

文章编号：1005-8451（2017）07-0039-05

# 动车组分解结构与信息系统应用研究与优化

陈振虹<sup>1</sup>, 盛健龙<sup>2</sup>, 王辉<sup>3</sup>, 蒋俊<sup>4</sup>

(1.广铁(集团)公司 广州动车段,广州 511483;

2.中国铁路总公司 运输局车辆部,北京 100844;

3.中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所,北京 100081;

4.中国铁道科学研究院计量标准所,北京 100081)

**摘要：**动车组的分解结构研究是动车组各类技术信息规范化、标准化的基础工作之一。在分析我国多平台车型混跑等实际运用检修情况，并对EN15380等国内外的相关标准深入调研的基础上，提出了以功能模块分解结构为主，建立与各车型平台部件分解结构映射关系的整体数据架构方案，对高速列车运用检修信息系统的建设具有一定的参考价值。

**关键词：**动车组；分解结构；信息系统；优化

**中图分类号：**U266.2 : TP39 **文献标识码：**A

## Application research and optimization on decomposition structure and information system for EMU

CHEN Zhenhong<sup>1</sup>, SHENG Jianlong<sup>2</sup>, WANG Hui<sup>3</sup>, JIANG Jun<sup>4</sup>

(1. Guangzhou EMU Depot, Guangzhou Railway Group Cooperation, Guangzhou 511483, China;

2. Rolling Stock Department of Transportation Administration, China Railway, Beijing 100081, China;

3. Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China;

4. Institute of Standards and Metrology, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China )

**Abstract:** The research on the decomposition structure of EMU is one of the basic works of standardization and standardization of all kinds of technical information in EMU. Based on the analysis of the actual operation maintenance, such as China multiple platform vehicle mixed running, the depth study of EN15380 and other relevant standards, this article proposed the overall data architecture solution which was to give priority to function module decomposition structure, establish the mapping relation of the component decomposition structure of each vehicle platform. It has certain reference value for the construction of operation maintenance information system of EMU.

**Keywords:** EMU; decomposition structure; management system; optimization

我国高速铁路技术在高速列车子系统上采用了消化、吸收再创新的推进模式，但是配套运维技术并无专项引进，更多来自于自力更生，在动车组管理信息系统（简称：EMIS）的建设上也是如此。随着动车组运用检修的深入，我国动车组体量巨大、长交路跨线运营模式、多车型并用、多单位维修，涉及部门众多，对信息化、标准化的需求日益提升。论文讨论的动车组的分解结构研究是其中的基础工作项目之一。

动车组开行 10 年来，EMIS 中的动车组分解结

构经历了初期以 CRH2 平台既有结构为主同时单列关键配件的结构。到 2014 年升级以“系统按功能分类（2 级）、零部件按装配关系逐级分解（3 级）”的整体结构编制。实现了系统与子系统两级各车型横向统一。各车型以零部件 1 级挂入相应子系统，实现了不同车型零部件 1 级的归类统一。零部件 1 级以下按装配关系逐级分解，分解深度为 3 级。此方案满足了我国特定发展阶段下的使用。随着近几年的发展，中国标准动车组的推进，对动车组分解结构能力的需求也在不断提高。

## 1 动车组分解结构信息完善的主要方向

信息化的基本出发点是满足业务需求。同样的

收稿日期：2017-03-10

基金项目：中国铁道科学研究院电子计算技术研究所（DZYF16-02）  
(DZYF16-15)。

作者简介：陈振虹，工程师；盛健龙，高级工程师。

设备针对不同的地区的不同使用情况，信息化的口径角度可能是不同的，需要对实际需求进行摸底。

### 1.1 深化多车型横向管理的需求

与其他国家高速铁路相比，我国多平台多车型并用的模式，对跨车型的横向管理需求突出。以列车网络系统监控屏故障填报为例，2014版分类中属于零部件1级的CRH1及380D平台动车组IDU、CRH2平台MON、CRH3平台HMI、CRH5平台TD/TS/LT须在“列车通信网络”子系统下查找到具体件，不同车型在分类中的节点不同，分布零散，且互相之间穿插有母总线终结器、中央控制单元等其他部件。各车型及部件放置没有特定顺序，需筛查的干扰信息多，查找存在一定的不便。检修班组（尤其是同时配有若干个车型的动车所）无法实现故障填报时各车型在系统分类的同一节点进行录入。此外，在故障分析过程中，各级管理部门往往需要对多个车型进行横向综合对比，按照统一口径进行分析。但由于系统分类节点中未设有各车型同类部件的统型节点（如“监控屏”），EMIS中的故障横向对比数据难以直接生成，需人工反复梳理汇总。

零部件2级、3级节点需筛查的干扰信息更多，不同车型部件集成方式有别，有些甚至出现跨系统的情况，难度更大。

此外如高价互换配件范围管理，管理层面往往从横向统一的概念提出专业管理的范围要求，在此基础上组织进行各车型具体部件的细化实现，关联到各车型具体的件上，此类需求也难以得到满足。

研究此类工作的数据处理过程，其内在流程是一致的。即在多车型的情况下，以某一统型概念进行引入，再对应到具体车型的实际部件上。2014版系统分类没有设置各车型同类部件的统型概念，也未设有从统型概念到各车型具体部件间的对应关系。需要对数据架构进行进一步的建设，在系统分类整体方案中一次建立总分式结构信息，在各类工作中复用，当进行横向管理时，只关注各车型统型概念即可，对于具体车型的工作，关注具体的部件即可。

### 1.2 结构分解颗粒度细化的需求

随着运用检修工作的深入，如PHM推进中对零部件的分解需求不断细化，部分车型的结构分解需

求超过7级。原有体系下想实现横向统一就难以划分的太细（为统筹优化，2014版系统分类编制研讨过程中提出暂时分解至5级），需要研究提出新方案，取消结构分解深度方面的限制。

上述问题为优化的核心方向，新设备、新型动车组的开发等因素等也提出进一步的升级要求。

## 2 国内外相关标准研究与分析

### 2.1 整体调研提要

研究同范畴的标准有助于确保方案体系上的合理性和完备性。除了调研我国动车组原始技术平台数据组织应用分解结构的具体情况外，对国内外重点标准情况进行考察。

民航业广泛采用美国航空交通运输协会制定的ATA100(Air Transport Association of America)规范。该规范建立了针对飞机、发动机及附件制造业产品数据呈现的标准，这些标准是推荐性的（也可以纳入购买合同成为强制执行的文件）。其规范的内识别章节及次要章节组织也是装备部件分解结构的典型例子。此标准都是交通行业，但领域不同，仅用于参考。

欧洲航空航天与防务工业协会(ASD)、美国航空航天工业协会(AIA)和美国航空运输协会(ATA)共同制定的S1000D标准则对飞行器、船舶、车辆进行了规范，采用较为开放的方式。设备分解结构既可以自建，也可以使用该标准推荐的分解结构。但其推荐的方案由于适用面太广，概念术语比较泛指。我国动车组目前阶段专业业务上单独管理，直接使用并不好用。国军标GJB 6600在消化吸收S1000D过程中，也进行了进一步优化。

在各标准中，欧洲轨道交通EN 15380《轨道交通应用—轨道车辆标识系统》(Railway applications—Designation system for railway vehicles)具有较高的参考价值，此处展开讨论。

### 2.2 EN 15380提要

欧洲标准EN 15380针对轨道交通车辆发展情况提出了符合欧洲具体情况的系统分类意见，含如下5部分：

Part1 (EN 15380-1:2006) General principles通用原则。

Part2 (EN 15380-2:2006) Product groups 部件分组：此即结构维度系统分类。各零部件按大类梳理，形成大部件的分类结构 PBS (Product Breakdown Structure)。

Part3 (EN 15380-3:2006) Designation of installation sites and locations 安装位置维度（分类）：描述安装方位标识。

Part4 (EN 15380-4:2013) Function groups 功能组：此即功能维度分类。以条目的方式描述功能，且对各类条目进行了分级分类汇总，形成了功能条目的分类结构 FBS (Function Breakdown Structure)。

Part5 (EN 15380-5:2014) Systems, System groups-System requirements 系统组：此即统型维度分类。仅设置了两级。该分类的目标是在管理单位、设计制造单位、运用单位、维修单位之间形成统一的系统分类 SBS (System Breakdown Structure)。

该标准字面上描述的是有关车辆标识方面的标准，实际均对应于一种维度的系统分类（分解结构）。整套标准的主体架构是建立在同一工业设备从不同的维度可以有不同分类观念的基础上，提出了在产品生命周期的不同阶段可能使用到不同的分类。由于同时存在多个不同的系统分类，EN15380 中明确了在使用中如何建立对应关系，在第 5 部分中例举了 PBS、FBS、SBS 对应关系表的建立。

### 2.3 EN15380针对我国的适用性分析

鉴于我国的具体情况，直接推广使用 EN15380 不可行，有关情况如下：

(1) 大部件以下子部件横向统筹管理能力不足。

EN 15380 第 2 部分 PBS 中各车型大部件直接分类上挂，大部件下各级子部件没有再预留横向统筹管理的功能。我国出现的不同子部件无法横向统一的问题依然没有解决。此种方案在具体的应用中也有不足。我国引进 CRH3C 型动车组西门子公司在应用该标准类似的数据结构编制用户文件目录时，也出现了统型为 2 层深度不够，通过增加次级代码来提高区分度的情况。

(2) 功能分解方式偏繁琐。

EN15380 第 4 部分定义的 FBS 采用“动宾结构”的条目来描述纯功能项（简称：条目式）。EN15380

面向通用的轨道交通系统，将各部件的功能逐条细化。依然以监控屏为例，功能可分解为提供空调故障信息、进行高压设备开关、进行制动试验等多个条目。该分解方式主要应用于功能规范编制、可靠性分析等。就我国现阶段的使用，如可靠性分析方面，还没有细化至基于功能条目式的阶段，但往往又需结合功能模块，跨车型间对比进行。

(3) 不同维度系统分类需进一步的简统优化。

EN 15380 中提出的 PBS、FBS、SBS 中前两级均不一致，存在多个不同的系统分类并要求在系统分类间建立映射关系。现场的应用缺点是非常突出的。实际使用在 EMIS 中推广此种模式不可行，容易引起混乱，维度上不应过多。确实需要增加不同维度时也应当系统研究、稳步推进。EN 15380 的 3 个系统分类前两级属于顶层概念级，互相之间很相似，存在进一步简统优化的空间。

此外，我国动车组与客车、货车单独管理，而 EN15380 面向通用的轨道交通系统，很多术语只能采用一些泛指的概念，不可能明确至动车组的具体术语，相关部门使用不直观，与 S1000D 类似。我国在多年运用过程中形成了在 1 级系统明晰各专业分工的惯例，而 EN 15380 也不考虑。

总体来说，EN15380 提出了一种参考样式，其信息化梳理的角度较为明晰，但不能机械照搬使用。

## 3 探索建立适用我国实际的解决方案

在紧密结合我国实际需求，以适当超前的原则，同时谨慎保证过渡过程平稳有序的基础上，提出如下新的解决方案。

### 3.1 明确区分结构与功能两个维度

实车的各类工作是按照结构维度进行的，涉及多个车型间横向管理的各类工作基本是从功能维度切入的。我国动车组运用检修发展到目前，应该适时适度推进数据口径的专业化，才能满足下一步发展必然带来的数据精细化的需求。应先建立两个基础维度分解结构。针对结构、功能需求提出相应的解决方案，才能从根本上避免各单位的需求冲突。从比较粗放的数据口径稳步推进精细梳理。

### 3.2 以功能模块分类为主线

不同车型结构不同，但实现的功能具有统一性，以功能为主线可实现横向管理。我国动车组系统分类使用范围仅特定为动车组，不同动车组间具有相对一致的功能条目集成模式，可以按“功能模块”的形式实现简统化，其步骤如下：

(1) 归纳各车型通用主体功能模块，以原1级零部件“齿轮箱”为例，分解为齿轮箱主体、联轴节(齿轮箱侧)、齿轮箱支架组成等多个功能模块。(2) 建立各车型实际结构部件与功能模块间的对应关系。不同车型实际零部件集成方式不同，同一部件可能包含有不同的功能模块，根据实际情况进行组合对应。实现不同车型结构间的最大程度的横向统一。各车型结构的差异通过不同的映射关系配置来实现。

这种方式分离了各车型的差异性，提取了共性信息，保证了铁路总公司功能分类的简统性，与既有系统分类相比，不需再附加车型适用性信息。为与其他维度进行切分的系统分类相区别，定义此分类为MBS (Function module Breakdown Structure)。

通过功能标签标记了不同平台动车组各部件中的同类件，不同车型横向管理需要时，标签即为信息系统的关键。

### 3.3 动车组结构维度信息的建立

在功能与结构分离后，从各主机企业的角度，各车型可完全按自身平台的装配关系往下建立任意级的产品分解结构，不再需要受到其他车型的干扰，可实现数据的精细化、完备化。只需在各级部件对应总公司统型名称“标签”即可。将各一级大部件，选择主体功能模块挂靠到功能分类上，即可形成有组织的整车级部件分解结构。

此外，由于2014版系统分类第3～第5级零部件已按装配关系逐级分解，实际上就已是面向运维部件分解结构，故在过渡阶段，可继承原系统分类3至5级零部件分解结构作为各车型结构维度信息。此情况为后期升级数据迁移带来极大便利。主要是在原有结构维度基础上增加功能维度信息。

### 3.4 建立各级子部件的功能标签

动车组上很多部件可能同时集成了不同的功能，在部件整体挂靠时只能选择主体功能节点。进一步，对其下各级子部件也进行功能“标注”。部件集成的

多个功能在子部件一级分解开来完成详细对应，补充了原非主体功能节点信息。本步工作完成后，在整车各级部件与功能节点建立了较为完整的信息通道。

此种数据清洗节拍分步骤合理地提升各类信息横向管理深度。

## 3.5 新功能分类具体编制原则及编码规则设计

### (1) 业务原则方面

不同工作场景下的需求可能是冲突的，编制时只能尽量统筹考虑大部分单位的使用方便。特殊使用场景可通过适当配置满足；功能分解理论上可无限细分，梳理颗粒度主要按各车型横向管理的需求确定；1级系统遵循“稳中有变”的原则，主要解决各单位反映较为集中的问题，将既有车体与车端连接系统、高压牵引系统各自分解为两个系统。系统间顺序维持不变。其他原则此处略述。

### (2) 编码方面

考虑使用方便，1级系统划分数量不宜过多。考虑编码字段的有效利用，一级系统划分数量控制在16个以内。为满足使用时的简洁性，编码体系经多次试验采用系统、子系统、功能组、功能件4级结构。各级编号采用先编号后字母的方式。

同级节点之间以及上下级节点之间数量适当均衡，经过四级分割，细分至约1 300个功能件，较大幅度提高了系统分类的区分能力，并预留了扩展能力。

## 4 新系统分类方案的运用

### 4.1 方案的运用

实际动车组运用检修工作最后都应落实到具体的结构件上。在新方案下各类工作可以先以功能分类切入，必要时再关联到具体车型结构件上。

以故障填报为例，同类部件（如各车型的齿轮箱温度传感器）在不同车型平台整车部件分解结构中所在的节点各不相同。但通过新功能分类方案实现在节点录入，系统提示出相应的结构件信息后再确认录入。

各车型原有的各类技术信息结合了自身结构进行编写，需进行跨车型、跨修程或者不同类型技术信息（如故障信息、修程信息等）综合分析时，通过各车型部件结构与功能节点的对应关系可较高效

地转换为统一口径。如高级修规程与运用维修卡片横向比对，可按此途径将各自的技术信息组织架构转换成统一切分。

铁路总公司层面需较深入横向统筹的各类工作，如动车组途中故障应急手册应急处置项目、动车组工艺卡片项目的编号等，可通过新功能分类方案来实现。

此外，与 EN15380 并不矛盾，预留了标准间的兼容性。

#### 4.2 新旧方案与EN15380的对比

从 EN15380 反观新功能分类方案，新方案以 MBS 为主线，相对 EN15380 中 PBS，划分级别由两级增加至四级以满足我国横向管理深度要求。MBS 从功能维度切入，兼顾 FBS 的使用场合。MBS 实现跨车型的统一划分，也实现 SBS 的功用。这样，解决了 EN15380 中 PBS、FBS、SBS 顶层系统不简统的问题。MBS 中的模块概念，与结构件建立了较为直观的分解对应关系，打通了结构与功能间的通道。

2014 版系统分类第 3 ~ 第 5 级中的零部件按装配关系逐级分解，相当于 EN15380 中的 PBS。此种情况并不是偶然。这是因为 PBS 是现场应用最实用的分解结构之一。我国前期在工作推进中，选择了抓重点项目必然结果。与 EN15380 区别在于 2014 版系统分类第 1 ~ 第 2 级还兼顾了 SBS 的功能。分析 EN15380 的发布历史，第 4 部分 FBS、第 5 部分 SBS 是在前 3 个部分发布 7 年后才打的补丁，其编制初期并未考虑有第 4、第 5 个部件，没有意识到在主机企业、运营企业及管理部门间实现统型系统分类的重要性，而我国则一开始就把统型分类做为重点目标。EN15380 在前 3 个标准已发布的情况下，考虑历史数据彻底统一难度很大，只好通过打补丁，并建立转换关系的妥协的方式来实现，遗留了简统性历史账。我国新方案应该充分发挥后发优势，规划好整个数据结构。

### 5 结束语

新方案是在探索满足我国自身国情提出的，由于没有其他现成经验可直接引用，方案局部也可能存在不完美之处。比如既然是对各车型进行归纳，基于抽象功能的管理级概念，根据具体的车型设计，可能存在个别节点对应的结构没有明显的物理边界，

对应的实际部件可能由较为繁多、零散的子件组成。此外，在按功能模块划分的实物件间的具体分界面确定上，可能存在一定的经验性，边界处的零散小部件的划分就具有一定随机性。不同车型的划分依然可能存在微小的差异。分类的使用上虽可较大幅度减少人工二次梳理工作量，但具体工作中必要的人工梳理还是存在的。

从整体上看，相对于存在的问题，新功能分类方案可为各单位（部门）在现阶段各类实际工作中提供了一套面向多车型简统管控的实用工具，在横向管理能力方面可比既有方式更进了一步。实际使用过程中若存在个别问题需要正确对待，具体问题具体分析处理。

以 MBS 为主线的系统分类是结合我国实际情况提出的抓大放小，具有横向统一管理概念的系统分类。

#### 参考文献：

- [1] ASD/AIA/ATA. International Specification for Technical Publication Utilizing a Common Source DataBase : 4.1S1000D[S]. Europe, USA: ASD/AIA/ATA, 2012, 7.
- [2] 徐宗昌 . 装备 IETM 编码体系 [M]. 北京 : 国防工业出版社, 2015.
- [3] CEN/CENELEC. Railway applications - Designation system for railway vehicles - Part 2: Product groups; English version of DIN:EN 15380-2-2006 [S]. Brussels: CEN/CENELEC, 2006.
- [4] 孙 鹏, 盛健龙, 王 羽, 等 . 基于 S1000D 的动车组技术信息标准化管理 [J]. 中国铁路, 2014 (9) : 18-21.
- [5] 中国铁路总公司 .CRH1 型动车组机械师 [M]. 北京 : 中国铁道出版社, 2015.
- [6] 孙帮成 .CRH380BL 型动车组 [M]. 北京 : 中国铁道出版社, 2014.
- [7] 梁炜昭, 罗利锦 . 动车组检修 [M]. 北京 : 北京交通大学出版社, 2016.
- [8] 中华人民共和国铁道部运输局 .CRH3 型动车组途中应急故障处理手册 [M]. 北京 : 中国铁道出版社, 2013.
- [9] 张曙光 . 铁路高速列车应用基础理论与工程技术 [M]. 北京 : 科学出版社, 2007.
- [10] 焦风川, 王斌杰 . 动车组运用与维修 [M]. 北京 : 北京交通大学出版社, 2012.
- [11] 中国铁路总公司 . 高速动车组技术 (上、下) [M]. 北京 : 中国铁道出版社, 2016.

责任编辑 付思