

“十二五”国家重点图书
中国建筑节能发展研究丛书

丛书主编 江亿

中国建筑节能 理念思辨

Concept Debate for China's Building Energy Conservation

江亿 主编

中国建筑工业出版社

“十二五”国家重点图书
中国建筑节能发展研究丛书

丛书主编 江亿

中国建筑节能理念思辨

江亿 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国建筑节能理念思辨 / 江亿主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 2

(“十二五”国家重点图书·中国建筑节能发展研究丛书 / 丛书主编 江亿)

ISBN 978-7-112-19070-6

I. ①中… II. ①江… III. ①建筑设计—节能设计—研究—中国 IV. ①TU201.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第022311号

本书汇集了关于建筑节能理念的一些思考。上篇从中国与发达国家建筑能耗现状与历史发展过程的比较出发, 综合社会状况、资源与能源条件等诸因素, 指出中国很难按照发达国家的模式实现我国的建筑节能目标, 而必须探索一条不同于发达国家走过的路。中篇则按照北方城镇供暖、住宅节能、公共建筑与商业建筑节能及农村居住建筑节能四个我国建筑节能工作的主要任务分别展开论述。下篇收入了四篇专题文章, 作为对前述各篇内容的补充。

责任编辑: 王美玲 齐庆梅 吉万旺 牛 松

书籍设计: 京点制版

责任校对: 李欣慰 关 健

“十二五”国家重点图书
中国建筑节能发展研究丛书
丛书主编 江亿
中国建筑节能理念思辨
江亿 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京京点图文设计有限公司制版

北京顺诚彩色印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 23¼ 字数: 435千字

2016年3月第一版 2016年3月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-19070-6

(28313)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)



前言



《中国建筑节能年度发展研究报告》(以下简称《年度报告》)自2007年出版第一本,到现在已经连着出版了9本。每年围绕这部书的写作,我们组织了清华大学建筑节能研究中心的师生、清华其他一些单位的师生,还有全国许多单位热心于建筑节能事业的专家们一起,对我国建筑节能进展状况、问题、途径进行调查、分析、研究和探索,对实现中国建筑节能提出自己的理念,对各种争论的热点问题给出自己的观点,对建筑用能四大主要领域的节能途径提出自己的规划。这些内容在每一年的《年度报告》中陆续向社会报告,获得较大反响,对我国的建筑节能工作起到一定的推动作用。怎样才能把这套书中的研究成果更好地在相关领域推广,怎样才能使这套书对我国的建筑节能工作有更大影响?身为媒体人的齐庆梅编辑建议把这些书中的内容按照建筑节能理念思辨、建筑节能技术辨析和建筑节能最佳案例分别重组为三本书出版。按照她的建议,我们试着做了这样的再编辑工作,并与时俱进更新了一些数据,补充了新的内容,连同新近著的《中国建筑节能路线图》作为丛书(共四本)奉献给读者。

这本书汇集了关于建筑节能理念的一些思考。上篇收入了发表于2009年《年度报告》的“建筑节能思辨”,从中国与发达国家建筑能耗现状与历史发展过程的比较出发,综合社会状况、资源与能源条件等诸因素,指出中国很难按照发达国家的模式实现我国的建筑节能目标,而必须探索一条不同于发达国家走过的路,在用能强度远低于发达国家现状的基础上满足社会发展和经济建设对建筑环境的需求,实现中国特色的建筑节能。这是我们十多年来对这个问题反复探索,并总结了正反很多经验教训才认识到的,也是十多年来在建筑节能工作中所力主的发展方向。现在看来,这一认识与党的十八大以来提出的把生态文明渗入到我们的各项工作中,节约能源要实行总量和强度双控等一系列可持续发展和节能减排战略与政策高度吻合,而且随着生态文明理念的不断深入,我国的建筑节能工作也正在逐渐迈向这样一条道路。

作为本书中篇,则按照北方城镇供暖、住宅节能、公共建筑与商业建筑节能、农村居住建筑节能四个我国建筑节能工作的主要任务分别收入了6篇发表于2010~2015年《年度报告》的文章。其中北方城镇供热有2011年和2015年《年度报告》的两篇。前一篇重点在建筑与末端调节,而后一篇的重点则在供热热源的改革。这样恰好可以涵盖与城镇供暖节能相关的各主要问题。比较这两篇文章的细节,可以看到有些提法甚至观点的不同,这反映出我们在这个问题上认识的逐渐发展、深化与提高。随着雾霾治理与煤改气成为全社会高度关注的焦点,未来中国城镇供热的理想模式也逐渐形成并细化。这样的变化意味着供暖方式的革命。深入的分析表明,这种模式的全面实施可以使北方城镇供暖的能耗强度从目前的 16kgce/m^2 (千克标煤/平方米)下降到约 6kgce/m^2 ,北方城镇供暖总能耗可以从目前用1.7亿tce(吨标煤)满足110亿 m^2 建筑供暖下降到未来用1.2亿tce满足200亿 m^2 建筑供暖。北方城镇供暖是我国建筑节能领域最具节能潜力的用能部分,如果这一规划能够真正实现,那就真实实现了我们建筑节能工作者的梦想!

关于公共建筑与商业建筑节能也收入了两篇,分别发表于2010年和2014年的《年度报告》。前一篇剖析了我国这类建筑用能的“二元分布”的特点,后一篇则结合我国目前公共建筑和商业建筑节能工作中的几个热点争论问题,也是关系到如何真正实现我国公共建筑和商业建筑节能的关键问题展开了深入讨论。这些问题包括:是把室内环境与室外隔绝还是充分利用室外环境条件;各类建筑服务系统应该是集中式还是分散式;通过什么手段来改善室内空气质量;以及建筑使用者是应该被动地接受服务还是主动地营造室内环境。这些问题貌似零碎和“非主流”,但却恰恰是实现我国公共建筑与商业建筑节能的关键,也是中国特色建筑节能的主要内容。目前这些问题仍属业内争论的问题,希望通过更多的工程实践、更深入的辩论,以及进一步在高度和广度的理论思考中在业内尽快把这些问题梳理清楚,这将对我国公共建筑与商业建筑该怎么建造,该怎么运行,怎样才能真正实现节能有更清晰的方向。

住宅节能和农村居住建筑节能两个方向分别仅收入一篇,这并非是这两个方向不重要,而是我们在这两方面的工作相对还少。实现居住建筑的节能目标,核心的问题应该是提倡哪一种生活方式的问题,这涉及中国真正实现“小康”、“大康”后,居住建筑该是维持目前的“部分时间、部分空间”营造室内环境的模式,还是出现大的变化。这也涉及通风模式与室内空气质量改善途径、使用者主动营造室内环境还是被动地接受服务等一些基本问题。希望在今后更全面更深入的调查研究的基础上,对这些问题给出更有说服力的回答。中国农村居住建筑目前大约消耗了全国

建筑运行能耗的四分之一，但却是目前几大建筑用能中增长速度最快的。这里收入的文章提出建设“无煤村”的概念和途径。这应该是农村建筑节能工作的主要目标。中国减煤工作应该从农村抓起。尽管农村用煤量小，但单位耗煤量污染排放量大。燃煤消耗量的增长同时还造成田间燃烧秸秆量的增长、农村垃圾量的增长以及农村大气环境的恶化。根据农村的实际状况出发，科学合理地开发生物质能源、太阳能、风能等可再生能源，发展出一套全新的“无煤化”农村能源系统，将是中国建筑节能和能源领域的重要任务。

本书的下篇，作为专题论述收入了近年来发表在其他一些期刊中的四篇文章。尽管这些文章不是来自于《年度报告》，但由于它们是对前述各篇内容的补充，所以一并收入。其中“建筑节能技术路线图”给出从总量控制出发我国建筑节能工作的未来发展规划；“零能耗”一篇则深入讨论了为什么不能把西方所倡导的零能耗建筑作为实现我国建筑节能的主要途径；而收入“什么是建筑节能”和“建筑节能的评价”两篇的目的是澄清在建筑节能领域到底追求什么，是追求“能效”还是追求“低能耗”。目的不同，做法就不一样，其结果当然也就不同。

为了使这些文章彼此呼应，构成对建筑节能理念的一个全面阐述，在把这些文章收入本书时做了一些更新和订正。这主要是对宏观能源消耗量和建筑面积统计数据的更新修订。由于我国在这一领域至今还缺少直接的权威性的统计数据，我们的数据大多是经过直接和间接的调查、统计和估算而得到。随着逐年的数据积累，对各种相关数据的认识也逐渐清晰。由于城镇化的飞速发展，原来做的一些预测也偏于保守：根据我国人口资源等状况，当初认为全国建筑总量应控制在 600 亿 m^2 以内，但至 2014 年底城乡建筑总量已经突破了 530 亿 m^2 ，而且在建设的未完工项目还有 110 亿 m^2 ，这样，最晚到 2016 年底，我国建筑总量会超过 600 亿 m^2 ，而以后建造业不可能停下来，房屋总量也必然继续增加。过大规模的房屋建设和过高的空置率状态现在已经引起社会上多方面的关注，减慢建设速度控制建筑总量已成为一批公众的呼声。但是面对这样的现实，对未来建筑能耗的发展和规划也只能做相应的调整，这是我们修订本书相关数据的主要原因。希望未来的建筑总量能够控制在 730 亿 m^2 以内。现在我国东部的雾霾实质上是由于人口过度地向城市聚集，城市高密度地生长出的巨量建筑所导致。中国的未来该建设成什么样？面对不断加重的雾霾、紧缺的资源、拥堵的交通，真应该尽快从生态文明理念出发，全面实现城镇建设的可持续发展。

本书的汇总编辑和修订工作由林立身负责，感谢他为之付出的辛勤劳动，同时也

感谢本书所收入的各篇文章作者的卓越工作和远见卓识。希望这本书能够为传播建筑节能理念、实践中国建筑节能的道路起到其应有的作用。

本书出版受“十二五”国家科技计划支撑课题“建筑节能基础数据的采集与分析 and 数据库的建立”(2012BAJ12B01), 中国工程院科技中长期发展战略研究项目、国家自然科学基金委员会专项基金项目“建筑节能技术适宜性研究”(L1322018)资助, 特此鸣谢。

江 亿

清华大学节能楼

2015年12月2日

目 录



上篇 总论：实现我国建筑节能目标的途径

1 中外城镇建筑能耗比较	2
2 应该怎样控制建筑内的物理环境?	29
3 什么样的室内环境是舒适、健康的环境?	36
4 什么是建筑节能	57
5 零能耗建筑是建筑节能的发展方向吗?	67
6 坚持科学发展观，实现中国特色的建筑节能	73
参考文献	78

中篇 分论

1 北方城镇供暖能耗现状与分析	82
2 北方城镇供暖节能理念思辨	131
3 公共建筑能耗现状与分析	170
4 公共建筑节能理念思辨	212
5 城镇住宅能耗现状与节能理念思辨	240
6 农村住宅能耗现状与节能理念思辨	272
参考文献	315



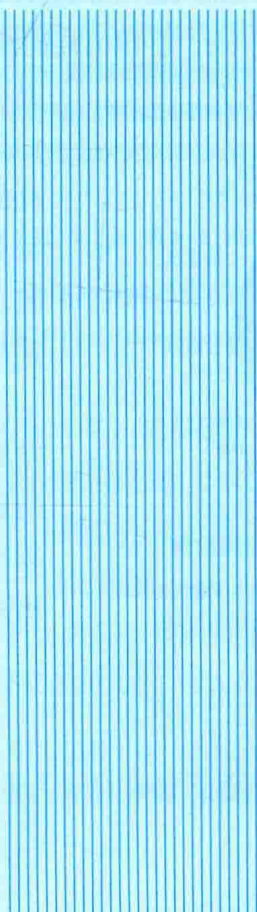
下篇 专题

中国建筑节能的技术路线图	318
关于“零能耗”建筑	339
什么是真正的建筑节能?	342
关于建筑节能的评价: 能耗与能效的思辨与未来发展思考	360



上篇

总论：实现我国建筑节能 目标的途径





1 中外城镇建筑能耗比较^①

为了科学地了解中国建筑能耗的水平，找到我国建筑节能的正确途径，很有必要同发达国家的状况进行比较。下文将分别就建筑总能耗作中外比较，以对此有宏观把握，然后再以公共建筑和住宅建筑除采暖外能耗为例，进行进一步剖析，以认识中外建筑能耗产生差异的原因。

1.1 中外建筑宏观能耗比较

根据美国能源署 (EIA) 《International Energy Outlook 2013》统计显示，2010 年度全球一次能耗总量达 188.6 亿 tce，各国消耗能源占全球总量的比例如图 1 所示。

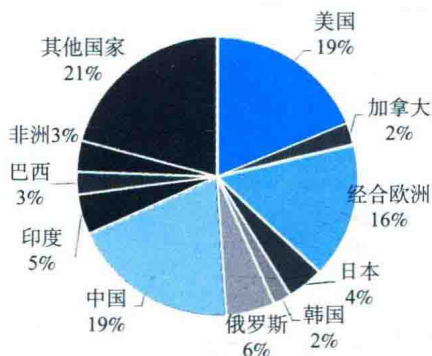


图 1 2010 年各国社会一次能耗比例

数据来源: Energy Information Administration. International Energy Outlook 2013. USA: EIA Publications, 2013.

其中，建筑一次能耗总量达 45.3 亿 tce，各国建筑能耗占全球总建筑能耗的比例如图 2 所示。由图 1 和图 2 可见，无论是社会总能耗，还是建筑总能耗，中、美两国是全球能源消耗总量最多的两个国家。

进一步比较发现，如图 3 所示，发展中国家（如中国、印度、巴西等）的建筑能耗占该国社会总能耗的比例约为 20%~25%，低于发达国家的比例（30%~40% 之间）。

^① 原载于《中国建筑节能年度发展研究报告2009》第2章，作者：江亿，魏庆芃。

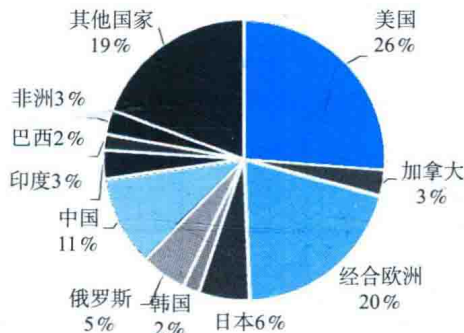


图2 2010年各国建筑一次能耗比例

数据来源: Energy Information Administration. International Energy Outlook 2013. USA: EIA Publications, 2013.

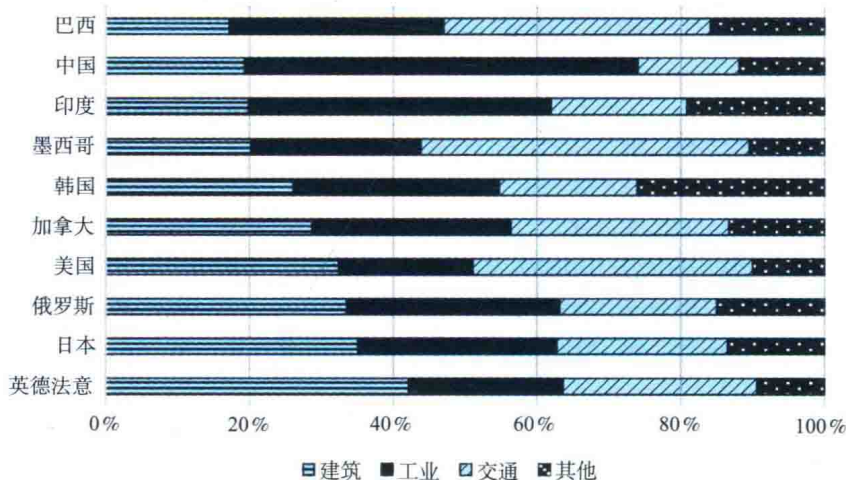


图3 各国终端能源消耗比例

数据来源: 国际能源署 (International Energy Agency, IEA)。

为进一步了解中国建筑能耗实际水平, 根据世界几大研究机构的调研统计报告, 分别计算了各国的人均建筑能耗(图4的横坐标)、单位面积建筑能耗(图4的纵坐标)以及相应的建筑一次能耗总量(图4的中国名称后面所带的数字, 单位为亿 tce, 其值大小与相应的圆面积成正比)。对比发现:

(1) 中国的建筑能耗平均水平大大低于发达国家: 单位面积平均能耗约为欧洲与亚洲发达国家的 1/2, 为美洲国家的约 1/3; 而人均能耗仅为欧洲与亚洲发达国家的 1/4 左右, 为美洲国家的约 1/8。

(2) 特别是与美国相比, 中国人口为美国的 4 倍, 而建筑能耗总量仅为美国的



40%，因此，中国的人均建筑能耗仅为美国的 10% 左右。

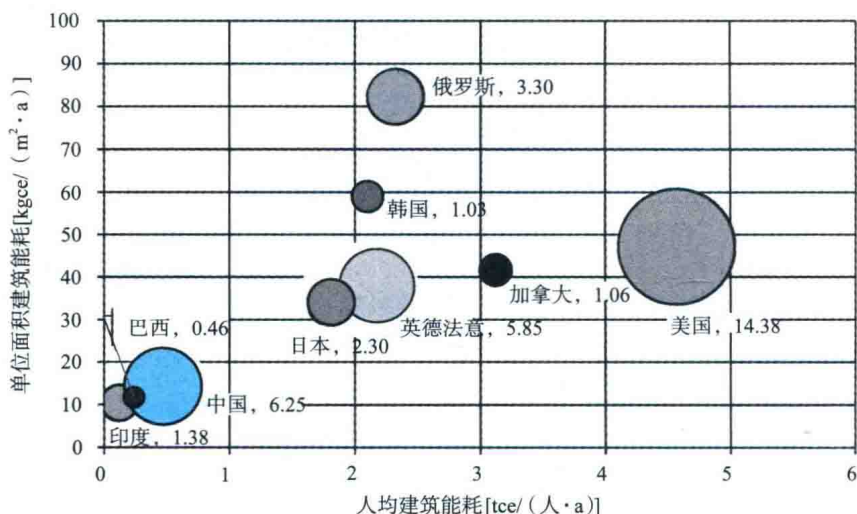


图 4 2010 年各国建筑能耗比较

数据来源分别为：美国（EIA），日本（IEEJ），中国来自于 CBEM，其他国家能耗数据来自于 IEA 发布的世界能源展望。

同时可以从国际能源署的报告中得到各国的人均建筑面积情况，如图 5 所示。中国的人均建筑面积也低于发达国家水平；与日本相比，虽然同样有着人口密度高、资源缺乏的历史背景，人均建筑面积也有一定的差距。

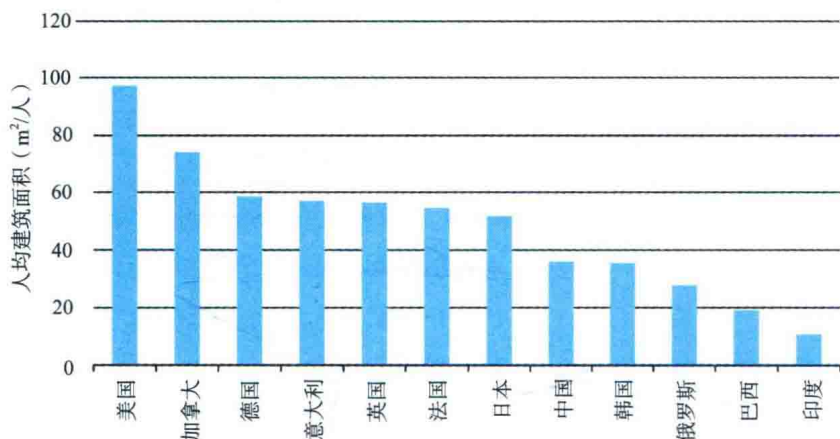


图 5 各国人均建筑面积比较

数据来源：IEA, World Energy Outlook 2012.



同时,图4引出一个十分重要的问题:中国与日本有着人口密度高、资源稀缺等能源资源背景,那么随着中国经济结构水平不断发展,向发达国家靠拢,能源结构是否也会同时向发达国家不断靠拢,进而建筑能耗是否也会逐渐到达日本现在的水平、甚至是欧美发达国家水平呢?是否在经济实力与人民生活水平发展到一定程度,实现了“现代化”之后,建筑能耗指标(人均能耗和单位面积能耗)也相应地达到发达国家水平呢?对于中国这样人口巨大、人均资源、能源拥有量远低于全球平均水平的大国来说,这是必须面对和需要深入研究的问题。

事实上,近年来,我国正处于经济持续快速发展期,人民生活水平得到持续改善;中国建筑面积也在迅速增长(图6)。即使以现在的能耗水平,中国建筑能耗也将出现巨大的增长。

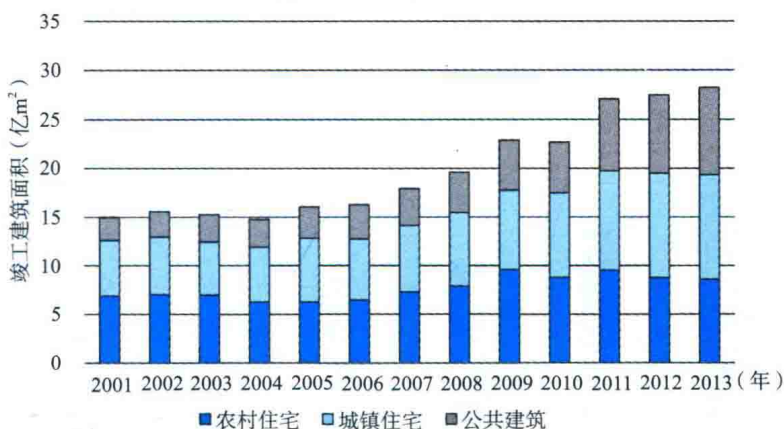


图6 2001~2013年各类民用建筑竣工面积

因而,为了更科学地了解中国的建筑能耗水平,很有必要与发达国家建筑能耗进行更细致的比较与分析。下文将分别针对国内外公共建筑与住宅建筑,从典型案例出发进行比较。

1.2 中美校园办公建筑能耗比较分析

1.2.1 案例的基本情况

位于中国北京的A大学校园和位于美国东海岸的B大学校园,所处气候相似,两地全年逐月平均气温如图7所示:B校园所处气候比A校园所处气候更加温和,



而太阳辐射强度也接近，如图 8 所示，图中左边的浅蓝色柱代表 A 校园，右边的深蓝色柱代表 B 校园。

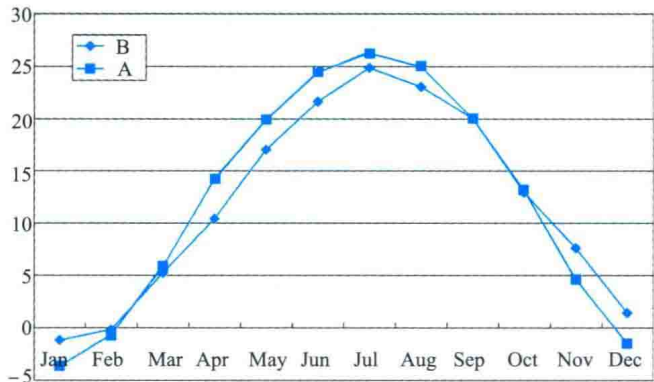


图 7 A 和 B 两校园所处城市全年逐月平均气温 (°C)

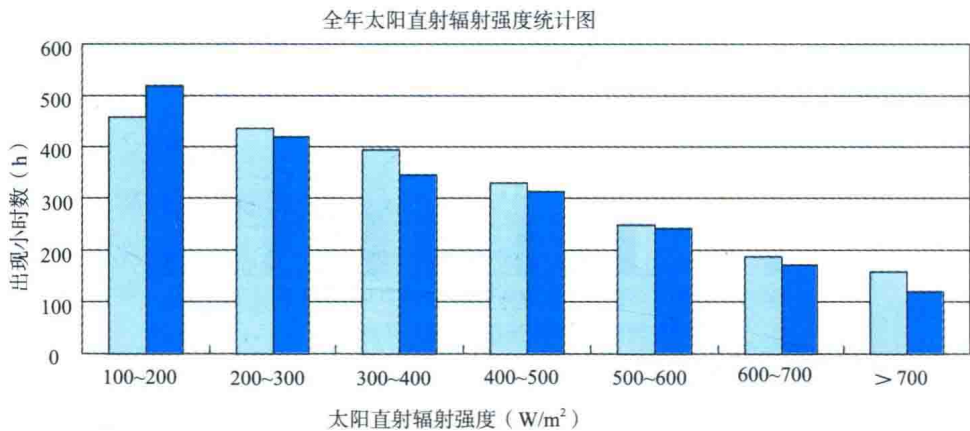


图 8 A 和 B 两校园所处城市的太阳辐射强度比较

A 和 B 两所大学均为多学科综合大学。其中，B 校园总建筑面积约为 132 万 m²，共包含 100 余栋单体建筑（选取其中具有典型代表意义的 94 栋作为下面统计研究对象），约 3.6 万人，其中 24% 为办公建筑，19% 为实验室，21% 为宿舍，36% 为教室、食堂、体育馆和医院等公共设施。A 校园总建筑面积约为 196.6 万 m²，约 3.8 万人，包含办公建筑、教学楼、食堂、体育馆、实验室以及医院等公共设施。

从能源系统角度，两所校园均由集中供热系统向建筑物提供采暖，其中，A 校园为热水集中供热管网，B 校园为蒸汽集中供热管网。B 校园由集中供冷系统向各个建筑物的中央空调系统提供冷冻水，除宿舍楼多采用风机盘管和新风系统之外，



大部分公共建筑均采用全空气系统配合变风量末端（VAV）。A 校园的各个建筑物自行决定空调降温方式，一部分建筑物依靠开窗通风辅助电风扇降温，一部分建筑的部分房间安装有分体空调，2000 年之后新建校园公共建筑多安装有集中空调系统，通常采用电制冷方式。A、B 两个校园中各个建筑物均有电表计量电力消耗状况。

1.2.2 耗电量对比

(1) 典型公共建筑耗电量

表 1 给出 A 和 B 两校园典型公共建筑全年单位面积耗电量。

A 和 B 两校园典型公共建筑全年单位面积耗电量 表 1

序号	功能	校园	面积 (m ²)	单位面积耗电量 [kWh/(m ² · a)]	照片
1	校务办公楼	A	4650	34	
2	校务办公楼	B	10244	195	
3	生物学院实验楼	A	9692	159	
4	牙医学院	B	6425	364	
5	办公室和实验室	A	3360	56	
6	机械学院办公楼	A	27000	64	



续表

序号	功能	校园	面积 (m ²)	单位面积耗电量 [kWh/(m ² · a)]	照片
7	理学院办公楼	A	15000	98	
8	商学院办公楼	A	12850	156	
9	商学院办公楼	B	30000	355	
10	法学院办公楼	A	10000	44	
11	法学院办公楼	B	9086	288	
12	校图书馆	A	27486	21	
13	校图书馆	B	7089	120	