

基于实例推理的钢产品包装工艺检索

刘海江, 陈乾峰

(同济大学, 上海 201804)

摘要: 为充分利用前人的经验以及有效地提高钢产品包装工艺规划的速度, 提出了一种基于实例推理的钢产品包装工艺检索方法。基于钢产品包装工艺实例库, 提出了 2 层次的实例检索, 第 1 层采用层次编码来检索出相同包装代码下的包装工艺实例集; 在第 2 层检索中计算钢产品包装零件类型、材质特征以及几何尺寸的相似度, 来逐步过滤掉不符合要求的实例, 从而获得工艺最相似的包装工艺。通过具体的实例外验证了该方法的有效性。

关键词: 实例推理; 钢产品包装工艺; 分层次检索; 相似度

中图分类号: TB48; TG142 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)17-0012-04

Retrieval of Steel Products Packaging Technology Based on Case-based Reasoning

LIU Hai-jiang, CHEN Qian-feng

(Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: To make full use of previous experience and effectively improve the speed of steel product packaging process planning, a retrieval methodology of steel product packaging process based on case-based reasoning was proposed. Based on the case library, a two-stage retrieval method proposed. In the first stage, the set of the packaging process instances in the same packaging code were retrieved through encoding products. In the second stage, the most similar case was retrieved by calculating the similarity of steel product packaging parts type, material characteristics and geometric dimensions, and gradually filtering out unqualified cases. The effectiveness of this methodology was verified with real cases.

Key words: case based reasoning (CBR); steel product packaging process; stratified retrieval; similarity

包装伴随着人类发展的整个历程, 无论是在遥远的远古时代, 还是在科技高度发达的今天, 包装都作为生活必需品出现在人们的生活中^[1]。产品的包装分为运输包装与销售包装。运输包装解决的是产品流通过程中的保护问题, 销售包装具有促进销售的作用。钢产品包装主要是运输包装, 在满足包装质量的基础上再对其精美化以促进销售, 其优质高效的包装工艺系统和规范标准, 不仅标志着生产企业形象, 而且也是现代企业减少产品在流通过程中耗损, 提升利润空间的重要来源。在钢铁产品包装工艺中, 会涉及到众多不同的包装工艺, 有短途运输的简易包装、中途运输的普通包装以及长途运输的复杂(精)包

装等, 在包装工艺规划的时候涉及到的信息量也非常的大, 需要处理的问题众多。

实践表明, 在钢铁产品包装工艺规划过程中, 会出现许多与已有的包装工艺重复的现象, 而工艺规划又是一项经验性很强的工作, 过去的实践经验都是非常重要的资源。研究表明, 在新产品或新工艺开发中, 约 40% 是重用过去的设计, 约 40% 是对已有的设计稍作修改, 只有约 20% 是完全新的设计^[2]。由此可见过去的实践经验在产品开发中的重要作用, 但是人的实践经验往往很难用归纳性知识的形式来表示^[3]。

采用基于实例推理(CBR)的钢产品包装工艺检

收稿日期: 2013-05-29

作者简介: 刘海江(1967-), 男, 江苏人, 工学博士, 同济大学教授、博士生导师, 主要研究方向为数字化设计与制造、产品集成精度加工测试与控制。

索系统,将会极大地帮助钢产品包装工程师改进钢产品包装过程中的工艺规划问题。朱文博^[4]等以冲压件为研究对象,从外形和空间关系来比较零件之间的相似度,而钢产品包装工艺还需要涉及到包装材料、包装资源以及工艺树等,所以该方法不适用于钢产品包装工艺。白瑀^[5]等从材料类别、加工型面、毛坯类型以及加工精度等方面,根据属性不同而赋予不同的权值,然而其对象具有特殊性,各个方面之间没有空间关系,故不适用于钢产品包装工艺。笔者提出了一种基于实例推理的钢产品包装工艺检索系统,可以极大地提高产品包装工艺的设计速度,增强钢铁企业的竞争力。

1 基于实例推理的方法

采用基于实例推理的钢产品包装工艺检索,可以不再明确地将难以规则化的工艺知识表达为相应的规则,而是将那些难以规则化的工艺知识隐含到实例中,这样就克服了知识获取的困难。在检索的过程中,实例检索是基于实例推理系统的中心环节,当找到与新的钢产品包装工艺最为相似的旧实例时,由于相似实例的工艺方案基本一致,故旧实例相应的对应方案也可通过实例检索得出,从而通过相似实例的包装工艺信息来辅助目标包装工艺的工艺规划。每一种钢产品包装工艺与其工艺方案都具有——对应的关系,见图1。

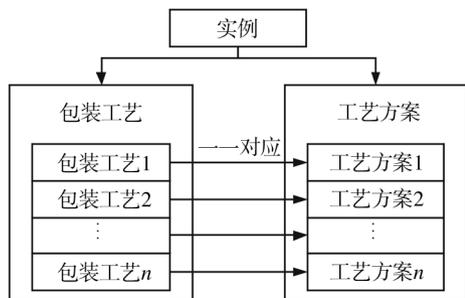


图1 包装工艺与工艺方案对应图

Fig. 1 Packaging technology and process solutions corresponding figure

2 钢产品包装工艺的实例检索

该系统采用2层次的实例检索,第1层次为包装工艺实例的预选阶段,可检索并作为第2层的预选包装工艺实例集;第2层次为包装工艺实例的精确检

索,主要是相似度的匹配原则等。采用分层次检索不仅可以缩小检索空间,还可以缩短计算相似度的时间,提高下一层次检索的速度。

2.1 实例的第1层次检索

第1层次的检索主要针对目标包装工艺的层次码位部分进行预检索,依靠层次编码来检索完全一致的实例,得到的包装工艺实例都是同一包装代码下的不同包装生产线,但是这些包装生产线又随着钢产品材料以及尺寸的不同而变化,故将其作为预选实例集。

编码系统主要利用钢产品包装工艺类型的特点,形式上采用一种单一根节点的树状结构来表示钢产品包装工艺的关系。钢产品包装工艺实例模型的4层结构见图2^[6]。

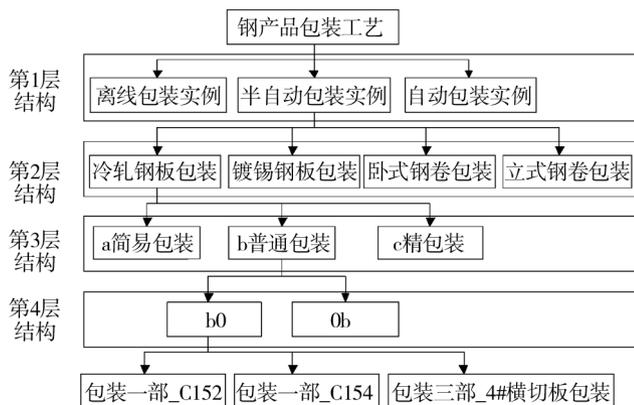


图2 钢产品包装工艺实例模型的4层结构

Fig. 2 Four-layer structure of steel product packaging process instance model

在这里用层次码来表示钢产品包装工艺模块层次,对于4个层次的结构,分别用4个码位来表示,而每一层按照给定的排列顺序,以“0”,“1”,“2”,…来编码,以第1层为例:“0”表示离线包装实例,“1”表示半自动包装实例,“2”表示自动包装实例,如“1011”表示0b包装代码,在实例库中将所有模块结构层次码为“1011”的实例检索出来,以便进行第2层次的检索。

采用第1层次的检索能够极大的缩小第2层次检索的范围,从而能够缩短第2层次相似度匹配的时间,以及缩小第2层次检索的空间,从而提高实例检索的精度以及效率。

2.2 实例的第2层次检索

由上可知,第2层次检索的范围就是第1层次检

索出来的预选实例集,第2层次检索又主要分为2个阶段:第1阶段检索为钢产品包装设备类型相似度,第2阶段检索主要是比较钢产品材质特征的相似度。第2阶段通过比较钢产品间的几何尺寸来确定实例的几何相似度。

2.2.1 钢产品包装设备类型的相似度

在某包装代码下生产线1的包装设备为 $a_n = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$, 生产线2的包装设备为 $b_m = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_m\}$, 其中2条生产线有 p 个包装设备是相同的, 则这2条生产线的相似度 S_s 为:

$$S_s = \frac{2p}{m+n} \quad (1)$$

以冷轧钢板 b 普通包装的包装代码 b0 为例, 其包装一部_C152 产线上所拥有的设备为: 辊道、夹吊搬运机构、横向打捆机、纵向打捆机。在其包装三部_4#横切板包装生产线上所拥有的设备为: 运输连、辊道、横向打捆机、纵向打捆机、行车。2条生产线的相似度为:

$$S_s = \frac{2p}{m+n} = \frac{6}{4+5} = \frac{2}{3}$$

2.2.2 材质特征相似度的计算

由于各类制造业的需求, 钢铁企业制造的钢产品不仅使用单种材料, 而且不同材质的钢产品对各个生产工艺要求也不同, 所以钢产品包装工艺规划工程师就需要检索相似材质的钢产品包装工艺, 以便实行工艺规划。选取相同结构特征类型的钢产品(如卧卷)进行材质特征相似度的计算。

由于材料的种类是一个分类的属性, 故不能直接进行相似度的计算, 但是材料的材质信息主要包括材料的厚度 d 、密度 ρ 、弹性模量 E 、泊松比 μ 、拉伸强度 σ_b 、屈服强度 σ_s 、抗剪强度 τ 。如果材质信息具有相当高的相似度, 那么材料种类也就具有非常高的相似度, 故在这里采用材质信息的相似度来计算。设上述材质信息对应的相似度为 $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 。

以其中材料的厚度为例, 用 x 表示钢产品材料 X 的厚度, 用 y 表示钢产品材料 Y 的厚度, 则钢产品材料 X 与钢产品材料 Y 之间的厚度相似度为:

$$S_1 = 1 - \sqrt{\frac{(x-y)^2}{(x+y)^2}} \quad (2)$$

类似可得密度 ρ 、弹性模量 E 、泊松比 μ 、拉伸强度 σ_b 、屈服强度 σ_s 、抗剪强度 τ 的相似度为 $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$, 其对应的权重依次为 $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5,$

ω_6, ω_7 。

则材质特征总的相似度为:

$$S_M = \frac{\sum_{i=1}^7 \omega_i S_i}{\sum_{i=1}^7 \omega_i} \quad (3)$$

2.2.3 几何相似度

不同尺寸大小的钢产品包装工艺需要在不同的包装生产线上完成, 所以钢产品包装工艺工程师在规划包装工艺的过程中需要对钢产品的尺寸进行相似度比较, 这样才能精确地检索出相对应的钢产品包装工艺实例。钢产品的尺寸大小主要是: 卧立卷的内径 d 、外径 D 以及卷的宽度 w , 钢板的长 l 、宽 w 、高 h 。整个几何相似度的计算采用最近邻法中的欧氏距离来衡量钢产品实例间的相似性, 其基本原理来源于文献[7]:

$$S_B = 1 - DIST(X, Y) = 1 - \sqrt{\sum_i \omega_i dist^2(x_i, y_i)} \quad (4)$$

式中: x_i 和 y_i 分别为钢产品 X 和钢产品 Y 的内径 d 、外径 D 以及宽度 w 或长 l 、宽 w 、高 h ; 钢产品的几何尺寸的权重均为 1, 即 $\sum_i \omega_i = 1 (i = 1, 2, 3)$ 。
 $dist(x_i, y_i)$ 的计算方法有多种, 参照文献[8]计算有:

$$dist(x_i, y_i) = \frac{x_i - y_i}{x_i + y_i} \quad (5)$$

2.2.4 综合相似度

综合相似度计算式如下:

$$S = \frac{\omega_s S_s + \omega_M S_M + \omega_B S_B}{\omega_s + \omega_M + \omega_B}$$

式中: $\omega_s, \omega_M, \omega_B$ 分别为钢产品包装零件类型、材质特征和几何尺寸相似度的权重; S_s, S_M, S_B 分别为钢产品包装设备类型、材质特征和几何尺寸的相似度。

3 实例应用

见表1, 在冷轧卧卷 m0 代码包装二部生产线中, 可以包装如下8种冷轧卧卷产品。取其中的2个镀锡卷进行相似度计算, 这里设定相似度的阈值为0.80。

3.1 钢产品包装设备类型相似度计算

由于已明确在包装二部, 故2个产品包装生产线上的设备是相同的, 其包装设备类型相似度 $S_s = 1$ 。

表1 卧卷 m0 包装二部

Tab.1 m0 horizontal roll NO.2 packaging mm

名称	板厚	内径	外径	宽度
镀锡卷	0.18	420	523	701
镀锡卷	0.5	420	1500	1050
轧硬卷	0.18	508	541	720
轧硬卷	0.8	508	1971	1202
热镀锌卷	0.3	508	646	746
热镀锌卷	1.25	508	1673	1250
镀锌卷	0.33	610/508	750	765
镀锌卷	2	610/508	1950	1820

3.2 材质特征相似度计算

由于都是镀锡卷,故它们的材质属性除板厚外其他的材料属性均是相同的,即 $S_2=S_3=S_4=S_5=S_6=S_7=1$,而材料厚度即板厚的相似度为:

$$S_1 = 1 - \frac{\sqrt{(0.18-0.5)^2}}{\sqrt{(0.18+0.5)^2}} = 0.5294$$

$$故 S_M = \frac{\sum_{i=1}^7 \omega_i S_i}{\sum_{i=1}^7 \omega_i} = 0.9328$$

这里材质特征的各个权值均取为 1。

3.3 几何尺寸相似度计算

$$S_B = 1 - DIST(X, Y) = 1 - \sqrt{\sum_i \omega_i dist^2(x_i, y_i)} =$$

0.4776

3.4 综合相似度计算

$$S = \frac{\omega_S S_S + \omega_M S_M + \omega_B S_B}{\omega_S + \omega_M + \omega_B} = 0.8164$$

式中钢产品包装设备类型相似度的权值 ω_S 取 0.3,材质特征相似度的权值 ω_M 取 0.4,几何尺寸相似度的权值 ω_B 取 0.3。

钢产品包装工艺综合相似度为 0.8164,大于之前设定的阈值为 0.80,故这 2 个钢产品的包装工艺具有较高的相似度,可以互相参考其包装工艺。

4 结语

建立了钢产品包装工艺的特征信息模型,基本可以将所有的钢产品包装工艺实例按照该特征信息模型进行存储,为以后的基于实例的检索提供实例库,从而可以获得更多的实例支持。在检索策略中运用两层次的检索,并在第 2 层次中采用钢产品包装零件类型、材质特征和几何尺寸相似度计算的方式来检

索,可以保证检索出的钢产品包装工艺更准确。通过第 1 层次检索的过滤和第 2 层次的筛选,比一般人工检索以及只考虑形状特征等相似度的检索更加可靠和更有效,同时也适应实际的工艺设计过程。

参考文献:

[1] 王伟玉. 人·包装·自然[D]. 济南:山东轻工业学院,2012. WANG Wei-yu. Human · Packing · Nature [D]. Jinan: Shandong Institute of Light Industry, 2012.

[2] 王玉,邢渊,阮雪榆. 机械产品设计重用策略研究[J]. 机械工程学报,2002,38(5):145-148. WANG Yu, XING Yuan, RUAN Xue-yu. Study on Design Reuse Strategies for Mechanical Products [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2002, 38(5): 145-148.

[3] 刘闯,王俊彪. 钣金 CAPP 中实例检索的灰色关联方法[J]. 机械科学与技术,2005,24(2):237-239. LIU Chuang, WANG Jun-biao. GRA-based Approach of Case Retrieval and Application to Sheet Metal CAPP [J]. Mechanical Science and Technology, 2005, 24(2): 237-239.

[4] 朱文博,李爱平,刘雪梅. 基于工艺相似的冲压件实例检索方法[J]. 计算机集成制造系统,2007,13(4):721-726. ZHU Wen-bo, LI Ai-ping, LIU Xue-mei. Stamping Parts Case Retrieval Methodology Based on Process Similarity [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(4): 721-726.

[5] 白瑀,曹岩,杨小斐. 基于实例推理的发动机叶片切削参数数据库系统[J]. 机械设计与制造,2008(11):199-201. BAI Yu, CAO Yan, YANG Xiao-fei. Cutting Parameter Database System of Aero Engine Blade Based on Case-based Reasoning [J]. Machinery Design & Manufacture, 2008(11): 199-201.

[6] 刘海江,曾露,晁永生. 基于实例推理的白车身零部件检索[J]. 现代制造工程,2010(9):92-95,33. LIU Hai-jiang, ZENG Lu, CHAO Yong-sheng. Retrieval of Body in White Parts Based on Case-based Reasoning [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2010(9): 92-95, 33.

[7] XL L D. Case-based Reasoning a Major Paradigm of Artificial Intelligence [J]. IEEE Potentials, 1995, 13(5): 10-13.

[8] TOR S B, BRITTON G A, ZHANG W Y. Indexing and Retrieval in Metal Stamping Die Design Using Case-based Reasoning [J]. Journal of Computing and Information Science in Engineering, 2003, 3(4): 353-362.