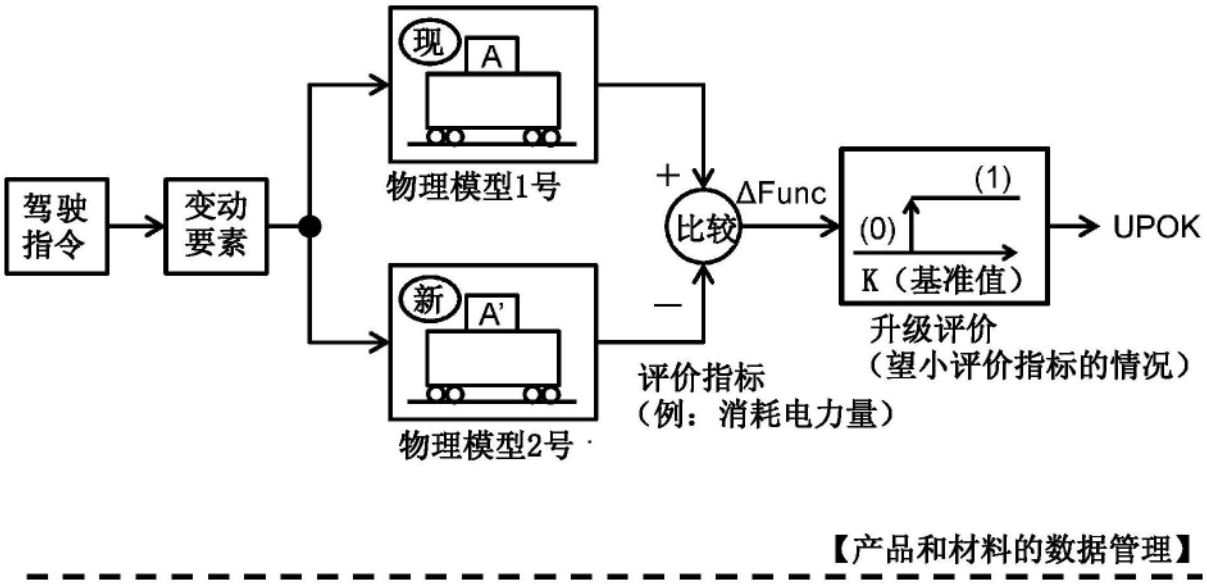

现
A
物理模型1号
驾驶指令
变动要素
新
A'
物理模型2号
+
—
比较
ΔFunc
(1)
(0)
K（基准值）
UPOK
升级评价
（望小评价指标的情况）
评价指标
（例：消耗电力量）
【产品和材料的数据管理】

图9

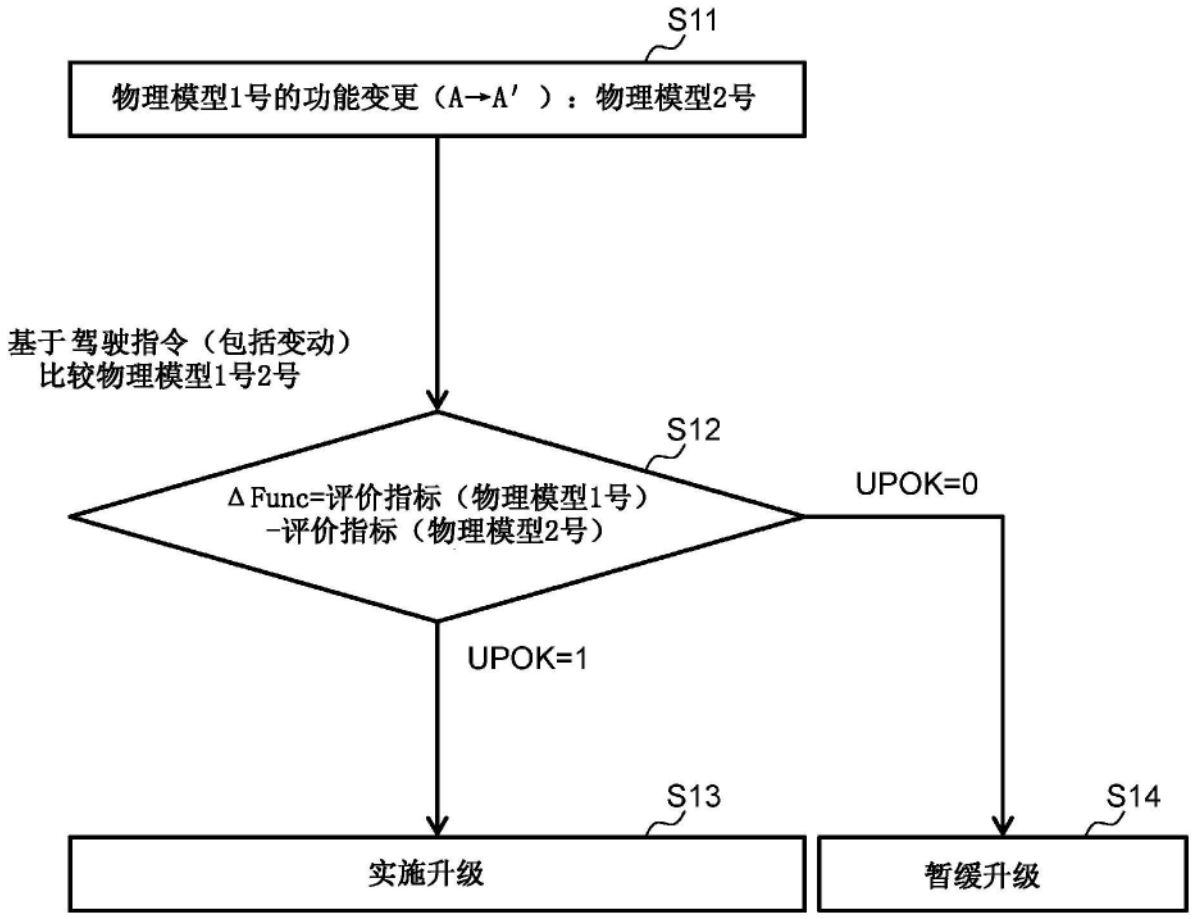

S11
物理模型1号的功能变更（A→A'）：物理模型2号
基于驾驶指令（包括变动）
比较物理模型1号2号
S12
ΔFunc=评价指标（物理模型1号）
-评价指标（物理模型2号）
UPOK=0
UPOK=1
S13
S14
实施升级
暂缓升级

图10

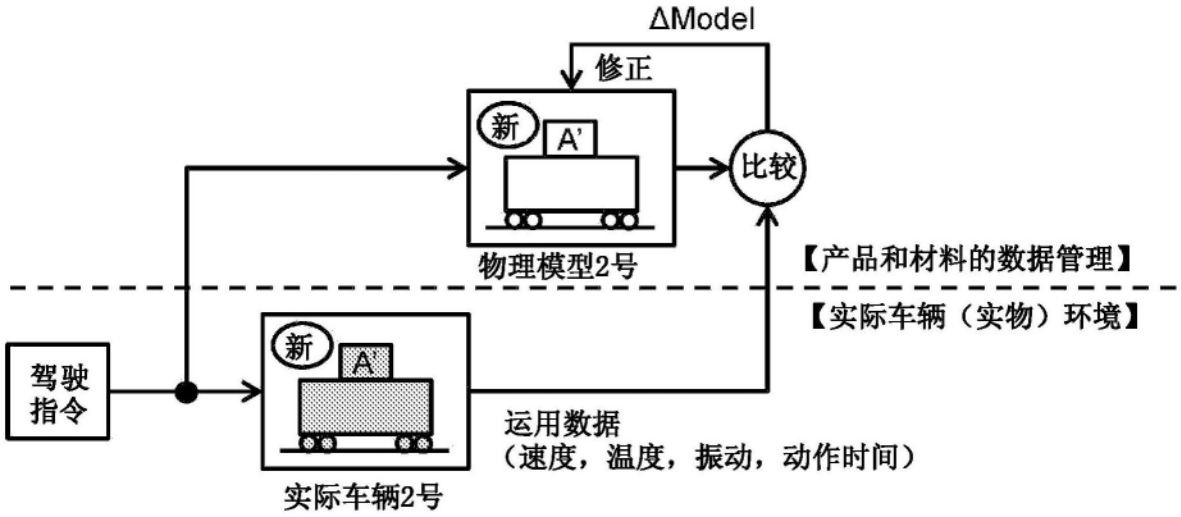

ΔModel
修正
新
A'
比较
物理模型2号
【产品和材料的数据管理】
【实际车辆（实物）环境】
驾驶
指令
新
A'
运用数据
（速度，温度，振动，动作时间）
实际车辆2号

图11

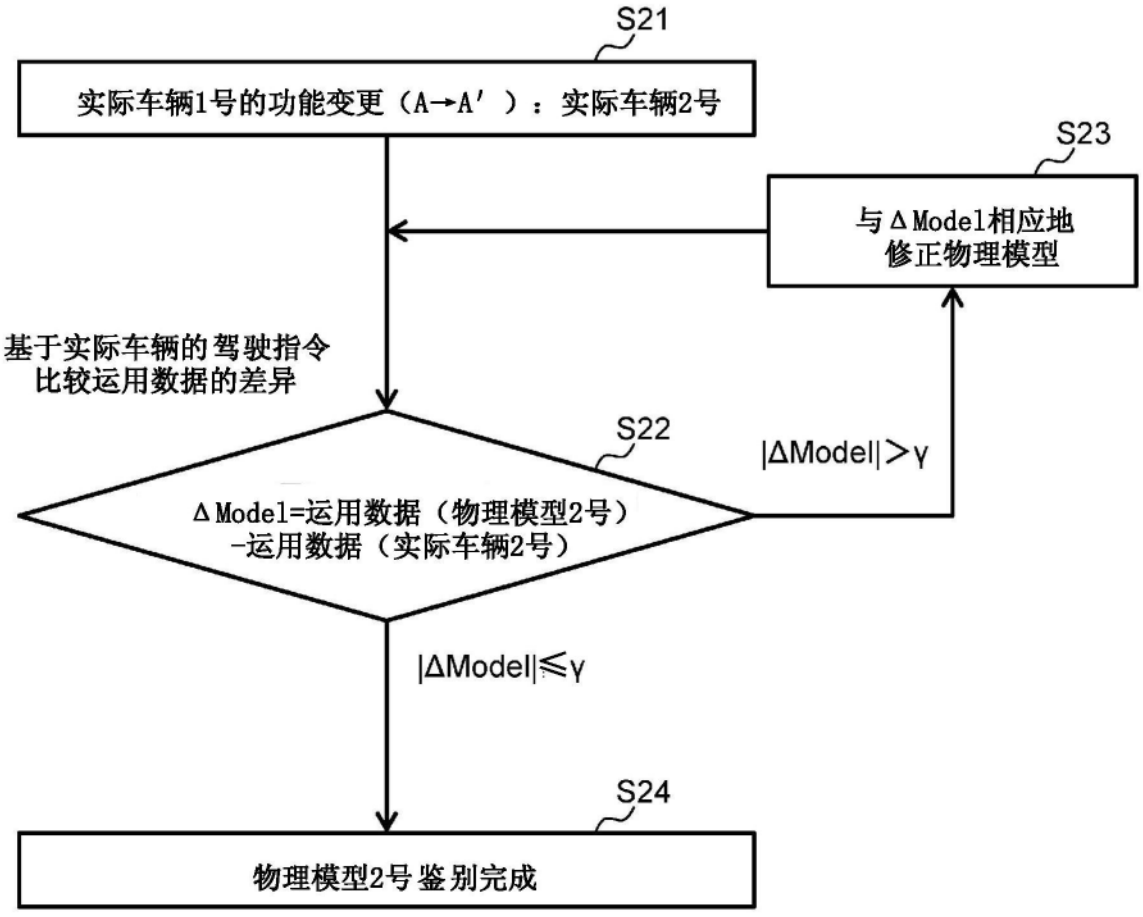

S21
实际车辆1号的功能变更（A→A′）：实际车辆2号
S23
与ΔModel相应地
修正物理模型
基于实际车辆的驾驶指令
比较运用数据的差异
S22
|ΔModel|>γ
ΔModel=运用数据（物理模型2号）
-运用数据（实际车辆2号）
|ΔModel|≤γ
S24
物理模型2号鉴别完成

图12

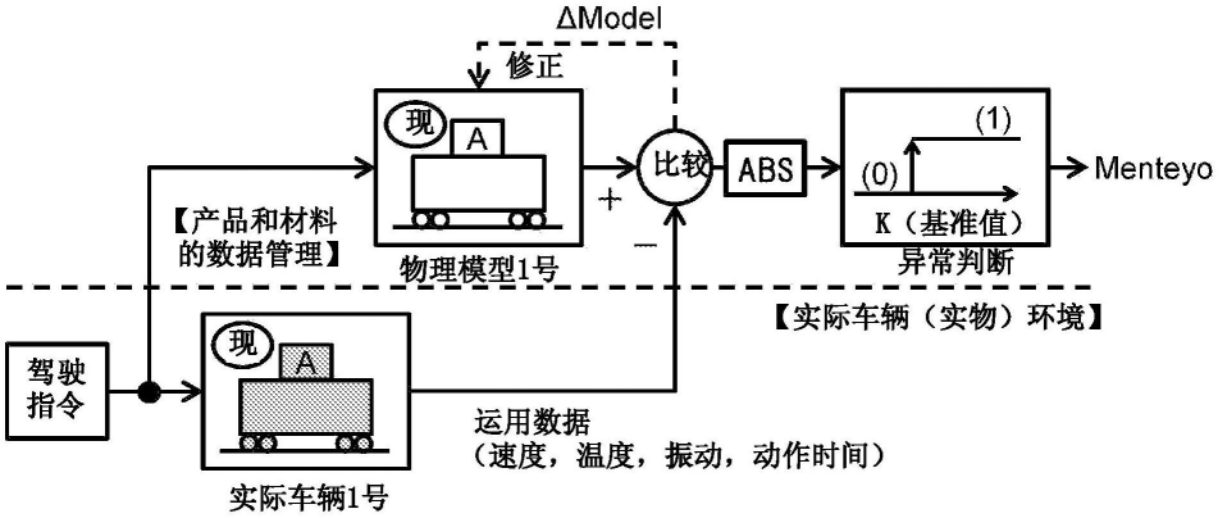

ΔModel
修正
现
A
比较
ABS
(1)
(0)
K（基准值）
异常判断
Menteyo
【产品和材料
的数据管理】
物理模型1号
+
−
【实际车辆（实物）环境】
驾驶
指令
现
A
运用数据
（速度，温度，振动，动作时间）
实际车辆1号

图13

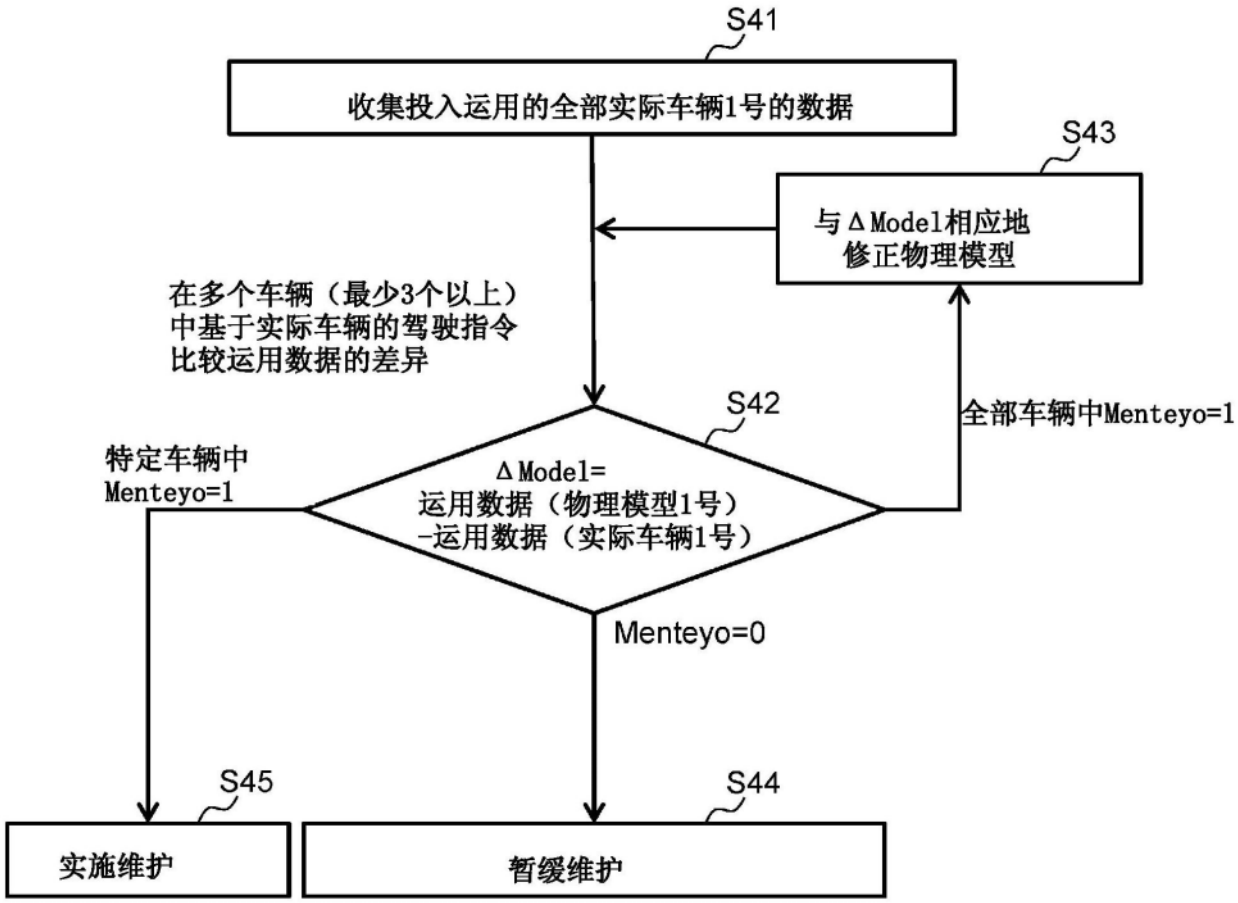

S41
收集投入运用的全部实际车辆1号的数据
S43
与ΔModel相应地
修正物理模型
在多个车辆（最少3个以上）
中基于实际车辆的驾驶指令
比较运用数据的差异
S42
全部车辆中Menteyo=1
特定车辆中
Menteyo=1
ΔModel=
运用数据（物理模型1号）
-运用数据（实际车辆1号）
Menteyo=0
S45
S44
实施维护
暂缓维护

图14

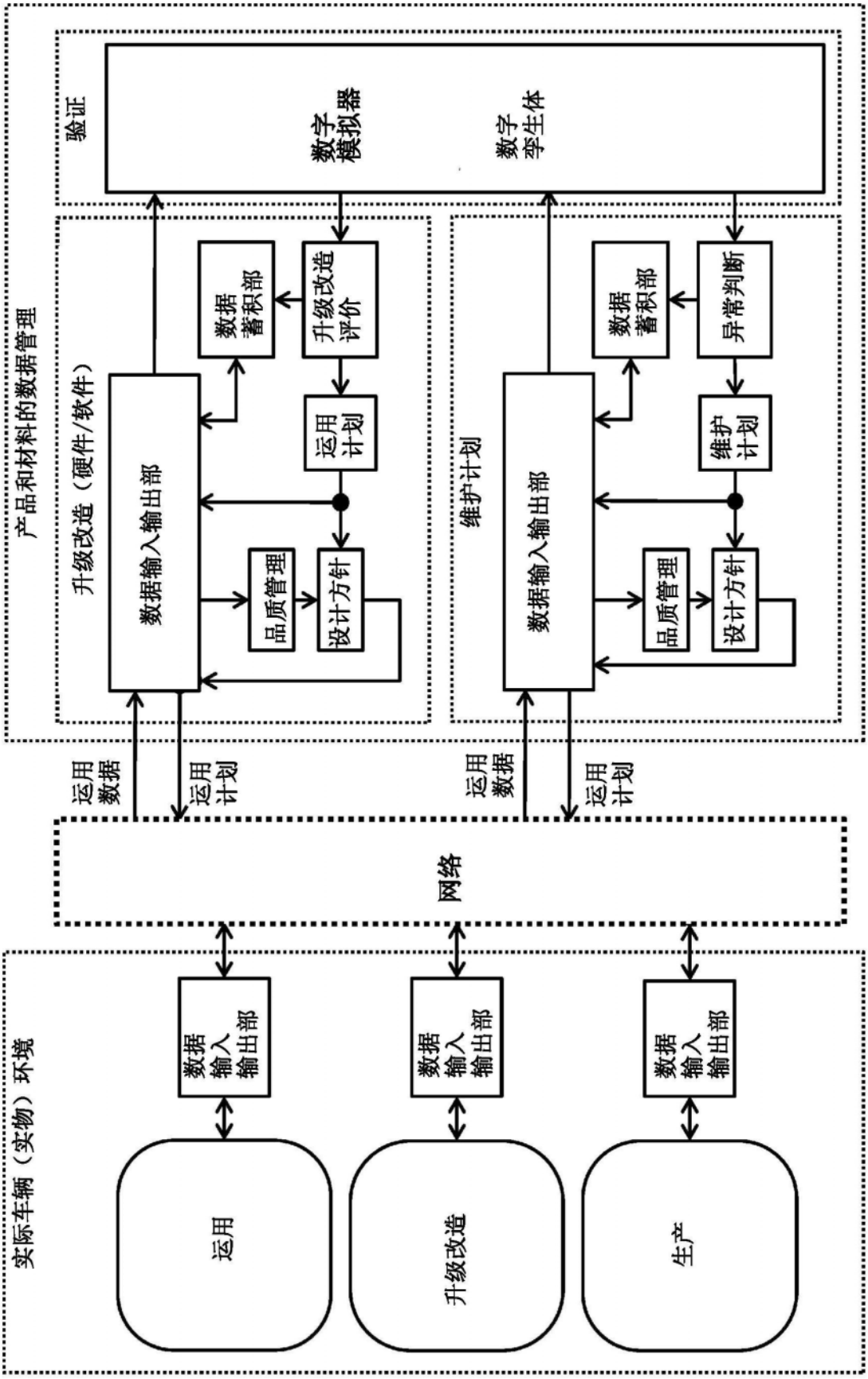

实际车辆（实物）环境
运用
升级改造
生产
数据输入输出部
数据输入输出部
数据输入输出部
网络
运用数据
运用计划
运用数据
运用计划
产品和材料的数据管理
验证
数字模拟器
数字孪生体
升级改造（硬件/软件）
数据输入输出部
数据蓄积部
升级改造评价
运用计划
品质管理
设计方针
维护计划
数据输入输出部
数据蓄积部
异常判断
维护计划
品质管理
设计方针

图15

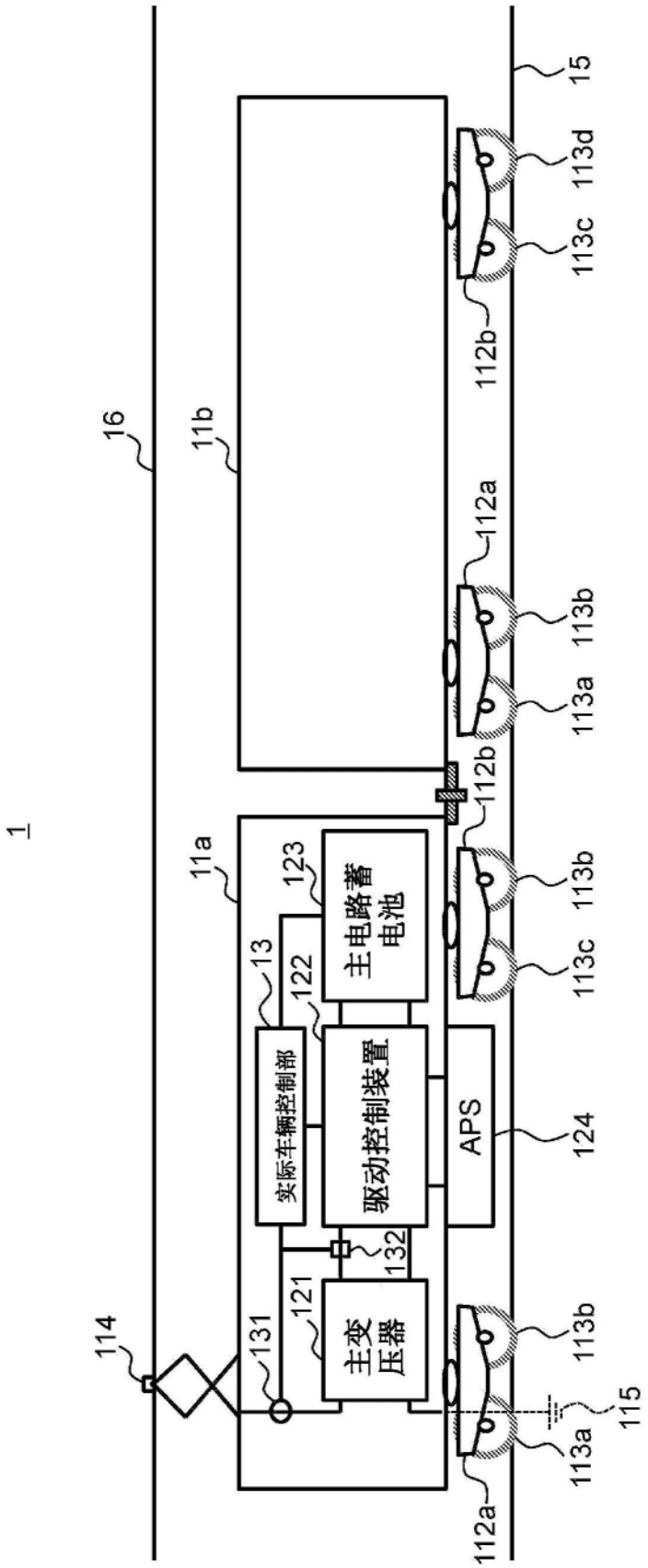

1
16
11b
15
113d
113c
112b
112a
113b
113a
112b
11a
123
主电路蓄电池
13
122
实际车辆控制部
驱动控制装置
APS
124
132
121
主变压器
131
114
113b
115
113a
112a

图16

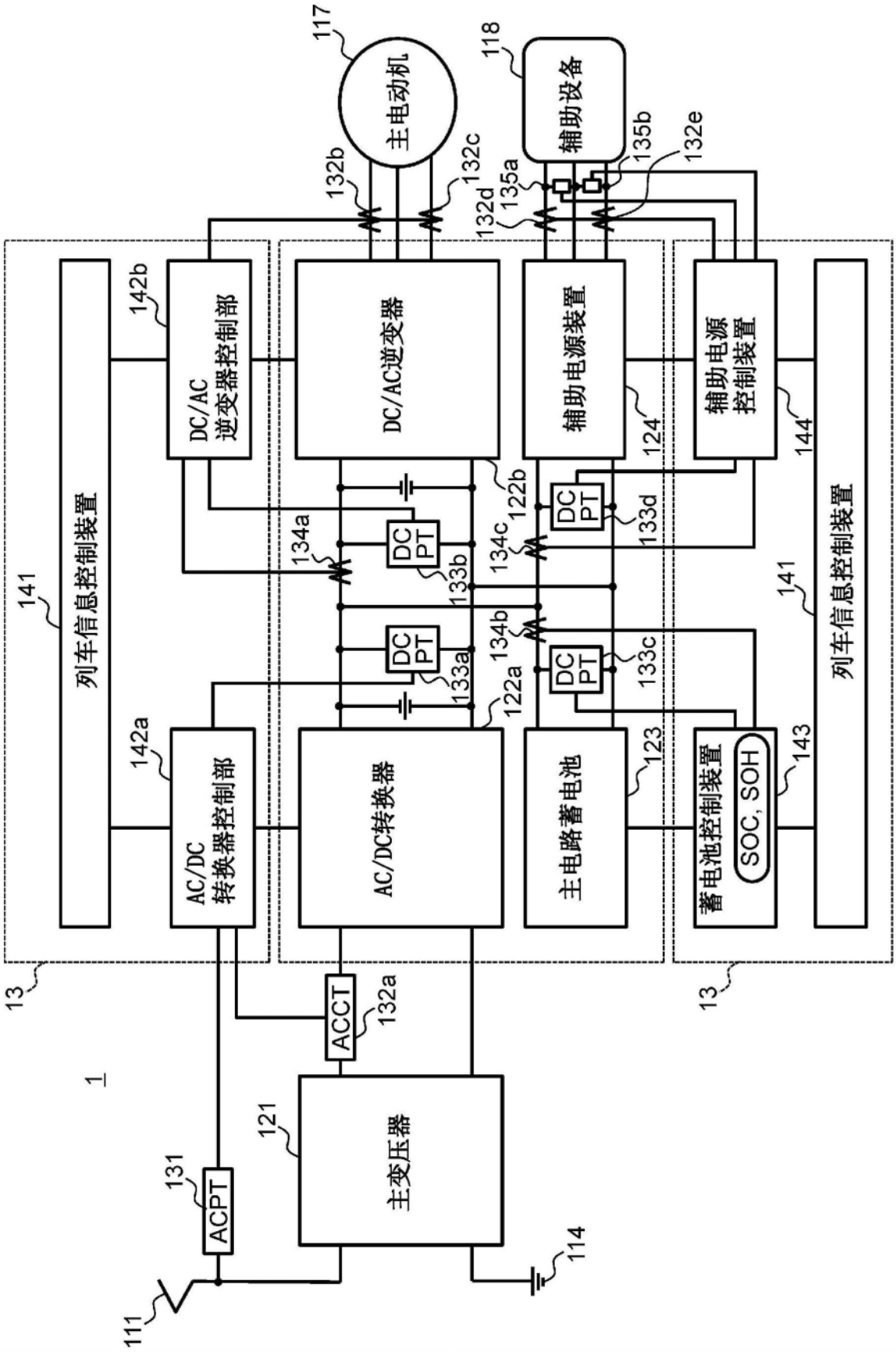

117
主电动机
118
辅助设备
132b
132c
132d
135a
135b
132e
142b
DC/AC
逆变器控制部
DC/AC逆变器
辅助电源装置
辅助电源
控制装置
124
144
列车信息控制装置
141
122b
DC
PT
133d
134a
134c
133b
134b
133a
122a
133c
142a
AC/DC
转换器控制部
AC/DC转换器
主电路蓄电池
123
蓄电池控制装置
SOC, SOH
143
13
ACCT
132a
1
121
主变压器
131
ACPT
111
114

图17

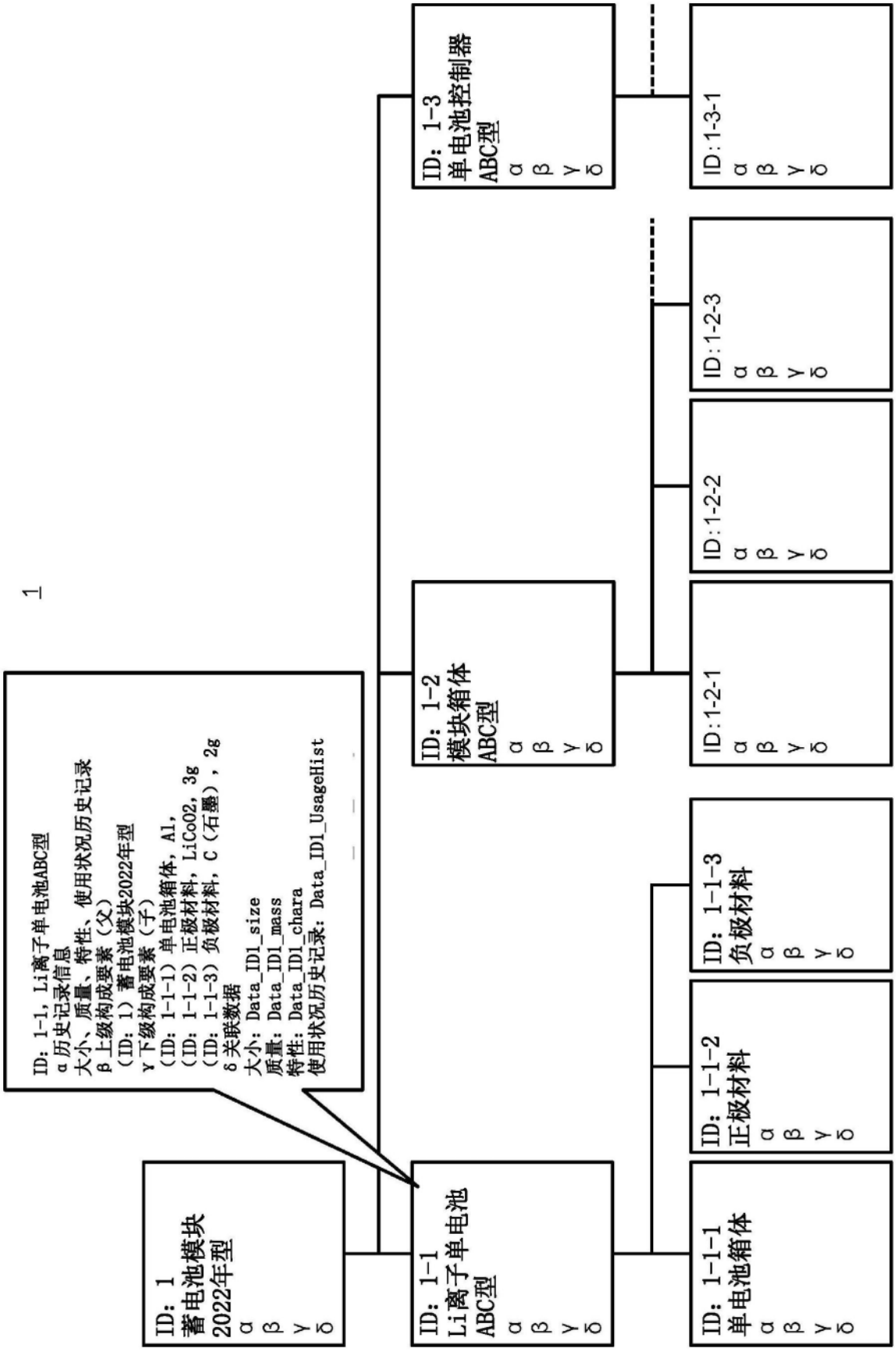

1
ID：1-1，Li离子单电池ABC型
α历史记录信息
大小、质量、特性、使用状况历史记录
β上级构成要素（父）
（ID：1）蓄电池模块2022年型
γ下级构成要素（子）
（ID：1-1-1）单电池箱体，Al，
（ID：1-1-2）正极材料，LiCoO2，3g
（ID：1-1-3）负极材料，C（石墨），2g
δ关联数据
大小：Data_ID1_size
质量：Data_ID1_mass
特性：Data_ID1_chara
使用状况历史记录：Data_ID1_UsageHist
ID：1
蓄电池模块
2022年型
α
β
γ
δ
ID：1-1
Li离子单电池
ABC型
α
β
γ
δ
ID：1-2
模块箱体
ABC型
α
β
γ
δ
ID：1-3
单电池控制器
ABC型
α
β
γ
δ
ID：1-1-1
单电池箱体
α
β
γ
δ
ID：1-1-2
正极材料
α
β
γ
δ
ID：1-1-3
负极材料
α
β
γ
δ
ID:1-2-1
α
β
γ
δ
ID:1-2-2
α
β
γ
δ
ID:1-2-3
α
β
γ
δ
ID:1-3-1
α
β
γ
δ

图18

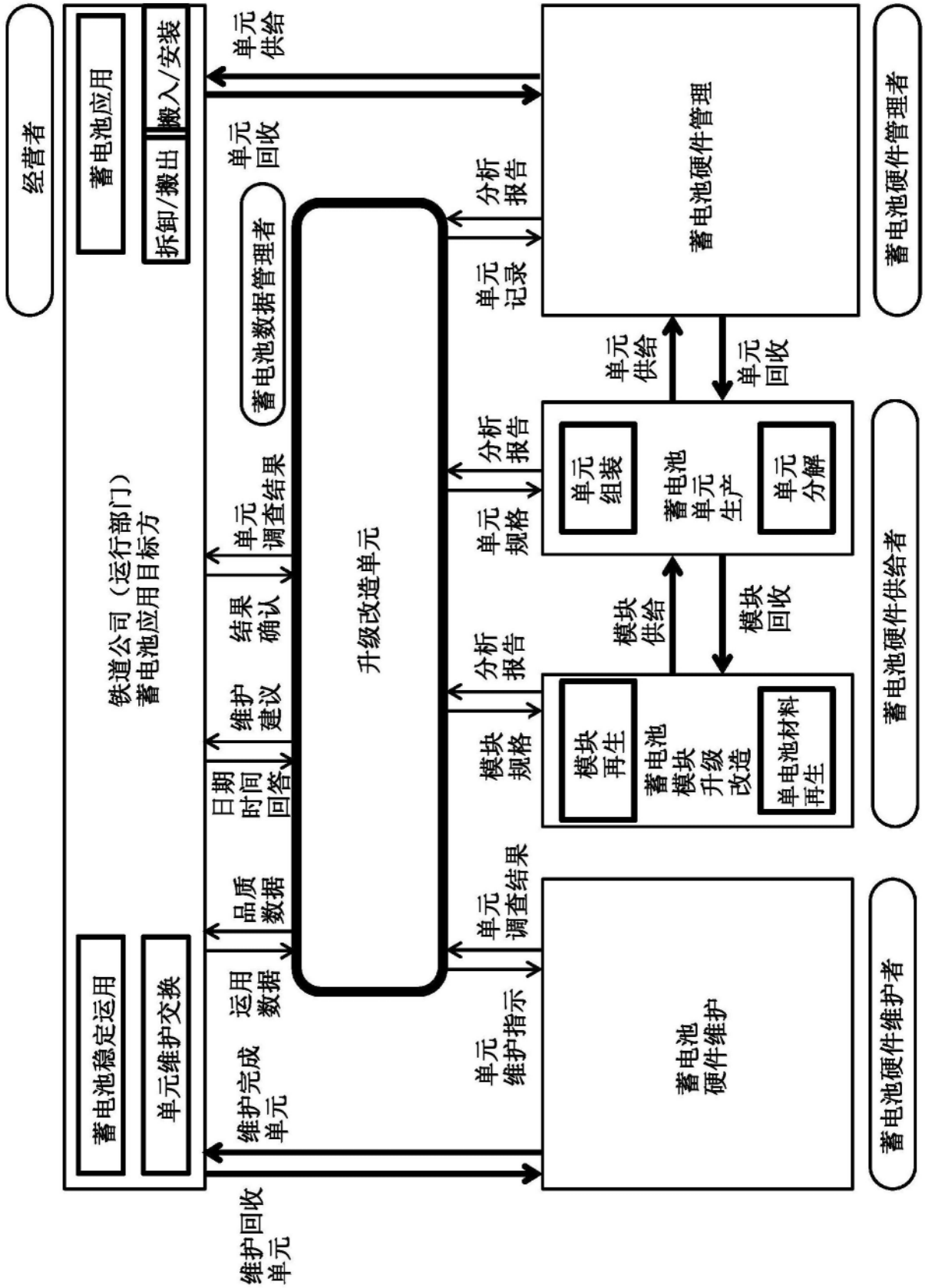

经营者
蓄电池应用
拆卸/搬出
搬入/安装
单元供给
单元回收
蓄电池硬件管理
蓄电池硬件管理者
分析报告
单元记录
蓄电池数据管理者
铁道公司（运行部门）
蓄电池应用目标方
单元调查结果
结果确认
维护建议
日期时间回答
品质数据
运用数据
升级改造单元
单元规格
分析报告
单元组装
蓄电池单元生产
单元分解
单元供给
单元回收
模块供给
模块回收
模块规格
分析报告
模块再生
蓄电池模块升级改造
单电池材料再生
蓄电池硬件供给者
蓄电池稳定运用
单元维护交换
单元调查结果
单元维护指示
维护完成单元
维护回收单元
蓄电池硬件维护
蓄电池硬件维护者

图19

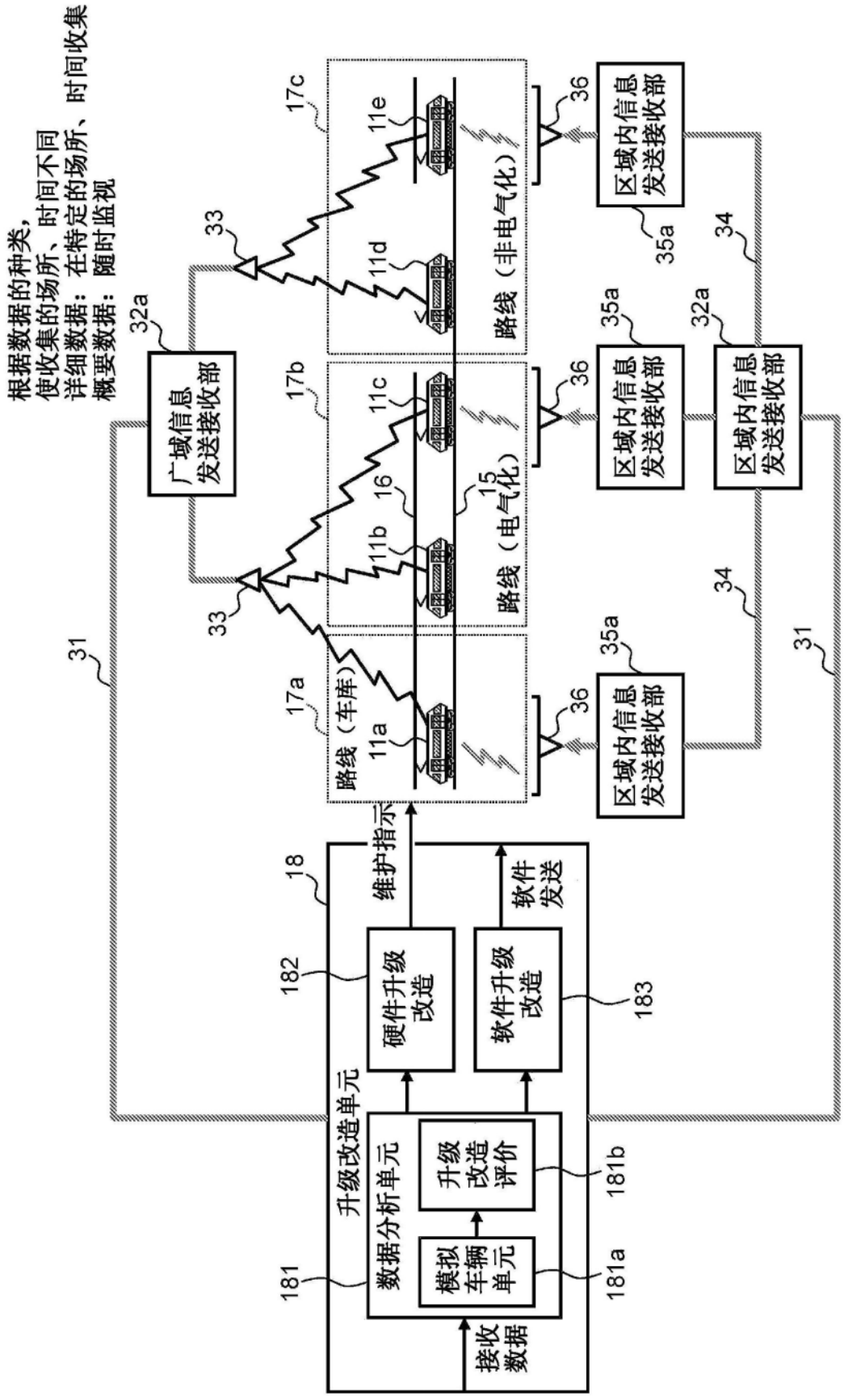

根据数据的种类，
使收集的场所、时间不同
详细数据：在特定的场所、时间收集
概要数据：随时监视
广域信息
发送接收部
32a
区域内信息
发送接收部
35a
36
31
33
34
路线（车库）
路线（电气化）
路线（非电气化）
17a
17b
17c
11a
11b
11c
11d
11e
15
16
升级改造单元
数据分析单元
接收
数据
模拟
车辆
单元
升级
改造
评价
硬件升级
改造
软件升级
改造
软件
发送
维护指示
18
181
181a
181b
182
183

图20

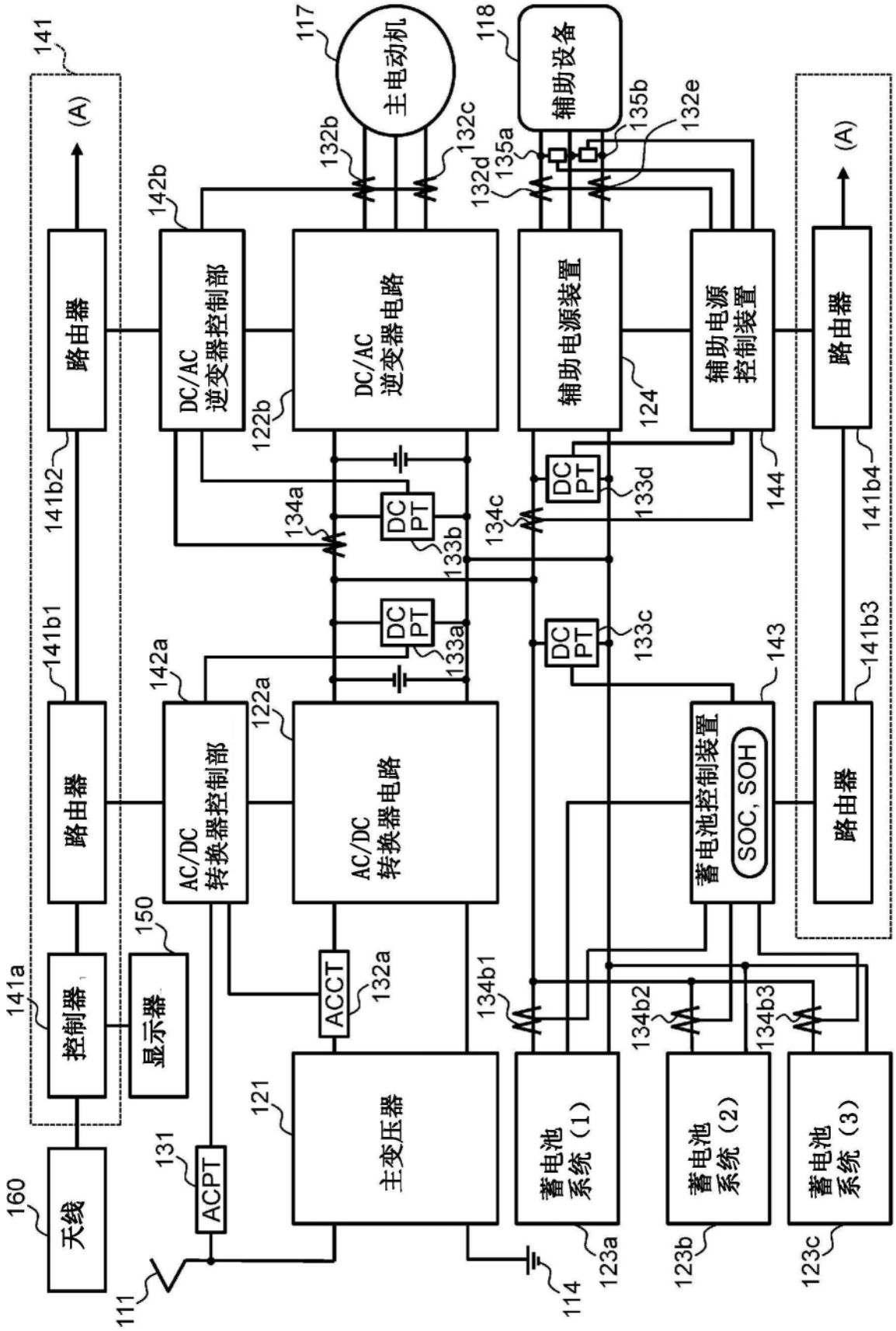

141
(A)
路由器
141b2
141b1
路由器
141a
控制器
150
显示器
160
天线
131
ACPT
111
142b
DC/AC
逆变器控制部
142a
AC/DC
转换器控制部
117
主电动机
118
辅助设备
132b
132c
132d
135a
135b
132e
122b
DC/AC
逆变器电路
122a
AC/DC
转换器电路
121
主变压器
ACCT
132a
134a
134b1
134b2
134b3
134c
DC
PT
133a
133b
133c
133d
辅助电源装置
124
辅助电源
控制装置
144
蓄电池控制装置
SOC, SOH
143
141b4
141b3
路由器
(A)
蓄电池
系统（1）
蓄电池
系统（2）
蓄电池
系统（3）
123a
123b
123c
114

图21

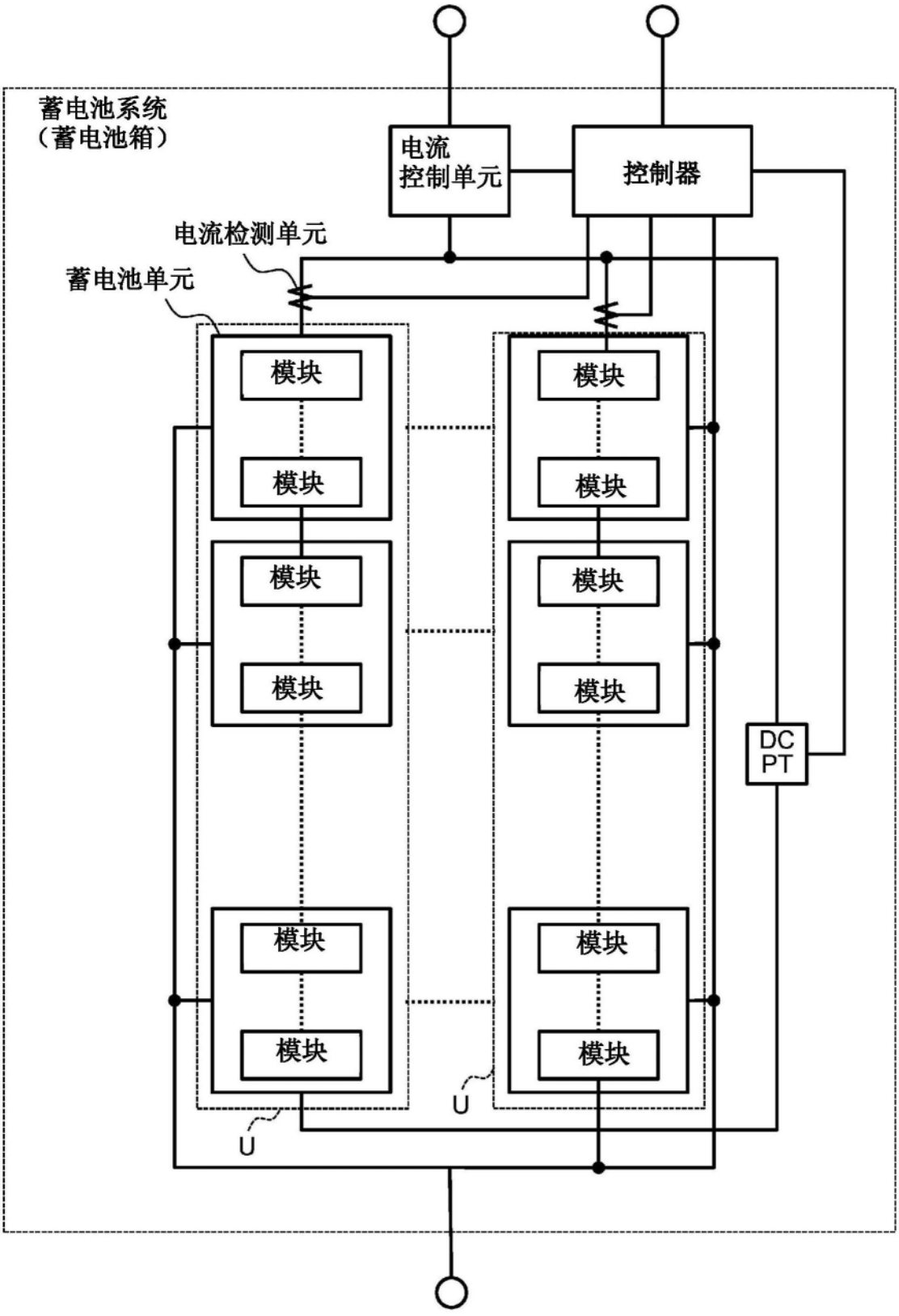
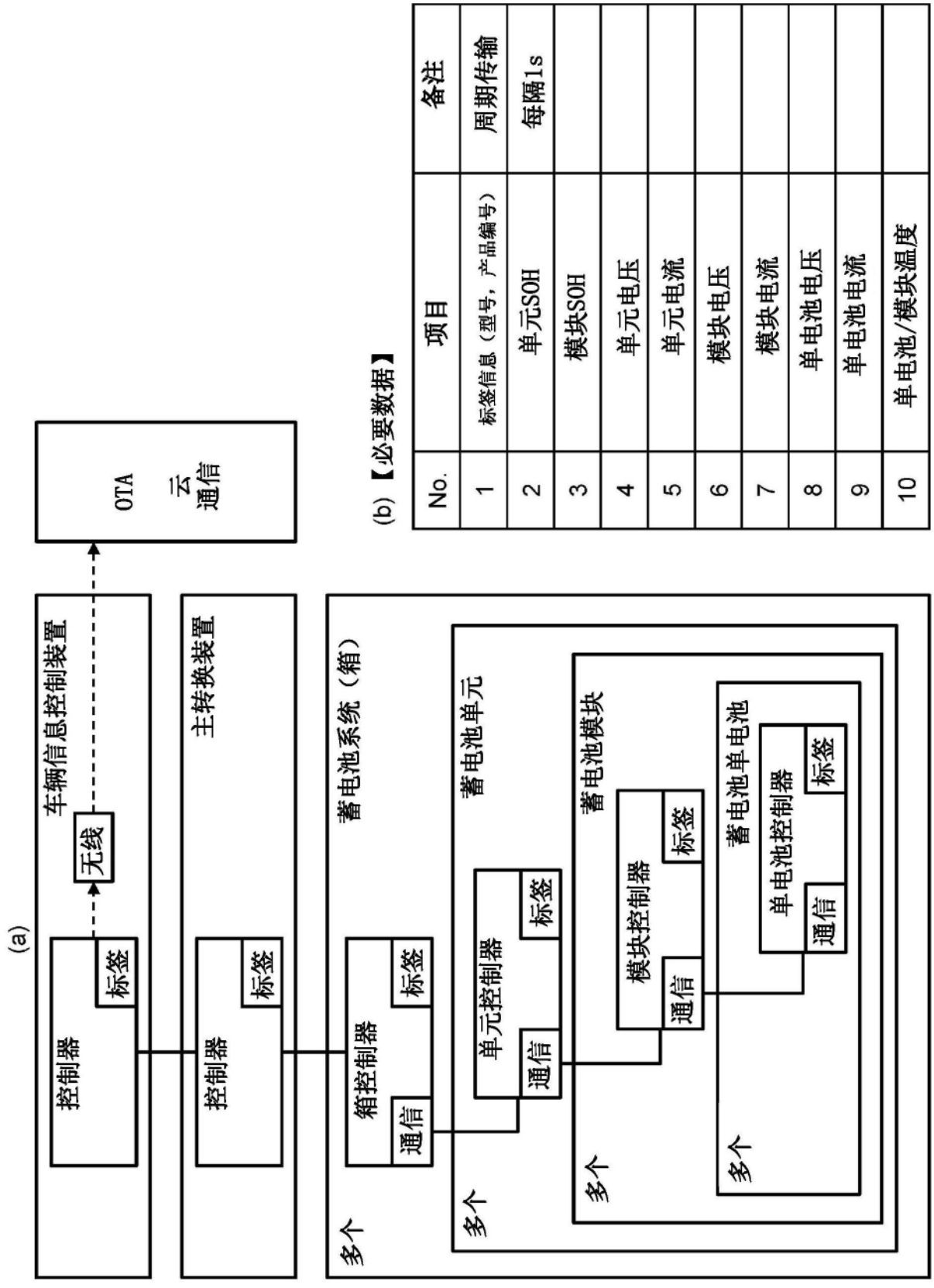

蓄电池系统
（蓄电池箱）
电流
控制单元
控制器
电流检测单元
蓄电池单元
模块
模块
模块
模块
模块
模块
模块
模块
模块
模块
模块
模块
DC
PT
U
U

图22



(b)【必要数据】

No.	项目	备注
1	标签信息（型号，产品编号）	周期传输
2	单元SOH	每隔1s
3	模块SOH	
4	单元电压	
5	单元电流	
6	模块电压	
7	模块电流	
8	单电池电压	
9	单电池电流	
10	单电池/模块温度	

图23

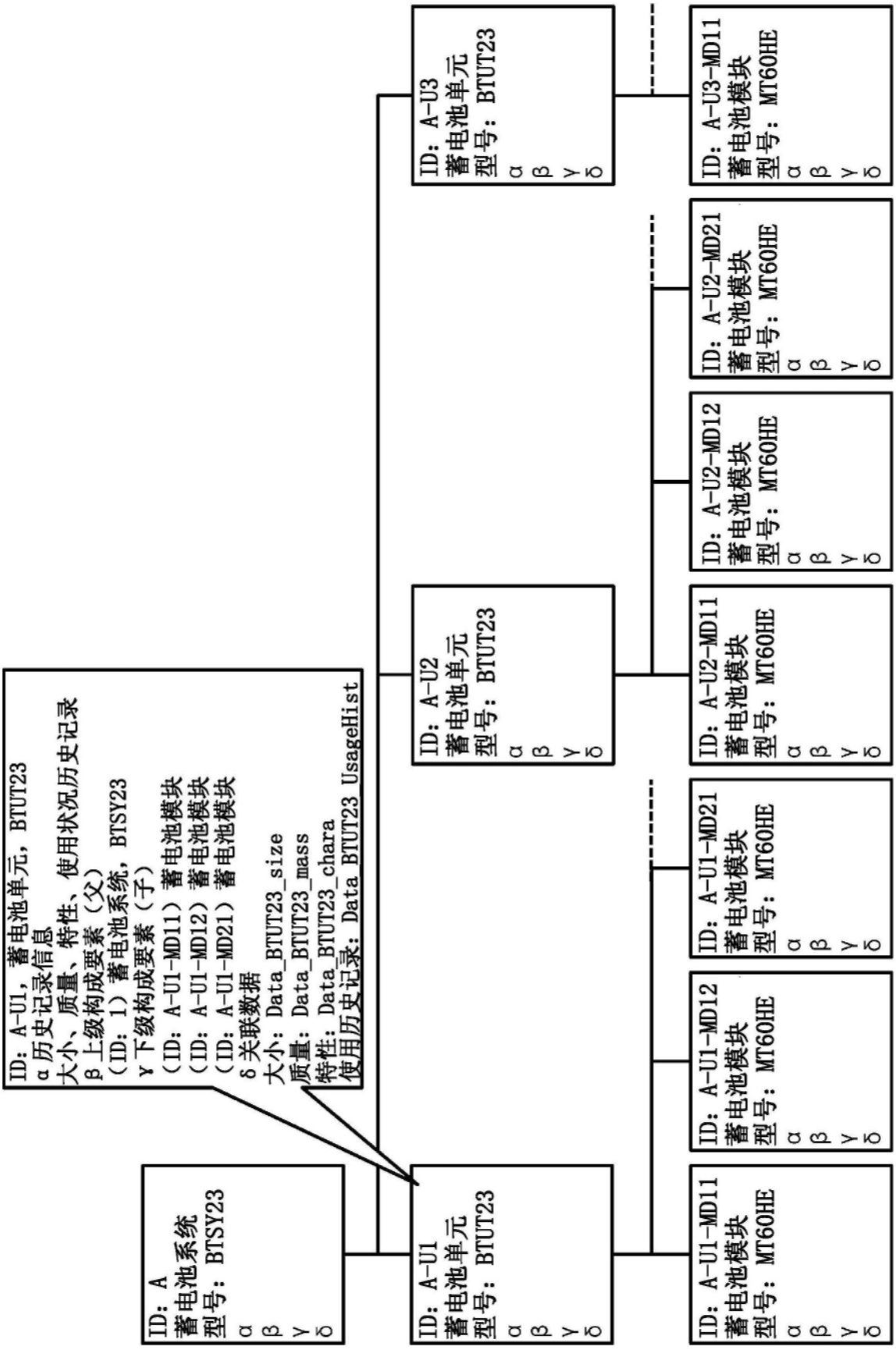

ID：A
蓄电池系统
型号：BTSY23
α
β
γ
δ
ID：A-U1，蓄电池单元，BTUT23
α历史记录信息
大小、质量、特性、使用状况历史记录
β上级构成要素（父）
（ID：1）蓄电池系统，BTSY23
γ下级构成要素（子）
（ID：A-U1-MD11）蓄电池模块
（ID：A-U1-MD12）蓄电池模块
（ID：A-U1-MD21）蓄电池模块
δ关联数据
大小：Data_BTUT23_size
质量：Data_BTUT23_mass
特性：Data_BTUT23_chara
使用历史记录：Data_BTUT23_UsageHist
ID：A-U1
蓄电池单元
型号：BTUT23
α
β
γ
δ
ID：A-U1-MD11
蓄电池模块
型号：MT60HE
α
β
γ
δ
ID：A-U1-MD12
蓄电池模块
型号：MT60HE
α
β
γ
δ
ID：A-U1-MD21
蓄电池模块
型号：MT60HE
α
β
γ
δ
ID：A-U2
蓄电池单元
型号：BTUT23
α
β
γ
δ
ID：A-U2-MD11
蓄电池模块
型号：MT60HE
α
β
γ
δ
ID：A-U2-MD12
蓄电池模块
型号：MT60HE
α
β
γ
δ
ID：A-U2-MD21
蓄电池模块
型号：MT60HE
α
β
γ
δ
ID：A-U3
蓄电池单元
型号：BTUT23
α
β
γ
δ
ID：A-U3-MD11
蓄电池模块
型号：MT60HE
α
β
γ
δ

图24

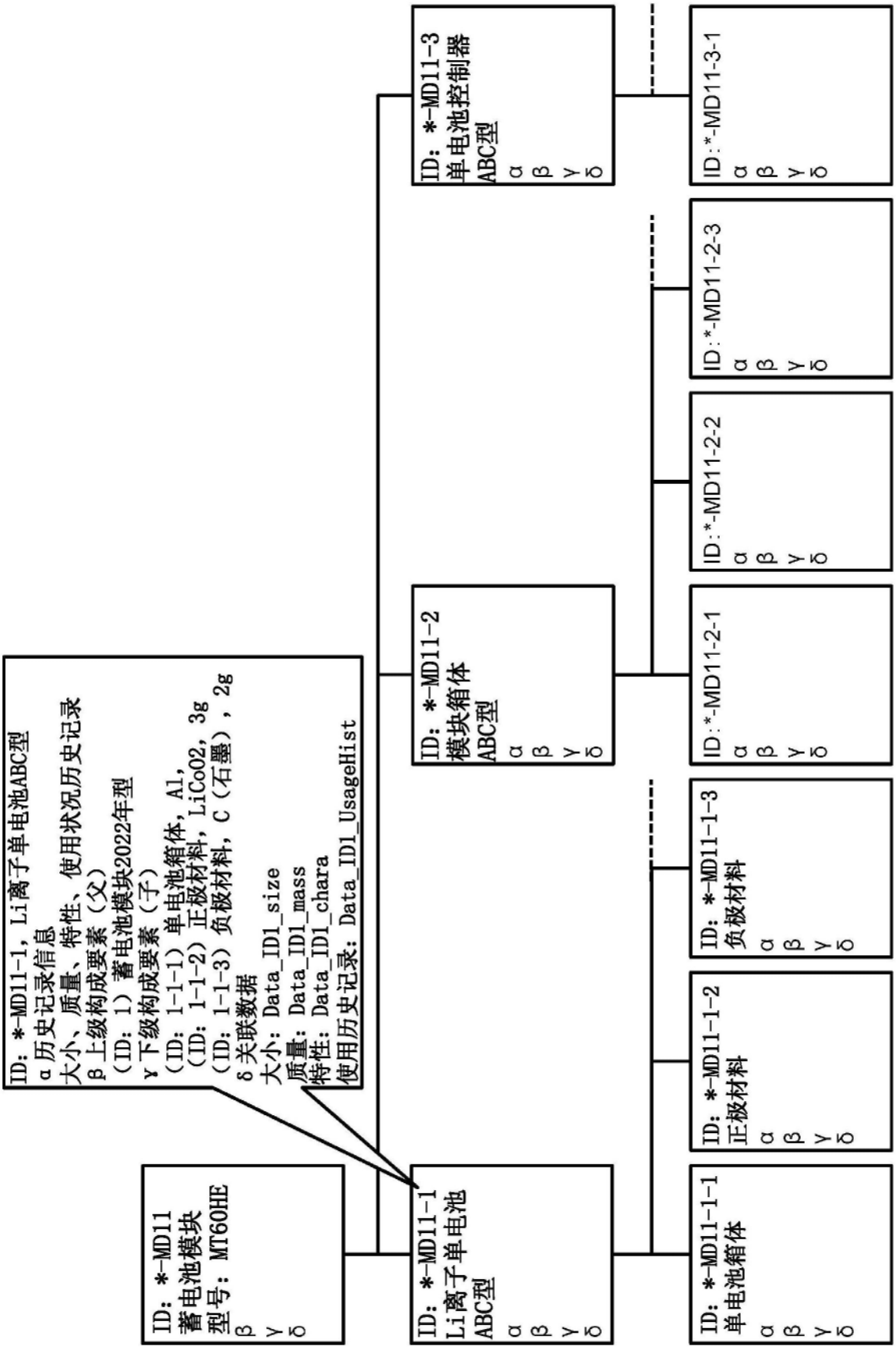

ID：*-MD11-1，Li离子单电池ABC型
α 历史记录信息
大小、质量、特性、使用状况历史记录
β 上级构成要素（父）
（ID：1）蓄电池模块2022年型
γ 下级构成要素（子）
（ID：1-1-1）单电池箱体，Al，
（ID：1-1-2）正极材料，LiCoO2，3g
（ID：1-1-3）负极材料，C（石墨），2g
δ 关联数据
大小：Data_ID1_size
质量：Data_ID1_mass
特性：Data_ID1_chara
使用历史记录：Data_ID1_UsageHist
ID：*-MD11
蓄电池模块
型号：MT60HE
β
γ
δ
ID：*-MD11-1
Li离子单电池
ABC型
α
β
γ
δ
ID：*-MD11-1-1
单电池箱体
α
β
γ
δ
ID：*-MD11-1-2
正极材料
α
β
γ
δ
ID：*-MD11-1-3
负极材料
α
β
γ
δ
ID：*-MD11-2
模块箱体
ABC型
α
β
γ
δ
ID:*-MD11-2-1
α
β
γ
δ
ID:*-MD11-2-2
α
β
γ
δ
ID:*-MD11-2-3
α
β
γ
δ
ID：*-MD11-3
单电池控制器
ABC型
α
β
γ
δ
ID:*-MD11-3-1
α
β
γ
δ

图25

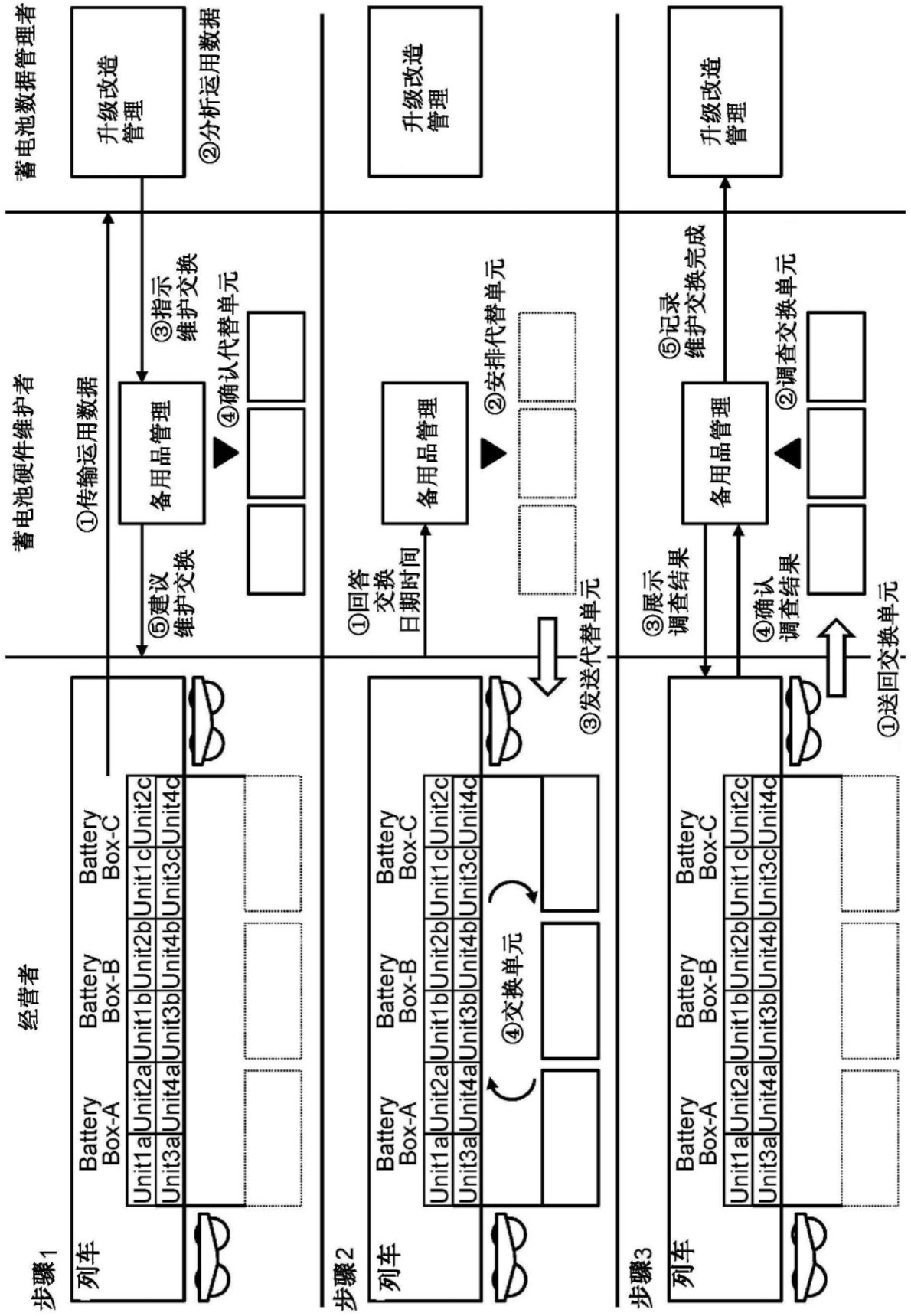

蓄电池数据管理者
升级改造管理
②分析运用数据
蓄电池硬件维护者
①传输运用数据
③指示维护交换
备用品管理
④确认代替单元
⑤建议维护交换
经营者
Battery Box-A
Battery Box-B
Battery Box-C
Unit1a Unit2a Unit3a Unit4a Unit1b Unit2b Unit3b Unit4b Unit1c Unit2c Unit3c Unit4c
步骤1
列车
①回答交换日期时间
②安排代替单元
③发送代替单元
④交换单元
步骤2
⑤记录维护交换完成
③展示调查结果
④确认调查结果
②调查交换单元
①送回交换单元
步骤3

图26

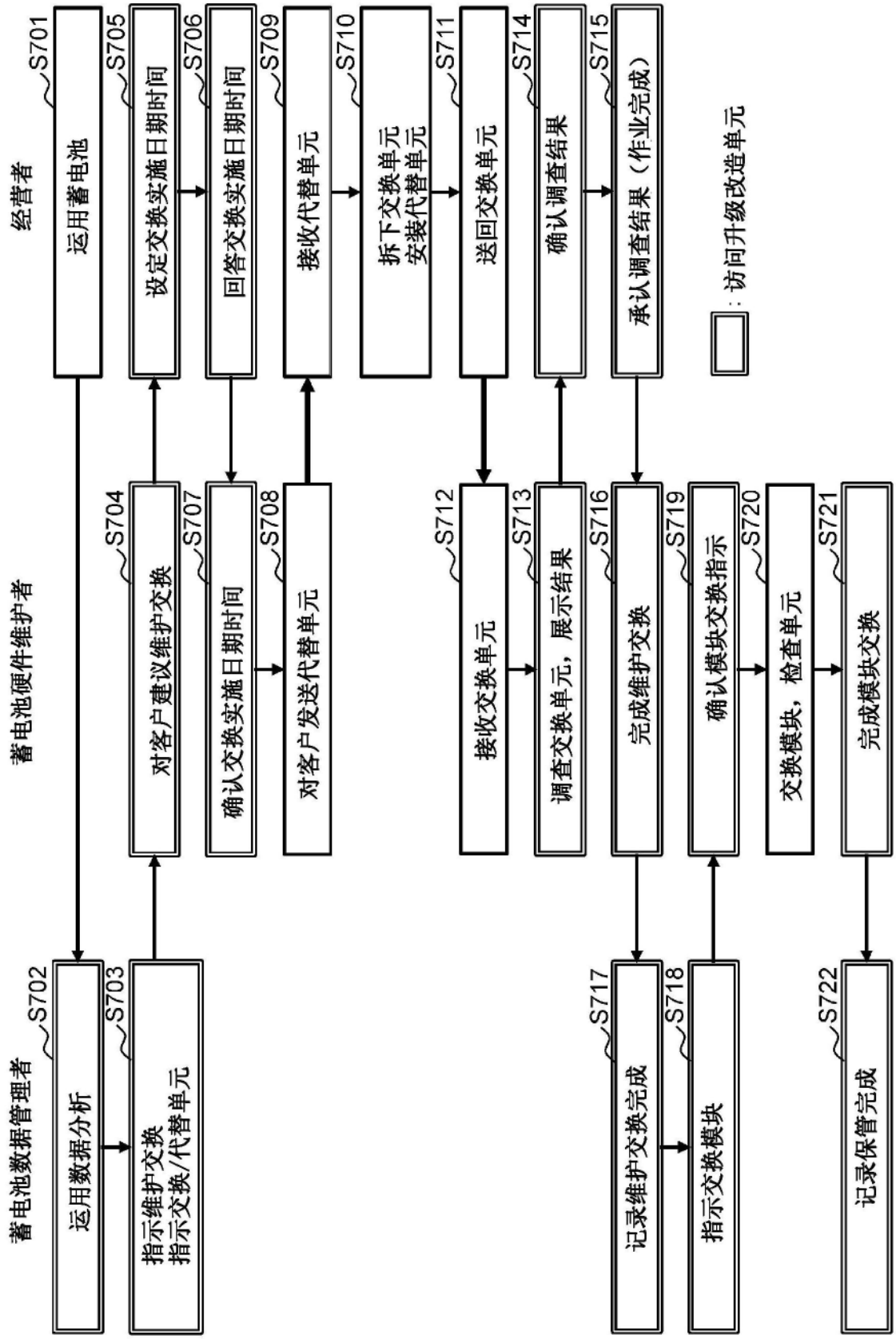

经营者
蓄电池硬件维护者
蓄电池数据管理者
S701
运用蓄电池
S705
设定交换实施日期时间
S706
回答交换实施日期时间
S709
接收代替单元
S710
拆下交换单元
安装代替单元
S711
送回交换单元
S714
确认调查结果
S715
承认调查结果（作业完成）
：访问升级改造单元
S704
对客户建议维护交换
S707
确认交换实施日期时间
S708
对客户发送代替单元
S712
接收交换单元
S713
调查交换单元，展示结果
S716
完成维护交换
S719
确认模块交换指示
S720
交换模块，检查单元
S721
完成模块交换
S702
运用数据分析
S703
指示维护交换
指示交换/代替单元
S717
记录维护交换完成
S718
指示交换模块
S722
记录保管完成

图27

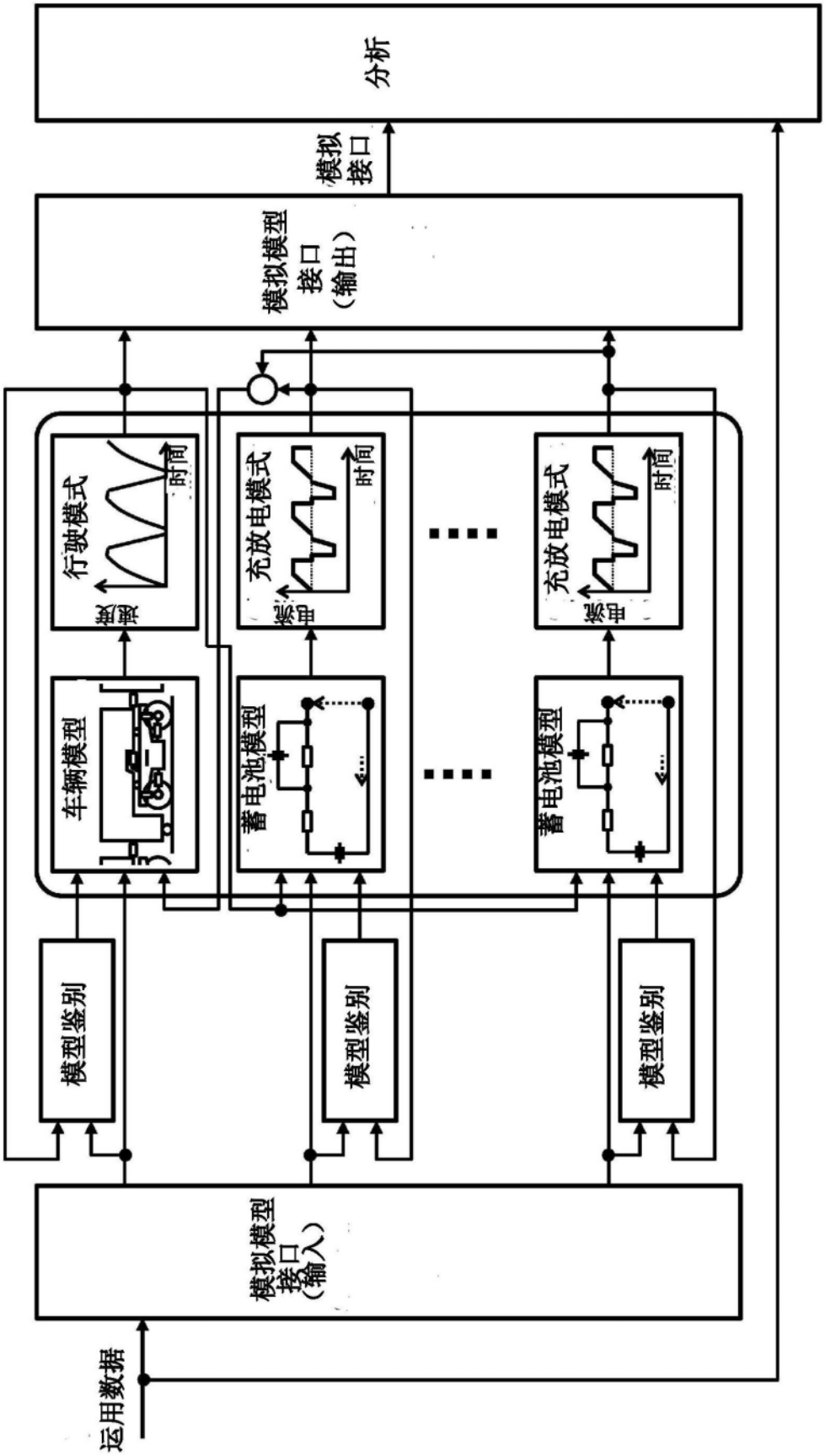

分析
模拟接口
模拟模型接口（输出）
行驶模式
充放电模式
充放电模式
时间
时间
时间
车辆模型
蓄电池模型
蓄电池模型
模型鉴别
模型鉴别
模型鉴别
模拟模型接口（输入）
运用数据

图28