

中国城市科学研究系列报告
中国城市科学研究会 主编

中国工程院咨询项目

中国建筑节能 年度发展研究报告

2014



清华大学建筑节能研究中心 著

中国建筑工业出版社

中国城市科学研究系列报告
中国城市科学研究会 主编

中国工程院咨询项目

中国建筑节能年度发展研究报告 2014

2014 Annual Report on China Building Energy Efficiency



THUBERC

清华大学建筑节能研究中心 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国建筑节能年度发展研究报告 2014/清华大学建筑节能研究中心著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 3

中国城市科学研究系列报告

ISBN 978-7-112-16483-7

I. ①中… II. ①清… III. ①建筑-节能-研究报告-中国-2014 IV. ①TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 037699 号

责任编辑: 齐庆梅

责任设计: 张 虹

责任校对: 姜小莲 赵 颖

中国城市科学研究系列报告

中国城市科学研究会 主编

中国建筑节能年度发展研究报告 2014

2014 Annual Report on China Building Energy Efficiency

清华大学建筑节能研究中心 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

北京红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 23¼ 字数: 430 千字

2014 年 3 月第一版 2014 年 3 月第一次印刷

定价: 60.00 元

ISBN 978-7-112-16483-7

(25323)

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)

《中国建筑节能年度发展研究报告 2014》

顾问委员会

主任：仇保兴

委员：（按拼音排序）

陈宜明 韩爱兴 何建坤 胡静林

赖 明 倪维斗 王庆一 吴德绳

武 涌 徐锭明 寻寰中 赵家荣

周大地

本书作者

清华大学建筑节能研究中心

江 亿 (第 3 章)

彭 琛 (第 1 章)

林立身 (2.1)

魏庆芑 (2.2, 第 5 章)

赵 康 (2.2.4)

肖 贺 (2.2.5, 2.2.6, 第 5 章)

田雪冬 (2.3, 2.4, 4.7)

林波荣 (2.3.4, 6.7)

杨旭东 (第 3 章)

燕 达 (4.1)

王 硕 (4.2)

张 野 (4.3)

吴若飒 (4.4, 4.5)

常 晟 (4.6)

罗 涛 (4.8)

沈 启 (4.9)

王学志 (第 5 章)

李 敏 (6.1)

刘晓华 (6.3)

张 涛 (6.3)

裴祖峰 (6.5)

刘彦辰 (6.7)

吴忠隼 (6.8)

特邀作者

上海建筑科学研究院

深圳建筑科学研究院

山东建筑大学

中国建筑西北设计研究院

华东建筑设计研究院有限公司

广州市设计院

天津建筑设计院

统稿

田雪冬，吴若飒

朱伟峰，袁 媛（2.3.1）

刘俊跃，刘 刚（2.3.2）

谢晓娜（6.2）

周 敏（6.3，第6章案例评审）

田 炜，夏 麟（6.4）

林 辉（6.6）

伍小亭（第6章案例评审）

总 序

建设资源节约型社会，是中央根据我国的社会、经济发展状况，在对国内外政治经济和社会发展历史进行深入研究之后做出的战略决策，是为中国今后的社会发展模式提出的科学规划。节约能源是资源节约型社会的重要组成部分，建筑的运行能耗大约为全社会商品用能的三分之一，并且是节能潜力最大的用能领域，因此应将其作为节能工作的重点。

不同于“嫦娥探月”或三峡工程这样的单项重大工程，建筑节能是一项涉及全社会方方面面，与工程技术、文化理念、生活方式、社会公平等多方面问题密切相关的全社会行动。其对全社会介入的程度很类似于一场新的人民战争。而这场战争的胜利，首先要“知己知彼”，对我国和国外的建筑能源消耗状况有清晰的了解和认识；要“运筹帷幄”，对建筑节能的各个渠道、各项任务做出科学的规划。在此基础上才能得到合理的政策策略去推动各项具体任务的实现，也才能充分利用全社会当前对建筑节能事业的高度热情，使其转换成为建筑节能工作的真正成果。

从上述认识出发，我们发现目前我国建筑节能工作尚处在多少有些“情况不明，任务不清”的状态。这将影响我国建筑节能工作的顺利进行。出于这一认识，我们开展了一些相关研究，并陆续发表了一些研究成果，受到有关部门的重视。随着研究的不断深入，我们逐渐意识到这种建筑节能状况的国情研究不是一个课题通过一项研究工作就可以完成的，而应该是一项长期的不间断的工作，需要时刻研究最新的状况，不断对变化了的情况做出新的分析和判断，进而修订和确定新的战略目标。这真像一场持久的人民战争。基于这一认识，在国家能源办、建设部、发改委的有关领导和学术界许多专家的倡议和支持下，我们准备与社会各界合作，持久进行这样的国情研究。作为中国工程院“建筑节能战略研究”咨询项目的部分内容，从2007年起，把每年在建筑节能领域国情研究的最新成果编撰成书，作为《中国建筑节能年度发展研究报告》，以这种形式向社会及时汇报。

前 言

这是第八本中国建筑节能年度发展研究报告。自 2010 年开始，我们每年针对建筑节能的一个领域进行专门的深入分析，至 2013 年的第七本，已经完成了一个循环。所以今年这本报告开始第二次循环。还是从公共建筑开始，到 2017 年，将再完成第二个循环。通过这种方式总结近年来我国建筑节能领域新的变化、新的趋势和新的研究成果，同时也作为一个渠道向社会各界汇报我们新的体会和心得。

目前我国处在城镇化发展的高潮。城镇化被作为拉动中国经济发展的新动力，以此来扩大内需，解决三农问题，建成美丽中国，实现几代中国人民的梦想。这是我国实现 2021 年小康、2049 年强国目标的关键一步。然而面对能源紧缺、资源匮乏、环境污染严重、碳排放压力巨大的现状，怎样才能在城镇化过程中真正实现可持续发展，而不是由于片面的城镇化加剧了资源、能源与环境的矛盾，从而导致“生态灾难”？这是摆在中国人民面前的严峻课题，也是我们当前城镇化过程必须应对和解决的挑战。中央提出新型城镇化的发展战略，其中重要的内容就是要建设资源节约环境友好型城市，把可持续发展摆在城镇化过程的重要位置上。

公共建筑是城市构成的主要部分，是城镇化过程中资源、能源的主要消耗者，也是城镇化影响自然环境的直接和间接的主要影响源之一。目前我国飞速发展的公共建筑建设是推动钢铁与各种建材市场旺盛需求的主要原因，而正是钢铁与建材生产的飞速增长构成我国碳排放居高不下；大量投入运行的公共建筑又构成我国建筑运行能源消耗的主体。大量超高层建筑、大量巨大的玻璃盒子建筑、巨大体量的机场和车站近年来成为新建公共建筑中的新潮，而这些形式的建筑无论从建筑材料用能还是投入使用后的运行能耗都是常规的同功能同规模建筑的几倍。如果朝此方向发展，就会与资源节约环境友好的愿望背道而驰，就会伴随着城镇化进入环境危机、资源危机和能源危机，最终不仅使城镇化停滞，还会重创我们整体的社会发展、经济发展！所以城镇化建设，包括怎样实现绿色和低碳的城镇化发展，首先不是采用或引进那些低碳与节能的高技术，而是首先把握好城镇化的发展方向、建设理念，坚持与自然协调发展的生态文明理念。

在城镇化的公共建筑建设中，这一生态文明发展理念的核心就是希望为我们未来的公共活动提供什么样的活动空间？是“越大越好、越气派越好、越豪华越好”，还是在资源、能源、环境允许的条件下满足基本的功能要求、舒适要求、健康要求就可以的适宜环境？建筑的功能是为了使用、提供空间服务，还是为了炫耀、张扬？城市的美化是靠整洁便利再加上几个标志性建筑的点缀，还是通过一座座建筑争奇斗艳、百花竞开？公共建筑建造是为了满足公众活动的基本要求，还是把它作为投资渠道和 GDP 增长的主要驱动力，不顾需求的大干快上？从生态文明理念出发的新型城镇化建设，就必须：

1. 严格控制公共建筑总量，按照人均公共建筑面积严格把握建设总量。因为任何超量的空间都是资源、能源的浪费。

2. 严格控制公共建筑的建设标准。我们提倡“精品建筑”，是指高质量、“精雕细刻”的建筑，而不是“土豪”加“粗制滥造”。建筑绝不是越花哨、越稀奇古怪越好，而是经久耐用、每个细节都好使好用，从而提供最好的服务和舒适的环境。

3. 严格控制用能上限。同样功能的建筑用不同的建筑理念和用能方式去实现，运行能耗可以有几倍的差别。用能耗上限去管理、约束，就是从生态文明的理念、在与自然条件相协调的基础上实现人类文明的发展。这样才有可能制止那些盲目追求高技术堆砌，发展朴实、与自然协调的建筑形式和系统形式。

作为公共建筑节能的专篇，本书也更多地从这些理念出发，讨论了建筑形式、通风形式、空调系统形式以及建筑与使用者之间的界面等问题。这些问题是在这些年的工程实践和调查研究中逐渐悟出来的，可能并没有在社会上形成共识。但是我们觉得这些理念可能比一些具体的节能技术、节能措施还重要。这些年在建筑节能上有不少关于建筑与系统形式做法上的争论，例如建筑是不是要密闭，再如办公建筑是 VAV 还是风机盘管，争来争去似乎双方都有些道理。但是深入剖析，就会发现实际上背后是这些基本理念的争论，把这些基本理念讨论清楚了，技术上的争论也就变得很清楚了。因此，真希望把这些大原则、大道理讨论明白，这样才有可能真正解决我国当前城镇化发展中的可持续发展问题。

按照往年的编排，本书的第 4 章介绍对公共建筑节能一些关键技术的认识，第 5 章讨论节能管理中的一些问题。这些都是我们近几年看到、听到、接触到的一些实际问题，尤其是有争论的问题。利用这个平台，给出我们的观点。对于这样一本书，这些技术和管理问题很难写全面，也不可能深入。摆在这里的目的只是说明观

点，指出问题，希望引起大家的注意，也希望通过各种沟通渠道去进一步讨论、切磋。不少问题写在这里的只能算是个开头。

第6章是公共建筑节能最佳案例。这次是用了半年多的时间通过向全社会公开征集、专家组评审、写作组与入选单位反复协调，最终确定的。感谢提供案例的热心支持者，感谢案例编作者、评审专家、测试人员和提供相关资料的各位热心参与者。正是大家无私的奉献、辛勤的操劳，才能有这一反映出我们所倡导的节能理念并在实际工程中实践的最佳案例集；更感谢实施这些工程案例的策划、设计、施工和运行者，正是他们的科学实践才产生了这些工程案例。建筑节能是一个“全民战争”的大工程，只有全社会都树立新的理念，都从不同角度投入，才有可能最终实现其目标。而这又需要有最先的实践者、带头人。这些最佳案例的实施者，就是这样的垦荒者、带头人。

尽管是全社会征集，并称之为“最佳案例”，但一定还是挂一漏万。国内一定还有很多做得更好的工程案例。本书中收集的这些案例都是在某一方面或几个方面有特点、有创新，是对公共建筑节能理念的很好的实践。当然这些案例也都不是十全十美的，都有各自不同的问题和可以改进的空间，有些可能在某些方面还有所争议。我们把它们摆出来，不是说这就是未来最理想的公共建筑，大家来全面复制，而仅是希望展示他们在某个方向上所做的大胆创新与科学实践，引起大家的思考与借鉴。

今年这本书的大部分内容是魏庆芃副教授及他所带领的公共建筑节能研究小组策划、组织和编写的。魏庆芃、田雪冬、吴若飒等为这本书的设计、组稿、编辑、出版花费了大量时间和心血。当然，还有书中所列出的各位作者和建工出版社的齐庆梅编辑，并且特别要感谢书中所列出的各位外单位特邀作者。感谢大家对这本书做出的贡献，感谢大家多年来对《中国建筑节能年度发展研究报告》的贡献。也感谢各位粉丝读者对本书的长期支持、鼓舞与鞭策，这也是我们能持续做下去的主要动力。

江 亿

2014年2月于清华大学节能楼

目 录

第 1 篇 中国建筑能耗现状分析

第 1 章 中国建筑能耗基本现状	2
1.1 中国建筑能耗基本现状	2
1.2 中外建筑能耗的对比	10
1.3 建筑节能工作思路的转变——以能耗指标为约束条件	23

第 2 篇 公共建筑节能专题

第 2 章 公共建筑发展趋势及能耗现状	38
2.1 我国公共建筑发展现状	38
2.2 近年来我国公共建筑节能工作的主要进展	47
2.3 我国典型地区及典型类型公共建筑能耗状况	61
2.4 全球公共建筑能耗数据和历史发展	92
第 3 章 公共建筑节能理念思辨	100
3.1 从生态文明的角度看公共建筑营造标准	100
3.2 用能上限应该是多少	105
3.3 建筑内环境与室外是隔绝还是相通	109
3.4 室内环境营造方式是集中还是分散	112
3.5 保障室内空气质量是靠机械方式还是自然通风	118
3.6 建筑的使用者是被动地接受服务还是可以主动参与	123

3.7 市场需要什么样的公共建筑	127
3.8 生态文明的发展模式	129
第4章 公共建筑节能技术辨析	131
4.1 自然通风与机械通风	131
4.2 空调系统末端的能耗、效率及影响因素	144
4.3 排风热回收技术应用分析	156
4.4 集中空调系统冷站能效分析和节能途径	170
4.5 蓄冷系统高效运行关键问题	180
4.6 冷冻水输配系统能耗问题分析	189
4.7 公共建筑用热系统的效率及影响因素	197
4.8 公共建筑照明节能	206
4.9 能耗计量系统应用分析	212
第5章 公共建筑节能管理	225
5.1 公共建筑节能管理的问题与挑战	226
5.2 公共建筑能耗约束量化指标	233
5.3 新建公共建筑以能耗量为约束目标、贯穿全过程的节能管理流程	242
5.4 既有公共建筑控制实际能耗量的节能管理	248
第6章 最佳案例	253
6.1 深圳建科大楼	253
6.2 山东安泰节能示范楼	266
6.3 西安咸阳国际机场 T3A 航站楼	276
6.4 上海现代申都大厦	295
6.5 深圳华侨城体育文化中心	313
6.6 广州设计大厦	322
6.7 天津天友绿色设计中心	339
6.8 香港太古地产高效集中空调系统冷冻站	349
附录 我国未来能源可能的供应能力	360

第 1 篇 中国建筑能耗现状分析

第 1 章 中国建筑能耗基本现状

1.1 中国建筑能耗基本现状

1.1.1 建筑能耗的总体情况

本书讨论的建筑能耗，指的是民用建筑的运行能耗，即在住宅、办公建筑、学校、商场、宾馆、交通枢纽、文体娱乐设施等非工业建筑内，为居住者或使用者提供采暖、通风、空调、照明、炊事、生活热水，以及其他为了实现建筑的各项服务功能所使用的能源。

考虑到我国南北地区冬季采暖方式的差别、城乡建筑形式和生活方式的差别，以及居住建筑和公共建筑人员活动及用能设备的差别，将我国的建筑用能分为北方城镇采暖用能、城镇住宅用能（不包括北方地区的采暖）、公共建筑用能（不包括北方地区的采暖），以及农村住宅用能四类。

（1）北方城镇采暖用能

指的是采取集中供热方式的省、自治区和直辖市的冬季采暖能耗，包括各种形式的集中采暖和分散采暖。地域涵盖北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆和西藏的全部城镇地区，以及四川的一部分。

将该部分用能单独考虑的原因是，北方城镇地区的采暖多为集中采暖，包括大量的城市级别热网与小区级别热网。与其他建筑用能以楼栋或者以户为单位不同，这部分采暖用能在很大程度上与供热系统的结构形式和运行方式有关，并且其实际用能数值也是按照供热系统来统一统计核算，所以把这部分建筑用能作为单独一类，与其他建筑用能区别对待。

目前的供热系统按热源系统形式及规模分类，可分为大中规模的热电联产、小

规模热电联产、区域燃煤锅炉、区域燃气锅炉、小区燃煤锅炉、小区燃气锅炉、热泵集中供热等集中供热方式，以及户式燃气炉、户式燃煤炉、空调分散采暖和直接电加热等分散采暖方式。使用的能源种类主要包括燃煤、燃气和电力。本章考察各类采暖系统的一次能耗，即包括了热源和热力站损失、管网的热损失和输配能耗，以及最终建筑的得热量。

(2) 城镇住宅用能（不包括北方地区的采暖）

指的是除了北方地区的采暖能耗外，城镇住宅所消耗的能源。在终端用能途径上，包括家用电器、空调、照明、炊事、生活热水，以及夏热冬冷地区^①的省、自治区和直辖市的冬季采暖能耗。城镇住宅使用的主要商品能源种类是电力、燃煤、天然气、液化石油气和城市煤气等。

夏热冬冷地区的冬季采暖绝大部分为分散形式，热源方式包括空气源热泵、直接电加热等针对建筑空间的采暖方式，以及炭火盆^②、电热毯、电手炉等各种形式的局部加热方式，这些能耗都归入此类。

(3) 商业及公共建筑用能（不包括北方地区的采暖）

这里的商业及公共建筑泛指除了工业生产用房以外的所有非住宅建筑。除了北方地区的采暖能耗外，建筑内由于各种活动而产生的能耗，包括空调、照明、插座、电梯、炊事、各种服务设施，以及夏热冬冷地区城镇公共建筑的冬季采暖能耗。公共建筑使用的商品能源种类是电力、燃气、燃油和燃煤等。

(4) 农村住宅用能

指农村家庭生活所消耗的能源，包括炊事、采暖、降温、照明、热水、家电等。农村住宅使用的主要能源种类是电力、燃煤和生物质能（秸秆、薪柴）。其中的生物质能部分能耗不纳入国家能源宏观统计，本书将其单独列出。

本章的建筑能耗数据来源于清华大学建筑节能研究中心建立的中国建筑能耗模型（China Building Energy Model, CBEM）的研究结果，分析我国建筑能耗现状和从 2001~2012 年的变化情况。

① 在本书的计算过程中，夏热冬冷地区包括上海、安徽、江苏、浙江、江西、湖南、湖北、四川、重庆，以及福建等省市。

② 炭火盆能耗为非商品能耗，不纳入国家能源宏观统计，本书中提到的建筑能耗不包括这一部分。

如表 1-1 所示, 2012 年建筑总能耗 (不含生物质能) 为 6.90 亿吨标准煤 (tce)^①, 约占全国能源消费总量的 19.1%。建筑商品能耗和生物质能共计 8.07 亿 tce (生物质能耗约 1.17 亿 tce)。从 2001~2012 年, 建筑商品能耗总量及其中电力消耗量均大幅增长 (图 1-1)。值得注意的是, 相比于之前的年度报告, 本书对住宅能耗数据的分析由以前的以单位面积能耗强度为基础改为以单位居住单元为基础。这是因为我国各类统计数据都是以单位居住单元为基础, 同时这样做也与世界上多数国家的统计分析模式一致。但是由于北方采暖是集中供热, 计量收费都是基于面积, 因此北方住宅采暖能耗仍以面积为基础。

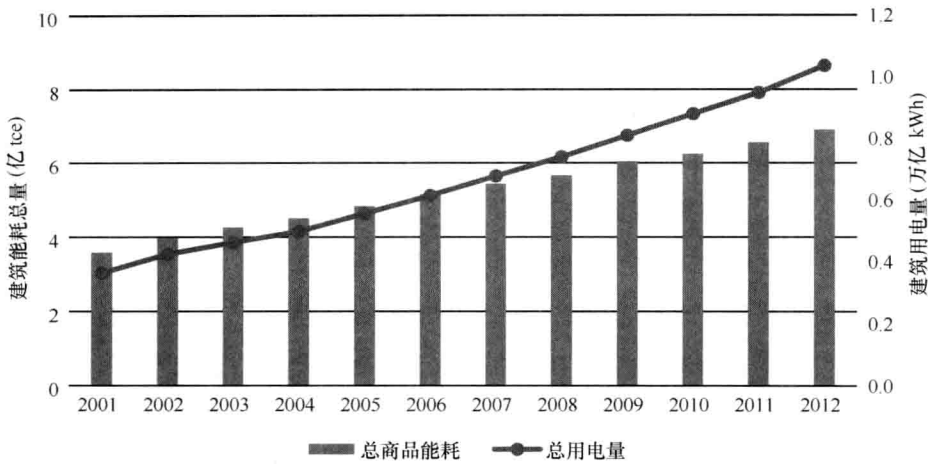


图 1-1 建筑商品能耗总量及用电量

中国 2012 年建筑总能耗 表 1-1

用能分类	宏观参数 (面积或户数)	电 (亿 kWh)	总商品能耗 (亿 tce)	能耗强度
北方城镇采暖	106 亿 m ²	82.4	1.71	16kgce/m ²
城镇住宅 (不含北方地区采暖)	2.49 亿户	3786.6	1.66	665kgce/户
公共建筑 (不含北方地区采暖)	83.3 亿 m ²	4900.8	1.82	22kgce/m ²
农村住宅	1.66 亿户	1594.1	1.71	1034kgce/户
合计	13.5 亿人, 约 510 亿 m ²	10363.9	6.90	510kgce/人

① 本章尽可能单独统计核算电力消耗和其他类型的终端能源消耗。当必须把二者合并时, 本章采用发电煤耗法对终端电耗进行换算, 即按照每年的全国平均火力发电煤耗把电力换算为标煤。国家统计局公布 2012 年的发电煤耗值为 305gce/kWh。

2001~2012年,我国城镇化高速发展,城乡建筑面积大幅增加。大量的人口从农村进入城市,城镇化率从37.7%增长到52.6%^[1],城镇居民户数从1.55亿户增长到2.49亿户,城乡居民平均每户人数逐年减少,家庭规模小型化(图1-2)。同时,公共建筑和北方城镇建筑采暖面积逐年增长,城乡每年建筑竣工面积逐年增长^[2](图1-3)。

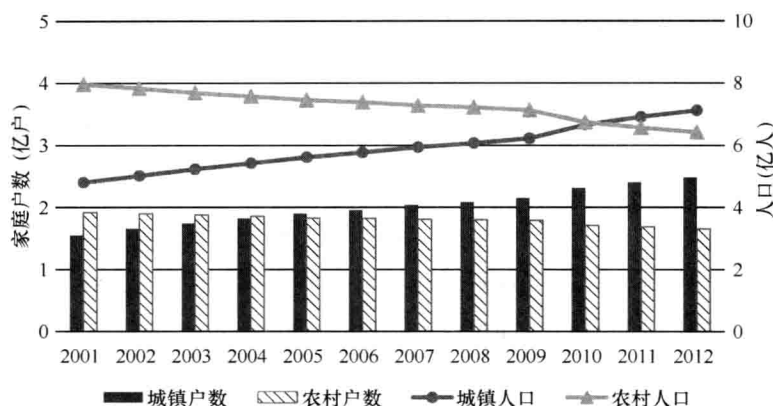


图 1-2 2001~2012 年城乡户数和人口的变化

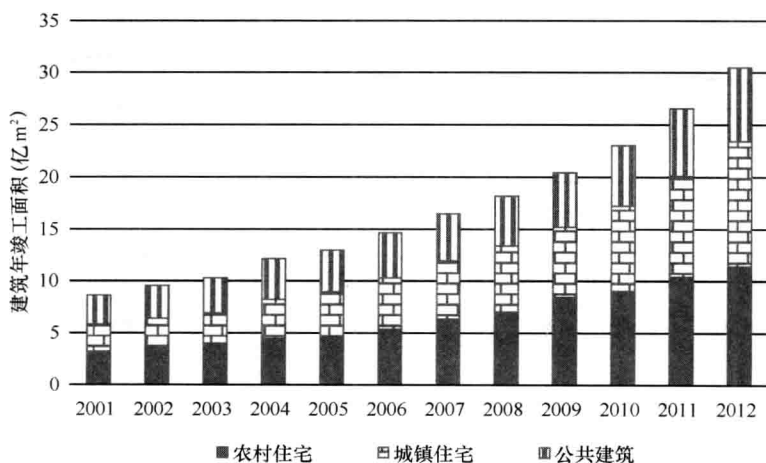


图 1-3 2001~2012 年各类建筑竣工面积