

ZHISHIXITONGJIQI  
ZAIZHUANGPEIXULIE  
GUIHUAZHONGDEYINGYONG

# 知识系统及其 在装配序列规划中的应用

尹文生◎著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

# 知识系统及其在装配序列 规划中的应用

尹文生 著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

## 内 容 简 介

人类的一切活动都可以理解为知识活动或知识系统的活动,其中产品的装配设计系统是典型的知识应用系统。知识系统及其应用系统的研究是人工智能重要的研究内容,也是各门学科研究的基础。

本书分为知识系统和知识系统应用两大部分。知识系统部分主要介绍知识表示的概念和常用的知识表示方法,提出了知识表示标准模型,并以知识表示标准模型为知识表示手段讨论了知识网络的形成、知识系统的构成、知识主干树、知识的求解、POAD 知识应用模型等。知识系统应用部分介绍了传统装配设计系统的特征,提出了基于工程联接的装配模型,设计了基于该装配模型的装配设计系统。在该系统中,特别定义了工程联接节点等,设计了装配联接知识系统,介绍了如何根据联接知识系统进行装配设计、如何表示装配序列关系、如何保持装配模型与联接知识系统中数据的一致,最后介绍了如何根据节点中存储的装配序列信息进行装配序列规划的求解及如何用图的层次化显示方法显示装配序列规划结果的方法。

本书可供从事人工智能和装配设计系统的研究人员阅读,也可供一般工程人员或研究生使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

知识系统及其在装配序列规划中的应用/尹文生著. —武汉:华中科技大学出版社,2015.9  
ISBN 978-7-5680-1277-5

I. ①知… II. ①尹… III. ①知识系统-应用-装配(机械)-机械设计 IV. ①TH163

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 242398 号

## 知识系统及其在装配序列规划中的应用

尹文生 著

策划编辑:谢燕群

责任编辑:熊 慧

封面设计:龙文装帧

责任校对:曾 婷

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:禾木图文工作室

印 刷:虎彩印艺股份有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:16

字 数:310 千字

版 次:2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:39.80 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

本书系国家自然科学基金资助项目“基于工程联接知识的装配序列规划(51175200)”成果。

## 前 言

培根说过：“知识就是力量。”但是知识如何产生力量呢？

显然，知识不能直接产生力量。知识产生力量需要两个条件：一是知识必须关联起来形成一个系统，即必须将众多的知识连接起来；二是知识必须被利用，即通过人的智能活动转化成力量。单条知识无法使用，而不被使用的知识也就失去了意义。

知识被关联起来，首先需要对单条的知识进行表示，然后将这些知识编织成网，即知识网络。人工智能发展的核心和重点是对知识表示方法的研究。符号主义者认为，知识是可以符号表示的，甚至也可以用符号表示智能。符号主义提出了数十种知识表示方法。其中著名的有状态空间表示法、谓词逻辑表示法、本体论、语义表示法、框架表示法、产生式表示法、Petri 网表示法、数据库表示法、数学模型、计算机程序、面向对象表示法，等等。这些知识表示方法获得了极大的成功，例如，深蓝计算机经过多次改进后打败了国际象棋大师。这些都强有力地证明了知识就是力量。

在欣赏这些知识表示方法的力量之余，我们不禁也会提出这些问题：为什么知识的表示需要这么多方法？它们之间是否具有共同点？是否可以有一个统一的模型？为什么不能用已存在几千年的自然语言来在计算机中表示知识？

通过对本体论、系统论和还原论进行认识可以发现，知识就是对客观世界及其变化的描述，也就是说，可以用一个描述客观世界及其变化的统一模型加以表示，这种模型就是知识表示标准模型，简称标准模型。

采用知识表示标准模型去看各种知识表示方法就比较容易理解了。首先，这些知识表示方法与标准模型是一致的，即各种知识表示的知识也可以用标准模型来表示。其次，为什么有这么多的知识表示方法，是因为知识求解的问题类型不同。同时，因为标准模型直接来自于对客观世界及其变化的描述，所以自然也具有对过程知识的描述，这是很多知识表示方法很难具有的。此外，标准模型是多维的，它告诉我们，自然语言也能表示知识，但是自然语言是一维的，用一维的数据描述多维世界必然存在一定的困难，必然需要许多特殊方法，更重要的是需要一定的智能。

任何一个领域的知识都是很多的，在许多情况下，单条的知识并不能告诉我们很多东西，必须将知识连接成知识网络才能产生力量。知识网络是一种用图来描

述客观世界的方法。无论采用何种知识表示方法,均可以用节点及其连线的拓朴图即知识网络进行表示。既然所有的知识都可以用标准模型表示,那么可以假定任何知识系统中的知识都可以转化成用标准模型表示的知识网络,一种由标准模型作为知识元件经过串并联构成的知识网络,这样推出的任何知识活动实际上都可以归结为对知识网络的操作,即可以有以下观点:

第一,每个智能体内部存在某种物理或逻辑的知识网络,智能体之间的知识交流是通过某种物理或逻辑的知识网络进行的。

第二,如果两个智能体交流成功,则它们的知识网络必定存在相互对应的部分。

因此,一切知识活动实际上就是围绕知识网络的活动。例如,知识学习、知识交流活动就是让不同智能体的知识网络实现一致的过程,而知识应用就是使用知识网络实现某种功能或任务的过程。这样知识活动本质上可以分为两大类:知识网络创建和知识网络计算。

知识网络创建是在智能体中构建知识网络的活动。值得注意的是,知识网络不是人脑生理结构的复制,而是一种知识组织的逻辑结构,它们之间是不可能实现完全相等或者相似的,因为客观世界的变化是无限的,如果两者相似,则必然无法解决一致性和复杂性问题。人脑中的任何知识网络都是在应用过程中为了实现某种应用而创建的。当然,这些知识网络存在的时间可能有长短,也可能以某种方式映射到部分人脑结构中,但都是人根据自己的知识系统里的知识动态创建的。显然,人类的智能就表现在知识网络的创建上,即人类的智能活动主要就是创建知识网络。

知识网络计算则是根据已知的知识网络进行知识运算的活动。这里不使用知识求解而使用知识网络计算是因为它是一个纯计算过程,也就是说,知识网络计算与智能无关,它仅仅是根据输入数据,然后按照某种运算规则算出结果的过程。知识求解则是一种智能活动,它包括两种基本的知识活动:知识网络创建和知识网络计算。这可以从产品的设计生产与使用得到说明,即产品的设计与生产本质上是知识求解活动,是一个根据设计需求和生产条件不断地进行知识网络创建与计算,最后获得符合要求的产品的过程。而产品的使用仅仅是一个知识网络的计算过程,即当给定输入时,产品将产生相应的活动。

知识网络创建和知识网络计算的观点可以更加推广。例如,人类制造工具就是知识网络创建的过程,并且将创建的知识网络以工具的物理形式固化起来,而人类使用工具实际上就是知识网络计算的过程。更加典型的是电子电路,它的知识元件就是电路里的各个电子元件,而整个电路板就是知识网络,当给该电路板加以输入时,电路板将给出输出,以完成某种任务。

如果知识网络创建和知识网络计算是最核心的知识活动,那么就会问怎样才能更有效地进行这种活动,即什么样的知识系统才能更有效地进行知识的创新和应用呢?

显然,可以从标准模型和已经存在的各种知识表示法,特别是计算机语言、自然语言表示法中获得许多有用的信息。文字被人类使用了数千年,语言的使用更加久远。自然语言中蕴涵了人类大量的智慧,特别是作为世界上唯一存在的自源性语言——汉语,是知识系统构建的典范。事实上,计算机语言正在重复汉语的发展过程,即结构化、模块化、对象化、图形化。

然而比较遗憾的是,目前还不能完全根据标准模型构建知识网络,因为人类还没有掌握智能问题,也无法解决模糊问题、不确定性问题等,同时知识颗粒问题也极大地困扰着知识系统的能力。在对智能问题还没有深刻了解的情况下,只能对知识系统的构建特别是知识网络进行简化。

知识网络简化的一种比较容易实现的方法是采用知识主干树,即以问题对象为核心,将相关的主体对象、现象对象、原理知识对象、过程知识对象(合称 MP4 对象)形成知识单元,然后将一系列以问题对象为核心的知识单元组合成一棵树,来表示某一个领域某一个应用的知识。知识主干树与传统领域的知识系统化的方法是一致的。为了更好地理解这种知识,可以采用图的层次化显示方法。这样,一个学科的知识不仅可以采用传统的静态目录树的方式进行组织,而且可以动态地查看不同知识点之间的关系。

知识表示的目的是知识求解,而知识网络计算是可以直接进行的,所以知识求解的难点不是知识网络计算,而是如何将各种知识表示转化成可以直接计算的知识网络。因为客观世界的变化是多维进行的,所以知识的求解也应该是多维进行的,即必须整体求解才是正确的。但是一般来说整体求解非常困难,只能通过抽象思维的方法,用推理的方法来求解,即假定客观世界的变化是一部分一部分进行的,它们之间变化的时间间隔为 0,这样就将整体求解问题分解成单步求解问题。在很多情况下,人们可以比较容易地描述整体问题,但是将其转化成单步过程却是非常困难的,而只有将其转化成可以单步求解的问题,整个问题才是可解的。这样我们就很容易理解数学方法问题,它其实包括两部分:一部分是建立整体性的数学模型,另一部分就是将整体性的数学模型转化成可以分步求解的模型。其中,后者需要经过非常多的推理过程。而且,前者是针对整个领域的,后者是针对一个具体应用的。例如,数据结构是针对整个应用领域的,而算法则是对具体问题的应用。显然,整体模型构建得越好,问题求解就越方便。对于用标准模型表示的知识,整体模型就是计算模型。

装配设计系统是典型的知识应用系统,其目的就是将领域知识应用于产品的

装配设计中,从本质上说,就是建立装配的整体模型及对该模型进行分步求解。

装配的整体建模,就是装配建模,必须能够尽可能多地反映产品装配的核心与特征,同时也要利于各种装配问题的求解。显然,装配的核心问题是装配联接关系。传统的装配模型是以产品的功能结构特征为主线建立装配模型的,即以产品的功能组件为节点(称为零件和装配体,合称元件),这样就只能将装配联接关系分解成较低层次的配合关系附加在装配体上,丢失了高层次的联接关系。显然,这种装配模型简单、突出重点、管理功能强,得到广泛应用,但是不利于许多问题的求解,特别是装配序列规划的求解,因为一方面这种整体模型不便于转化成分步求解模型,另一方面在较低的几何层次上求解问题会出现组合爆炸问题。

基于工程联接的装配模型是一种以联接关系为核心的装配模型,它不仅描述了产品的组成关系,更重要的是它描述了产品联接关系,这样在进行装配序列规划设计时可以充分利用装配建模时的设计成果。同时,建立了联接知识系统,将装配设计中的每种联接关系都与联接知识系统中联接关系建立了对应关系,即产品的装配设计都是依据联接知识系统中的联接进行的,联接知识的实例化就产生了产品的装配设计。更重要的是,在联接知识系统中,每种联接都定义了一些具体的联接实现方案,也就是提供了具体的模型分步求解方案,这样为装配序列规划的求解提供了简单的计算方法。

在装配设计系统中的产品与联接知识系统中的联接建立了对应关系之后,不仅产品中的每个联接都自动获取了知识系统中的联接方案,同时也间接给出了整个产品的全部可行装配联接方案,这时即可根据某种目标对整个产品进行遍历,从而获得某种最优的装配序列。在基于联接的装配模型中,装配序列规划的过程就是将 APTG 向 APG 转换的过程。反过来,一种好的装配设计方案也可以写回到联接知识系统中,这样可以方便下次使用。

本书获得国家自然科学基金项目“基于工程联接知识的装配序列规划(51175200)”的资助。

感谢华中科技大学出版社领导和编辑对本书的出版给予的大力支持和付出的辛勤劳动,没有他们的支持,本书是难以完成和出版的。

谨以此书献给我的家人。

限于作者的学识水平,对知识的本质认识比较肤浅,书中疏漏及不当之处在所难免,在此希望能起到抛砖引玉的作用,敬请读者批评指正。

作 者

2015 年 11 月

# 目 录

## 第 1 篇 知识系统

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 1 知识表示概论 .....          | (3)  |
| 1.1 什么是知识? .....        | (3)  |
| 1.2 什么是智能? .....        | (6)  |
| 1.3 常用知识表示方法 .....      | (7)  |
| 1.4 本章小结 .....          | (14) |
| 2 知识的符号表示 .....         | (15) |
| 2.1 符号和符号系统 .....       | (15) |
| 2.2 语言 .....            | (17) |
| 2.3 语法 .....            | (20) |
| 2.4 知识的表达 .....         | (22) |
| 2.5 本章小结 .....          | (23) |
| 3 知识表示标准模型 .....        | (24) |
| 3.1 标准模型 .....          | (24) |
| 3.2 数据、信息、知识和智慧关系 ..... | (26) |
| 3.3 知识表示的各种形态 .....     | (27) |
| 3.4 过程知识 .....          | (36) |
| 3.5 知识表示能力分析 .....      | (37) |
| 3.6 知识颗粒 .....          | (39) |
| 3.7 进一步说明 .....         | (41) |
| 3.8 本章小结 .....          | (43) |
| 4 知识系统和知识网络 .....       | (44) |
| 4.1 知识系统的定义 .....       | (44) |
| 4.2 知识系统的分类 .....       | (45) |
| 4.3 知识拓扑图 .....         | (46) |
| 4.4 知识网络和智慧 .....       | (56) |
| 4.5 本章小结 .....          | (58) |
| 5 知识系统的构成 .....         | (59) |

|     |               |       |
|-----|---------------|-------|
| 5.1 | 总体结构          | (59)  |
| 5.2 | 知识字典          | (63)  |
| 5.3 | 类库            | (64)  |
| 5.4 | 知识组件和知识组件库    | (65)  |
| 5.5 | 实例库           | (67)  |
| 5.6 | 知识网络的表示和管理    | (68)  |
| 5.7 | 索引结构          | (69)  |
| 5.8 | 规则网和实例网       | (69)  |
| 5.9 | 本章小结          | (74)  |
| 6   | POAD 知识表示方法   | (75)  |
| 6.1 | POAD 模型       | (75)  |
| 6.2 | 知识获取          | (80)  |
| 6.3 | 知识主干树         | (85)  |
| 6.4 | 本章小结          | (95)  |
| 7   | 知识的求解过程       | (96)  |
| 7.1 | 知识求解的概念       | (96)  |
| 7.2 | 会话过程的知识求解     | (102) |
| 7.3 | 其他形式的知识求解     | (105) |
| 7.4 | 机械推理          | (106) |
| 7.5 | 智能推理          | (107) |
| 7.6 | 基于 POADES 的推理 | (108) |
| 7.7 | 本章小结          | (113) |

## 第 2 篇 知识系统应用

|     |             |       |
|-----|-------------|-------|
| 8   | 装配设计系统      | (117) |
| 8.1 | 装配设计的任务     | (117) |
| 8.2 | 装配设计的特征     | (119) |
| 8.3 | 装配设计的表示模型   | (120) |
| 8.4 | 传统装配设计模型分析  | (121) |
| 8.5 | 本章小结        | (124) |
| 9   | 基于工程联接的装配模型 | (125) |
| 9.1 | 常用概念和术语     | (126) |
| 9.2 | 装配模型        | (130) |
| 9.3 | 设计知识和实例知识   | (133) |

|      |                       |       |
|------|-----------------------|-------|
| 9.4  | 模型数据交换 .....          | (134) |
| 9.5  | 本章小结 .....            | (139) |
| 10   | 装配模型的构建 .....         | (140) |
| 10.1 | 概念设计和产品的功能设计 .....    | (140) |
| 10.2 | 装配建模 .....            | (141) |
| 10.3 | 联接关系建模 .....          | (144) |
| 10.4 | 构件的映射 .....           | (148) |
| 10.5 | 本章小结 .....            | (154) |
| 11   | 联接知识系统 .....          | (155) |
| 11.1 | 基本工程联接关系分析 .....      | (155) |
| 11.2 | 工程联接知识主干树 .....       | (158) |
| 11.3 | 主体对象 .....            | (171) |
| 11.4 | 现象对象 .....            | (172) |
| 11.5 | 原理知识对象 .....          | (172) |
| 11.6 | 过程知识对象 .....          | (173) |
| 11.7 | 工程联接关系与自由度 .....      | (173) |
| 11.8 | 本章小结 .....            | (174) |
| 12   | 装配序列表示 .....          | (176) |
| 12.1 | 装配序列表示方法 .....        | (176) |
| 12.2 | 联接树蕴涵的装配序列关系 .....    | (180) |
| 12.3 | 联接节点内指定的装配序列关系 .....  | (186) |
| 12.4 | 两种装配序列关系的比较 .....     | (189) |
| 12.5 | 本章小结 .....            | (189) |
| 13   | 装配序列关系的建模 .....       | (191) |
| 13.1 | 建模基本过程 .....          | (191) |
| 13.2 | 联接知识主干树和联接模型的关联 ..... | (192) |
| 13.3 | 联接类型名称 .....          | (195) |
| 13.4 | 联接子元件表 .....          | (199) |
| 13.5 | 装配序列表 .....           | (201) |
| 13.6 | 联接知识主干树向联接模型的映射 ..... | (202) |
| 13.7 | 联接模型向联接知识主干树的映射 ..... | (203) |
| 13.8 | 本章小结 .....            | (204) |
| 14   | 装配序列规划求解算法 .....      | (205) |
| 14.1 | 假设条件和优化目标 .....       | (205) |

|      |             |       |
|------|-------------|-------|
| 14.2 | 算法思想        | (206) |
| 14.3 | 数据结构        | (212) |
| 14.4 | 主要功能介绍      | (214) |
| 14.5 | 本章小结        | (215) |
| 15   | 图的层次化显示     | (217) |
| 15.1 | 图论中的图及其显示方法 | (217) |
| 15.2 | 宽度优先搜索算法    | (221) |
| 15.3 | 层次化显示方法     | (222) |
| 15.4 | 数据结构和算法     | (226) |
| 15.5 | 算法实现和分析     | (233) |
| 15.6 | 本章小结        | (237) |
| 附录 A | 联接知识主干树     | (238) |
| 参考文献 |             | (240) |

# 第1篇 知识系统



# 1 知识表示概论

## 1.1 什么是知识?

什么是知识?这是一个非常神奇的问题,也是一个悬而未决的问题。从古至今,人们不断地探索这个问题,然而直到现在,人们对知识的认识还存在许多不清楚的地方。但是,人们认识到人类的知识主要有以下特征:

### 1. 知识是对客观世界的反映

知识是客观的,它是客观世界的反映,表现了客观事物的运动及其规律。客观事物既可以是具体的,也可以是抽象的;既可以是脱离人存在的事物,也可以是人的脑海中存在的事物。知识可以分为两方面:一方面是科学家发现的规律和结论;另一方面是关于知识发现过程运用的方法。

根据知识对客观世界的反映,知识可分为陈述性知识、过程性知识和策略性知识。陈述性知识也称描述性知识,主要用来说明事物的性质、特征和状态,是关于事物及其状态的知识,或者说是关于“是什么”的知识,包括对事实、规则、事件等信息的表达。过程性知识也称程序性知识,是关于完成某项任务的行为或操作步骤的知识,或者说是关于“如何做”的知识。它包括一切为了进行信息转换活动而采取的具体操作程序。而策略性知识是关于“如何学习、如何思维”的知识,是调节自己的注意、记忆、思维能力的知识,或者是如何运用陈述性知识和过程性知识的技能,是控制学习与认知过程的知识。

人们直接从客观世界所获得的知识称为直接知识,而通过书本或其他途径所获得的知识称为间接知识。

### 2. 知识可以记录并传承

人类社会的高速发展离不开知识的传承。作为生物体的存在形式,每个人都要离开这个世界,但是所具有的知识并不一定随着其肉体的消失而消失。只要将其思想、掌握的知识采用语言文字或者其他媒体记录下来,那么人们即可依据这些语言文字或其他媒体继承这些知识。从人类的发展历史来看,语言文字是最重要

的知识传承手段,人类社会现在所获得的知识基本上都是通过语言文字继承的。当然,这里的语言文字是广义的,指的是用某种图形、声音、文字等所表示的符号系统。

一般将知识分为有形的和无形的两类。有形的知识称为显性知识,如文字或其他有形的媒体,便于记录和处理;无形的知识称为隐性知识,如主观的理解、直觉和预感,等等,是高度个性化而且难以格式化的知识。但是从本质上说,隐性知识也可以认为是一种抽象形式的知识,只是目前人们还没有发现或加以表示而已。

因为知识的记录和传承需要依赖于某种媒体,从广义上说,所有用于信息标示的实体均可以成为知识的载体,所以,不仅是计算机中的数据、文件、文档、图样、图片,等等,而且自然界中其他可标示的事物均可成为知识的载体。

### 3. 知识是无限的

因为知识是对客观世界的反映,世界本身是无限的,对其反映也不是单一的,所以可以呈现不同的形式。例如,现实中的一个三维实体,不同的人、从不同的角度、在不同的时间所看到的印象是不一样的。从某种角度说,我们每个人都是“盲人摸象”中的盲人,只能认识客观事物中的一部分。

### 4. 知识与认知有关

知识的传承可以通过文字和语言进行,但文字和语言所表达的知识却不能自动映射成人脑的知识。人的知识只有少部分可以通过生物体继承获得,绝大部分都是通过认知过程获得的。通过继承获得的知识一般不称为知识,而称为条件反射或者本能。从这个角度说,任何人所拥有的知识都不是天生的,都要经过各种学习过程才能获得。人的社会实践活动即认知活动越多,所获得的生存和发展的知识和经验就越多。时至今日,没有发现一个人的知识可以通过遗传或者直接植入人脑的方式传给另外一个人。人们可以克隆一个形状与原来一模一样的生物,但是现在还不能将原来生物获取的知识克隆进去,克隆的生物也必须通过认知活动获取自己的知识。

人们通过认知活动所获得的知识的深度也是不同的,即知识分为感性知识和理性知识。感性知识是反映事物外部属性、外部联系的知识,而理性知识则反映的是事物本质属性的内在联系。人的认知过程存在一个从感性知识到理性知识的过程,称为飞跃。

### 5. 知识存在一定的模糊性和不确定性

在人们所使用的知识中,并不是所有的知识都是确定的,尤其是人的自然语言,人脑处理信息的过程存在模糊性和不确定性。

## 6. 知识与思维过程有关

人们在认知世界时必须经过自己的思维。思维是客观现实的反映过程,是具有意识的人脑对于客观现实的本质属性、内部规律性的自觉的、间接的和概括的反映。人们对客观现实的认识是一个从感知思维、形象思维到抽象思维和灵感思维的过程,是一个认识逐渐加深的过程。所获得的知识越深刻,其应用效果就越好,应用面也越广泛。

## 7. 知识与社会环境有关

知识离不开社会。在生产力不发达的原始社会,人们所拥有的知识主要就是基本生存的知识,一个封闭的社会也很难获得创造性的突破。随着社会的发展,特别是信息交流技术的发展,人们获得知识的途径增加,所拥有的知识也越多,范围越广泛,也越容易迸发出新的思想。

## 8. 知识可以改变世界

当人类拥有知识时,就可以根据知识对世界进行改变。这方面的名言很多,对人们的影响比较大。例如,培根说“知识就是力量”,李嘉诚说“知识改变命运”,邓小平说“知识是生产力”。人们对自然界的规律认识得越多,就越能利用这些规律改变世界。

人们常常依据知识改变世界的作用将知识定义为有益的经验。例如,《辞海》中定义知识为人类在社会实践中积累的经验,而 Webster 词典则定义知识为人类积累的关于自然和社会的认识和经验的总和。总之,知识可以指导人改变世界。

## 9. 知识可以发现、创造新知识

人们可以从现有的知识中发现新的知识、创造新的知识。人们对知识的应用并不局限于适应世界,而是更加高层次的应用。人们可以通过各种思维活动,发现以前没有发现的知识。现代科学的发展得益于人们对知识的创造。

此外,知识与普通的物品不一样,具有七大特殊性:

- (1) 不可替代性,一类知识不能被另一类知识所替代。
- (2) 不可相加性,知识不能相加,因为知识是不可数的。
- (3) 不可逆性,知识一旦产生就无法被消除。
- (4) 非磨损性,知识的使用不会带来知识本身的消耗,每个掌握它的人都可以重复使用。
- (5) 不可分性,知识是一个有机整体。
- (6) 可共享性,知识可以共享。
- (7) 无限增值性,知识可以不断被使用并创造价值。

总之,知识是对客观世界的反映,并且可以被用来改变世界。