

以资产管理价值为导向的南京地铁 资产信息体系构建

洪浩¹ 苏诗玮² 高继传¹ 李洁² 周明月¹

(1. 南京地铁建设有限责任公司, 210008, 南京; 2. 南京林业大学土木工程学院, 210037, 南京)

摘要 [目的]城市轨道交通资产形成过程中资产信息传输不畅,不仅存在资产“账实不符”等问题,而且在运营维护阶段,由于信息不可溯源,也为设备维修更换带来难度。对此,须加强资产全寿命期信息管理,构建城市轨道交通资产信息体系,提高城市轨道交通企业资产管理效率。[方法]梳理已有资产管理价值研究,归纳城市轨道交通资产管理价值,并以此为导向,总结既有城市轨道交通资产信息体系的缺陷。在此基础上,结合公理化设计理论,将资产管理价值融入资产全寿命周期动态管理过程,面向资产信息使用者开展需求调研,并纳入信息体系顶层设计。[结果及结论]城市轨道交通资产管理价值为:可靠性、功能性、有效性、可持续性。以南京地铁为研究对象,构建了由资产信息分类体系、编码体系和信息模板组成的城市轨道交通资产顶层信息体系。

关键词 城市轨道交通; 资产管理价值; 公理化设计理论; 资产信息体系

中图分类号 F530.6

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.01.046

Asset Management Value Oriented Nanjing Metro Asset Information System Construction

HONG Hao¹, SU Shiwei², GAO Jichuan¹, LI Jie², ZHOU Mingyue¹

(1. Nanjing Metro Construction Co., Ltd., 210008, Nanjing, China; 2. College of Civil Engineering, Nanjing Forestry University, 210037, Nanjing, China)

Abstract [Objective] In the process of URT (urban rail transit) asset formation, there are challenges in the smooth transmission of asset information, leading to issues such as 'inconsistency between accounts and reality,' difficulties in equipment maintenance and replacement due to untraceable information during the operation-maintenance phase. To address these issues, it is essential to strengthen the management of asset information throughout the entire lifecycle and construct an asset information system for URT, thereby enhancing the asset management efficiency in URT enterprises. [Method] By reviewing existing research on asset management value, summarizing the value of URT asset management, and using this as a guide, the deficiencies in the existing URT asset information system are identified. Based on this analysis and utilizing axiomatization design theory, asset management value is integrated into the dynamic management process of the whole life cycle of assets. Demand research for asset information users is conducted, and the findings are incorporated into the top-level design of the information system. [Result & Conclusion] The value of URT asset management is reflected in reliability, functionality, effectiveness, and sustainability. Taking Nanjing Metro as the research object, a top-level information system for URT assets is constructed, consisting of an asset information classification system, a coding system and information templates.

wing existing research on asset management value, summarizing the value of URT asset management, and using this as a guide, the deficiencies in the existing URT asset information system are identified. Based on this analysis and utilizing axiomatization design theory, asset management value is integrated into the dynamic management process of the whole life cycle of assets. Demand research for asset information users is conducted, and the findings are incorporated into the top-level design of the information system. [Result & Conclusion] The value of URT asset management is reflected in reliability, functionality, effectiveness, and sustainability. Taking Nanjing Metro as the research object, a top-level information system for URT assets is constructed, consisting of an asset information classification system, a coding system and information templates.

Key words urban rail transit; asset management value; axiomatization design theory; asset information system

截至 2022 年底,我国共有 55 座城市开通了城市轨道交通线路,线路总长度达 10 287.45 km^[1]。由于缺乏行业相关标准,且资产信息不全,逐渐暴露了以下城市轨道交通资产管理问题:资产移交周期长,经常发生“账实不符”和财务价值不准确等情况^[2];运营阶段资产信息不可溯源,设备维修更换难度大等^[3]。目前广州及北京等地的地铁企业已经利用信息化手段探索资产管理方法,针对各专业资产建立运营管理及故障处理等系统^[24]。然而,这些管理信息系统功能单一、未形成整体,各系统间关联较弱,导致无法有效集成信息,使资产管理效率受限。

梳理已有文献发现,学者们对资产信息体系已有研究。文献[2]研究了伦敦地铁资产管理模式,提出按照属性将资产划分为系统、分组、类型和型号四个层次。文献[3]结合线分类法与面分类法,提出囊括位置信息与设备信息的地铁运维分类编

码体系。文献[5]针对地铁设备运维阶段信息需求,从信息分类、信息交付等方面,提出信息自动集成和自动化编码。

这些资产编码体系研究仅针对单个阶段考虑管理需求,其设计的全寿命期资产信息体系缺少动态思维,割裂了规划、建设与运营维护阶段。究其本质是资产信息顶层设计存在缺陷,缺乏统一标准,导致信息流通障碍。对此,本文以南京地铁为案例,以资产管理价值为导向,运用公理化设计指导,构建资产信息体系。旨在深化价值驱动的管理体系设计研究,构建科学的资产信息体系,以期为城市轨道交通资产管理提供启发。

1 理论基础与研究方法

1.1 城市轨道交通资产管理价值

1.1.1 城市轨道交通资产管理价值确定

资产管理是一个目标驱动的项目管理过程,明确的价值目标是资产管理的先决条件。文献[6]提到,项目价值的涵义是满足顾客需求、提高有效性和可持续性等。文献[7]认为资产管理的价值为功能性、有效性、可靠性、可持续性的实现。ISO 55000

系列标准《资产管理》提到,有效性、可持续性 > 及满足使用者功能需求是资产管理的价值体现。梳理可见,学者普遍认可的资产管理价值为可靠性、有效性以及可持续性。考虑到各参与方多样化的需求,资产管理价值还应增加功能性内容。由此,城市轨道交通资产管理价值及其定义如表 1 所示。

表 1 城市轨道交通资产管理价值及定义	
Tab.1 URT asset management value and definition	
价值	定义
可靠性	在规定条件下实现规定功能的能力
功能性	满足使用者需求,对质量及相关服务的效用的感知
有效性	可靠性和功能性的综合特征,可靠性和功能性越好资产信息的有效性越高
可持续性	一种可以长久维持的过程或状态

1.1.2 价值引导的城市轨道交通资产信息

1.1.2.1 既有城市轨道交通资产信息体系分析

结合表 1,分析部分既有城市轨道交通资产编码现行规范的不足,结果如表 2 所示。不同城市采用的分类与编码方式不同,一定程度上影响了信息共享,总体上存在问题分类框架不标准、编码规则不统一及功能用途单一等问题。

表 2 部分城市轨道交通资产编码现行规范的不足					
Tab.2 In sufficiencies of current specifications for URT asset coding of some enterprises					
编码体系 现行规范	编码 形式	分类 层级	编码 位数	编码组成	不足
GB/T 37486—2019《城市轨道交通设施设备分类与代码》	字母 + 数字	3 ~ 5	22	行业编码:城市代码 + 运营企业代码 + 制式代码 + 设施设备代码 + 序号代码 企业编码:设施设备代码 + 位置代码 + 序号代码	功能性:编码用于行业内设施设备管理,企业编码用于企业内全生命周期跟踪,只从两个层面考虑 有效性:两种编码形式内容存在重复冗余
《上海申通地铁集团有限公司轨道交通资产编码规则及代码表》	数字	3	20	资产权属 + 使用权属 + 总类号 + 维护部门 + 线路 + 车站 + 大类 + 中类 + 小类 + 顺序码	有效性:权属信息重复冗余 可靠性:位置信息忽略区间、基地等,信息涵盖不全面
北京 DB11/T 717—2010《城市轨道交通设施设备分类与代码》	数字	4	30	初始线路代码 + 分类代码 + 序号代码 + 校验码 + 运营单位码 + 地点代码 + 状态代码	功能性:主要为设施设备的运营管理服务,未考虑资产管理
深圳 SZDB/Z 84—2013《城市轨道交通设施设备编码规范》地铁编码规范	数字	3	18	运营公司 + 设施设备流水号 + 线路 + 位置分类 + 序号 + 系统大类 + 系统小类	有效性:资产分类粒度过大,8 位数流水号确定具体资产,缺乏直观性

1.1.2.2 价值导向的城市轨道交通资产信息

纵观我国关于价值导向的探索主要停留在理论层面的静态研究,鲜有将价值融入到动态管理过程。因此,本文梳理城市轨道交通资产全寿命周期规划设计、采购建设、运营维护和报废四个阶段的业务流程,根据表 1 中对城市轨道交通资产管理价

值的定义,分析价值对资产全寿命周期信息指引与约束作用,具体如图 1 所示。

1.2 公理化设计理论

公理化设计理论是一种指导设计决策并改善设计质量的有效方式^[8],主要包括公理设计域及两条设计公理(独立公理和信息公理)。公理化设计

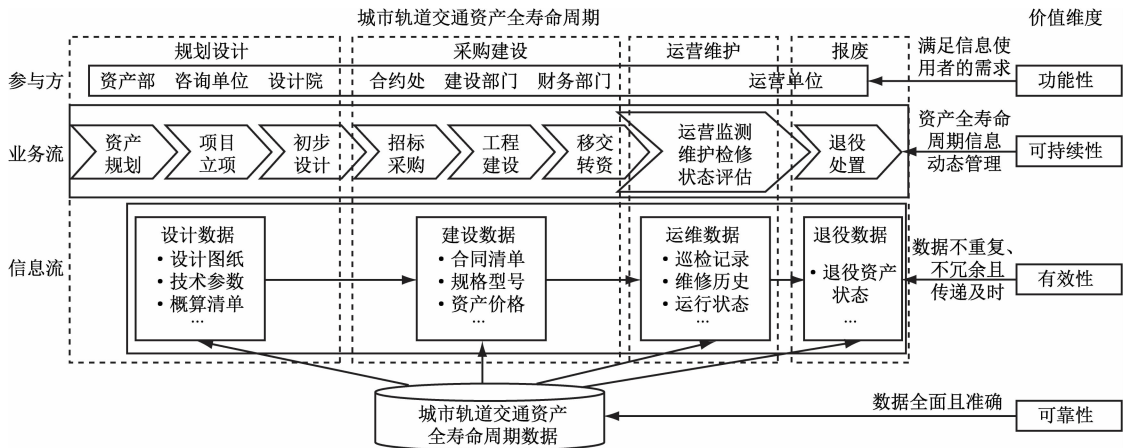
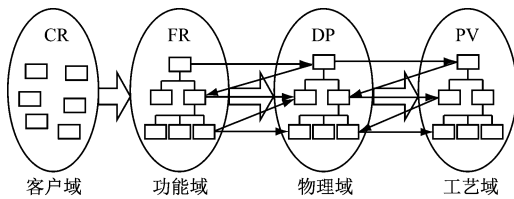


图1 价值对城市轨道交通资产信息的指引作用

Fig. 1 Guiding role of value on URT asset information

中域及其分解和关联映射如图2所示。



注:CR—客户域的元素,代表客户需求(Customer Requirements);
FR—功能域的元素,设计方案功能需求(Functional Requirements);
DR—物理域的元素,描述设计方案的设计参数(Design Parameters);
PV—工艺域的元素,表达实现设计参数的工艺变量(Process Variables)

图2 公理化设计中域的分解及映射

Fig. 2 Decomposition and mapping of axiomatic design process

独立公理和信息公理用来规范公理化设计行为。

独立公理:保持功能要求独立性^[8]。这是相邻域之间映射分解合理性的判断依据,通常用特征向量公式表示。例如功能域 F_R 和物理域 D_P 之间的关系表达式为:

$$F_R = AD_P \quad (1)$$

式中:

A ——元素间关联程度矩阵;其元素表示对应元素间关联程度,元素通常用 X 表示强相关,0 表示弱相关或无相关^[9]。

信息公理:力求设计信息量最少^[8]。

1.3 研究流程

以资产管理价值为导向,运用公理化设计理论构建城市轨道交通资产信息体系。如图3所示,由于本文研究对象为资产信息体系,暂不呈现城市轨

道交通资产的全部设施设备,无需工艺变量这一更具体的设计方式,故只使用公理化设计中的前三域。城市轨道交通资产信息体系的构建流程如下:

步骤1 在客户域中进行利益相关者需求分析。通过访谈调研对利益相关者需求分析,在可靠性引导下完成资产信息体系的初步概念设计。

步骤2 在功能域中进行功能需求层次分解,并需求映射到物理域。运用层次结构和“Z”字形映射明确功能设计和数据设计。此过程在有效性驱动下保障数据不重复、不冗余。

步骤3 资产信息体系构建。根据物理域信息公理指导中得到数据设计方案在可持续性的引导下,依次进行资产信息分类、编码体系、数据模板的构建。

2 南京地铁资产信息体系的设计

目前,南京地铁已开通运营11条线路,资产体量庞大,且其信息化建设处于蓬勃发展阶段,亟需标准统一的资产信息体系为智慧地铁的发展夯实基础。对此,本文设计并构建基于资产管理价值引导的南京地铁资产信息体系。

2.1 面向利益相关者的资产信息需求分析

为了最大程度地实现城市轨道交通资产信息体系的功能性价值,将南京地铁的资产部门、财务部门、建设单位和运营单位识别为核心利益相关者,通过会议法和访谈法进行调研。

首先,收集整理资产管理过程中的问题以及各部门对资产信息的需求;然后,与部门负责人进行一对一访谈,访谈内容围绕资产管理业务内容、资

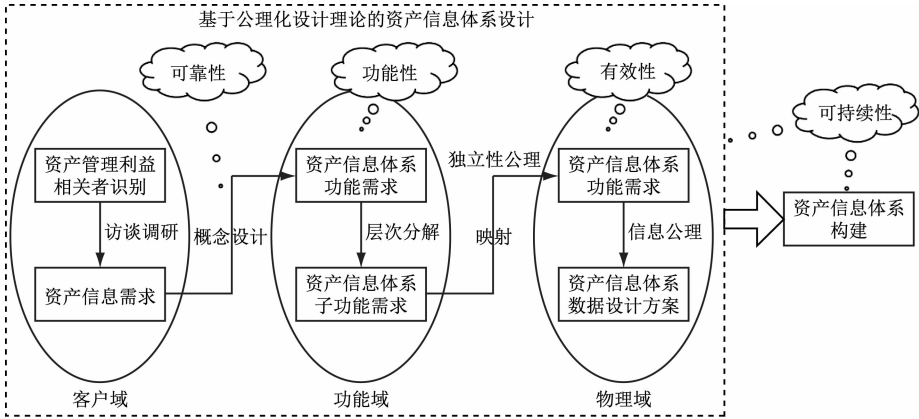


图 3 城市轨道交通资产信息体系的构建流程示意图

Fig. 3 Diagram of URT asset information system construction process

产管理过程中所遇问题及管理难点、资产信息需求及信息质量要求展开;最后,验证需求分析的准确

性并进行补充完善。总结得到南京地铁资产利益相关者信息需求表如表 3 所示。

表 3 南京地铁资产利益相关者信息需求

Tab. 3 Information needs of Nanjing Metro asset stakeholders

利益相关者	资产管理业务	资产信息需求
资产部门	维护国有资产权益,制定资产管理战略,促进资产优化配置,提高资产经营效益,保证国有资产的安全、完整、保值、增值	资产数据规范,信息系统间数据共享,保证资产数据完整性、一致性
财务部门	配合开展资产清查,提供资产财务信息;负责工程建设项目竣工财务决算及资产财务价值核算	资产价值分摊完整且系统;资产信息与财务信息联动
建设单位	负责项目建设安全、质量、进度、造价、技术等实施现场管理;组织资产交付	资产技术与物理属性完整准确,合同变更及时更新信息;资产可溯源至合同清单数据
运营单位	延长设备使用寿命、优化维护活动、实现能源效率、减少劳动时间和设备停机时间	设备维修数据详细,精确到单台设备;信息可追溯便于设备维修更新

由表 3 可知,南京地铁核心利益相关者对于资产信息的覆盖广度、精细度及信息资源的集成程度有较高要求。资产信息需求可归纳概括为:① 资产全寿命周期信息应完整、准确;② 资产相关信息应详细、精确;③ 资产全寿命周期信息应可追溯。

2.2 基于公理化设计的城市轨道交通资产信息体系设计

资产信息体系的功能是功能性价值的具体表达。将南京地铁资产信息体系功能对应设计为对资产信息的标准化、动态化和集成化管理。依据公理化设计,确定最顶层功能设计目标: F_{R_0} = 满足多元利益相关者的资产信息需求。对应数据设计: D_{P_0} = 构建面向利益相关者资产信息体系。继而对 F_{R_0} 进行一级分解并结合“Z”字映射规则,得到对应的数据设计映射,如表 4 所示。

其中, F_{R_1} 由 D_{P_1} 独立实现, F_{R_2} 由 D_{P_1} 、 D_{P_2} 共同实现, F_{R_3} 是 D_{P_1} 、 D_{P_2} 、 D_{P_3} 共同作用的结果,因此设

表 4 F_{R_0} 分解及映射

Tab. 4 F_{R_0} decomposition and mapping

功能需求(F_R)	数据设计(D_P)
资产信息标准化 F_{R_1}	构建标准化的资产信息体系 D_{P_1}
资产信息动态化 F_{R_2}	建立统一数据模板,动态更新信息 D_{P_2}
资产信息集成化 F_{R_3}	集成财务、资产、建设、运营信息 D_{P_3}

计矩阵为三角矩阵,根据式(1),对应的设计方程为:

$$\begin{bmatrix} F_{R_1} \\ F_{R_2} \\ F_{R_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{P_1} \\ D_{P_2} \\ D_{P_3} \end{bmatrix} \quad (2)$$

该设计属于准耦合设计,符合公理化设计理论,但需要对功能需求进一步分解。对 F_{R_1} 再次分解, $F_{R_{11}}$ = 标准化的资产信息分类; $F_{R_{12}}$ = 标准化的资产信息编码; $F_{R_{13}}$ = 标准化的资产名称。与之对应的数据设计为: $D_{P_{11}}$ = 建立标准的资产信息分类体系; $D_{P_{12}}$ = 建立标准的资产信息编码体系; $D_{P_{13}}$ =

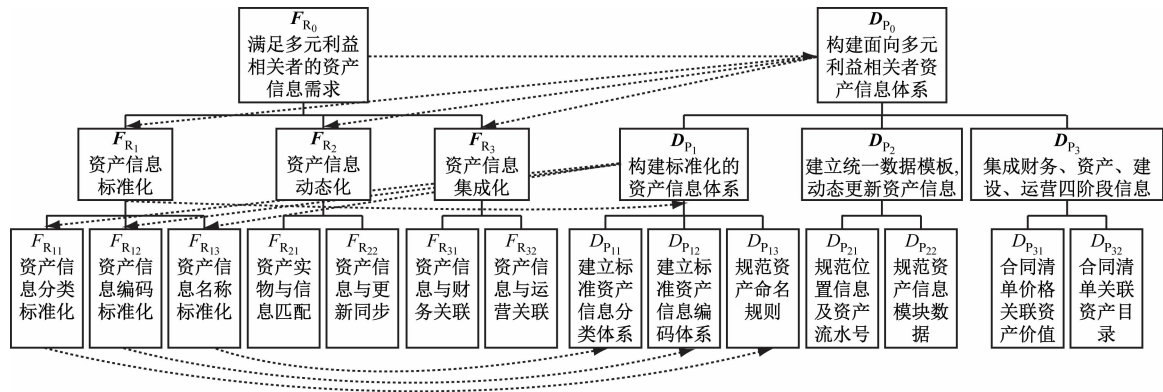
规范资产命名规则。其设计方程为：

[F_R11; F_R12; F_R13] = [X 0 0; 0 X 0; 0 0 X] [D_P11; D_P12; D_P13] (3)

该设计矩阵为对角矩阵。可见,对 F_R1 的进一

步分解得到了无耦合设计矩阵,满足资产信息体系功能的独立性要求。

依次对 F_R2 和 F_R3 进行类似细分,整合得到资产信息功能设计的分解及数据设计映射,如图 4 所示。这可作为构建南京地铁资产信息体系的指导。



注:——功能设计分解;映射。

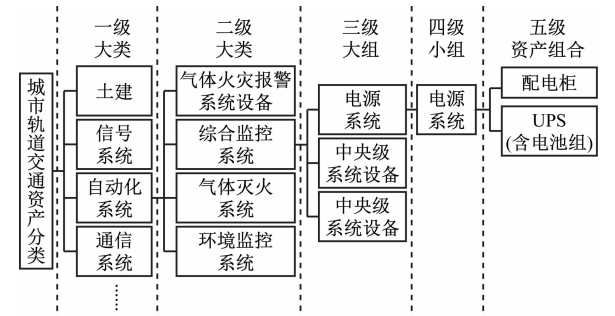
图 4 南京地铁资产信息功能设计分解及映射

Fig.4 Nanjing Metro asset information function design decomposition and mapping

3 南京地铁资产信息体系的构建

3.1 资产分类体系

价值思维下的资产管理需要重视资产的顶端设计,在规划设计阶段开始搭建资产分类框架。基于 EBS(工程系统分解结构)分解原则,将南京地铁固定资产分为土建类、非生产性设备分为供电系统、信号系统、通信系统、自动化系统、AFC(自动售检票系统)、客运设备等 17 个资产大类。根据线分类法继续分解,形成 5 级资产分类——前 4 级按大类、小类、大组、小组划分,第 5 级为资产组合。各类型资产特点不同,管理控制的目的不同,划分方式也随之不同。南京地铁资产分类的局部体系如图 5 所示。



注:UPS 为不间断电源。

图 5 南京地铁资产分类的局部框架体系

Fig.5 Nanjing Metro asset classification partial framework system

3.2 资产信息编码体系

统一的资产分类编码,为城市轨道交通设施设备数据库提供了准确、完整的信息。在南京地铁 5 级资产分类的基础上,将每一级资产类别都按 2 位数字进行编码,形成 10 位的资产分类代码。

从资产运营角度考虑,粘贴于资产实物上的资产卡片需包含资产的权属单位和空间位置信息。由此,在 10 位资产分类编码的基础上增加了权属单位代码、线路代码及资产流水码,用于直观区分资产。南京地铁资产卡片编码如图 6 所示。

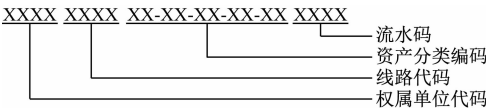


图 6 南京地铁资产卡片的编码示意图

Fig.6 Diagram of Nanjing Metro asset coding card

3.3 资产信息模板

3.3.1 资产信息标准化模板

城市轨道交通资产数据框架如图 7 所示。城市轨道交通设施设备包含大量的动态信息(如位置信息、基本属性信息、维护信息等)。稳定信息也已纳入编码体系中。为保证设施设备属性信息的完整性,其他信息根据标准模板统一收集整理。

为实现资产动态管理,需要统一规范资产数

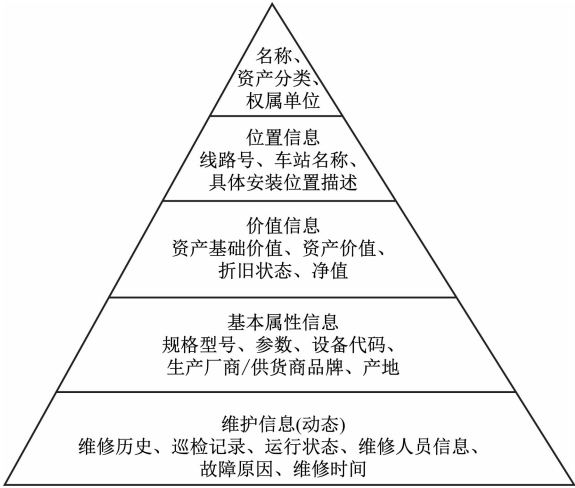


图 7 城市轨道交通资产数据框架
Fig.7 URT asset data framework

表 5 城市轨道交通资产数据模板
Tab.5 URT asset data template

资产实体信息								基本属性				价值信息				维护信息					
序号	资产分类编码	资产分类名称	资产编码	资产名称	资产别名	计量单位	安装位置	设备代号	参数	规格型号	制造商/品牌	产地	资产基础价值/元	资产价值/元	折旧状态	净值/元	运行状态	维修历史	维修时间	维修人员信息	故障原因
1	703020102	服务器	0703020102-0001	服务器 1#	软交换服务器-专用通信设备室	台	地铁大厦-主楼-5 层			I420-G30											
2	703020102	服务器	0703020102-0002	服务器 2#	媒体服务器-专用通信设备室	台	地铁大厦-主楼-6 层			Acro-Media											

管理中对资产约定俗成的叫法,结合该资产的具体位置信息,进而确定资产别名。

2) 基本属性信息。资产的基本属性信息包含设备类资产的设备代号、参数、规格型号、制造商或品牌及产地。此类信息大部分来自于图纸和合同清单。涉及变更的数据,将在建设过程中根据工程变更后的实际情况进行更新。移交阶段对资产的数量、规格型号等信息进行清点记录。

3) 财务价值信息。资产财务价值信息包含资产基础价值、资产价值、折旧状态和净值。其中折旧状态与净值属于动态数据。资产净值受到折旧状态和维修状态的影响,随使用年数动态变化。合同内价格是资产实物对应的合同清单的价格。原值是资产实物价值加上费用分摊后的总价值,也是资产投入运营时的原始价值,在资产移交阶段确定。

4) 维护信息。维护信息在资产运营阶段产生,是城市轨道交通资产运营管理和设施设备维护的数据基础,保障了对设施及设备的动态管控。

4 结语

本文在梳理既有城市轨道交通资产信息体系的研究及应用现状的基础上,提出以资产管理价值

据,对此南京地铁相关部门详细设计了资产数据模板。为满足不同资产卡片的直观性功能需求,资产清单一般根据不同线路单独成册,相应的资产编码为分类编码-流水码形式,并增加基本属性信息、价值信息和维护信息,进而限定设备信息的唯一性。以服务器为例,资产数据模板如表 5 所示。

3.3.2 资产数据来源

表 5 中,资产实体信息和基本属性信息为静态信息,财物价值和维护信息为动态信息。

1) 资产实体信息。资产实体信息包含资产编码、资产名称及资产别名等。资产分类编码、资产编码、资产分类名称和计量单位根据资产分类目录确定。为了分辨相同分类名称下的资产,按照日常

为导向进行资产信息体系设计,以弥补以往资产信息体系缺乏统筹考虑的不足。以南京地铁公司为研究对象,调研分析资产利益相关者需求,运用公理化设计理论指导构建了包含资产分类和编码体系以及信息标准化模板的城市轨道交通资产体系。有效提高了南京地铁资产信息传递的效率和精度,为实现资产管理规范化、精细化、科学化打下坚实的基础。

参考文献

[1] 中国城市轨道交通协会.城市轨道交通 2022 年度统计和分析报告[R/OL]. (2023-03-31)[2023-10-31]. <https://www.camet.org.cn/tjxx/11944>
China Association of Metros. Urban rail transit 2022 annual statistics and analysis report[R/OL]. (2023-03-31)[2022-05-11]. <https://www.camet.org.cn/tjxx/11944>.
[2] 王耀,叶小春,吴珂琪.伦敦城市轨道交通资产管理经验启示[J]. 交通运输系统工程与信息, 2014, 14(6): 219.
WANG Yao, YE Xiaochun, WU Keqi. Experience and enlightenment of asset management in London urban rail transit systems [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2014, 14(6): 219.
[3] 陈悦华,王一川,贾璐.基于 BIM 的地铁运维纯数字分类编码体系研究[J]. 施工技术, 2018, 47(3): 118.

动仿真控制系统能够较为准确地还原出 EP2002 制动系统的特性。

EP2002 制动仿真控制系统以较为低廉的成本,在保留完整作用机制且不失精确性的前提下,用基本气路元件实现对原系统外部特性的正确反映。

参考文献

- [1] 杜守忠,吴志明. EP2002 制动系统的控制过程研究[J]. 电力机车与城轨车辆, 2013, 36(4): 35.
DU Shouzhong, WU Zhiming. Control process study of brake system EP2002[J]. Electric Locomotives & Mass Transit Vehicles, 2013, 36(4): 35.
- [2] 马喜成,龙倩倩. 地铁车辆用 EP2002 制动控制系统[J]. 机车电传动, 2007(4): 38.
MA Xicheng, LONG Qianqian. EP2002 braking control system for metro vehicle[J]. Electric Drive for Locomotives, 2007(4): 38.
- [3] 史富强. 西安地铁 1 号线车辆 EP2002 制动系统[J]. 电子设计工程, 2013, 21(24): 187.
SHI Fuqiang. Xi'an Metro Line 1 vehicle braking system of EP2002[J]. Electronic Design Engineering, 2013, 21(24): 187.
- [4] 罗天培,孙德,张家仙,等. 常温及低温容器充放气模型研究[J]. 导弹与航天运载技术, 2021(4): 55.
LUO Tianpei, SUN De, ZHANG Jiaxian, et al. Charge and discharge model investigation of vessel at normal and cryogenic circumstance[J]. Missiles and Space Vehicles, 2021(4): 55.
- [5] 徐兴,陈照章,黄俊明,等. 电控空气悬架充放气的动态建模及特性仿真[J]. 系统仿真学报, 2011, 23(6): 1225.
XU Xing, CHEN Zhaozhang, HUANG Junming, et al. Dynamic modeling and characteristic simulation of charging-discharging sys-

tem for electronically controlled air suspension[J]. Journal of System Simulation, 2011, 23(6): 1225.

- [6] 姚衡,王涛,范伟,等. 带有高速开关阀的先导式电/气比例阀仿真分析[J]. 机床与液压, 2010, 38(13): 147.
YAO Heng, WANG Tao, FAN Wei, et al. The simulation of proportional pressure valve with high-speed pilot switches[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2010, 38(13): 147.
- [7] 张伟,李淳潮,李志远,等. 基于 AMESim 的电/气比例压力阀仿真与试验[J]. 液压与气动, 2020(3): 65.
ZHANG Wei, LI Chunchao, LI Zhiyuan, et al. Simulation and test for electro-pneumatic proportional pressure valve based on AMESim[J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2020(3): 65.
- [8] 伍智敏,任利惠,裴玉春,等. 地铁列车制动系统的中继阀性能仿真[J]. 城市轨道交通研究, 2011, 14(9): 52.
WU Zhimin, REN Lihui, PEI Yuchun, et al. Simulation of relay-valve of metro braking system performance[J]. Urban Mass Transit, 2011, 14(9): 52.
- [9] 胡薇,朱皓青,王宗明,等. 基于 AMESim 的轨道交通车辆架控制动系统建模与仿真[J]. 城市轨道交通研究, 2015, 18(1): 89.
HU Wei, ZHU Haoqing, WANG Zongming, et al. Modeling of railway bogie controlling pneumatic brake system based on AMESim[J]. Urban Mass Transit, 2015, 18(1): 89.

· 收稿日期:2023-03-11 修回日期:2023-04-06 出版日期:2024-01-10

Received:2023-03-11 Revised:2023-04-06 Published:2024-01-10

通信作者:章文川,硕士研究生,DarlZhan@163.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 253 页)

- CHEN Yuehua, WANG Yichuan, JIA Lu. Research on classification and coding system of pure digital code at operation and maintenance stage of metro based on BIM[J]. Construction Technology, 2018, 47(3): 118.
- [4] 华叶飞. 国有企业资产交付管理问题研究:以轨道交通资产为例[J]. 中国商论, 2020(11): 80.
HUA Yefei. Research on asset delivery management of state-owned enterprises—taking rail transit assets as an example[J]. China Journal of Commerce, 2020(11): 80.
 - [5] 解知彦. 面向运维的地铁设备信息自动化集成方法研究[D]. 西安:西安理工大学, 2020.
XIE Zhiyan. Research on information automation integration method of metro equipment oriented to operation and maintenance[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2020.
 - [6] Project Management Institute (PMI). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) [M]. 5th ed.

Philadelphia: PMI, 2013.

- [7] MOHAMMADI A, AMADOR-JIMENEZ L, NASIRI F. Review of asset management for metro systems: challenges and opportunities [J]. Transport Reviews, 2019, 39(3): 309.
- [8] SUH N P. Axiomatic design theory for systems[J]. Research in Engineering Design, 1998, 10(4): 189.
- [9] KULAK O, CEBI S, KAHRAMAN C. Applications of axiomatic design principles: a literature review[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(9): 6705.

· 收稿日期:2022-05-22 修回日期:2022-06-18 出版日期:2024-01-10

Received:2022-05-22 Revised:2022-06-18 Published:2024-01-10

· 通信作者:洪浩,高级工程师,19426119@qq.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license