

我国科研建筑研究领域知识图谱可视化分析

雷明珠, 崔 彤

(中国科学院大学 建筑研究与设计中心, 北京 100190)

摘要: 随着国家对科技创新的重视, 针对科学研究的场所——科研建筑的研究需求也日益增长. 以中国知网(CNKI)数据库为数据来源, 使用 CiteSpace 软件, 对我国科研建筑领域共 852 篇文献分别进行作者与机构合作网络图谱、关键词时区图谱、关键词共现与聚类图谱的可视化分析, 得到作者与机构合作关系、研究进程、研究前沿领域与热点的分析结论. 旨在呈现科研建筑研究现状, 梳理研究脉络, 挖掘研究前沿领域及热点, 以期为今后的科研建筑研究与实践提供参考与启发.

关键词: 科研建筑; 实验室; CiteSpace; 可视化分析; 知识图谱

中图分类号: TU244.5

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2022)01-0061-07

Knowledge mapping visual analysis of scientific research buildings in China

LEI Mingzhu, CUI Tong

(CARD in the University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: China's growing emphasis on scientific and technological innovation has necessitated the research on scientific research buildings as crucial places of operation. Taking CNKI database as the data source and using CiteSpace software, the visual analysis of a total of 852 papers in the field of scientific research buildings in China was carried out respectively on author-institution collaboration network map, keywords time zone map, keywords co-occurrence and clustering map, and the analysis conclusions of author-institution collaborative relationship, research progress, research frontiers and hotspots were obtained. The study aims to present the research status of scientific research buildings, sort out the research context, and explore the research frontiers and hotspots, so as to provide reference and inspiration for future research and practice of scientific research buildings.

Key words: scientific research building; laboratory; CiteSpace; visual analysis; knowledge mapping

21 世纪初期至今, 以信息技术、生物技术、新能源技术等交叉融合领域为代表的第五次科技革命在世界范围内产生的影响日益显著. 同时在多项国家政策的出台背景之下, 科技创新逐步成为国家发展和国际竞争的决定性力量之一. 而科研建筑作为空间载体, 是科研与实验活动顺利实施的重要保障之一, 因此提高科研建筑的品质具有极大的必要性. 2019 年新版《科研建筑设计标准》JGJ91-2019, 即在广泛调查研究与实践经验总结的基础上, 参考国际标准与国外先进标准进行了重新修订, 以适应行业发展的需求. 而学术界关于科研建筑的研究, 国外起步更早, 研究更系统, 已有较多论文与专著涉及科研建筑的历史研究^[1-3]、设计研究^[4-5]、社会学研究^[6-7]等方面; 与

国外研究相比, 我国有关科研建筑的研究起步则相对较晚, 研究覆盖面较窄, 存在极大的潜在研究空间. 本文旨在通过知识图谱可视化的分析手段, 针对国内科研建筑领域的研究文献进行可视化表达, 力图梳理出国内研究现状较为清晰的发展脉络, 并从中寻求研究热点、研究不足及未来可能的研究趋势等.

1 研究概况

1.1 研究对象

根据表 1 的归纳整理, 本文中科研建筑的概念是进行科学研究与实验活动的建筑空间载体, 以实验室空间为主, 同时包含了科研办公与交流等空间.

收稿日期: 2021-02-05

修改稿日期: 2022-01-08

第一作者: 雷明珠(1992—), 女, 博士生, 主要研究科研建筑设计及其理论. E-mail: leimingzhu16@mails.ucas.ac.cn

通信作者: 崔 彤(1962—), 男, 博士生导师, 主要研究建筑设计及其理论. E-mail: cuit@adcas.cn

表1 科研建筑概念释义

Tab. 1 Definition of scientific research buildings

科研建筑
为科学发展所需要的物质环境,即“科研建筑” ^[8] 。
科研建筑是科学研究的物质空间,是适合团队研究的社会化建筑。由于现代科技与科学实验的紧密联系,实验室部分成为科研建筑的核心。 ^[9]
科研建筑是进行科研活动的建筑空间和场所。根据科研活动的性质,分为科研通用实验区、科研专用实验区、科研办公区、科研展示区、科研教学实验区、科研试验区 and 野外科学观测研究站等。 ^[10]

1.2 研究方法与数据来源

CiteSpace 是应用 Java 语言开发的一款信息可视化软件^[11],能够进行文献计量与可视化图谱绘制,展现研究领域的演化、现状及发展趋势。本文以 CiteSpace 软件为研究工具,使用 CiteSpace5.7.R1 版本进行相关知识图谱的绘制,并据此展开分析。以中国知网(CNKI)数据库作为数据来源,为保证与研究的直接相关性,以“篇名”为检索项,分别以“科研建筑”、“科学实验建筑”、“科研楼”、“实验室建筑”、“实验室设计”、“实验楼”为检索词进行检索,检索时间范围为1949年10月01日至2020年11月02日。通过筛选,人工删除新闻、会议通知、报纸等无关内容,最终得到有效文献852篇。

2 作者、机构与研究进程

2.1 研究作者可视化分析

在 CiteSpace 软件中,以“Author”为节点,得到作者合作网络图谱(图1)。

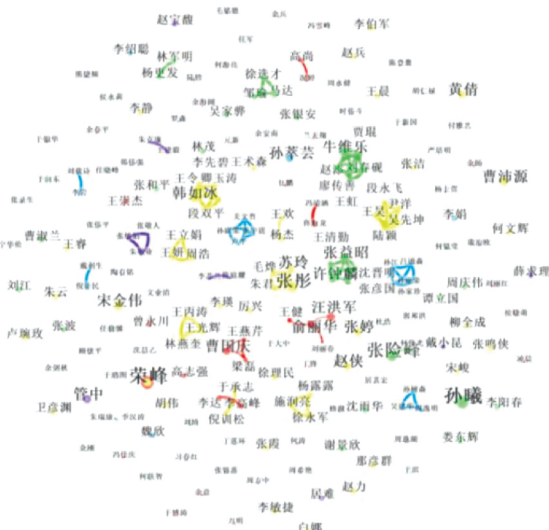


图1 作者合作网络图谱

Fig. 1 Author collaboration network map

由图1可知,国内科研建筑领域较为突出的研究者以孙曦、荣峰、张彤及张险峰等人为代表。其研究方向涉及科研实验建筑空间研究,如孙曦的论文《实验空间单元的灵活组合——浅谈科研实验建筑设计》;地下实验室设计研究,如荣峰的论文《高放废物处置地下实验室主体结构设计研究》;科研楼绿色建筑设计研究,如张彤等人的论文《中国普天信息产业上海工业园智能生态科研楼》;教学实验楼设计研究,如张险峰等人的论文《建筑与环境的共融——大连海事大学轮机综合教学实验楼方案设计构思》。另外,其他研究者中还出现涉及实验室空调、通风系统设计研究、专用实验室技术研究以及BIM技术研究等方向。

研究发现,虽然存在部分较为突出的研究团体与个人研究者,但是作者合作网络图谱整体呈现出“少量集中,多数离散”的态势。这说明国内科研建筑相关的研究者之间合作关系不足且缺少较强的学术联系。

2.2 研究机构可视化分析

在 CiteSpace 软件中,以“Institution”为节点,得到机构合作网络图谱(图2)。



图2 机构合作网络图谱

Fig. 2 Institution collaboration network map

根据图2所示,国内进行科研建筑相关研究的机构主要集中在设计单位中,其中文献数量居于前三位的分别为中国中元国际工程公司:12篇;中国计量科学研究院:7篇;中国建筑科学研究院:6篇。而作为重要学术研究机构的高校,在科研建筑领域的研究则略有不足,主要研究机构仅为华南理工大学建筑学院与东南大学建筑学院,文献数量均为5篇。

据此可知,目前国内针对科研建筑的研究方向与内容多集中在工程实践与设计应用方向,而

1992年我国出台《国家中长期科学发展纲要》、《中华人民共和国科学技术发展十年规划和“八五”计划纲要(1991—2000)》及《关于分流人才、调整结构、进一步深化科技体制改革的若干意见》;1993年,我国第一部科学技术基本法《中华人民共和国科技进步法》通过;至此,科技体制改革逐渐步入正轨。

在科技体制恢复与改革启动的背景下,科研建筑的研究也随之进入恢复与发展期。此时期内,重点关键词出现频次显著提升,主要围绕“综合实验楼”、“实验室建筑”、“实验室设计”、“现代实验室”、“科研楼”、“教学实验楼”、“建筑设计”、“生物安全”等展开。其中在1985年发布《决定》的时期内,出现一次研究高潮,涌现出一批新的关键词。

(4)快速发展期:1994年—2010年

1994年《适应社会主义市场经济发展,深化科技体制改革的实施要点》的发布标志着我国科技体制开始进入全面与深化改革时期;1995年《关于加速科学技术进步的决定》中提出了科教兴国战略;1996年《关于“九五”期间深化科技体制改革的决定》发布;2001年通过《国民经济和社会发展第十个五年计划科技教育发展规划(科技发展规划)》;2006年《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020)》提出“自主创新,重点跨越,支撑发展,引领未来”的科技工作指导方针^[15];此后,改革相关政策文件陆续发布,我国的科技体制全面与深化改革初见成效。

与此同时,随着可持续发展理念的推行,建筑设计与建筑工程技术领域开始步入新的阶段,生态、环保、低碳、节能等概念被引入,建筑设计与建筑工程技术中出现绿色施工、生态建筑、低碳设计、节能设计等理念。建筑设计与工程技术的可持续特征主要体现在环保材料、绿色施工技术、新能源技术、低碳节能设计理念及智能化系统的应用等方面^[16]。

在此背景下,此时期内的关键词围绕“实验室”、“设计”、“科研建筑”、“节能”、“通风柜”、“排风系统”、“气流组织”、“空调”、“生物安全实验室”、“高校”等展开。重点关键词由“实验室”、“设计”等逐步转变为“节能”、“排风系统”、“空调”。这表明,科研建筑的研究内容开始由整体的设计研究逐渐走向偏重设备与工程设计的细分研究方向。这一方面与该时期内国家政策驱动下科技的快速发展对科研建筑设备与工程等硬件需求的提高存在相关性;另一方面则与可持续发展理念在建筑设计及工程技术领域的发展有关,作为其重要特征的节能设计等理

念也同时成为科研建筑领域的热点之一。然而,由此反映出的研究偏重失衡的现象,也逐渐演变为研究中存在的问题之一。

(5)多元发展期:2011年—至今

2016年《国家创新驱动发展战略纲要》与《深化科技体制改革实施方案》将创新驱动发展作为国家的优先战略,以“紧扣发展、深化改革、强化激励、扩大开放”为基本原则,正式开启了我国科技体制全新的阶段:国家创新体系建设时期。^[12-15]

与此同时,随着信息技术的飞速发展,人类社会由工业社会逐步开始迈向信息社会,可持续发展、数字化、网络化及全球化等都作为信息社会的基本特征在建筑设计及工程技术领域产生巨大的影响。可持续发展理念继续在建筑设计与工程技术领域不断被深化,绿色、生态等要求已逐渐成为建筑评价的标准之一;而数字化技术以BIM为代表,更进一步地实现了工程建造全过程的高效数字化管控。^[16]2020年7月,《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》中将信息化技术的应用作为建筑业转型升级的关键驱动。

基于以上背景,在科技体制改革的全新阶段,结合信息社会的来临对建筑设计及工程技术领域的影响,科研建筑相关领域也顺应时代产生新的研究方向,开始出现“BIM”、“绿色建筑”、“送排风系统”等重点关键词。

3 研究前沿领域与热点

3.1 研究前沿领域

使用CiteSpace软件,以“Keyword”为节点,进行聚类分析后得到图4关键词聚类图谱。

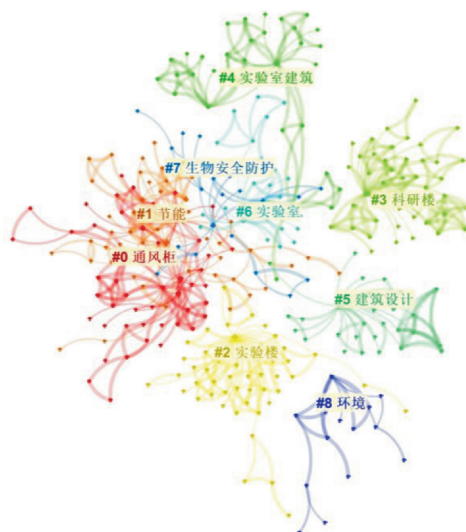


图4 关键词聚类图谱

Fig. 4 Keywords clustering map

由图 4 可知, 科研建筑的研究前沿领域主要围绕“通风柜”、“节能”、“实验楼”、“科研楼”、“实验室建筑”、“建筑设计”、“实验室”、“生物安全防护”、“环境”等研究主题展开, 对应聚类中的重点关键词如表 2 关键词聚类信息所示.

表 2 关键词聚类信息

Tab. 2 Keywords clustering information

序号	聚类标签	重要关键词
0	通风柜	通风柜、排风系统
1	节能	节能、科研建筑
2	实验楼	实验楼、地形特点
3	科研楼	科研楼、外装修
4	实验室建筑	实验室建筑、生物安全
5	建筑设计	建筑设计、研究院
6	实验室	实验室、洁净室
7	生物安全防护	生物安全防护、空调系统
8	环境	环境、科学研究建筑

聚类序号越小代表该聚类包含的文献数量越多,即重点研究主题.据此可知,以“通风柜”为主题的实验室设备与工程研究以及以“节能”为主题的绿色建筑相关研究是当下科研建筑研究前沿领域中的主要侧重.

另外,通过研究前沿领域的主题分布可以看出,科研建筑设计相关研究侧重较少.这一点与科研建筑所独有的使用需求存在一定的关系,保证科研建筑安全高效的使用是设计中必须满足的要求,在一定程度上造成了科研建筑研究多集中在工程设备等方面的现状.

3.2 研究热点

使用 CiteSpace 软件,以“Keyword”为节点,得到图 5 关键词共现图谱,同时结合表 3 关键词频次表,对高频次关键词节点进行分析归纳发现,科研建筑领域的研究热点主要集中在以下三个方面:(1)实验室-设计;(2)实验楼、科研楼-建筑设计;(3)节能。如表 4 研究热点所示。

表 3 关键词频次表

Tab. 3 Keywords frequency

序号	频次	首次出现年份	关键词
1	66	1995	实验室
2	56	1964	实验楼
3	49	2001	设计
4	39	1984	建筑设计
5	31	1983	科研楼
6	25	2004	节能

表 4 研究热点

Tab. 4 Research hotspots

研究热点	研究方向
实验室-设计	专用实验室研究
	实验室设备与工程研究
实验楼、科研楼-建筑设计	实践方案与案例研究
	科研建筑设计研究
节能	绿色建筑等可持续设计研究



图 5 关键词共现图谱

Fig. 5 Keywords co-present map

3.2.1 实验室-设计

研究发现,“实验室”与“设计”作为高频关键词的同时表现出强相关性,多次在同一文献中作为关键词共同出现。基于对相关文献的梳理与归纳,总结得出以下两个研究热点方向:

第一、专用实验室研究,该方向研究具有极强的针对性,如荣峰对地下实验室的结构与工程研究,为我国首个高放废物处置地下实验室总体方案打下了技术基础^[17];张益昭与许钟麟等人对生物安全实验室设计研究,对生物安全实验室建筑技术规范的编制背景及内容进行了详细的介绍^[18];

第二、实验室设备与工程研究,大量集中在通风、空调系统的研究上,如汪洪军针对专用计量实验室的空调通风系统的研究,以工程项目为实例介绍了实验室空调通风和自控系统的设计方案与思路^[19],以及韩如冰针对高校化学实验室的通风系统改造设计的研究^[20]等;

综上可知,“实验室设计”的相关研究更多地是对科研建筑中的实验室进行针对性研究,并且侧重于建筑工程、设备方面,与实践结合紧密,其研究结果往往具有较强的实践指导意义。

3.2.2 实验楼、科研楼-建筑设计

与上述类似，“实验楼”、“科研楼”则与“建筑

设计”存在较强关联。通过总结得出以下两个研究热点方向:

第一,实践方案与案例研究,此部分占比很大,主要是对实践方案或案例的整理与分析。

第二、科研建筑设计研究,涉及建筑平面、空间、外观、环境等多方面内容,如管中对科研实验建筑特点及设计的研究,对科研实验建筑的特点及类型、发展及存在问题、建筑设计、设计实例及新趋势方面进行了讨论。^[21-22]

与“实验室-设计”不同的是,此方向更侧重于从整体的角度讨论科研建筑设计问题,包括针对科研建筑历史、特点、类别等的研究,以及科研建筑的总体设计、单体设计等不同层次的系统研究,具有较高的学术研究价值,同时仍有一定的实践指导意义。

3.2 节能

分析发现,以“节能”为关键词的研究热点方向主要由科研建筑的绿色建筑技术及针对暖通空调设计中的节能优化^[23]两方面内容组成,如张彤等人在实践项目中对可持续性设计策略的探讨等^[24],以实践项目为例,具有针对性地讨论相关的节能设计策略,具有很高的实践指导意义。

作为一种特殊的建筑类型,科研建筑对能源和水的消耗可达同等面积下的办公楼的五倍之多。同时随着可持续发展理念的提出,节能研究逐渐成为科研建筑领域的研究热点之一。

4 结论与展望

4.1 结论

对 CiteSpace 软件生成的科学知识图谱进行一系列可视化分析后得出以下主要结论:

(1)研究作者与机构方面,二者均表现出合作程度低、合作关系离散的状态;

(2)研究进程方面,通过将关键词时区图谱与科技体制改革历程及建筑工程技术发展阶段结合分析得出科研建筑研究的五个时期。科研建筑的研究进程历经起步、停滞、恢复发展、快速发展直至进入多元发展时期,研究广度与深度都在持续稳步拓展;

(3)研究前沿领域与热点方面,研究前沿领域集中在“通风柜”、“节能”、“实验楼”、“科研楼”、“实验室建筑”、“建筑设计”、“实验室”、“生物安全防护”、“环境”等研究主题中;研究热点主要为“实验室-设计”、“实验楼、科研楼-建筑设计”以及“节能”三大主要方向。

4.2 展望

随着信息社会的发展对科技创新的重视,科研建筑作为科学研究的空间载体,其重要性不言而喻。在科研建筑知识图谱可视化研究的分析基础上,结合国情与现状,未来科研建筑领域可从以下三方面继续推进深化研究:

(1)建立更为紧密的研究者合作关系

与很多热门研究领域有所不同,处在发展中的科研建筑研究领域内研究作者与机构表现出合作程度低、合作关系离散的状态。研究者的工作通常具有较强的针对性,而通过不同研究方向研究者的合作,能够在更大程度上建立科研建筑领域更为全面与系统的研究体系;

(2)关注更为多元的研究对象

在 852 篇文献中,“实验室”作为高频关键词共出现 66 次,居于首位。由此展开的实验室设计研究如专用实验室、实验室设备与工程、实验室节能研究等内容显著多于针对“实验楼、科研楼”等科研建筑的整体研究;另外,在实验室设计研究中又以实验室的通风、空调系统等设计占据主要内容。研究对象出现明显的集中现象,这将不利于该领域的全面发展。多元化的研究对象能够进一步丰富科研建筑研究的覆盖内容,填补研究空白,也是该研究领域未来发展的必要条件之一;

(3)加强针对科研建筑理论与设计内容的研究

在文献数量上,理论与设计研究少于实践案例研究,从研究机构的分析中发现,排名靠前的均为设计单位,其研究内容也多针对工程实践与设计应用;同时在文献发表时间上,理论与设计研究多集中在早年,其更新速度明显滞后于实践案例研究。在未来的研究中,科研建筑理论与设计研究应与其工程技术、设备等研究齐头并进、共同发展才能够取得相得益彰的效果。

参考文献 References

- [1] KOHLER R E. Lab history: reflections [J]. Isis, 2008, 99(4): 761-768.
- [2] ANDERSON R G W. Chemistry laboratories, and how they might be studied[J]. Studies in History and Philosophy of Science Part A, 2013, 44(4): 669-675
- [3] MORRIS P J T. The matter factory: a history of the chemistry laboratory [M]. London: Reaktion Books, 2015.
- [4] BINDER T, BRANDT E. The design: lab as platform in participatory design research[J]. Co-design, 2008, 4(2): 115-129.

- [5] KAJI-O' Grady S. Collaboration and transparency in the architecture of contemporary science[J]. 2012.
- [6] LONSWAY B, BRANDT K, YANEVA A, et al. Laboratory lifestyles: The construction of scientific fictions[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2019.
- [7] KNORR-CETINA K D. The manufacture of knowledge: An essay on the constructivist and contextual nature of science[M]. Kent: Elsevier, 2013.
- [8] 帕拉顿诺夫. 科研建筑群设计[M]. 詹可生等译. 北京:中国建筑工业出版社, 1980.04:08.
PARATONOV. Design of scientific research buildings [M]. ZHAN Kesheng, et al Translated. Beijing: China Architecture and Building Press, 1980.04:08.
- [9] 阿普尔顿编. 科研楼规划与设计[M]. 常文心,孙阳译. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 2013.08:06.
APPLETON, Ed. Research Building: planning and design[M]. CHANG Wenxin, SUN Yang Translated. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 2013.08:06.
- [10] 住房和城乡建设部. 科研建筑设计标:JGJ 91-2019 [S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2019.
MOHURD. Standard for design of scientific research buildings:JGJ 91-2019 [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2019.
- [11] 陈悦,陈超美,胡志刚,等. 引文空间分析原理与应用 CiteSpace 实用指南[M]. 北京:科学出版社, 2014.09:06.
CHEN Yue, CHEN Chaomei, HU Zhigang, et al. Principle and application of citation spatial analysis [M]. Beijing: Science Press, 2014.09:06.
- [12] 孙烈. 中国科技体制的演变[J]. 中国科学院院刊, 2019(9):972-973,977-979.
SUN Lie. Evolution of science and technology system in China[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2019(9):972-973,977-979.
- [13] 陈安,崔晶,刘国佳,等. 中国科技体制及运行机制的特色与成效[J]. 科技导报, 2019(18):55.
CHEN An, CUI Jing, LIU Guojia, et al. The characteristics and effectiveness of China's science and technology system and operating mechanism [J]. Science and Technology Review, 2019(18):55.
- [14] 马名杰,张鑫. 中国科技体制改革70年:历程、经验与展望[J]. 中国科技论坛, 2019(6):3.
MA Mingjie, ZHANG Xin. 70 Years of China's science and technology system reform: history, experience and prospect [J]. China Science and Technology Forum, 2019(6):3.
- [15] 张景安. 中国科技体制改革40年[J]. 中国软科学, 2018(10):22.
ZHANG Jing'an. Forty years of science and technology system reform in China [J]. China Soft Science, 2018(10):22.
- [16] 蒋晓燕. 现代建设工程演化研究[D]. 武汉:华中科技大学,2017.
JIANG Xiaoyan. Research on the evolution of modern construction engineering[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology,2017.
- [17] 荣峰,王合祥,孙永强,等. 高放废物处置地下实验室主体结构设计研究[J]. 地下空间与工程学报,2018,14(S2):893.
RONG Feng, WANG Hexiang, SUN Yongqiang, et al. Study on main structure design of underground laboratory for HLW disposal [J]. Journal of Underground Space and Engineering, 2018,14 (S2):893.
- [18] 王清勤,张彦国,许钟麟,等. 生物安全实验室建筑技术规范的编制背景和主要内容介绍[J]. 建筑科学, 2004(6):1.
WANG Qingqin, ZHANG Yanguo, XU Zhonglin, et al. The background and main content of the preparation of technical specifications for biosafety laboratories [J]. Architectural Science, 2004(6):1.
- [19] 汪洪军,罗鸣. 食品中微量成分计量实验室空调通风系统设计[J]. 洁净与空调技术, 2018(3):53.
WANG Hongjun, LUO Ming. Design of air conditioning and ventilation system for measurement laboratory of trace components in food[J]. Cleaning and Air Conditioning Technology, 2018(3):53.
- [20] 韩如冰,徐志茂,闫振. 绵阳某高校化学实验楼通风系统改造设计[J]. 制冷与空调(四川), 2013(3):256.
HAN Rubing, XU Zhimao, YAN Zhen. Transformation design of ventilation system in chemical experiment building of a university in Mianyang[J]. Refrigeration and Air Conditioning (Sichuan), 2013(3):256.
- [21] 管中. 科研·试(实)验建筑设计丛谈[J]. 华中建筑, 1985(1):21.
GUAN Zhong. Research and experiment on architectural design[J]. Huazhong Architecture, 1985(1):21.
- [22] 管中. 科研·试(实)验建筑设计丛谈(续)[J]. 华中建筑, 1985(3):24.
GUAN Zhong. Research and practice of architectural design (continuation)[J]. Central China Architecture, 1985(3):24.
- [23] 郭辉. 某生产科研楼空调系统节能后评价[J]. 暖通空调,2016,46(4):91-94,65.
GUO Hui. Post evaluation on energy saving of a production and scientific research building[J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2016, 46(4):91-94,65.