

运动学模型设计数字图书馆 ——多角度展现纯几何运动的魅力

刘燕权¹, 孙秀良²

(1. 美国南康涅狄格州立大学, 美国康州纽黑文 06515; 2. 北京化工大学图书馆, 北京 100029)

摘要: 运动学模型设计数字图书馆 (KMODDL) 是美国国家科学基金会资助的国家科学数字图书馆项目之一, 其馆藏资源丰富, 极具专业特色, 能够全方位多角度展示纯几何运动的魅力。该馆致力于收集与提供力学模型及其相关资源, 为运动学原理的教育和学习提供免费的多媒体资源。文章介绍了该数字图书馆的项目背景、资源组织、服务特点和技术特征, 并对该项目进行了客观的评价。

关键词: 数字图书馆; 运动学模型; KMODDL

中图分类号: G250.76

DOI: 10.3772/j.issn.1673-2286.2015.09.011

1 项目概述

运动学是力学的一门分支, 专门描述物体运动, 不考虑作用力或质量等影响运动的因素。模型是机械运动的一种描述和表达。运动学为动力学、机械学提供理论基础, 运动学也是自然科学和工程技术必需的基础知识。

运动学模型设计数字图书馆 (The Kinematic Models for Design Digital Library, 简称KMODDL) 由美国康奈尔大学的图书馆和机械工程数学系在美国国家科学基金会 (NSF) 的资助下于2002年共同合作创建, 属于美国国家科学数字图书馆 (NSDL) 的项目之一, 网址为<http://kmoddl.library.cornell.edu/>。

康奈尔大学运动学权威专家Francis Moon教授和康奈尔工程图书馆的John Saylor主管是KMODDL项目的发起人。Moon教授长期致力于运动学的推广普及, 不断寻求康奈尔图书馆的帮助, 使运动学模型能面向公众开放, 在Moon的提议下, John Saylor主管开始拍照、编目相关运动学模型, 尝试建立简单的在线数据库, 并向NSF提议建立KMODDL。

KMODDL最初的收集重点是19世纪运动学模型, 即勒洛集 (Reuleaux Collection), 为运动学提供教学

工具。随后, 康奈尔机械工程系Hod Lipson教授, 给KMODDL带来了21世纪的人工智能、机器人、设计自动化等方面的资料收集, 扩展了馆藏。KMODDL的合作机构还包括德国卡尔斯鲁厄大学、莫斯科鲍曼技术大学和意大利佛罗伦萨市科学技术基金委。

2004年随着NSF的资助结束, KMODDL获得了美国博物馆和图书馆服务协会 (the Institute for Museum and Library Services, 简称IMLS) 资助, 波士顿科学博物馆 (Museum of Science, MOS) 也相应加入馆藏合作。MOS 拥有由美国工程师William M. Clark 在20世纪初期建立的机械运动工作模型和传动装置的克拉克馆藏 (Clark Collection), IMLS拨款将克拉克馆藏中的模型加以数字化转化成照片、视频、数字模型和录音, 并将这些材料整合到KMODDL。除此之外IMLS还为物理构件的分享和教学方面3D打印技术的研究提供了资助, 调查研究数字图书馆馆藏最好的三维数字对象的管理、保存和访问方法, 在此基础上, KMODDL团队的康奈尔大学的工程师采用计算机辅助设计 (CAD) 和立体平板印刷程序制作出三维立体原型和工作模型图。

除了NSF和IMLS资助外, 2005年康奈尔大学的相关院系赞助数字图书馆的馆藏收集, 将有关机械史、

科学史方面的5千至7千页的印刷资料数字化并整合到KMODDL。目前, KMODDL在康奈尔大学的图书馆、毕业校友和前教授的支持下, 一直保持维护和更新。

KMODDL致力于收集运动学模型及其相关资料, 是一所有关运动学、机械原理和历史的开放获取的多媒体数字图书馆, 为教师、研究人员、各教育阶段的学生以及其它学习者提供免费的教育和学习平台。KMODDL的重要性是毋庸置疑的, 为广大运动学爱好者提供具有历史价值的、稀有的、无价的学习、阅读和视听资源。

2 资源组织

2.1 资源类型和内容

KMODDL 馆藏收录包括6种不同的资源类型, 分别是模型 (Models)、教程 (Tutorials)、仿真 (Simulations)、参考文献 (References)、传记 (Biographies) 以及三维打印 (3D Printing)。

(1) 模型: 格式为图像和文字说明。KMODDL对勒洛集的每一个模型都进行了编目、插图以及描述, 并将近一半勒洛集的运动学模型进行用户控制的动态影像化, 在这些逼真的交互式动画中, 随着用户鼠标的移动, 一系列快照能直接清晰阐明机械运动原理。目前, KMODDL收录了6个不同的模型集合:

①勒洛机械运动学模型集合。该集合为德国著名机械学家Reuleaux在19世纪晚期建立的机械运动学模型集合, 即勒洛集, 收藏在康奈尔大学, 含机械运动元素的220个模型, 康奈尔大学将收集到的这些模型用于教学和研究。勒洛集是KMODDL的核心收集, 也是世界上收藏最完整的勒洛运动学模型集合。康奈尔大学收集的勒洛运动学原理包括蒸汽机和内燃机的旋转和往复引擎; 有关制造的数学函数的原理, 涉及早期的计算机和晚期的计算机工程; 还包括擒纵机构等。目前, 康奈尔大学已将勒洛的模型用于教学设计、动力学、机器人、艺术和建筑, 以及历史研究, KMODDL将这些收藏提供给教师、科研人员和学生, 远远超出了康奈尔校园的应用范畴。2002年, 康奈尔大学的机械及力学的勒洛集被美国机械工程师历史和传统协会指定为国家级的机械工程师历史收集。

②克拉克机械运动集合。该集合为美国机械学家克拉克(Clark)在20世纪初期建立的机械运动集

合, 包括一系列机械运动和组合传动装置的工作模型, 收藏在波士顿科学博物馆 (Boston's Museum of Science), 含120个模型; 2005至2006年, 康奈尔大学图书馆和科学博物馆合作将整个卡拉克集整合到KMODDL。卡拉克模型包括齿轮机构、滑轮系统、各种机械的剖面图和横截面, 这些模型展示了从旋转到直线运动, 直线运动到摆动的方法, 以及各种其他机械工作的解决方法, 克拉克本人还出版了机械运动手册, 包含这些模型的照片和具体说明。

③Redtenbacher运动机制模型集合。该集合由德国卡尔斯鲁厄大学提供, 含100个19世纪的模型, 目前都收藏在卡尔斯鲁厄大学。

④伊利诺伊 (Illinois) 齿轮模型集合。该集合由芝加哥的伊利诺伊齿轮和机械公司建立, 康奈尔大学收藏, 目前含15个模型。

⑤勒洛 (Reuleaux) 的模型目录。该集合由莫斯科鲍曼技术大学提供, 含60个模型。

⑥薛定谔 (Schröder) 集合。该集合由意大利佛罗伦萨市科学技术基金委提供, 包含了薛定谔公司最大的一个动态模型集合。

(2) 教程: 用于自学和课堂教学。KMODDL包含很多由康奈尔大学教员集体收集的网络教程, 这些教程能帮助教师整合课程教育资源, 主要面向三个教育层次: 数学、工程设计和技术史方面的大学课程; 数学和技术的高中课程; 数学和技术的中学课程。

(3) 运动学仿真: 除了摄影动画, KMODDL还包含了大量的表示运动学抽象动作的交互式模拟器, 它允许用户同机构进行交互, 能够不加限制的推、拉, 改造机构和观察结果。

(4) 参考文献: 包括公开获取的电子书、论文和工作底稿。KMODDL将50本有关运动学和机械原理及历史的书籍进行数字化, 以电子书的方式展现给读者。其中大多数是19世纪和20世纪初的图书, 包括勒洛集的主要作品, 以及威利斯的机械原理、肯尼迪的机械力学和杜尔雷的机械运动学等, 其中很多是康奈尔大学图书馆科技史收藏中比较罕见稀有的图书集。

(5) 传记: KMODDL包含很多有关历史人物及其相关的机械和动力学领域的理论和历史。

(6) 三维印刷品: KMODDL团队采用快速成型技术将电子文件再现为三维实体模型, 涉及历史动力学模型的复制, 这些三维复制品已用于教学和艺术保护方面。

2.2 资源组织形式

KMODDL采用基于资源类型和内容相结合的分类方法对数字资源进行有效组织。基于运动学专业特点,其资源可以有多种类型进行表达,用户也会根据自身的需求选择不同的资源类型。首先,将数字资源按照模型、多媒体、教程和参考文献4个类别进行分类。然后,每个资源类别又包括多种相关类型或内容的子集。模型类别中包括6个运动学模型集合,多媒体类别中包括视频、交互仿真、三维打印、图片、CAD模型等,教程中包括教程和传记,参考文献中包括在线图书、在线期刊、在线预印本、打印资源等。再次,按照字母顺序进行组织。最后,每一条信息,同一个内容,都有其相对应的其它资源类型的超链接,无论是模型、多媒体还是其他资源,这样用户就可以通过一种资源类型直接链接到其它资源类型。

从用户角度来看,用户需要的资源类型不同,对某种资源类型的感兴趣程度也不同,用户可以根据自身的喜好,去选择进入不同的资源入口,同时又拥有不同资源类型之间的超链接,这些都给用户带来了更方便、更快捷的服务。

2.3 资源描述

KMODDL的元数据方案比较复杂,因为馆藏资源的载体形式,其元数据方案需具有独特的特点,以适应馆藏所需。康奈尔大学图书馆在2003-2004年完成了元数据开发,具体方案涉及元数据行为(Metadata Activities)、应用规范(Application Profile)、类型词汇表(Type Vocabulary)和开放档案互动性(Open Archives Initiative,简称OAI)映射。具体的每个元数据方案如下:

(1)元数据开发采用都柏林核心元数据元素集(Dublin Core Metadata Element Set,简称DCMES),元数据开发者根据DCMES描述KMODDL数字资源来设定不同的资源分类。元数据术语来自不同的命名空间(namespaces),包括DCMES1.1版本、都柏林核心(Dublin Core Metadata Initiative, DCMI)基础、都柏林核心类型词表等。

(2)应用规范由康奈尔大学的CTS元数据服务机构于2004年完成,指定描述资源元数据的基本原理、改进和编码方案。

(3)类型词汇表也由康奈尔大学的CTS元数据服务机构于2004年完成,该类型词表提供了用于KMODDL资源类型的术语列表。

(4)OAI映射互操作协议通过建立受控词表,来表达多种类型的资源,用户可以通过词表术语的单一检索,获得不同类型的资源。模型的元数据内容包括:题目、副标题、资源类型、媒体类型、出版商、用户、版权、图像、关键词、摘要、作者、日期、网址、编者、规格和相关模型。

3 服务特征

3.1 资源访问政策

KMODDL的电子资源面向公众免费开放,允许公共用户通过网络免费使用其数字资源的导航,或者下载影像、图片、印刷品等资源,但要依照康奈尔大学图书馆指导方针的条款合理利用其资源。馆藏仅供个人和研究使用,没有图书馆的书面许可,任何其它用途,包括但不限于商业或学术的复制、出版、传播等,无论是通过电子手段还是其他手段,用户必须向康奈尔大学图书馆的版权服务办公室请求许可,包括请求的题目、预计发表日期、发表类型、预期的打印数量。如果用户以复制为目的,超过了合理使用范畴,用户就会被认定为侵犯版权,版权服务办公室保留权利拒绝复制请求。康奈尔大学图书馆尽可能努力保护个人和研究的使用权,但一些运动学的历史书籍需要交一定的印刷费用,KMODDL提供链接到康奈尔大学图书馆的书店以便用户购买其平装本。

3.2 检索功能

KMODDL的检索功能包括简单检索、高级检索和搜索引擎。简单和高级检索位于主页左侧的导航栏。简单检索适合用较少的词进行基本检索,无检索限制项,用户可以直接输入一个词或一个短语,包括作者姓名,可以检索到KMODDL中所有文本的任何地方。高级检索功能可以使用布尔逻辑检索,提供逻辑与、逻辑或、逻辑非以及精确检索的检索入口,也可以选择运动学集合,包括勒洛集、克拉克集、伊利诺伊集合等等,或选择资源类型(包括视频、模型、图像、CAD模型等),选择目标用户(包括各层次的教师和学生)。检

索条件包括题目、关键词和摘要。

除了KMODDL主界面提供的检索功能,其电子图书界面也提供了检索入口,包括的检索项有基本检索、布尔逻辑检索、位置检索、书目检索以及检索历史记录。在其简单检索界面,用户可以输入一个单词或词语,包括作者名,可以在文本的任何位置中查找,无检索限制项。如果使用常用检索语,可能会获得大量结果。该图书馆电子书的高级检索服务,使用户可以设定多项条件完成检索,具体高级检索功能如下:(1)布尔逻辑检索允许使用三个术语或短语进行组配,用户可以通过全文、标题或作者进行检索;同时,可以使用系统提供的AND、OR、NOT逻辑算符进行逻辑关系的组配。(2)位置检索允许指定检索词之间的位置关系,可以让检索词互相靠近对方,让检索词之间相隔40、80或120个单词。(3)书目检索可以通过已知的标题或作者快速定位目标资源,也可以通过已知的主题词或关键词在书目索引的任何地方检索。(4)检索历史选项可以查看最近的检索记录。

KMODDL的搜索引擎分为两部分:档案查询与馆藏查询,主要通过两个相应的搜索引擎:搜索康奈尔和馆藏搜索(KMODDL 搜索)来实现。搜索康奈尔可以搜索康奈尔大学相关的运动力学信息和数据;馆藏搜索引擎可以搜索KMODDL相关网站上的运动力学信息和数据。任何一个门户,在任务栏上都有对应的搜索引擎链接。用户通过搜索引擎,根据所需信息的部分字节来检索,减少了检索程序,缩短了检索时间,大大提高了搜索效率。

3.3 浏览功能

用户可以通过KMODDL主页右侧导航栏的模型链接浏览馆藏模型、多媒体资源、教程和参考文献。在具体的模型集合中,通过分类来浏览模型,或者使用英语或德语在标题或关键词中检索。点击检索或浏览结果的模型缩略图,能够看到每个模型相对应的描述页,并能链接到动态图像和其它相关资源。在多媒体资源部分,可以进一步将资源类型细化为视频、交互仿真、立体印刷文件、静态图片、虚拟现实建模语音(VRML)和CAD模型。在教程部分,可以按照首字母顺序浏览,或通过模型的描述页链接得到,以及通过关键词、主题或作者检索。在参考文献部分,可以通过字母顺序结合需要进行选择,同时提供浏览图书、文章和底稿的链

接,或者通过关键词、主题或作者检索。

3.4 帮助功能和反馈机制

KMODDL通过主页面提供该数字图书馆的详细介绍;通过帮助界面为初学者提供一般提示,包括检索资源,使用编码材料,材料的下载,查看和导航文本,或者打印文本等。通过浏览展示项,KMODDL可以满足各种要求。另外,网站还设有反馈机制和“E-mail us”。反馈机制可以让网站的管理人员了解用户的评价和建议,以便他们进一步做出整改措施,以完善网站技术和内容;同时,用户可通过电子邮件反馈,直接向管理者提供自己的信息及建议,比网站固定的反馈选项更为有效。

4 技术特征

4.1 运动学动作表达 (Representing Kinematic Motion) 的关键技术

(1) 互动态图像技术(Interactive Moving Images)。KMODDL团队通过制作可互动操作动画,展示机械模型的运动性能。可操作的动画是显示在通过用户界面装置(如鼠标)的运动所确定的序列静止图像的集合,允许图像以用户控制的方式显示。例如:用图片从不同角度旋转描述一个目标物,然后移动光标将产生旋转目标物的错觉,产生三维体验。KMODDL的可操作动画,既可以描述各个角度的机器,也可以描述机器运动的各个阶段,以至于操作动画就能使机器功能化,这样可以使用户能够前进或后退动画,仔细研究运动学因果关系的细节。如图1所示,随着用户滑动鼠标,一系列快照阐明了离心泵的运动。

(2) 运动学仿真技术(Kinematic Simulations)。静态图像和动画展示了机器的功能,但往往掩盖与它相关的纯运动学的运动。因此,KMODDL制定了一些



图1 离心泵运动快照

运动学模拟器来说明纯几何运动的第一手资料；此外，模拟器允许用户与机器互动，可以推和拉，修改它，并观察结果，甚至打破它。模拟器被写成小程序，以便其能够在用户的计算机上操作，并因此快速反应。模拟器使用弛豫算法 (Relaxational Algorithm) 模拟力量和运动的传播。用户通过直观地将位移转换为力的“橡皮筋”方式同机器进行交互。机器移动后，任何过载链接的颜色改变，取决于它是否处于拉伸还是压缩状态。用户可以修改机件之间的链接长度，连接和断开组件，移动和修改接地点，从而创建倒立式。甚至可以擦掉原来的机构，重新建立一个完全不同的机构。如图2所示，模拟器在二维探索运动学：(a) 表示用户探索绘制4杆机构，(b) 表示绘制Peaucellier直线机构，(c) 表示测试其性能。

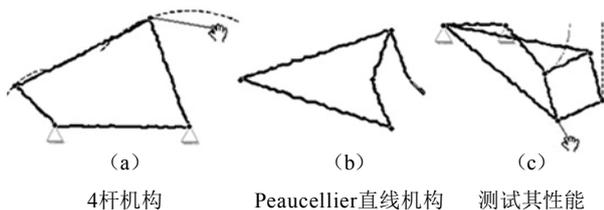
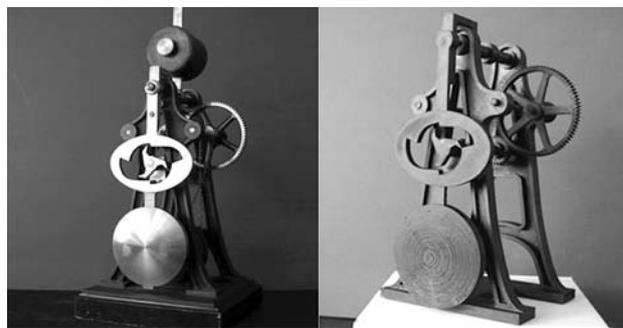


图2 模拟器探索运动学二维图

(3) 三维打印技术(Printing in 3D)。十九世纪至20世纪初，物理机器模型在展览馆和大学非常流行；如今，它们的角色已经被计算机辅助设计模型和模拟替代。虽然灵活，成本也更低，但缺少物理表现力，因为直观感受是运动和力中许多关键概念所必不可少的。KMODDL团队采用快速成型技术将数字文件复制成三维物理模型，复制品是基于勒洛模型的CAD图纸，在立体平版印刷 (STL) 格式下完成。STL文件可以通过快速原型打印制造厂输出打印，这个过程会通过纤维缠绕线圈加热并经过喷嘴喷出，产生一系列热塑性层；为了创建运行机制，还要将水溶性材料放进可动部件的空隙。用户可以使用KMODDL网站的勒洛模型的STL文件，通过访问快速成型设备来下载和三维打印物理复制品。而大众对这部分收集的使用仅限于少数大型研究设备，项目团队希望快速原型技术变得更为常用，让这种形式的文档越来越普遍。目前，该技术已经准确重现了历史运动学模型，使之成为教学和工件保护的工。KMODDL团队重现的功能齐全时钟擒纵机制样品如图3所示。



(a)
原始的勒洛模型

(b)
快速原型模型

图3 时钟擒纵机制

4.2 元数据创建

KMODDL项目团队与康奈尔大学图书馆的数字化咨询和服务部创建的元数据模型以都柏林为基础，采用XML命名空间，建立描述机械对象的符合条件的元素和属性名称。KMODDL藏书包含很多类型的数字化对象：各种格式的文本、书目记录、图像、试听格式，以及多格式、多页学习单元，基于Java的模拟等，这些一对一的关系被引导到一个特定的模型，“模型”的概念作为一个基本元素的相关组件作为某些描述性元数据。

4.3 数据库开发

项目团队详细审议数据库结构来适应KMODDL集合。两个专有解决方案包括基于互联网的图像管理和传送。后者已经开发并紧密结合NSDL，承诺平面数据库结构和URL集合满足项目的需求。已经建立的元数据，项目团队将通过NSDL元数据存储库和OAI分享给其它系统，并通过使用MySQL数据库服务器，在相关的数据库管理系统，映射元数据字段和表的要求。数据库管理的用户界面以及检索和浏览数据，都采用PHP编码；在后期阶段，PHP还将用来开发OAI接口的元数据采集。KMODDL的Web服务器是Apache。MySQL，PHP和Apache都是成熟的、广泛使用的开源技术，开源软件的使用支持我们建立一个安全的、可靠的、可互操作的、可持续的资料存储库。图4是KMODDL的数据库结构，简单阐明了数据库关键元素之间的关系。物理模型的元数据存储在一系列数据库中，在这里用模型 (Models) 元素表示，事件和文档 (Facets & Documents) 元素涉及需要阐明的多种物理模型，比如

图像、仿真、电子书等, 菱形中的标识1代表Models 和 Facets & Documents之间的关系, Models可以通过很多Facets & Documents来说明, Facets & Documents也可以阐明很多Models, 书目记录 (Bibliographic Records) 与Models (菱形中标识2) 和Documents (菱形中标识3) 是一对多的关系, 关键词 (Keywords) 和系列 (Series) 直接同Models相关, 术语 (Terms) 直接同Facets & Documents相关, 用户 (People) 可以在KMODDL数据库中扮演多重角色, 它同其它元素是多对多的关系, 见菱形中标识4。

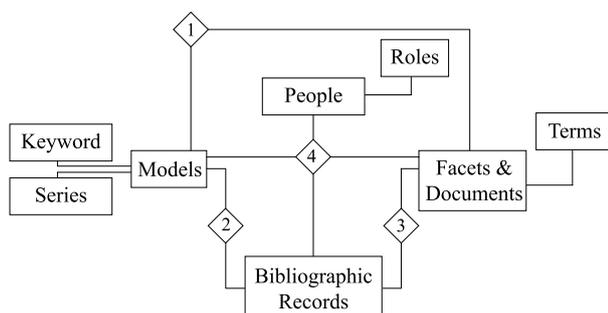


图4 KMODDL 数据库结构

4.4 界面设计

KMODDL网站十分简洁, 主要以文字为主, 加以简单的视频和图像点缀, 易于操作。主页上的图像颜色较暗, 但文字色调较亮, 同白色背景形成鲜明对比。页面上方的导航标签明确指出网站的概况、捐助人、权利、联系邮件和信息反馈; 同时, 在页面的底部有资助单位的标识, 页面左侧和右侧的图像能够链接到资源内容、导览和检索框。主页的中心部位是文字, 能够链接到该网站中的不同网页。该网站界面友好, 导航清晰, 允许用户进入快速成型设备下载、三维打印以及同物理副本交互。

4.5 技术服务

康奈尔大学图书馆的数字咨询和技术服务部门 (Digital Consulting and Production Services, 简称DCAPS) 为KMODDL项目提供信息技术支持, 包括网站设计、虚拟主机、机构和编程、数据库设计和实施、数字化、元数据开发、版权顾问。KMODDL的网站由康奈尔大学图书馆主办, 属于国家科学数字图书馆项

目, 采用都柏林核心元数据元素集 (DCMES) 输出, 并选择使用DCMES描述资源。

5 评价及建议

KMODDL数字图书馆的重要性是毋庸置疑的。首先, 馆藏资源独特, 收录了许多19世纪期间的运动学模型集合, 为广大机械学、运动学爱好者和学习者提供了弥足珍贵的专业资源。其次, 资源类型丰富, 其图片、影片、仿真以及三维打印等形式为机械运动提供了多角度、全方位的形象表达, 改善了用户体验和增强了教育实用性, 非常适合运动学专业的自学和教学。再次, 服务上, 网站具备了搜索引擎、浏览和高级检索等功能, 以及多个运动学资源网站的相互链接, 提升了用户的操作性。最后, 网站开通了信息反馈和E-mail交流功能, 为图书馆和用户之间建立了良好的沟通桥梁。

虽然KMODDL数字图书馆有其独特的优势, 但在发展建设中也有一些应注意的问题: 首先, 馆藏范围略显狭窄, 大部分资源仅来自几个著名的运动学集合, 因此, 数据库的内容范围仍需进一步扩大。其次, 检索功能有待完善。在检索过程中, 虽然可以实现各种资源类型的跨库检索, 但仅能得到结果的数目, 不能链接到具体的资源; 对于普通用户来说, 需要单独进入每个类型的数据库进行浏览, 十分不方便; 目前资源较少还好, 如果资源量增大, 必须进行检索功能的升级。再次, 在高级检索过程中, KMODDL和其电子书资源的高级检索有其各自的检索界面和功能, 不利于用户对检索规则的掌握以及整个资源的多功能一站式检索。另外, 网站的检索结果中存在一些死链接, 不能准确地指向所在内容; 同时, 网站的帮助项的维护速度较慢。最后, 历史传记的书籍还需要收费才能使用, 希望KMODDL进一步加大公开获取力度。

总之, 瑕不掩瑜, KMODDL数字图书馆为广大用户提供了珍贵的运动学相关的开放性资源, 为机械、运动学的学习和研究做出了特殊和积极的贡献。

参考文献

- [1] The Kinematic Models of Design Digital Video Library [EB/OL]. [2014-07-10]. <http://kmoddl.library.cornell.edu/>.
- [2] About KMODDL resources [EB/OL]. [2014-07-10]. <http://kmoddl.library.cornell.edu/about.php>.

- [3] About KMODDL project history [EB/OL]. [2014-07-10]. <http://kmoddl.library.cornell.edu/about.php>.
- [4] About KMODDL metadata [EB/OL]. [2014-07-10]. <http://kmoddl.library.cornell.edu/about.php>.
- [5] KMODDL Advanced Search [EB/OL]. [2014-07-10]. http://kmoddl.library.cornell.edu/advanced_search.php.
- [6] The KMODDL e-books and articles [EB/OL]. [2014-07-10]. <http://ebooks.library.cornell.edu/k/moddl/>.
- [7] COPYRIGHT [EB/OL]. [2014-07-10]. <http://kmoddl.library.cornell.edu/rights.php>.
- [8] Kizer Walker, John M. Saylor, Francis C. Moon, David W. Henderson, Hod Lipson, Daina Taimina, Ron. Rice. Building a Digital Library of Kinematics [EB/OL]. [2014-07-10]. <http://worldcat.org/arcviewer/2/OCC/2009/08/11/H1250009760692/viewer/file2.html#top>.

作者简介

刘燕权, 男, 博士, 南康涅狄格州立大学教授, 研究方向: 数字图书馆、数据挖掘、多媒体技术、软件管理、国家信息基础结构、信息存储、图书馆统计及管理, E-mail: liuscsl@gmail.com。

孙秀良, 男, 博士, 北京化工大学图书馆副研究馆员, 研究方向: 学科服务、化工情报、数字图书馆, E-mail: sunxl@mail.buct.edu.cn。

The Kinematic Models for Design Digital Library: Multiple Perspectives to Show the Charm of the Geometry of Pure Motion

Yan Quan LIU¹, SUN XiuLiang²

(1. Southern Connecticut State University, New Haven 06515, USA;

2. Beijing University of Chemical Technology Library, Beijing 100029, China)

Abstract: The Kinematic Models for Design Digital Library (KMODDL) was developed with funding from the National Science Foundation (NSF) as part of the National Science Digital Library showing the Charm of the Geometry of Pure Motion. Its collection is rich and has specialty features. This open access library provides a collection of mechanical models and related resources for teaching the principles of kinematics. This review examined various aspects of the library, including the project's background, organization of resources, service features, and technical characteristics. Authors' comments about the project of KMODDL were also given.

Keywords: Digital Library; Kinematics Model; Kinematic Models for Design Digital Library

(收稿日期: 2015-8-10; 编辑: 王立学)