

团 体 标 准

T/CAAMTB XXX—20XX

动力电池领域数据结构化与形式化定义要求

Requirements for data structuring and formal definition in the field of power batteries

(征求意见稿)

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中国汽车工业协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 动力电池数据定义要求	1
4.1 数据定义原则	1
4.2 动力电池数据结构化框架	2
4.3 数据格式规范	4
5 动力电池本体构建与形式化	5
5.1 本体构建的要素	6
5.2 本体构建方法	6
5.3 本体的形式化描述	7
6 动力电池数据定义示例	7
6.1 动力电池全生命周期数据定义示例	7
6.2 数据结构化后的形式化描述	8
附 录 A （资料性） 完整定义与示例	10
参 考 文 献	14

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国汽车工业协会提出并归口。

本文件起草单位：北京理工大学，北京理工大学深圳汽车研究院，北京理工新源信息科技有限公司，湖南大学，南京天沃软件有限公司、重庆大学，上海空间电源研究所，深圳市比亚迪锂电池有限公司，宁德时代新能源科技股份有限公司，欣旺达动力科技股份有限公司，中国第一汽车集团有限公司，招商局检测车辆技术研究院有限公司，多氟多新能源科技有限公司，武汉动力电池再生技术有限公司，合肥国轩高科动力能源有限公司、蜂巢能源科技股份有限公司，中汽数据（天津）有限公司，中汽数据有限公司等。

本文件主要起草人：王震坡、李磊、王崇文、杨晓光、马晓英、赵菲菲、侯淑娟、林海东、刘康伟、吴齐峰、谢翌、杨瑞、李伟、刘通、齐天煜、张瀚峰、邱志军、左俊铭、苏秦婷、李雪、陈斌、田相军、白庆华、许飞、刘小双、别传玉、向凯、潘乐平、赵津爽、刘园月、张益臻、赵锋云、王攀、胡嵩

动力电池领域数据结构化与形式化定义要求

1 范围

本文件规定了动力电池领域数据的数据结构化与形式化定义要求,包括数据的基本组成要素、定义规则、格式规范以及形式化描述的基本方法。

本文件适用于动力电池设计、制造、运维、退役与梯次利用和回收与再生阶段中与数据定义相关的各类应用场景,可作为动力电池数据传输、交换和共享的基础性规范。对于动力电池全生命周期之外的领域和特定技术实现方案,本文件不做具体要求。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 本体 (Ontology)

共享的概念模型,用于描述特定领域内的概念、实体、属性及其相互关系。本体通过形式化语言进行描述,以实现知识的共享和重用。

3.2 类 (Class)

本体中用于定义一组具有相似特性或性质的实体集合。类是数据定义的基本单位,通常通过属性和关系描述其特性。

3.3 数据属性 (Data Property)

描述类或实例的固有特征的属性,通常直接与具体数值、文本或数据类型关联。例如,电池单体的容量、内阻、重量等。

3.4 对象属性 (Object Property)

描述不同实体间关系的属性,用于反映类或实例间的相互关联。例如,电池模块包含多个电池单体。

3.5 实例 (Instance)

类的具体成员,表示领域中具体的个体或对象。例如,“某型号的电池模块”是“电池模块”类的一个实例。

3.6 数据格式 (Data Schema)

定义数据结构和约束的规则集合,用于描述数据的逻辑组织方式及内容要求。

3.7 形式化描述 (Formalization)

通过机器可读的语言对数据结构和内容进行精确定义的过程,用于实现数据的自动化处理和共享。

3.8 生命周期数据 (Lifecycle Data)

贯穿动力电池设计、制造和运维等过程中的相关数据集合,包括设计参数、制造过程数据和运维监控数据等。

4 动力电池数据定义要求

本章节定义了动力电池领域数据结构化与形式化的核心原则、数据要素、组织结构和格式规范,旨在提供统一的数据定义框架,确保数据在不同场景下的兼容性、可操作性和可扩展性。

4.1 数据定义原则

数据定义需遵循以下基本原则:

- a) 通用性：数据结构应具备普适性，适用于动力电池全生命周期的不同场景，包括设计、制造、运维、退役与梯次利用和回收与再生；
- b) 一致性：数据定义应采用统一的命名规则和结构化格式，避免冗余和歧义；
- c) 扩展性：在保证核心数据定义规范的基础上，允许用户根据特定需求扩展新的数据元素；
- d) 形式化：数据应具备形式化描述能力，确保机器可读性和自动化处理能力；
- e) 互操作性：通过标准化的数据结构实现系统间的数据共享和交换。
- f) 完整性：数据完整性要求数据必须满足一定的逻辑约束条件，包括实体完整性、参照完整性、用户定义完整性。确保数据在存储和处理过程中始终保持正确、有效且一致的状态，防止出现错误、重复、缺失或不一致的数据。同一系统人员信息，客商信息、物资信息、设备信息等；
- g) 合规性：处理和管理敏感数据时，要遵守涉及数据安全和隐私的法律法规要求、行业标准、内部政策等；
- h) 冗余性：适量的数据冗余可以提高系统的容错性和可靠性，但违反了数据关了的“精简原则”，即在保障信息完整性和可用性的前提下，应尽量减少不必要的的数据量，包括存储冗余、逻辑冗余、传输冗余等；
- i) 有效性：数据在内容和形式上符合特定的规则、标准、要求，能够在特定的场景中被正确理解和使用，从而为决策、分享、业务流程提供可靠的参考依据；
- j) 及时性：数据在产生、收集、处理、传输、使用的过程中，能够快速、准确地反映出现实世界的状态和变化。

4.2 动力电池数据结构化框架

动力电池数据结构化框架基于本体方法，将数据分为类（Class）、数据属性（Data Property）、对象属性（Object Property）以及实例（Instance）等要素。以下是各要素的具体描述。

4.2.1 数据元素

4.2.1.1 类（Class）

定义：描述一组具有相似属性的实体集合，是数据的逻辑组织单元。

要求：每个类需具有唯一的名称，并遵循统一的命名规则（如英文名加注释或编号）；每个类需包含必要的描述性信息，包括类的定义、适用范围及示例。

示例：

a) 类：电池模块（Battery Module）

定义：电池模块是电池系统中的中间单元，由若干电池单体组成并具有独立的管理功能。

b) 类：电池管理系统（Battery Management System）

定义：电池管理系统是用于监控、管理电池运行状态的系统设备。

4.2.1.2 数据属性（Data Property）

定义：描述类或实例的固有特征，通常以具体的数值、文本或数据类型表示。

要求：数据属性需定义唯一名称、数据类型（如整数、浮点数、字符串）及单位（如 mm、kWh）；数据属性需说明取值范围或限制条件（如取值范围为 0-100%）。

示例：

a) 类：电池模块（Battery Module）

数据属性：

容量（Capacity）：浮点数，单位 Ah，范围：10~500；

电压（Voltage）：浮点数，单位 V，范围：10~100；

模块重量（Weight）：浮点数，单位 kg，范围：1~50。

b) 类：电池管理系统（Battery Management System）

数据属性：

监控参数数量（Monitored Parameter Count）：整数，范围：1~100；

固件版本（Firmware Version）：字符串。

4.2.1.3 对象属性 (Object Property)

定义：描述不同类或实例之间的关系，用于反映数据间的语义关联。

要求：对象属性需明确其定义域 (domain) 和作用范围 (range)；明确对象属性的逻辑含义和实际用途。

示例：

a) 对象属性名称：包含 (Contains)

定义域：电池模块 (Battery Module)；

作用范围：电池单体 (Battery Cell)；

描述：表示一个电池模块包含多个电池单体。

b) 对象属性名称：管理 (Manages)

定义域：电池管理系统 (Battery Management System)；

作用范围：电池模块 (Battery Module)；

描述：表示一个电池管理系统可以管理多个电池模块。

4.2.1.4 实例 (Instance)

定义：类的具体成员，表示领域中具体的对象或个体。

要求：实例需具有唯一标识符；每个实例需提供完整的数据属性值和对象属性关系。

示例：

a) 实例名称：电池模块 A (Module-A)

所属类：电池模块 (Battery Module)；

数据属性值：

容量：200Ah；

电压：48V；

重量：25kg。

对象属性关系：

包含：电池单体 1 (Cell-001)、电池单体 2 (Cell-002)。

4.2.2 数据组织结构

数据按照动力电池生命周期进行层次化组织，分为以下三级结构：

a) 一级：生命周期阶段

包括设计、制造、运维、退役与梯次利用和回收与再生阶段。

b) 二级：功能模块

每个生命周期阶段划分为若干功能模块，如“电池制造”阶段包含“匀浆”、“涂布”和“注液”等模块。

c) 三级：具体数据元素

每个模块下包含若干具体的类、属性和实例，按照层次化组织方式进行管理。

4.2.3 关系定义

动力电池数据定义的关系结构主要包括以下三种基本类型：继承关系 (Is-a)、组合关系 (Has-a) 和关联关系 (Related-to)，还可以包括一些扩展关系类型，例如物理连接关系 (Physical Connection)、因果关系 (Causal Relationship) 和时间序列关系 (Temporal Relationship)。这些关系用于描述领域内不同数据实体之间的逻辑关联，提供结构化和语义化的数据表示方式。如图 1 动力电池模块结构关系图。

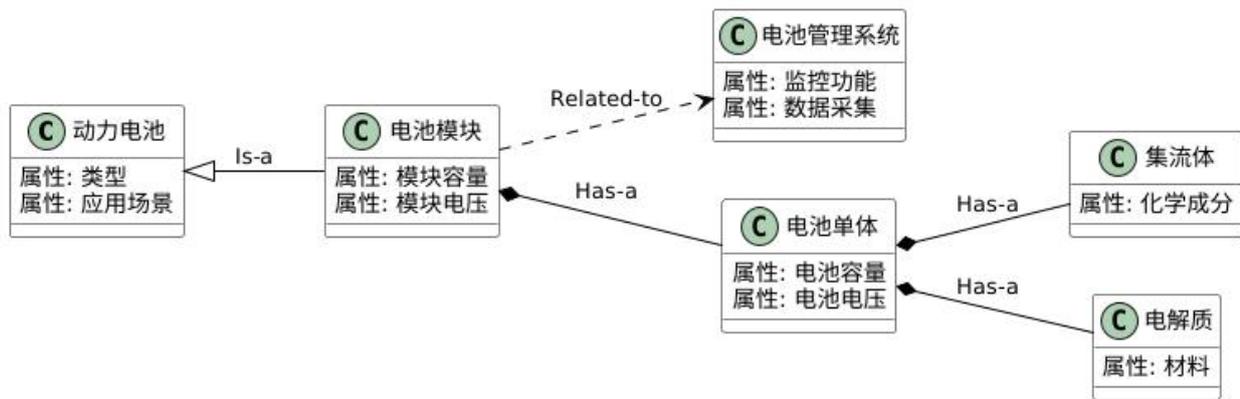


图1 动力电池模块基本关系类型结构

a) 继承关系 (Is-a)

继承关系描述父类与子类之间的从属关系，即子类继承了父类的所有属性和行为，同时可以扩展新的属性和行为。继承关系常用于表示动力电池领域中数据分类的层级结构。

示例：

动力电池 → 电池模块；

电池模块 → 特殊用途模块（如储能模块、车载模块）。

b) 组合关系 (Has-a)

组合关系描述一个类包含另一个类的关系，强调整体与部分之间的结构化关联。动力电池领域中的组合关系通常用于描述物理层面的组成结构。

示例：

电池模块 → 包含 → 电池单体；

电池单体 → 包含 → 集流体、电解质。

c) 关联关系 (Related-to)

关联关系用于描述两个类之间的语义关联，而非严格的层级或包含关系。关联关系通常是双向的，但在具体应用中可以根据场景约束为单向。

示例：

电池管理系统 → 相关 → 电池模块。

d) 物理连接关系 (Physical Connection)

物理连接关系描述电池模块或电池单体之间的物理连接方式（如串联、并联）。这种关系在电池系统的设计和运维中非常重要，直接影响电池的性能和安全性。

示例：

电池模块 A → 串联连接 → 电池模块 B；

电池单体 1 → 并联连接 → 电池单体 2。

e) 因果关系 (Causal Relationship)

因果关系描述数据之间的因果关系，通常用于故障诊断和预测。

示例：

温度升高 → 导致 → 内阻增加；

过充 → 导致 → 电池寿命缩短。

f) 时间序列关系 (Temporal Relationship)

时间序列关系描述数据在时间维度上的关系，通常用于运维数据的监控和分析。

示例：

电池容量 → 随时间 → 衰减；

温度 → 随时间 → 变化。

4.3 数据格式规范

4.3.1 类的格式

命名规则：类名需清晰唯一，建议使用英文名称，首字母大写。

描述要求：类需包含以下信息：

- a) 类名称 (Name)；
- b) 类定义 (Definition)；
- c) 示例 (Example)。

示例：

类：电池模块 (Battery Module)

定义：由若干电池单体组成的模块化单元，支持电池系统的分层管理。

4.3.2 数据属性的格式

格式要求：数据属性的格式需包含以下信息：

- a) 属性名称 (Name)；
- b) 数据类型 (Data Type)；
- c) 单位 (Unit)；
- d) 取值范围 (Range)；
- e) 描述信息 (Description)。

示例：

属性名称：涂布厚度 (Coating Thickness)；

数据类型：浮点数；

单位：毫米 (mm)；

取值范围：0.1 ~ 0.5；

描述信息：用于描述正负极涂布层的厚度。

4.3.3 对象属性的格式

格式要求：对象属性需包含以下信息：

- a) 属性名称 (Name)；
- b) 定义域 (Domain)；
- c) 作用范围 (Range)；
- d) 描述信息 (Description)。

示例：

属性名称：包含 (Contains)；

定义域：电池模块 (Battery Module)；

作用范围：电池单体 (Battery Cell)；

描述信息：表示一个电池模块由若干电池单体组成。

4.3.4 实例的格式

格式要求：实例需包含以下信息：

- a) 实例名称 (Name)；
- b) 所属类 (Class)；
- c) 数据属性值 (Data Property Values)；
- d) 对象属性关系 (Object Property Relationships)。

示例：

实例名称：模块 A (Module-A)；

所属类：电池模块 (Battery Module)；

数据属性值：容量=200Ah，电压=48V，重量=25kg；

对象属性关系：包含电池单体 1、2、3。

5 动力电池本体构建与形式化

本章节重点描述动力电池领域本体构建的要素、方法与形式化描述，旨在为动力电池全生命周期的

数据定义提供结构化的语义模型。动力电池领域知识的复杂性和异构性导致了数据交换与共享的困难。本体 (Ontology) 作为一种语义化的知识表达方法, 能够提供统一的领域知识结构, 还能通过形式化语言如 OWL 语言 (Web Ontology Language) 实现机器可读和自动推理的能力。

5.1 本体构建的要素

动力电池本体模型由以下五个核心要素构成:

5.1.1 类 (Class)

描述一组具有相似属性的实体集合。

示例: 电池单体 (Battery Cell)、电池模块 (Battery Module)。

5.1.2 对象属性 (Object Property)

用于定义类或实例之间的关系。

示例: 包含 (Contains) 关系, 用于描述电池模块与电池单体的关联。

5.1.3 数据属性 (Data Property)

用于定义类或实例的固有特性。

示例: 电池单体的容量 (Capacity)、内阻 (Internal Resistance)、集流体 (Current Collector) 和电解质 (Electrolyte)。

5.1.4 公理 (Axiom)

本体中用于推理的规则和约束条件。

示例: 电池单体的容量需大于 0。

5.1.5 实例 (Instance)

某类的具体成员。

示例: 型号为 “Cell-A” 的具体电池单体。

5.2 本体构建方法

动力电池领域本体的构建可按照以下七个步骤完成:

5.2.1 确定领域和范围

明确本体的适用范围, 例如覆盖动力电池设计、制造、运维、退役与梯次利用和回收与再生阶段。

5.2.2 收集相关知识

通过行业标准、文献、专家访谈等方式获取动力电池领域的术语和关系。

5.2.3 定义类和层次结构

使用分层方法定义类及其子类。例如:

动力电池 (Power Battery) → 电池模块 (Battery Module)。

5.2.4 定义属性和关系

数据属性: 定义实体的特征, 如涂布厚度、容量。

对象属性: 定义类或实例之间的关系, 如包含、监控等。

5.2.5 实例化

创建实际数据对象作为类的实例, 并为实例赋值。例如: 实例名称: 模块 A (Module-A), 容量=100Ah, 包含电池单体 1 和电池单体 2。

5.2.6 验证和调整

利用领域知识或实际数据验证本体的完整性和准确性。

5.2.7 形式化表示

使用 OWL 等语言将本体转化为机器可读的模型。

5.3 本体的形式化描述

本体的形式化描述采用 OWL 语言。以下是 OWL 语言描述动力电池本体的关键示例：

5.3.1 类的定义

```
<owl:Class rdf:about="#Battery">
  <rdfs:label>动力电池</rdfs:label>
  <rdfs:comment>动力电池是所有电池模块和电池单体类的父类</rdfs:comment>
</owl:Class>
```

```
<owl:Class rdf:about="#BatteryModule">
  <rdfs:label>电池模块</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Battery"/>
  <rdfs:comment>表示由若干电池单体组成的模块</rdfs:comment>
</owl:Class>
```

5.3.2 对象属性的定义

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="#contains">
  <rdfs:label>包含</rdfs:label>
  <rdfs:domain rdf:resource="#BatteryModule"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#BatteryCell"/>
  <rdfs:comment>描述电池模块包含多个电池单体的关系</rdfs:comment>
</owl:ObjectProperty>
```

5.3.3 数据属性的定义

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="#capacity">
  <rdfs:label>容量</rdfs:label>
  <rdfs:domain rdf:resource="#BatteryCell"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
  <rdfs:comment>描述电池单体的额定容量，单位为 Ah</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

5.3.4 实例的定义

```
<owl:NamedIndividual rdf:about="#ModuleA">
  <rdfs:type rdf:resource="#BatteryModule"/>
  <contains rdf:resource="#Cell1"/>
  <contains rdf:resource="#Cell2"/>
</owl:NamedIndividual>
```

6 动力电池数据定义示例

本章节通过具体实例展示动力电池本体在设计、制造和运维三大主要阶段中的应用，重点说明如何按照本标准构建和描述数据，并利用 OWL 语言进行形式化定义和实例化。

6.1 动力电池全生命周期数据定义示例

动力电池全生命周期包含设计、制造和运维三个主要阶段。本部分分别以每个阶段的典型数据为例，说明如何按照标准进行定义。

6.1.1 设计阶段示例

设计阶段的目标是确定动力电池单体、模块和系统的基本结构和性能参数。以下是“电池单体”的数据定义示例：

类：电池单体（Battery Cell）

数据属性：

正极材料密度（Cathode Material Density）：范围 0.5~5.0 g/cm³；

负极材料密度（Anode Material Density）：范围 0.5~5.0 g/cm³；

开路电压（Open Circuit Voltage）：范围 2.5~4.5 V；

容量（Capacity）：范围 10~100 Ah。

对象属性：

包含（Contains）：关联到集流体（Current Collector）和电解质（Electrolyte）。

6.1.2 制造阶段示例

制造阶段涉及电池的生产工艺参数。以下是“涂布过程”的数据定义示例：

类：涂布过程（Coating Process）

数据属性：

涂布厚度（Coating Thickness）：范围 10~200 μm；

涂布速度（Coating Speed）：范围 5~100 m/min；

涂布温度（Coating Temperature）：范围 25~70 °C。

对象属性：

使用设备（Uses Equipment）：关联到涂布设备（Coating Machine）。

6.1.3 运维阶段示例

运维阶段的目标是监控电池运行状态，确保安全和性能。以下是“电池状态监控”的数据定义示例：

类：电池状态监控（Battery Monitoring）

数据属性：

温度（Temperature）：范围 -20~60 °C；

内阻（Internal Resistance）：范围 1~5 mΩ；

剩余容量（Remaining Capacity）：范围 0~100%。

对象属性：

监控对象（Monitors）：关联到电池单体（Battery Cell）。

6.2 数据结构化后的形式化描述

通过 OWL 语言对上述数据进行形式化描述，以下是电池单体设计的 OWL 表示：

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#">
  <!-- 定义类 -->
  <owl:Class rdf:about="#BatteryCell">
    <rdfs:label>电池单体</rdfs:label>
    <rdfs:comment>描述电池单体的设计，包括正负极材料、容量等信息</rdfs:comment>
  </owl:Class>

  <!-- 定义数据属性 -->
  <owl:DatatypeProperty rdf:about="#capacity">
    <rdfs:label>容量</rdfs:label>
    <rdfs:domain rdf:resource="#BatteryCell"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
  </owl:DatatypeProperty>
</rdf:RDF>
```

```
    <rdfs:comment>电池单体的容量，单位 Ah</rdfs:comment>
  </owl:DatatypeProperty>

  <!-- 定义对象属性 -->
  <owl:ObjectProperty rdf:about="#contains">
    <rdfs:label>包含</rdfs:label>
    <rdfs:domain rdf:resource="#BatteryCell"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Electrolyte"/>
    <rdfs:comment>电池单体包含电解质</rdfs:comment>
  </owl:ObjectProperty>

  <!-- 定义实例 -->
  <owl:NamedIndividual rdf:about="#Cell1A">
    <rdf:type rdf:resource="#BatteryCell"/>
    <capacity>50.0</capacity>
  </owl:NamedIndividual>
</rdf:RDF>
```

附录 A
(资料性)
完整定义与示例

A.1 电池模块 (Battery Module) 的完整定义

类： 电池模块 (Battery Module)

定义： 电池模块是动力电池系统的中间单元，负责承载和整合若干电池单体，形成具有独立功能的模块化单元。电池模块通常具有独立的电压、电流输出特性，并在系统层面通过电池管理系统进行监控。

应用场景： 电池模块广泛应用于电动车辆 (EV)、储能系统 (ESS) 等领域，作为电池系统的基础单元。

表 A.1、表 A.2 和表 A.3 描述了电池模块的完整结构定义。

表 A.1 电池模块数据属性

属性名称	数据类型	单位	取值范围	描述
模块容量 (Module Capacity)	浮点数	Ah	50~500	表示电池模块的总电量存储能力。
模块电压 (Module Voltage)	浮点数	V	10~100	表示电池模块的标称电压。
模块重量 (Module Weight)	浮点数	kg	5~50	电池模块的总重量，包含壳体和内部单体。
模块编号 (Module ID)	字符串	无	固定格式，例如“MOD-001”	用于唯一标识电池模块的编号。

表 A.2 电池模块对象属性

属性名称	定义域 (Domain)	作用范围 (Range)	描述
包含 (Contains)	电池模块 (Battery Module)	电池单体 (Battery Cell)	表示一个电池模块由若干电池单体组成。
被监控 (Monitored By)	电池模块 (Battery Module)	电池管理系统 (Battery Management System)	表示电池模块由电池管理系统进行监控和管理。

表 A.3 电池模块实例

实例名称	属性值
模块A (Module-A)	
所属类	电池模块 (Battery Module)
数据属性值	
模块容量	200Ah
模块电压	48V
模块重量	25kg
模块编号	MOD-001
对象属性关系	
包含	电池单体1 (Cell-001)、电池单体2 (Cell-002)
监控	由电池管理系统-A进行监控

形式化描述 (OWL语言)

```

<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#">

  <!-- 类定义 -->
  <owl:Class rdf:about="#BatteryModule">
    <rdfs:label>电池模块</rdfs:label>
    <rdfs:comment>动力电池系统中的中间单元，由若干电池单体组成</rdfs:comment>
  </owl:Class>

  <!-- 数据属性定义 -->
  <owl:DatatypeProperty rdf:about="#moduleCapacity">
    <rdfs:label>模块容量</rdfs:label>
    <rdfs:domain rdf:resource="#BatteryModule"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
    <rdfs:comment>表示电池模块的总电量存储能力，单位为Ah</rdfs:comment>
  </owl:DatatypeProperty>

  <owl:DatatypeProperty rdf:about="#moduleVoltage">
    <rdfs:label>模块电压</rdfs:label>
    <rdfs:domain rdf:resource="#BatteryModule"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
    <rdfs:comment>表示电池模块的标称电压，单位为V</rdfs:comment>
  </owl:DatatypeProperty>

  <!-- 对象属性定义 -->
  <owl:ObjectProperty rdf:about="#contains">
    <rdfs:label>包含</rdfs:label>
    <rdfs:domain rdf:resource="#BatteryModule"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#BatteryCell"/>
    <rdfs:comment>表示电池模块包含若干电池单体</rdfs:comment>
  </owl:ObjectProperty>

  <!-- 实例定义 -->
  <owl:NamedIndividual rdf:about="#ModuleA">
    <rdf:type rdf:resource="#BatteryModule"/>
    <moduleCapacity>200.0</moduleCapacity>
    <moduleVoltage>48.0</moduleVoltage>
    <contains rdf:resource="#Cell1001"/>
    <contains rdf:resource="#Cell1002"/>
  </owl:NamedIndividual>
</rdf:RDF>

```

A.2 电池单体 (Battery Cell) 的完整定义

类： 电池单体 (Battery Cell)

定义： 电池单体是动力电池系统的最小电化学单元，负责直接完成电能的存储和输出，具有正极、负极、集流体和电解质等组成部分。

应用场景： 电池单体广泛应用于电动车、电网储能、消费电子等领域，可单独使用或组合成电池模块。

表A. 4、表A. 5和表A. 6描述了电池单体的完整结构定义。

表 A.4 电池单体数据属性

属性名称	数据类型	单位	取值范围	描述
容量 (Capacity)	浮点数	Ah	10~100	表示电池单体的额定电量存储能力。
内阻 (Internal Resistance)	浮点数	mΩ	0.1~5.0	表示电池单体的内部阻抗。
电压 (Voltage)	浮点数	V	2.5~4.5	表示电池单体的标称电压。
正极材料 (Cathode Material)	字符串	无	LFP、NCM等	表示正极活性材料的种类。

表 A.5 电池单体对象属性

属性名称	定义域 (Domain)	作用范围 (Range)	描述
包含 (Contains)	电池单体 (Battery Cell)	集流体 (Current Collector)	表示电池单体内部包含集流体
包含 (Contains)	电池单体 (Battery Cell)	电解质 (Electrolyte)	表示电池单体内部包含电解质

表 A.6 电池单体实例

实例名称	属性值
单体A (Cell-A)	
所属类	电池单体 (Battery Cell)
数据属性值	
容量	50Ah
电压	3.7V
内阻	0.3mΩ
正极材料	LFP
对象属性关系	
包含	集流体 (Current Collector)、电解质 (Electrolyte)

参 考 文 献

[1] XXXXXXXX
