

轨道交通规范知识图谱构建技术研究

桂 林, 李远峰, 陈剑佳, 霍佳萌, 包世鹏, 郝昆颐, 李铭洁

(广州地铁设计研究院股份有限公司, 广州 510010)

摘 要: 为解决轨道交通设计规范文本阅读过程中存在的多义性和主观解释性强、利用方式低效等问题, 文章探讨了轨道交通设计规范文本的标准化内容建设方法, 提出了一种基于知识图谱的解决方案。通过对设计规范进行结构化分析与本体建模, 以消防专项审查相关规范为研究对象, 构建了轨道交通消防审查规范知识图谱, 实现了基于标准化知识结构的设计要求查询与设计统计分析等应用。研究表明, 该方法能有效提升设计规范的利用效率, 为轨道交通工程设计知识的利用提供新的技术支持。

关键词: 设计规范; 知识图谱; 本体建模; 数据分析

中图分类号: U239 **文献标识码:** A

Research on construction of knowledge graph of rail transit design specification

GUI Lin, LI Yuanfeng, CHEN Jianjia, HUO Jiameng, BAO Shipeng, HAO Kunyi, LI Mingjie

(Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510010, China)

Abstract: To solve the problems of ambiguity, subjective interpretation, and inefficient utilization in the process of reading the text of rail transit design specifications, this paper explores the standardized content construction method of the rail transit design specifications text, proposes a solution based on knowledge graphs. Through structured analysis and ontology modeling of design specifications, taking fire protection review related specifications as research object, a rail transit fire protection review specification knowledge graph is constructed which realizes the application of design requirement query and design statistical analysis based on standardized knowledge structure. Research shows that this method can effectively improve the utilization efficiency of design specifications and provide new technical support for the utilization of rail transit engineering design knowledge.

Key words: design specifications, knowledge graph, ontology modeling, data analysis

1 知识图谱研究的背景及意义

1.1 研究背景

当前, 轨道交通设计规范在使用中存在诸多问题(如多义性、解释性过强等), 给设计人员和审查人员带来了极大的困扰。同时, 设计规范通常以文本形式存在, 需要基于大量的技术背景才能理解, 这限制了规范的利用效率。因此, 有必要对以非规则化文本形式存储的规范进行规则化解读, 以提高其利用效率和可理解性。作为一种有效的知识表示和管理方式, 知识图谱可以很好地解决上述问题。通过对设计规范中的各类要素进行归纳总结并构建相应的知识图谱, 可以将非规则化的文本规范转化为规则化的知识表示, 从而提高规范的利用效率和可理解性。此外, 知识图谱可以为设计人员提供便捷的设计要求查询和统计分析功能, 有助于指

导后续设计工作的修改和图纸校核。

1.2 目的及意义

本研究旨在引入知识图谱手段对轨道交通设计规范进行结构化分析和本体建模, 构建基于本体的轨道交通消防审查规范知识图谱, 解决当前设计规范在使用中面临的问题。通过这一研究, 有望提高轨道交通设计规范的利用效率和可理解性, 为轨道交通工程设计领域的智能化研究提供支撑。

2 知识图谱在轨道交通中的应用

2.1 知识图谱技术概述

知识图谱(Knowledge Graph)是一种先进的知识表示和管理技术, 近年来在人工智能领域取得了显著发展。以结构化的形式表示现实世界中的实体、概念及其之间的关系, 知识图谱为机器提供了理解和推理的能

力。随着深度学习、自然语言处理等技术的不断进步,知识图谱在构建规模、知识质量、应用广度等方面取得了重要突破。在处理非结构化文本方面,知识图谱展现出了独特的优势。首先,知识图谱能够有效从海量非结构化文本中抽取有价值的信息,并将其转化为结构化的知识表示。这一过程通常涉及实体识别、关系抽取等自然语言处理技术,能使机器更好地理解和处理文本数据。其次,知识图谱能够为非结构化文本提供丰富的上下文信息,有助于解决文本中的歧义和多义性问题。通过构建庞大的知识网络,知识图谱能够将孤立的文本片段连接起来,为机器提供全面的知识背景和语义理解。

2.2 知识图谱在轨道交通领域的应用

在轨道交通领域,利用知识图谱可以建立和维护一张全面、准确的交通图谱,整合城市道路、公交线路、地铁线路等信息,帮助设计师更全面地了解现有交通网络,从而进行更合理的规划^[1]。同时,知识图谱能优化工程设计方案,通过整合历史工程数据、地质勘测信息等多源数据为工程师提供预测和规避潜在风险的依据^[2]。在施工过程中,它可以实时监控施工进度和质量,确保工程的顺利进行。此外,知识图谱能为设备选型与配置提供科学的决策支持,选出性价比最高的设备组合^[3]。最重要的是,它能为轨道交通工程建设提供全面的安全管理支持,整合安全管理规范、历史事故案例等数据,以自动分析安全隐患并提出预防措施^[4]。知识图谱在轨道交通工程设计中的应用不仅能提高设计的科学性和合理性,确保施工和运营的安全性和效率,还能为整个轨道交通行业的发展提供有力的数据支持和智能决策依据。这种技术应用的不断深化将推动轨道交通工程设计向更加智能化、精细化的方向发展。

3 设计规范结构化分析与本体建模

3.1 设计规范条文分析

作为轨道交通设计的基石,设计规范条文是保证工程设计合理性、规范性、安全性的前提,也是设计过程中必须遵守的原则,其中蕴含着丰富的设计要素和要素间关系逻辑。这些元素包括但不限于设计参数、材料规格、施工方法等,它们共同构成了设计规范的主体内容。在条文解析之前,需要对条文内容的构成元素进行详尽的分析。本文以轨道交通消防设计规范领域为研究对象,选取了《地铁设计防火标准》(GB 51298-2018)、《地铁设计规范》(GB 50157-2013)、《建筑设计防火规范》(GB 50016-2014(2018年版))、《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》(GB 51309-2018)、《建筑防排烟系统技术标准》(GB 51251-2017)、《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974-2014)、《建筑灭火器配置设计规范》(GB 50140-2005)中的162条设计规范作为研究对象。利用语义分析模型对这些条文进行分析,总结了条文内容中

包含的各类要素,包括设计对象要素、对象间关系要素以及关系限定条件要素。

设计对象要素是指设计过程中涉及的概念或组件,如控制室、防火分区、站厅层等。每种设计对象均需通过严密的定义来消除歧义性。对象间关系要素指设计对象间可能需要遵循的关系,用于判断设计是否符合规范要求的标准和准则(包括平面距离、投影面积、上方净高等),每种关系应具有明确定义。关系限定条件指存在对象间关系条件下的具体关系约束条件,如大于、等于、不小于或不应存在等,既有逻辑要求,也有值要求。

3.2 设计规范本体建模

如图1所示,本体建模是将领域知识表示为人类、计算机均可理解的形式化模型的方法。在本研究领域,本体建模有助于更好地组织和表示规范知识,提高知识的利用效率和可理解性,为设计规范知识的深度利用奠定基础。

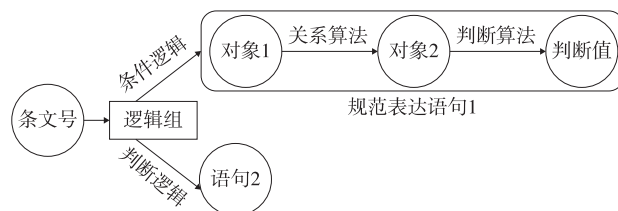


图1 设计规范本体建模

在设计规范知识要素字典建立的基础上,规范文本的本体建模步骤主要包括以下方面:(1)关键概念、术语和要素的总结统计;(2)概念网络的建立,形成概念之间的联系关系;(3)利用本体建模工具对这些概念和关系进行形式化表示和存储,生成相关的本体模型。除了上述设计对象要素、对象间关系要素、关系限定条件要素、逻辑判断要素,规范中还存在规范条文号、规范文本名称要素。在组合上述要素及其关系后,可以得到关于研究范围内的设计规范知识本体模型。

4 设计规范结构化分析与本体建模

4.1 设计规范解析流程设计

由于规范条文具有多义性、可解释性特点,需要结合上下文信息和专业知识进行解析,以确保准确理解规范条文的真实意图和要求。若有必要,还可再次补充相关的专业信息。研究选取的规范内容涉及建筑、暖通、给排水及电气专业,规范间往往会存在多专业共同要求的情况,因此各专业的设计工程师需共同参与。为了保障工作的顺利开展,本文对设计规范解读工作的整体流程进行了设计,并对每个流程提出了具体的要求,如图2所示。

整体原则要求如下:(1)领域内公理明确,不同规范中不同专业间的研究对象可能存在不一致,解析过程必须保证尽可能穷尽本专业内的公理并进行必要解释,以实现专业间概念的一致;(2)完整性表达,要对规范中的

所有内容进行解析,不能省略;(3)冲突检测,规范间、专业间可能会存在不一致的专业概念和要求,解析过程中要利用要素数据字典检查成果的唯一性;(4)最大领域知识复用,尽量减少新概念的总结和产生,降低系统和概念要素的复杂度,同样的概念应在不同规范、不同专业中具有可复用性。

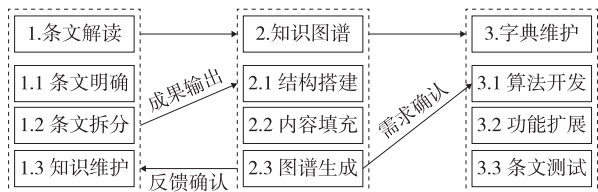


图2 设计规范解析流程

4.2 消防审查知识图谱图数据库研发

设计规范的解析过程涉及多专业、多人合作,需根据设计审查知识解读成果,研发相关的数据接口软件,以生成消防审查知识图谱。本次实验将 neo4j 图数据库作为设计规范条文的存储方式,研发了相应的接口程序和生成方式,在规范条文解析的基础上生成了相关的知识图谱数据文件。

5 消防审查知识图谱应用

5.1 基于知识图谱的设计要求查询

基于轨道交通消防审查知识图谱,对设计过程中涉及的各类要素进行查询,明确各类设计元素需要注意的设计要点。(1)搜索所有“公共区”相关的其他设计元素,可以得到其余20类相关对象。(2)进一步搜索“公共区”中必须包含的其他设计对象,可以得到16种相关对象。(3)搜索所有“公共区”相关的规范条文。此外,可以在面积、所处位置等方面以标准化的方式对设计规范中的各类对象进行查询。

5.2 基于知识图谱的设计统计分析

根据轨道交通消防设计知识图谱对各类设计要素进行统计、分析和审查,指导后续设计工作的修改及图纸校核。(1)统计规范中各设计对象的出现频次信息,在设计过程中做好精力分配,同时遵循各类要求。(2)统计存在距离关系的设计规范要求及相关对象。

6 结论及展望

6.1 总结

针对轨道交通设计规范存在的多义性、多解释性问

题,本研究提出了一种新的处理方法,即通过知识图谱技术对设计规范进行建模。这一方法不仅将原本非规则化、文本形式的设计规范转化为规则化、结构化的数据模式,还大幅提高了规范的利用效率和可读性。通过本体建模,成功对设计规范中的逻辑、审查对象、判别方法、判别标准等核心要素进行了有效整合,构建了一个清晰、直观且易于查询的知识图谱,为轨道交通工程设计人员提供了一种新的参考工具和灵活、可扩展的信息。

6.2 未来展望

随着人工智能技术的飞速发展,大模型技术成为未来设计规范处理的可能手段。它具有强大的自然语言处理能力和上下文理解能力,在规范解读方面具有巨大的潜力。通过训练和优化大模型,人们可以实现对设计规范文本的更深入、更准确地理解,从而进一步提高知识图谱的质量和适用性。在设计规范解读领域,大模型技术有助于实现更高效、更准确的规范解读和结构化处理。这不仅可能提升设计规范的利用效率,还可能为轨道交通工程设计领域带来革命性变革。随着技术的不断进步和应用场景的持续拓展,设计规范在轨道交通工程设计中的规范化作用将愈发明显。

参考文献:

- [1] 刘奕含,宁念文,杨东霖,等.面向城市交通的动态知识图谱综述——构建、表示与应用[J].地球信息科学学报,2024,26(4):946-966.
- [2] 刘义,杨清.基于 CiteSpace 知识图谱的城市轨道交通 BIM 技术研究进展可视化分析[J].项目管理技术,2024,22(1):67-72.
- [3] 朱军,党沛,江忆言,等.联合大语言模型和知识图谱的轨道交通特色 GIS 专业课程体系优化[J].测绘通报,2023(S2):23-28.
- [4] 唐荻音,丁奕州,王轩,等.知识图谱技术在预测与健康健康管理中的应用现状与研究展望[J].电光与控制,2024,31(2):1-11.

作者简介:

桂林(1984—),硕士,高级工程师,研究方向:轨道交通数字化,E-mail:kd_0047@163.com。