

ICS 75.180.10

CCS E92

团体标准

T/CNPC10022-2024

炼油与化工领域 知识图谱技术规范

Oil of Refining&Chemical industry
Specification for knowledge graph construction

2024-10-01 发布

2024-12-01 实施

中国石油和化工自动化应用协会 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 缩略语	2
5 炼油与化工领域本体技术要求	2
5.1 炼油与化工领域本体顶层框架定义	3
5.2 炼油与化工领域本体框架扩展	3
6 炼油与化工领域实体提取技术要求	4
6.1 炼油与化工领域知识图谱命名	4
6.2 炼油与化工领域领域知识获取	5
6.3 炼油与化工领域知识融合	5
6.4 炼油与化工领域知识图谱质量评估	5
7 炼油与化工领域知识图谱应用	6
7.1 炼油与化工领域知识展示	6
7.2 炼油与化工领域知识搜索	6
7.3 炼油与化工领域知识推理	6
7.4 炼油与化工领域文本生成	7
7.5 炼油与化工领域智能问答	7
8 炼油与化工领域知识图谱的共享安全与隐私	7
8.1 数据、算法和模型安全	7
8.2 知识图谱技术和管理安全	7
附录 A（资料性）炼油与化工领域知识图谱本体设计	8
附录 B（资料性）炼油与化工领域知识图谱关系设计	18
附录 C（资料性）通用关系设计	20
附录 D（资料性）实体知识获取示例	21
参考文献	22

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。

本文件由中国石油和化工自动化应用协会标准化工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院、中国石油天然气股份有限公司化工研究院、中国石油锦州石化公司、华为技术有限公司、山东胜软科技股份有限公司、中国石油大学（北京）。

本文件主要起草人：龚仁彬、林霞、李欣、米兰、窦宏恩、惠思源、刘文岭、徐超、向冲、刘宗尚、崔鹏、张弢、陈哲、杨光、李帅、张思博、彭朱炜、李昱池、苏涛、王珍珍、于潇、王吉庆、甘春庭、张俊涛、林伯韬、宋先知、廖广智。

炼油与化工领域知识图谱技术规范

1 范围

本文件规定了炼油与化工领域知识图谱建设技术要求。

本文件适用于炼油与化工领域知识图谱的设计、构建、融合与应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18391.1—2009 信息技术 元数据注册系统（MDR） 第1部分：框架

GB/T 5271.17—2010 信息技术 词汇 第17部分：数据库

GB/T 23703.2—2010 知识管理 第2部分：术语

GB/T 35295—2017 信息技术 大数据 术语

GB/T 42131—2022 人工智能 知识图谱技术框架

T/CESA 1034—2019 信息技术 人工智能 小样本机器学习样本量和算法要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

知识图谱 knowledge graph

以结构化形式描述的知识元素及其联系的集合。

[来源：GB/T 42131—2022，3.6]

3.2

本体 ontology

在大数据语境下，本体是一些约束后续各种不同层次逻辑模型的语义模型。

[来源：GB/T 35295—2017，2.1.54]

3.3

实体 entity

存在或者可能存在的任何具体或抽象的事物，包括这些事物间的关联。

例：“锦州石化”是本体“炼油厂”的实体。

[来源：GB/T 5271.17—2010，17.02.05]

3.4

属性 attribute

实体的一种命名的性质。

[来源：GB/T 5271.17—2010，17.02.12]

3.5

属性值 attribute value

属性的特定出现值。

[来源：GB/T 5271.17—2010，17.02.13]

3.6

关系 relation

具有相同属性的各实体值的集合以及这些属性。

[来源: GB/T 5271.17—2010, 17.04.01]

3.7

实体抽取 entity extraction

实体抽取是在文本中定位实体的边界并分类到预定义类型集合的过程。

3.8

关系抽取 relation extraction

关系抽取是从文本中提取实体之间的关联关系的过程。

3.9

属性抽取 attribute extraction

属性抽取是从文本中提取实体的属性信息的过程。

3.10

知识表示 knowledge representation

用于对知识进行表达的符号体系或形式化。

[来源:GB/T 23703.2—2010, 4.4]

3.11

知识获取 knowledge acquisition

知识获取是组织从某种知识源中总结和抽取有价值的知识的活动。

[来源:GB/T 23703.2—2010, 2.13]

3.12

结构化数据 structured data

结构化数据是一种数据表示形式, 由数据元素汇集而成的每个记录的结构都是一致的, 并且可以使用关系模型予以有效描述。

[来源:GB/T 35295—2017, 2.2.13]

3.13

非结构化数据 unstructured data

非结构化数据是不具有预定义模型或未以预定义方式组织的数据。

[来源:GB/T 35295—2017, 2.1.25]

3.14

半结构化数据 semi-structured data

介于结构化数据和非结构化数据之间的数据。

3.15

元数据 metadata

定义和描述其他数据的数据。

[来源:GB/T 18391.1—2009, 3.2.16]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

URI: 统一资源标识符 (Uniform Resource Identifier)

5 炼油与化工领域本体技术要求

5.1 炼油与化工领域本体顶层框架定义

5.1.1 顶层本体定义

炼油与化工领域是指炼油生产、化工生产和化工销售的统称。

炼油与化工领域顶层本体是指在知识图谱中顶层的概念，它提供了一个框架来组织和描述炼油与化工领域内的知识，并定义了一些基本的概念、属性和关系。炼油与化工领域知识图谱本体设计见附录A。

在炼油与化工领域顶层本体中：

- a) 概念是对炼油与化工领域内事物的抽象定义；
- b) 属性是对概念的描述；
- c) 关系用于描述概念之间的客观联系，炼油与化工领域知识图谱关系设计见附录B，通用关系设计见附录C。

5.1.2 顶层本体业务范围

炼油与化工领域业务范围包括炼油、化工生产及化工产品销售。

- a) 炼油生产是指从原油采购开始，经过原油的运输、进厂、调合和调度，进入炼化车间进行加工，最终生产出成品油供应市场；
- b) 化工生产是指按照化工生产计划进行原料选购，之后在化工车间中产出合成树脂、合成橡胶等产品，最后供应市场；
- c) 化工销售是指以化工产销协同为主线，有机衔接化工产品资源配置、买断、运输、销售、仓储、结算、客户服务等业务环节。

5.1.3 本体构建方法

在炼油与化工领域的顶层本体构建中，宜采用以下流程：

- a) 确定本体领域：明确知识图谱的应用场景和需求，确定炼油与化工领域本体的专业领域和范畴；
- b) 识别重用本体：考虑对齐、复用现有的本体；
- c) 列举重要术语：列出本体涉及的炼油与化工领域中的重要术语；
- d) 确定本体概念：梳理炼油与化工领域的知识，抽取出核心概念和概念的层次关系；
- e) 定义概念属性：定义每个概念数据属性和对象属性；
- f) 定义约束：定义概念的数据类型、关系的指向、关系的特征；
- g) 概念实例化：将炼油与化工领域的数据和知识填充到本体中，进行概念、关系和属性的实例化。

5.2 炼油与化工领域本体框架扩展

5.2.1 本体扩展原则

炼油与化工领域本体扩展应遵循以下原则：

- a) 一致性：新的本体扩展应与现有本体保持一致。确保新概念、关系及属性与已有的定义相协调，避免出现冲突或重叠。
- b) 可重用性：应尽量重用现有的概念和关系，避免重复定义相同或相似的内容，利用已有的本体资源和知识库来减少冗余并提高效率。
- c) 模块化：应根据不同的领域、知识主题，将本体划分为不同的模块或分层，以便更好地管理和维护。
- d) 扩展性：应保持本体的可扩展性，以便容纳未来的新知识和需求，设计灵活的本体结构，允

许新概念和关系的添加，同时确保已有本体的稳定性和可用性。

- e) 明确性：在扩展本体时，应使用清晰明确的定义和术语，确保其他使用本体的人或系统可以理解和解释新概念的含义，避免歧义和模糊性。
- f) 可维护性：应考虑本体的维护成本和复杂性，在设计本体扩展时，应便于更新、调整和修正，以便及时处理错误、修复 bug 以及适应领域变化。
- g) 文档化：应为扩展的本体提供清晰的文档和说明，以便理解和使用。

5.2.2 属性扩展原则

炼油与化工领域属性扩展应遵循以下原则：

- a) 一致性：新的属性定义应与已有属性保持一致性，确保新属性使用的命名规范、数据类型、值域等与已有属性相协调，避免冲突和混淆。
- b) 可重用性：在扩展属性时，应尽量重用已有的属性定义，避免重复定义相同或相似的属性，以减少冗余并提高效率。
- c) 明确性：应明确清晰属性的定义和含义，使用户或系统能够理解其含义和用途。
- d) 关联性：应考虑属性之间的关联和依赖关系，当扩展一个属性时，需要考虑与其他已有属性的关系，以确保属性之间的一致和相互补充。
- e) 准确性：添加属性时，应考虑属性的信源和可信度，以增强属性的准确性。
- f) 扩展性：属性的扩展宜通过增量的方式进行，逐步添加新的属性，方便验证和维护。
- g) 文档化：应为扩展的属性提供清晰的文档和说明，以便理解和使用。

5.2.3 关系扩展原则

炼油与化工领域关系扩展应遵循以下原则：

- a) 一致性：新的关系定义应与已有关系保持一致，避免产生冲突或混淆。
- b) 准确性：新的关系应能够准确描述本体之间的连接和依赖关系，使图谱更加详细和精确。
- c) 扩展性：新的关系应考虑未来的扩展和演化。
- d) 文档化：应为扩展的关系提供清晰的文档和说明，以便理解和使用。

5.2.4 实体扩展原则

炼油与化工领域实体扩展应遵循以下原则：

- a) 唯一性：实体扩展应保持唯一性，避免重复或混淆。
- b) 丰富性：实体扩展应注重信息的丰富性，即新加入的实体应该能够填补知识图谱中的空白，丰富知识图谱的内容。
- c) 关联性：实体扩展应考虑实体之间的关联性，即新加入的实体应该与已有实体存在一定的关联，这有助于构建更加完整和连贯的知识图谱。
- d) 准确性：实体扩展应考虑实体信息的可信度，即新加入的实体应该来源可靠，信息准确。
- e) 文档化：应为扩展的实体提供清晰的文档和说明，以便理解和使用。

6 炼油与化工领域实体提取技术要求

6.1 炼油与化工领域知识图谱命名

遵循如下规则，例如炼油与化工_xx单位_知识图谱_V主版本号.子版本号.修正版本号：

- a) 专业：指炼油与化工等专业。
- b) 单位：指构建的单位。
- c) 版本：由主版本号、子版本号、修正版本号三项组成，版本命名规则是按照 V 主版本号.子版

本号. 修正版本号的格式命名, 各版本之间采用“.”连接, 主版本号和次版本号是必选的, 主版本号可从0开始。

d) 各项之间采用下划线“_”连接。

6.2 炼油与化工领域领域知识获取

6.2.1 炼油与化工领域知识获取方式

知识获取应遵循以下要求:

- a) 应支持人工标注, 标注时一次标注实体、关系及属性, 避免一段文本多次标注;
- b) 人工标注应按照标注规范进行;
- c) 应支持主流的实体抽取及关系抽取模型;
- d) 应支持基于模板的知识获取方法;
- e) 对模型自动获取的实体及关系宜进行领域专家审核;
- f) 知识获取的准确率和召回率宜大于80%。

6.2.2 炼油与化工领域结构化数据知识获取

结构化数据获取可参考如下规则并根据具体数据进行相应调整:

- a) 表映射到本体中的概念;
- b) 列映射到表对应概念的属性;
- c) 行映射到表对应概念的实体, 主键映射到URI、其他字段映射到实体对应属性值;
- d) 外键映射到概念的关系。

6.2.3 炼油与化工领域非结构化数据知识获取

- a) 文本数据的知识获取应利用规则和字典法、统计法、机器学习法对实体、关系进行抽取;
- b) 图像数据的知识获取应从图像的元数据中获取, 或采用人工智能图像算法对图像或视频内容进行知识抽取;
- c) 音频数据的知识获取应从音频的元数据中获取, 或采用语音识别技术转换音频为文本, 并从文本中抽取知识;
- d) 其他非结构化数据应从智能分析或从该数据的元数据中进行知识获取, 具体示例见附录D。

6.3 炼油与化工领域知识融合

6.3.1 知识融合内容

- a) 在概念层面, 应利用人工审核或技术手段将抽取的知识与本体中的概念对齐;
- b) 在实体层面, 应利用人工审核或技术手段识别同一实体的不同名称, 进行实体对齐。

6.3.2 知识融合方法

- a) 编辑距离: 从一个字符串转成另外一个字符串所需要的编辑操作数目, 编辑距离越短, 相似度越高;
- b) 向量距离: 首先将知识表征为向量, 向量可为信息检索中基于词频的统计方法生成的向量, 也可为深度学习算法生成的字、词、图节点向量等, 其次通过余弦相似度等方法可计算得到向量间的相似度。

6.4 炼油与化工领域知识图谱质量评估

6.4.1 炼油与化工领域知识图谱质量评估方法

应遵循以下要求：

- a) 应允许专家对获取的知识进行人工审核；
- b) 应对融合的知识进行质量控制、舍弃专家界定的可信度低的知识；
- c) 应利用公认的衡量指标对知识获取、知识融合步骤中使用的算法进行质量评估，遵守 T/CESA 1034 中的算法要求量化方法，当衡量指标达到用户指定的阈值，即认为知识图谱获取的知识满足最低质量要求；
- d) 对知识图谱中潜在偏见和错误从数据来源、知识更新、用户反馈等方面建立监控、检测与纠正机制，保障知识图谱的准确性和可靠性。

6.4.2 炼油与化工领域知识图谱更新与补全

应遵循以下要求：

- a) 针对知识图谱不完整的应进行知识图谱补全；
- b) 知识图谱补全分为概念层面补全和实体层面补全；
- c) 宜采用基于规则、基于统计学习等方法对知识图谱的内容进行补全。

7 炼油与化工领域知识图谱应用

7.1 炼油与化工领域知识展示

对炼油与化工领域包含合理数目实体、关系的知识图谱或子图进行可视化展示，内容应包括实体、关系、实体的属性等。知识展示的技术要求如下：

- a) 应解决计算效率问题，如分布式表示，能够高效地实现语义相似度计算等操作，显著提升计算效率；
- b) 应缓解数据稀疏问题，使每个对象均对应一个稠密向量；
- c) 应实现异质信息融合，不同来源的异质信息需要融合为整体，才能得到有效应用；
- d) 应支持复杂推理模式的知识表示，考虑关系路径的知识表示学习；
- e) 应支持展示节点数量配置，满足炼油与化工领域业务范围的展示要求。

7.2 炼油与化工领域知识搜索

针对炼油与化工领域实体、关系、实体的属性进行搜索的技术要求如下：

- a) 应支持扩展成为构建在语义 Web 上的新一代搜索引擎；
- b) 应支持炼油与化工领域本体知识库的构建、维护与进化；
- c) 宜满足推理机制，提高基于描述逻辑的本体推理技术的推理效率；
- d) 应支持结果排序，通过基于语义相似度的排序算法提高返回结果的相关性。
- e) 应支持原型系统的实现，具体方法为：
 - 1) 构建本体：使用本体构建工具创建一个炼油与化工领域的本体，包括实体、属性和关系。
 - 2) 本体推理：使用推理器对本体进行推理。
 - 3) 语义相似度计算：使用相似度计算算法，计算炼油与化工领域内术语的语义相似度，以优化搜索结果的相关性。
 - 4) 结果排序：使用统计算法，对搜索结果进行排序，确保最相关的信息排在最前位置。
 - 5) 原型系统实现：开发 Web 原型系统，集成上述工具和算法，实现知识搜索。

7.3 炼油与化工领域知识推理

提供基于规则引擎的推理能力，允许用户配置规则推理获得新知识、更新知识图谱，并提供基于图向量知识表征的推理能力，知识推理的技术要求如下：

- a) 应支持关联分析能力，基于炼油与化工领域知识图谱实现知识的关联分析；
- b) 应支持规则推理能力，通过路径和节点属性计算等方法，基于专家经验，在图上进行基于路径和节点属性计算的迭代推理能力；
- c) 应支持表示推理能力，包括但不限于通过联动图谱存储、图训练框架实现表示推理能力，通过对知识的嵌入表示，结合深度学习实现推理能力，同时可支持基于图神经网络的表示推理算法等，结合业务下游模型进行关系预测、属性预测、推荐排序等。

7.4 炼油与化工领域文本生成

炼油与化工领域文本生成的技术要求如下：

- a) 应正确识别用户所输入文本内容，基于知识图谱进行查询、推理；
- b) 应支持大规模知识推理，通过知识推理手段获取数据；
- c) 应支持异构知识关联，综合多个知识库输出报告。

7.5 炼油与化工领域智能问答

炼油与化工领域智能问答的技术要求如下：

- a) 应正确理解用户所提问题的语义内容，基于知识图谱进行查询、推理；
- b) 应支持大规模知识推理，通过知识推理手段获取隐含答案；
- c) 应支持异构知识关联，综合多个知识库给出答案；
- d) 可结合大语言模型进行相关问答、推理等应用。

8 炼油与化工领域知识图谱的共享安全与隐私

8.1 数据、算法和模型安全

- a) 数据安全应包括炼油与化工领域图数据的生命周期，基于对称加密或非对称加密等算法对数据进行加密保护，保障数据标注过程安全，保证数据质量可靠；
- b) 隐私保护类标准应重点防范因隐私数据过度采集、逆向工程、隐私数据滥用等造成的隐私数据安全风险；
- c) 算法、模型安全应包括模型文件的加密保护、算法模型鲁棒性、安全防护、可解释性和算法偏见的安全需求；
- d) 应保障图数据库和基于知识图谱所建立的智能系统的本质安全。

8.2 知识图谱技术和管理安全

- a) 炼油与化工领域知识图谱应设置数据访问控制，对访问人员或应用要有明确的知识范围控制；
- b) 炼油与化工领域知识图谱应当设置管理员，负责知识图谱的权限控制和日常运维；
- c) 炼油与化工领域知识图谱应用应当有日志监控、更新记录、操作记录等；
- d) 炼油与化工领域知识图谱应当定时备份、异地灾备。

附录 A

(资料性)

炼油与化工领域知识图谱本体设计

表A. 1给出了炼油与化工领域知识图谱本体设计框架。

表 A. 1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务	
炼油生产	原油选购	原油配置计划	原油采购需求上报	
			原油配置计划制定与下发	
		原油选购计划	原油品种及估价分析	
			原油选购优化	
			原油加工方案制定	
		原油采购方案优化	炼化企业进口油选购优化	
			原油评价分析	
	原油成本优化			
	原油采购	原油采购	原油采购	
	原油运输	原油运输计划	原油运输计划	
		原油运输	原油运输	
	原油进厂	原油管输进厂	陆上原油管输计量	
	炼油生产计划	原油码头罐区进厂		陆上原油进厂化验分析
				原油码头计量
				原油码头化验分析
		原油铁运进厂		原油铁运计量
				原油铁运质检
				原油槽车调运管理
		炼油生产计划		炼油月度生产计划
				炼油季度生产计划
炼油年度生产计划				
炼油-化工互供料生产计划			炼油供化工料生产计划	
	化工供炼油料生产计划			
	外采原料计划			

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务	
炼油生产	原油调度	油轮卸油/管输	油轮卸油/管输	
		原油罐存	原油罐存管理	
		原油罐收付油	原油罐收付油	
		原油调合	原油混兑	
	原油静置			
	炼油装置运行	炼油生产调度		日生产计划
				周生产计划
				调度排产
				炼油装置投入产出管理
				炼油装置收付管理
				炼油物料平衡
				公用工程平衡
				油品储运调度
				调度指令管理
				生产计划跟踪
				调度监控预警
				生产调度会
				调度日报
				调度日志
		操作管理		操作指标
				操作变动预约
				操作日志
				操作导航
				装置报警及异常记录
				班组计量
		运行监控		生产运行监控
				生产运行分析
				重大危险源监控
				环保排放口监控
				大机组/关键设备运行监控
				调度指令发布与执行监控
				技经指标监控
			绩效分析	
	工艺控制指标监控			

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务
炼油生产	炼油装置运行	运行监控	SIS 系统运行监控
			视频监控
			报警管理
			异常关联分析
		统计管理	物料统计
			能耗统计
			辅料统计
			技经指标
		异常处理	异常事故管理
			异常报警管理与优化
			安全边界管理
			装置开停工管理
			装置异常退守处置
		班组管理	班组人员上岗证管理（包括危险化学品证、特种作业证等）
			班组生产操作统计
			班组生产操作绩效
		装置优化分析	炼油生产全流程优化分析
			炼油装置操作优化分析
			炼油装置实时操作优化
		控制优化	先进控制
			控制性能优化
			实时在线优化
			油品调合优化
		质量管理	入厂原料质量管理
			馏出口质量管理
			中间物料质量管理
			成品质量管理
			工程建设质量管理
			质量分析
		应急处置	公司综合应急处置
			环境事件应急处置
			厂级/装置级事故应急处置
生产波动异常处置			
非计划停工应急处置			

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务
炼油生产	工艺技术	生产受控	操作变动管理
			操作规程
			工艺联锁
		工艺管理	技术标定
			工艺防腐
			工艺技术分析
			操作平稳率
		工艺卡片管理	
		三剂管理	三剂管理
		装置达标	装置达标
	技术报告	技术月报	
		专项方案/总结	
	能源管理	炼油用能管理	能源计划
			能源监测
			能源平衡
			能源统计
			能源分析
		炼油碳排放管理	炼油碳排放管理
		能源优化	蒸汽系统监测与优化
			氢气系统监测与优化
			瓦斯（燃料气/天然气）系统监测与优化
			氮气系统监控与优化
	工业水系统监测与优化		
	油品储运	油品储罐管理	固定顶常压储罐管理
			浮顶（内/外浮顶）常压储罐管理
			压力球罐储运
			储罐安全附件管理
			油品储罐计量检尺管理
			油品储罐定期切水管理
		油品长输管线管理	长输管线巡线管理
			长输管线运行管理
		油品储运损耗管理	油品储罐损耗管理
油品在途损耗管理			

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务
炼油生产	成品油调合	汽油成品调合	92#汽油调合
			95#汽油调合
			97#汽油调合
			98#汽油调合
		航煤成品油调合	JETA-1 航煤调合
			专用 3#喷气燃料调合
			民用 3#喷气燃料调合
			JETB 航煤调合
		柴油成品调合	普通柴油调合
			低凝柴油调合
			专用油柴油调合
		其他小产品调合	航空汽油/航空异辛烷/航空洗涤汽油等调合
		燃料油成品调合	燃料油成品调合
	高辛烷值组分库存管理	高辛烷值组分库存管理	
	油品添加剂管理	汽油/航煤/柴油等调合添加剂管理	
	产品质量管理	成品油质量管理	
	成品油出厂	成品油出厂计划	成品油每日/周/月度出厂计划
		成品油出厂	成品油管输出厂
			成品油铁运出厂
			成品油汽运出厂
成品油管输油种（牌号）切换操作管理		成品油管输油种（牌号）切换操作管理	
成品油长输管线巡线管理		成品油长输管线巡线管理	
产品质量管理		成品油合格证管理	
	成品油出厂质检管理		
	成品油批次封样管理		
化工生产	化工产品需求计划	固体化工产品需求计划	合成树脂需求计划
			合成橡胶需求计划
			合成纤维需求计划
			化肥需求计划
	液体化工产品需求计划	无机化工产品需求计划	
		有机化工产品需求计划	
		精细化工产品需求计划	
	化工产品直供客户需求计划	化工产品直供客户长周期需求计划	
化工产品直供客户短周期需求计划			

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务
化工生产	化工产品需求计划	化工产品直供客户需求计划	化工产品直供客户定期需求计划
			化工产品直供客户不定期增产需求计划
	化工生产计划	固体化工产品生产计划	合成树脂生产计划
			合成橡胶生产计划
			合成纤维生产计划
			化肥生产计划
		液体化工产品生产计划	无机化工产品生产计划
			有机化工产品生产计划
			精细化工产品生产计划
	聚合产品牌号切换排班计划	聚合产品牌号切换排班计划	
	化工装置停工消缺生产计划	化工装置停工消缺生产计划	
	化工产品中试生产计划	化工产品中试生产计划	
	化工原料选购	乙烯裂解原料选购	乙烯裂解原料选购计划
			乙烯裂解原料平衡优化
		化工三剂（催化剂、引发剂、助剂）选购	化工三剂选购计划
			化工三剂进厂安排
		化工原辅料选购	化工原辅料选购计划
			化工原辅料进厂安排
	外购丙烯原料管理	丙烯原料外购计划	
		外购丙烯进厂安排	
	化工装置运行	化工生产调度	原料质量管理
			原料质量管理
			化工产品排产计划
			化工负荷调整安排
			化工产品牌号切换
			化工装置投入产出管理
			化工装置收付管理
			生产计划跟踪
			调度监控预警
			生产调度会
		调度日报	
		调度日志	
操作管理		操作指标	
		操作变动预约	
	操作日志		
	操作日志		

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务
化工生产	化工装置运行	操作管理	操作导航
			装置报警及异常记录
			班组计量
		运行监控	生产运行监控
			生产运行分析
			重大危险源监控
			环保排放口监控
			大机组/关键设备运行监控
			调度指令发布与执行监控
			技经指标监控
			绩效分析
			工艺控制指标监控
			SIS 系统运行监控
			视频监控
			报警管理
			异常关联分析
			统计管理
		能耗统计	
		辅料统计	
		技经指标	
		异常处理	异常事故管理
			异常报警管理与优化
			安全边界管理
			装置开停工管理
			装置异常退守处置
		班组管理	班组人员上岗证管理（包括危险化学品证、特种作业证等）
			班组生产操作统计
			班组生产操作绩效
		装置优化分析	化工生产过程优化分析
			化工装置操作优化分析
化工装置实时操作优化			
控制优化	先进控制		
	控制性能优化		
	实时在线优化		

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务
化工生产	化工装置运行	控制优化	化工固体产品、液体产品优化
		质量管理	中间物料质量管理
			产品批次质量管理
			装置产品质量管理
			质量分析
		应急处置	公司综合应急处置
			环境事件应急处置
			厂级/装置级事故应急处置
			生产波动异常处置
			非计划停工应急处置
	工艺技术	生产受控	操作变动管理
			操作规程
			工艺联锁
		工艺管理	技术标定
			工艺防腐
			工艺技术分析
			操作平稳率
			工艺卡片管理
		三剂管理	三剂管理
		装置达标	装置达标
	技术报告	技术月报	
		专项方案/总结	
	能源管理	化工用能管理	能源计划
			能源监测
			能源平衡
			能源统计
			能源分析
化工碳排放管理		化工碳排放管理	
能源优化		蒸汽系统监测与优化	
		氢气系统监测与优化	
		瓦斯（燃料气/天然气）系统监测与优化	
		氮气系统监控与优化	
	工业水系统监测与优化		
化工品仓储	固体化工品管理	固体化工品出入库管理	

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务		
化工生产	化工品仓储	固体化工品管理	固体化工品仓储管理		
			固体化工品不合格品管理		
			固体化工品协议品管理		
			固体化工品销售出厂计划管理		
		液体化工品管理	液体化工品储罐接收管理		
			液体化工品储罐计量检尺计划		
			液体化工品装车出厂管理		
化工销售	市场研究	需求预测	年度需求预测		
			月度需求预测		
		价格预测	月度市场价格预测		
			周市场价格预测		
	计划管理	资源配置计划	资源一次配置		
			资源二次配置		
		销售计划	年度销售计划		
			月度销售计划		
	调运计划	调拨需求计划			
	销售管理	营销管理		客户考核	
				客户评级	
				客户升降级管理	
				客户激励	
		价格管理		买断价管理	
				销售价管理	
		统销买断分割		入库买断	
				离厂买断	
		销售管理	销售订单	采购订单	公司间采购订单
					定价销售订单
					挂牌销售订单
					竞价销售订单
					现货专场订单
	互供销售订单				
	试用料订单				
	销售结算		非售后结算		
			售后结算		
	物流管理	物流优化	资源流向优化		

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务
化工销售	物流管理	调拨订单	物流调拨订单
		产品出库（炼厂）	提货计划管理
			提货申请
			预约进厂管理
			资质核验
			进出厂线路管理
			排队叫号管理
			装车计量管理
			物流运输
		铁路运输	
		水路运输	
		多式联运	
		铁路自备车管理	
		运费管理	公路运费管理
			铁路运费管理
			水路运费管理
			多式联运运费管理
		仓储管理	入库管理
			库存管理
			出库管理
			盘点管理
	过户管理		
	客存管理		
	仓储费用管理		
	配送管理	承运商管理	
		直发配送管理	
		库发配送管理	
		配送费管理	
物流状态跟踪			
客户签收			
自备车管理	车辆管理	车辆信息管理	
		车辆封存管理	
	计划管理	年度检维修计划	
		月度检维修计划	

表 A.1 炼油与化工领域知识图谱本体设计表（续）

一级业务	二级业务	三级业务	四级业务
化工销售	自备车管理	计划管理	请车计划管理
		运输管理	发运管理
			租金管理
		检维修管理	定检管理
			扣修管理
			费用管理
	客户服务管理	客户管理	客户准入
			客户信息变更
		客户专线	客户投诉
			专家咨询
		客户服务	金融服务
			提货服务
			订单物流跟踪
			质量跟踪服务
			客户走访
	经营分析	销售分析	购销情况分析
			量价配合分析
		价格分析	销售价格分析
			买断价格分析
			价格对标分析
			产品定价管理
			价格执行情况分析
		成本分析	物流成本分析
			营运成本分析
		利润分析	盈亏分析
			落袋利润分析
			毛利分析
		客户分析	客户评级分析
			客户折扣分析
			渠道分析
			客户质量分析
客户潜力分析			
客户留存率分析			
客户满意度分析			
一级业务	二级业务	三级业务	四级业务
化工销售	经营分析	绩效分析	销量完成情况考核分析
			收入完成情况考核分析
			利润完成情况考核分析

附录 B

(资料性)

炼油与化工领域知识图谱关系设计

表B.1给出了炼油与化工领域知识图谱关系设计示例。

表 B.1 炼油与化工领域知识图谱关系设计示例表

关系名	说 明	示 例
依据	表达了某个决策、结论或行动是基于某种信息或证据的关系。 同类词：基于、按照。	加氢装置的设计方案依据工艺流程和其它参数确定。
指导	一种工艺技术指导装置操作，工艺是一系列规定的步骤和方法，用于制造或加工产品。装置是执行这些工艺步骤的设备。 同类词：引导	利用化学反应原理指导化工操作。
联合	装置和设备之间可能需要联合工作，以完成复杂的任务。不同设备之间的协同可以提高效率，增加生产能力，或者实现更高级的功能。同类词：协作、协同、配合、耦合。	炼油过程中，分馏塔联合延迟焦化装置工作。延迟焦化装置主要用于生产燃料油，而分馏塔则用于将燃料油进行分离和提纯。
组成	装置通常由多个设备组成。这些设备协同工作，以完成更大范围的任务或过程。一个工厂中的生产线可以看作是由多个不同的设备组成的装置。	加氢反应器、高压换热器、高压空冷器、高压分离器、反应加热炉、新氢压缩机等设备组成加氢裂化装置。
依赖	装置中的某些设备可能依赖于其他设备的输出或操作。一个设备的输出可能成为下一个设备的输入，从而实现装置内部流程的协调和联动。同类词：依靠。	炼油过程中，压缩机的输入依赖于泵的输出。
适配	装置中的各个设备需要适配和匹配，以确保协同工作的顺利进行。不同设备之间的尺寸、接口、通信协议等方面的适配都是关键因素。同类词：匹配、适应；反义词：不兼容、不匹配。	不同燃料产品适配不同的炼油装置。
转化	一些原料需要经过化学或物理变化才能成为最终产品，从 A 转化为 B。同类词：转变。	原油经过催化裂化转化为汽油、柴油等燃料产品。
衍生	原料可以被加工或处理，生成更复杂的衍生产品。同类词：派生、演变。	石油衍生化肥。
聚合	化学分子由小分子聚合为大分子。同类词：聚集、汇聚；反义词：分离、解聚。	不同类乙烯聚合为聚乙烯。
互补	两个或多个产品在一起使用时可以增强彼此的效果。反义词：互斥。	炼油装置中，加热炉和冷凝器互补，提供能源利用率和设备效率。
替代	指两个或多个产品在满足相同或类似需求时可以互相取代，在功能上或特性上存在相似之处。同类词：替换、代替。	生物质原料替代化石原料。

附录 C

(资料性)

通用关系设计

表C.1给出了通用关系设计示例。

表 C.1 通用关系设计示例表

关系名	说 明	示 例
用于	A 用于 B, 或者说 A 的目的是 B。	催化裂化装置用于生产汽油、柴油、液化气等石油产品
位于	B 是 A 所处的位置, 或者是 A 的放置位置。	炼油厂位于沿海地区的工业园区内, 紧邻海岸线
导致	A 和 B 都是事件, A 导致 B	突发的设备故障导致炼油生产线生产中 断, 造成了重大经济损失
子事件	A 和 B 都是事件, B 是 A 的一个子事件	原油预处理、常压蒸馏、减压蒸馏是原油 蒸馏子过程
前序事件	A 和 B 都是事件, A 发生的前提是 B 先发生。	在进行催化重整之前, 需进行原料油脱硫 和加氢预处理
后序事件	A 和 B 都是事件, A 发生的前提是 B 后发生。	产品分馏完成后, 紧接着的后序事件包括 产品质量检测、产品储存与运
前提	A 的前提是 B。B 先发生, A 才会发生, A 依赖于 B。	进行烷基化反应的前提是异丁烷与烯烃原 料充足, 且所使用的催化剂活性适宜
阻碍原因	B 阻碍了 A。A 是目标, B 是实现 A 过程中的阻碍或者障碍。	石化项目扩建遭遇阻碍原因是环保审批受 阻和资金链紧张
同义	A 和 B 有非常相近的意思。	“石油裂解”与“深度裂化”在石油化工 专业中为同义概念
反义	A 和 B 是意义相反或相对的词。	“正丁烷”与“异丁烷”在碳链异构体中 为反义对
定义	利用 B 对于 A 的本质特征、或者内涵和外延进行表述	定义催化重整为在催化剂作用下, 通过调 整反应条件, 使烃类分子结构重新排列以 提高辛烷值的化工过程
形式	A 是 B 的一种形式。“形式”关系是动词之间的关系。	石油焦以固体颗粒状, 颜色为灰黑色形式 表现
附近	A 和 B 可以一起被找到或者发现。	乙烯裂解装置附近设有丙烯回收装置和压 缩机房, 便于生产流程的衔接
上下文	A 是一个词, 通常出现在 B 的上下文里。	在石油化工生产上下文中, 石脑油既是催 化重整的重要原料, 也是芳烃抽提的原料
接受	B 动作可以作用到 A 上。	炼油车间自主研发的安全生产管理体系已 顺利接受上级部门及行业标准认证机构的 审核认可

附录 D

(资料性)

实体知识获取示例

表D.1给出了实体知识获取示例。

表 D.1 实体知识获取示例表

文本信息	实体及关系
蒸馏是通过加热、汽化、分馏、冷凝和冷却等过程将液体混合物分离成一定纯度的组分的方法。	实体：加热、汽化、分馏、冷凝、冷却 关系：组成 实体：蒸馏
原油脱盐脱水后经进一步换热，升温至 200-250℃后，进入初馏塔，原油在此塔中将残余的少量水分、腐蚀性气体以及部分轻汽油分出。	实体：原油 关系：转化 实体：少量水分、腐蚀性气体、部分轻汽油
原油经过炼油与化工过程，可以形成石油产品，分为燃料油及溶剂油、润滑油及润滑脂、蜡和焦及沥青、苯及其它化学品。	实体：石油产品 关系：组成 实体：燃料油、溶剂油、润滑油、润滑脂、蜡、焦、沥青、苯、其它化学品

参 考 文 献

- [1] 中国石油天然气集团有限公司标准化委员会信息技术专业标准化技术委员会. 勘探开发知识图谱与人工智能平台技术规范: Q/SY 10552—2022[S]. 北京: 中国石油天然气集团有限公司, 2022: 9
- [2] 方向晨. 加氢裂化工艺与工程[M]. 中国石化出版社, 2017: 77-81
- [3] 龚仁彬, 李欣, 李宁等. 油气人工智能[M]. 北京: 石油工业出版社, 2021: 38-45
- [4] 李志强. 原油蒸馏工艺与工程[M]. 北京: 中国石化出版社, 2010: 95-97
- [5] 阎国超. 炼油化工工艺及设备概论[M]. 东营: 石油大学出版社, 1998: 38-42
- [6] 梁凤印. 催化裂化装置技术手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2017: 19-24
- [7] 华东石油学院炼制系. 炼油工程[M]. 东营: 华东石油学院炼制系, 1975: 17-23
- [8] 凌逸群. 石油化工生产过程碳足迹评价[M]. 北京: 中国石化出版社, 2023: 47-55
- [9] 岳丽欣, 刘文云. 国内外领域本体构建方法的比较研究[J]. 情报理论与实践, 2016, 39 (8): 119-125
- [10] 王向前, 张宝隆, 李慧宗. 本体研究综述[J]. 情报杂志, 2016, 35 (6): 163-167