

博士论丛

建筑腔体生态策略

Ecological Strategy of Architectural Chamber

李 钢 著

Li Gang



中国建筑工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

TU18/22

2007

博士论丛

建筑腔体生态策略

李 钢 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑腔体生态策略/李钢著. —北京: 中国建筑工业出版社,
2007

(博士论丛)

ISBN 978-7-112-09436-3

I. 建… II. 李… III. 生态学-应用-建筑学-研究 IV. TU18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 089789 号

生态建筑及建筑的生态化是未来的建筑发展趋势。本书以生态建筑作为研究对象, 提出建筑腔体的概念。全书内容包括建筑腔体的类型学研究; 建筑腔体能耗的技术分析; 建筑腔体的设计策略研究等。本书可供广大建筑师、建筑院校师生学习参考。

责任编辑: 吴宇江

责任设计: 赵明霞

责任校对: 兰曼利 陈晶晶

博士论丛

建筑腔体生态策略

李 钢 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

北京嘉泰利德公司制版

北京二二〇七工厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13 字数: 253 千字

2007 年 9 月第一版 2007 年 9 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 48.00 元

ISBN 978-7-112-09436-3

(16100)

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)



李钢，男，1966年出生，1986年毕业于华中科技大学建筑学系，1996年获华中科技大学建筑设计及其理论硕士学位，1999年获华中科技大学西方经济学硕士学位，2007年获同济大学建筑设计及其理论博士学位。现为华中科技大学建筑与城市规划学院副教授。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 选题背景	1
1.2 国内外研究动态	3
1.2.1 国内研究动态	3
1.2.2 国外研究动态	5
1.3 本文研究问题域的界定	9
1.4 研究意义	10
1.5 研究方法	11
1.6 研究框架	12
第2章 建筑腔体概念	13
2.1 建筑仿生学的启示	13
2.1.1 生物进化的形态、结构原理	13
2.1.2 建筑的空间形体分析	15
2.1.3 建筑设备技术的“进化”趋势	17
2.2 从表皮到腔体	19
2.2.1 表皮的调节功能	20
2.2.2 建筑腔体的生态策略	21
2.2.3 建筑表皮和腔体的协同作用	23
2.3 建筑腔体概念的界定	25
2.3.1 建筑腔体的概念	26
2.3.2 建筑腔体空间的特性	27
2.4 本章小结	29
第3章 建筑腔体的类型学研究	31
3.1 建筑腔体的原型研究	31
3.1.1 建筑类型学的原型概念	31
3.1.2 生态建筑类型学的分析基础	34
3.1.3 建筑腔体原型的确定	35
3.2 建筑腔体类型的提取	37

3.2.1	传统建筑的能量控制重点	37
3.2.2	传统建筑的腔体运用	39
3.2.3	建筑腔体类型的归纳	43
3.3	建筑腔体形式的转换	45
3.3.1	腔体类型的转换图式	45
3.3.2	腔体类型的变异	48
3.3.3	腔体类型的并列	53
3.3.4	腔体类型的叠加	57
3.3.5	腔体类型的糅合	62
3.4	本章小结	70
第4章	建筑腔体能耗的技术分析	72
4.1	建筑腔体能耗分析的技术基础	72
4.1.1	生态的“适宜技术”观	72
4.1.2	量化分析的重要性	74
4.2	传统建筑腔体的实地调研及分析	77
4.2.1	传统居住建筑的“腔体”	77
4.2.2	传统民居气候适应性的群体结构方式	81
4.2.3	传统“生态”策略的局限与借鉴	83
4.3	未采用腔体策略的建筑的实地调研	84
4.3.1	功能性空间——绍兴市民广场展览中心实测	85
4.3.2	枢纽空间——武汉光谷电子市场实测调研	87
4.3.3	交通空间——上海世纪大道杨高路站出口实测	89
4.4	采用腔体策略的生态建筑能耗分析	91
4.4.1	功能性空间——德国新议会大厦	91
4.4.2	枢纽空间——东京天然气公司	92
4.4.3	交通空间——澳大利亚体育馆	94
4.5	本章小结	96
第5章	建筑腔体的设计策略研究	97
5.1	生态建筑实践的现状分析	97
5.1.1	建筑师对生态建筑的认识	97
5.1.2	国家的政策导向	100
5.1.3	生态建筑的实施层面	101
5.2	建筑腔体设计模式的研究	103
5.2.1	建筑腔体设计的准则	103

5.2.2 建筑腔体设计模式	105
5.3 建筑腔体的设计应用	108
5.3.1 应用腔体的建筑方案设计	108
5.3.2 建筑腔体的“适宜技术”概念设计	113
5.4 本章小结	118
第6章 结语	120
附录1 困境中的抉择——可持续发展的建筑	123
附录2 LCA——生态建筑评价的核心	132
附录3 生命机理的模仿——建筑仿生学的第三层面	139
附录4 从“抽象”到“还原”——建筑类型学的借鉴	150
附录5 能量操作——生态建筑类型学原型的借鉴	161
附录6 形式追随气候——建筑“生态”理念的传承与更新	167
附录7 绿色 GDP——建筑生态技术的经济性分析	181
附录8 历史的转折点——生态建筑展望	186
参考文献	192
致 谢	202

第1章 绪论

1.1 选题背景

一直以来,建筑在人类生产生活中所消耗的能源是非常巨大的,同时所带来的能源浪费也是惊人的。在发达的工业化国家,建筑设备能耗已占据了国家主要能源消费量的40%~50%¹!当代社会在面临环境恶化、资源枯竭等问题时所进行的反思,已经把20世纪60年代引发的环境意识,提升到了思想观念——可持续发展——的高度来加以重视。可持续发展观追求的是人与自然的和谐,其核心思想是关注各种经济活动的生态合理性。但它更多是一个政策性的宏观控制框架,具体在建筑领域,“在其操作层面上,可持续发展的原则是通过各种生态思想和技术落实到人为环境建设上的。”²因此,如何尽快改善建筑的能耗现状,节约不可再生能源,已经是当务之急。生态建筑的研究,目前已成为国际化热点领域。

在20世纪60年代,美籍意大利建筑师保罗·索勒瑞(Paola Soleri)把生态学(Ecology)和建筑学(Architecture)两词合并为“Arcology”,提出“生态建筑学”的新概念。1969年美国著名风景建筑师麦克哈格(Ian L. McHarg)所著的《设计结合自然》一书的出版,标志着生态建筑学的正式诞生,并从理论上站住了脚³。这里所说的“生态”,体现在建筑设计对生态环境具有适应性或补偿性⁴。实际上,生态建筑是指这样的一种实践:它既利用自然条件与人工手段创造出适宜人的建筑环境,同时又要控制和减少人类对于自然资源的耗费,实现向自然索取与回报之间的平衡。

1993年由美国国家公园出版的《可持续发展设计指导原则》(The Guiding Principles of Sustainable Design)中列出了“可持续的建筑设计细

1 [英]R. McMullan 著. 建筑环境学. (张振南译). 北京:机械工业出版社, 1999, P56.

2 董卫, 王建国. 可持续发展的城市与建筑设计. 南京:东南大学出版社, 1999, P27

3 <http://www.eedu.org.cn/Article/Print.asp?ArticleID=2247>

4 周曦, 李湛东. 生态设计新论——对生态设计的反思和再认识. 南京:东南大学出版社, 2003, P20.

则”¹，其中涉及到注重生态的建筑设计的内容基本上有以下6条：

- 1) 重视对设计地段的地方性、地域性理解，延续地方场所的文化脉络；
- 2) 增强适用技术的公众意识，结合建筑功能要求，采用简单合适的技术；
- 3) 树立建筑材料本身能够蕴含能量的观念以及可以循环使用的意识，在最大范围内使用可再生的地方性建筑材料，避免使用高蕴能量、破坏环境、产生废物以及带有放射性的建筑材料，争取重新利用旧的建筑材料、构件；
- 4) 针对当地的气候条件，采用被动式能源策略，尽量应用可再生能源；
- 5) 完善建筑空间使用的灵活性，以便减小建筑体量，将建设所需的资源降至最少；
- 6) 减少建造过程中对环境的损害，避免破坏环境、资源浪费以及建材浪费。

1993年6月，国际建协在芝加哥举行主题为“为了可持续未来的设计”的会议中，采纳了这些设计原则。随后，由美国绿色建筑委员会（USGBC）在1995年提出了一套能源及环境设计先导计划，将上述可持续发展的思想落实到具体的建筑设计中，成为量化的可操作性指导原则，即LEED（Leadership in Energy & Environmental Design）。这是美国绿色建筑委员会为满足美国建筑市场对绿色建筑评定的要求，提高建筑环境 and 经济特性而制定的一套评定标准。

生态建筑设计理念并不仅仅局限于如何节能，而更着眼于宏观上对自然环境的尊重与利用。不仅涉及到采用生态建材、倡导生态技术等物质上的要求，还包括结合地域特色、创造人文环境等精神上的需求。以自然生态的视角来看待如何使建筑更加融合于生态环境，“向自然学习”²，是建筑与自然共生的最佳方式。在这个意义来看，生态建筑是可持续发展观在人类建设活动中最充分的体现。尽管如此，“生态建筑”却不属于任何一个建筑类型或者流派³，如：我们常可以将建筑按使用功能分为工业建筑、交通建筑、教育建筑等，也可按风格称为古典建筑、现代建筑及后现代建筑等，但“生态建筑”并不特指某一类建筑，它只是建筑界对具有生态意义的建筑的一个通俗称呼。

建筑的生态设计，是一种既“满足当代人需求，又不危及后代人的需求及选择生活方式的可能性”。在可预见的未来，建筑发展的主流应是以生态学为基础，以人和自然协调共存为目标的“生态建筑”。生态建筑体系的概念是不断发展、更新和丰富的，是动态性的。它不是心血来潮的产物，而是经过历史的积淀、教训、思考之后，人类面临生态危机的情况下作出的一种新的反应和选择（详见附录1 困境中的抉择——可持续发展的建筑观）。

1 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心编，绿色建筑，北京：中国计划出版社，1999，P152.

2 IAN L McHARG. Design With Nature, Doubleday/Natural History Press Doubleday & Company, Inc. Garden City, New York 1994, P163.

3 李保峰.《建筑设计的生态策略研究》教程.2003.

1.2 国内外研究动态

确定了大的研究方向后,在导师的指导下,本人阅读了国内外相关文献,包括建筑学、物理学、生态学、材料学、仿生学等学科领域。相关学科的理论及知识,对于本课题的研究和深化具有方法论上的启示。本人结合论文的选题,以武汉为例进行调查分析。近年来关注生态建筑的学术资料增加迅猛,越来越多的学者将注意力投入到这方面来,相关的成果日益增多,本文对此进行了初步的归纳整理。

1.2.1 国内研究动态

我国的生态建筑研究起步较晚,在理论方面主要是学习和引起西方相关理论,缺乏重要的理论突破和创见。有关生态设计的理论和应用研究,从一开始就带有强烈的实用性和经济性。自20世纪70年代起至80年代中期,研究的主题集中于太阳能应用和建筑节能方面,明显受当时全球能源危机及国际建筑界此类创作的影响。有关大学、研究所在政府支持下,取得了一定成果。建筑技术人员所进行的研究较为具体,可操作性强,但大多限定于能源消耗层面的探讨,而少有对建筑与环境关系的全局性把握。1982年清华大学李道增教授在《世界建筑》上发表《重视生态原则在规划中的运用》一文,是我国建筑师第一次全面关注生态问题。而当时中国理论界,普遍热衷于改革开放后对西方各种建筑艺术思潮的介绍和引入,极少去思考有关人类生存的基本问题,与此同时,在大规模基本建设刺激下极度膨胀的设计市场,使大家根本无暇去思考建筑师的社会责任和环境问题。国内建筑界在理论和实践上都失去了一次宝贵的发展机会,导致了很多无可挽回的建设性破坏。直至20世纪90年代中期,面对前一阶段建设所产生的种种严重的资源浪费和环境破坏,国内建筑学术界开始关注生态和可持续发展问题,在借鉴国外先进成果基础上,开始了广泛、系统的研究。

当前,我国在生态建筑领域的研究基本集中于大学及研究所¹。清华大学是较早进行建筑节能及生态建筑研究的单位。进入20世纪90年代后期,研究范围开始扩展到生态建筑及生态城市领域。清华大学建筑学院建筑技术科学系进行了大量有关建筑节能方面的深入研究,许多关于“生态”、“气候”的研究成果以及相关的设计实践,对本研究思路的形成具有重要的启发意义。同济大学在这方面也成绩斐然。项秉仁教授指导吕爱民完成《技术视野中的生态建筑形态演进》的博士后研究报告;戴复东先生指导梁呐完成《绿色生态高层建筑设计研究》;宋德萱先生指导李学完成《江南民居的生态观和适应性生态技术初探》、指导梅岭完成《生态源及其相关学科对生态建筑系统研究与发展

1 课题组由李保峰老师主持,对各大院校的相关研究进行调研。本人主要在同济大学进行调研。然后在课题组交流,对相关的研究作出分析、评估。

的影响》、指导杨赞完成《初探建筑设计中的自然采光与节能》；陈易先生指导邓小骅完成《生态建筑的形式解析与建构》、指导洪杨完成《生态建筑评估标准初探》；颜宏亮先生指导刘建民完成《生态住宅适宜技术研究》；刘云先生指导夏海山完成《城市建筑生态转型及其整体设计研究》。其他如东南大学、西安建筑科技大学、哈尔滨工业大学、华南理工大学、重庆大学、华中科技大学等国家重点大学也展开了相关研究，并取得了一定的成果。

在具体的生态建筑实施层面上，尽管国家发布了一系列的建筑节能规范，然而这些标准的起点还较低，与发达国家相比，我国建筑节能的差距还很大¹。虽然我国近年来制定了相应的促进生态建筑发展的法规，而且力度有所加大，但由于政策的时滞效应，其推动作用尚未完全发挥出来。作为建筑设计第一线的设计院，与生产环节联系最紧密。但是我们遗憾地看到，对于某些建筑师来说，生态就是高绿化率、低密度的自然主义处理手法。至于对优秀生态建筑的借鉴，更多是从单纯建筑技术上的处理着手，缺乏从具体基地环境来进行生态建筑设计的意念。当然，也有不少建筑师致力于真正意义的生态建筑的设计。清华大学宋晔皓于1999年提出了“缓冲层”的概念²。国内建筑界也有许多利用缓冲层和缓冲空间概念进行建筑设计的尝试。如胡绍学、宋海林在清华大学设计中心楼（伍威权楼）的设计中运用“缓冲层策略”³，在建筑中布置了一个热缓冲中庭（边庭），起到减少建筑能耗、创造舒适内部工作环境的作用。由北京市建筑设计研究院的黄汇建筑师主持设计、2000年建成的北京北潞春住宅小区被认为是我国第一个绿色生态居住小区，并且藉此获得了建设部试点小区规划与设计金奖⁴。其他比较成功的生态建筑设计实践有上海久事大厦、重庆的天奇花园住宅小区等。不过当前国内这方面实际建成的工程，仍是屈指可数。

总的来看，和国外的生态建筑研究相比，国内的研究比较单薄，从宏观的层面进行论述的居多，真正深入具体的研究和有创见的较少，而且很多方面还是空白。大专院校的研究以宏观生态设计理论研究为多，可操作层面的研究相对较少；第一手资料较少，量化研究较少，对国外文献整理性研究相对较多。而专业研究所的研究，大多集中在纯技术的操作层面以及政策法规研究，与建

1 以37cm砖墙多层住宅为例，与气候条件相近的发达国家建筑进行比较，单位外墙能耗是发达国家的4~5倍、屋顶为2.5~5.5倍、外窗为1.5~2.2倍，门窗空气渗漏为3~6倍。加上其他因素，我国住宅采暖能耗约为发达国家的3倍。我国限制使用普通黏土砖后，多数建筑采用空心砌块墙或钢筋混凝土墙，如果不设保温隔热层，其导热系数大于实心砖墙的导热系数，热工性能更差。见高广华，张健：不可忽视的夏热冬冷地区空调建筑节能问题，成都：四川建筑，2001/2，P28。

2 宋晔皓，栗德祥：整体生态建筑观北京：建筑学报，1999/3，P4。

3 建筑体系对外界环境不利影响（温度过高、过低、噪声、太阳辐射等等）的缓解称之为缓冲作用。对于具体设计，生物气候缓冲层分为聚落空间、建筑实体、建筑细部3个不同的层面。

4 黄彬：生态建筑实践的从0到1——访黄汇建筑师，武汉：新建筑，2003/1，P65。

筑设计的整合有所局限。在具体的实践应用环节上,囿于社会对生态建筑的认识、从业建筑师的教育背景、设计院的体制关系,尽管在生态建筑的实践上有所探索,但从数量上看,与我国当前的建设规模不成比例。

1.2.2 国外研究动态

国外关于可持续发展理论及生态建筑上的研究,有半个多世纪的历史。与中国不同,国外(尤其是发达国家)近些年来在具体的生态建筑的理论研究(气候、环境、设计方法)和适应性技术的应用研究相对较多。这既有注重实证方法论的传统,也得益于充足的实验经费和优越的实验条件。经过多年的探索与实践,在这方面已经取得了较为丰硕的成果。

1. 宏观层面上的生态理论研究

欧洲最先进入工业化时代,也最先尝到环境破坏的苦果。欧洲又是工业革命的发源地,早年的“破坏性开发”在给人类带来巨大物质财富的同时也对环境造成了巨大的伤害。“20世纪60年代以来……面对日趋恶化的生存条件,西方各国兴起了一系列的绿色运动……R.卡逊1962年出版的重要著作:《寂静的春天》(Silent Spring),将绿色运动推广到世界范围”¹。美国生物学家卡逊(Rachel Carson)在她的著作中,第一次披露了生态环境遭到破坏后可能出现的可怕前景,这部著作对绿色运动的推动起了重要作用²。这也就不难理解环境保护的呼声于20世纪60年代后期开始,发轫于这些先进的工业化发达国家。同时这些发达国家对能源的消耗大、依赖程度高,两次能源危机(1973、1978)对欧美经济的打击非常之大。20世纪70年代的石油危机曾经震动了世界,而罗马俱乐部那份著名的报告《增长的极限》则使这一震动长久地保持下来,从那时起,可持续发展的思想开始萌芽。

在可持续发展思想提出来的20世纪80年代中期,出现了盖娅运动。起因是J.拉乌洛克(James Lovelock)著作《盖娅:地球生命的新视点》(Gaia: A New Look Life on Earth)的问世。这本书将地球及其生命系统描述成古希腊的大地女神——盖娅。其主要观点是:将地球和各种生命系统都视为具备生命特征的实体,人类只是其中的有机组成部分,不是自然的统治者,人类和所有生命都处于和谐之中;要利用洁净能源,使用绿色建材、绿化、自然通风和采光,防止对大气、水体和土壤的污染,沿袭建筑文脉等等。它对生态建筑思潮有很大的促进³。1991年布兰达·威尔和罗伯特·威尔合著的《绿色建筑学:为可持续发展的未来而设计》出版。作者提出了节约能源、设计结合气候、材料与能源的循环利用、尊重用户、尊重基地环境以及整体的设计观⁴。1992年

1 宋晔皓.欧美生态建筑理论发展概述.北京:世界建筑,1998/1,P67.

2 宋晔皓.欧美生态建筑理论发展概述.北京:世界建筑,1998/1,P67.

3 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心编.绿色建筑.北京:中国计划出版社,1999,P149.

4 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心编.绿色建筑.北京:中国计划出版社,1999,P153.

在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上,把这一思想写进了会议的所有文件,取得了世界各国的共识,这一“绿色设计”思想随即融入到生态建筑思潮之中¹。1993年美国出版了“针对当地的气候条件,采用被动式能源策略,尽量应用可再生能源——《可持续发展设计指导原则》”²,以自然生态的视角,来看待如何使建筑更加融合于生态环境。近30年来,欧洲各国均投入了大量的人力、物力和财力进行了大规模的生态研究,并取得了令人瞩目的成就。

2. 生态建筑的基础理论研究

早在20世纪30年代,美国建筑师兼发明家B·富勒(R. Buckminster Fuller)就非常关注将人类的发展目标、需求与全球资源、科技结合起来。他提出“少费而多用”(more with less)的观点,也就是对有限的物质资源进行最充分和最合适的设计和利用,符合生态学的循环利用原则³。美国是较早开始建筑与气候关系研究的国家,1938年,美国伊利诺斯州的Keck Sloan便开始其被动式太阳能的研究,1940年在芝加哥的太阳公园便已建成太阳能实验住房⁴。V·奥戈雅(Victor Olgyay)及A·奥戈雅(Aladar Olgyay)兄弟在20世纪中叶,即出版了多部有关气候与建筑设计的著作。奥戈雅将建筑视为人类生存的掩蔽所,系统地探索了地方建筑与气候的关系、地方特色与气候的关系以及社区聚落选址与气候的关系,重点研究了从中世纪意大利拉斐尔到20世纪Mies、Corbusier、SOM、Harrison及Niemeyer等大师的作品,试图探索一种理想的建筑设计方法论——生物气候学设计,并创造了独特的生物气候图表法⁵。Bernard Rudofsky编著的《没有建筑师的建筑》(Architecture Without Architects)是一本在建筑与气候关系研究领域具有相当影响力的学术著作,该书探索了世界不同地区气候特点与乡土建筑风格的关系,该书文字不多,以图片为主,1963年曾在美国纽约现代艺术博物馆展出。

20世纪70年代石油危机之后,美国政府开始重视建筑节能,在此领域的研究得以广泛展开。美国卡内基·梅隆大学Volker Hartkopf教授主持的“建筑性能研究中心”(Center of Building Performance),联合政府、企业和学校,整合与建筑业相关的各行业,在建筑技术领域进行建筑节能的研究,长达30余年。近十年来,在罗伯特智能建筑工作站(Robert L. Preger Intelligent Workplace)大批博士生运用计算机模拟手段从事建筑的采光、通风、节能和温

1 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心编. 绿色建筑. 北京: 中国计划出版社, 1999, P63.

2 李效军, 陈翔. 可持续的生态建筑设计. 北京: 建筑学报, 2001/5, P47.

3 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心编. 绿色建筑. 北京: 中国计划出版社, 1999, P86.

4 Martin Treberpung, Neues Bauen Mit Der Sonne: Anstze Zu Einer Klimagerechten Architektur, Springer Wien New York, 1999, P36.

5 Victor Olgyay, Design With Climate—Bioclimatic Approach To Architectural Regionalis, Princeton University Press, 1973; Victor Olgyay And Aladar Olgyay, Solar Control & Shading Devices, Princeton University Press, 1976.

度舒适性研究,在软件模拟领域成果斐然¹。1994年西姆·莱恩(Sim Van der Ryn)所在的伊莎莱研究所,在美国加利福尼亚 Big Sur 市召开了有全美生态设计的学界领袖们参加的会议。这次会议通过创立“国际生态协会”议案,将分散的研究成果综合起来,以指导年轻一代,并发表了号召“生态革命”的《THE BIG SUR 宣言》。1995年他又和 S. 考沃(Stuart Cowan)合写了《生态设计》(Ecological Design)一书,被誉为建筑学、景观学、城市学、技术学方面的一次革命性的尝试。该书主要包括 5 点设计原则和方法:设计成果来自环境、生态开支应为评价标准、设计结合自然、公众参与设计、为自然增辉²。

20 世纪 90 年代德国的绿党参政后,在政策上更加注重环保并投入大量研究经费。德国的大学、国家与州研究所以及企业,均耗费巨资从事各类生态建筑技术的研究,这使德国在生态建筑研究领域占据了领先地位。早在 20 世纪中叶原联邦德国柏林工业大学的 F. 奥托(Frei Otto)即成立“生物和自然”研究所,提出“生物气候建筑”的概念,并在斯图加特大学开始其长达半个多世纪的探索。奥托研究的虽然是基于自然逻辑的形态,但其仿生学的理念对于建筑气候适应性研究不乏启发意义³。柏林工业大学建筑系的 Rainer Hascher 教授多年来一直从事被动式太阳能采暖、TWD 系统、夏季建筑被动式热防护及太阳能光电板在建筑中的应用研究。慕尼黑工业大学建筑系教授托马斯·赫尔佐格(Thomas Herzog),是欧洲当代生态建筑设计研究的先驱之一,其代表作《建筑与城市规划中的太阳能》(Solar Energy In Architecture And City Planning),已成为生态建筑设计的经典著作。

在建筑仿生学方面,代表性的研究者如英国的 J. 文森特(Julian Vincent),现正在巴斯大学(University of Bath)领导着一个名为“Biomimetics”的研究小组进行有关生态建筑和城市规划方面的研究。出于全球范围内对环境问题的热切关注,Biomimetics 研究小组现在发展迅速。他们现在关注的问题仍然与仿生科学有很大的关系,例如通过对动物界变色伪装的研究来研制一种不产生高光的涂料;模仿昆虫筑巢的行为来制造可以自动建造建筑的机器人等⁴。多年来他一直在研究仿生机械的设计,并把积累的知识运用到新材料的设计和发展之中,创造出某些具有生物特性的机械装置(吸取诸如白蚁巢在空气流通方面的长处而设计的自然通风系统),力图能自然地解决建筑的生态问题。

3. 生态建筑的适应性技术研究及应用

国外在生态建筑理论的研究和实践上,以 1973 年的能源危机为界,可粗

1 <http://www.cmu.edu>, Center Of Building Performance

2 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心编. 绿色建筑. 北京:中国计划出版社,1999, P148.

3 <http://www.freiotto.de>

4 李华东主编. 高技术生态建筑. 天津:天津大学出版社,2002,P7.

略地划分为两个阶段。此前,因为石油等矿物燃料价格的低廉,发达国家不太重视节能建筑的实践,而在那些用不起高技术设备、承担不起高能耗的第三世界国家开展得快一些。比较有代表性的是:埃及建筑师哈桑·法赛(Hassan Fathy)和印度建筑师查尔斯·柯里亚。此后,由于可持续发展思想的兴起,西方各国开始注重生态建筑的研究与实践,并借助于其强大的经济、科研实力,在此领域上取得了世界领先水平。

查尔斯·柯里亚的设计有善于利用地方资源,紧密联系地域的特点,尤其是气候条件而著称。他对印度所处的热带气候条件下建筑的通风、遮阳、视野等问题进行了统一的考虑,主张创造对气候有调节能力的“建筑形式”。柯里亚提出了“形式追随气候”(Form Follows Climate)的口号,并总结出一系列适合印度气候特点的建筑模式。如 open to sky space, tube house, multiple center plan 等几种控制气候的设计策略¹。埃及哈桑·法赛致力于发掘和改良传统的阿拉伯建筑技术,尽管他一再重申西方思维的局限性,坚持创造应保护地方文化的真实性,但是他从不保守地固执于传统,而是引进多学科的现代研究成果来科学地评价传统技术和方法,然后再选择和改造这些设计策略。结合干热地区气候状况,法赛研究了适应沙漠地区气候特点的乡土建筑并将其研究用于实践。他撰写了多部著作²,在建筑界产生了较大的影响。他们在建筑设计中坚持本国建筑传统,将关注的焦点放在影响地方城市、建筑、环境及其相关因素的研究,加深了对人为空间形成及发展过程的认识。

此后,在生态建筑思想的引导下,世界各国的建筑师开始了一系列设计实践。马来西亚建筑师杨经文博士进行的生物气候学建筑设计实践,也非常具有代表性。他提出要在建造中对自然环境施加最小的影响,并使建成的环境与生态圈的生态系统融为一体。即以生态设计原则为前提,以人的生存与舒适需求为目标,最大限度地提高能源和材料的利用率,尽可能减少建筑在建造和使用过程中对环境的污染。针对湿热地区的气候状况和亚洲人口密度高的特点,杨经文积极探索生物气候学建筑设计的理论³,其代表作品有 IBM 大厦、梅拉纳商厦和包斯德大厦。欧洲的一批建筑师如托马斯·赫尔佐格、诺曼·福斯特、伦佐·皮阿诺、理查德·罗杰斯、尼古拉斯·格雷姆肖等创作出许多具有代表性的生态建筑。诺曼福斯特设计的法兰克福商业银行总部大楼被誉为第一座真正的生态摩天楼,德国议会大厦改造工程也非常成功。伦佐·皮阿诺设

1 清华大学建筑学院、清华大学建筑设计研究院:《建筑设计的生态策略》,(全国一级注册建筑师继续教育指定用书)。北京:中国计划出版社,2001,P48。

2 Hassan Fathy, Natural Energy And Vernacular Architecture—Principles And Examples With Reference To Hot Arid Climates, University Of Chicago Press,1995; Hassan Fathy, Architecture for the poor, the University of Chicago press,1973。

3 20 世纪 90 年代杨经文先生出版了《Bioclimatic skyscraper》、《Green skyscraper》等近 10 部建筑学著作。

计的 Tjibaou 文化中心以其独特的外观、构思精巧的被动式通风设计深深地打动每一个人。类似成功的设计还有很多,这些建筑师往往以前就是成功的高技派建筑师,他们拥有丰富的工程技术知识,擅长运用高新技术解决生态问题。对他们作品的研究,正是本文的重点,在此就不再赘述。

综上所述,兴起于西方发达国家的可持续发展思潮有其深刻的历史背景。反映在建筑领域,不仅研究起步开展得较早,且已经取得相当的成果。尽管不同国家、不同地域的建筑师在设计方法和特点上各不相同,其显著特点是理论与实践紧密联系。无论是高技术生态建筑还是低技术生态建筑,都有很多值得我们学习的经验。尤其值得注意的是,具有生态意义的建筑设计策略,已普遍为国外建筑师所重视。国外先驱学者的成果对本课题研究具有方法论上的指导意义。

1.3 本文研究问题域的界定

广义的生态建筑涵盖面极为宽泛(相关的论述详参附录 2 LCA——生态建筑评价的核心)。由于生态建筑把设计看成是能量使用的一种循环模式,将建筑系统的生命周期视为生态环境的一系列转换,那么就与传统建筑在设计理念上有着迥然的不同。生态建筑的设计理念着重于将建筑纳入自然生态系统加以考虑,在保持适当舒适性的前提下降低不必要的能源消耗¹,更着眼于宏观上对自然环境的尊重与利用。

就本源的意义来看,建筑存在的根本目的之一就是能有效地抵御及缓解外部气候的影响,以使其提供的内部工作或居住环境更适合于使用者。实际上,建筑的室内空间是建筑室内外热量交换的动态调节系统。依据外界的季节变化,它必须能够分别满足四种基本的功能:将室外热量传入室内、防止室外热量传入室内、保持室内热源热量、排出室内热源热量。而今天充分利用现代科技的建筑,始终是伴随着能源的巨大消耗。经过粗略的估算,其中的约 1/2 可通过正确的、理想的建筑措施节省下来。这不仅是给建筑设计带来了新的概念、新的思路,而且提出了新的挑战。因而本文将问题域限定于生态建筑对可再生能源的利用层面上。

具体而言,参照前述对国内外研究动态的分析,较为成熟的相关研究成果主要集中在建筑的外围护结构上(建筑表皮),还有室内外缓冲层的研究²。空间——作为建筑的“主角”³,在建筑设计中起着重要的作用。在此,本文的研究重点期望能在前人的基础上更进一步,深入到建筑空间的本体层面:能够

1 毛刚,段敬阳.结合气候的设计思路.北京:世界建筑,1998/1,P15.

2 宋晔皓.结合自然,整体设计,注重自然的建筑设计研究:[博士学位论文].北京:清华大学建筑学院,2002.

3 彭一刚.建筑空间组合论.北京:中国建筑工业出版社,1983,P21.

应对外部环境影响且可以根据气候变化“动态调节”，以减少能源消耗的生态建筑室内空间。

本文所研究的生态空间概念——建筑腔体，借鉴了微气候的建筑设计理论¹，从空间着手，偏重于建筑内部空间的生态策略，具有可实施性和可操作性。

研究内容的重点在于：

1) 建立建筑腔体的概念，厘清建筑建筑腔体及其有关概念的内涵，以及它与生态建筑等其他层面之间的联系与区别，建立完整的、清晰的理论体系。

2) 借鉴类型学的方法，对建筑腔体加以系统化的梳理；研究得出相应的腔体原型、类型以及转换模式，建构起建筑腔体的类型学；并在此基础上，分析国内外建筑腔体的实例。

3) 在对生态建筑实践现状分析的基础上，参照生态建筑“功能—空间”“环境资源”双重并重的设计理念，结合建筑师的思维模式，提出能应对地域环境的建筑腔体设计策略。

1.4 研究意义

按照国家宏观发展目标确定的中等发达国家水平，我国经济发展速度在一定时期内将维持 GDP 每年增长 8% 左右这样一个比较高的水平²，那么将会存在巨大的能源缺口。中国当前已经进入全面建设小康社会的高速发展时期。一般来说，社会经济越发达，生活水平越高，建筑能耗占社会总能耗的比例越大。西方发达国家这个比例为 30% ~ 45%，例如美国为 33.7%，法国为 45%，中国尽管社会发展水平和生活水平尚未达到西方发达国家的水平，但是建筑能耗占社会总能耗的比例也已经达到 20% ~ 25%，并且正在上升到 30%³。建筑能耗的提高不仅加速对不可再生资源的消耗，还会带来一系列连带的环境问题，生态环境遭到污染和破坏的问题都与建筑能耗不无关系。在当前我国资源短缺与环境恶化的背景下，中国需要构建“节约型”的社会，这已不仅是学者和环保人士的呼吁，也写进了中国高层的政府工作报告，成为中国的国策。在此背景下，国家迫切需要加强对建筑节能进行深入的研究。这也是本文研究的出发点。

1 微气候建筑设计方法：微气候建筑设计是指在大范围的气候条件（如区域性气候）影响下，对建筑自身所处的具体的环境气候特征，在建筑设计中对其气候因素加以充分利用和改善，以创造能充分满足人们舒适条件的室内外环境的建筑设计。微气候建筑设计是针对具体的单一建筑而言，它主要考虑单一建筑周边小范围的空间的气候特征，并对它加以利用和改善。微气候的研究对于具体的建筑设计有着更为直接的影响。参孙洪波：微气候建筑设计方法综述，沈阳：沈阳建筑工程学院学报，2000/7，P54。

2 <http://business.sohu.com/12/53/article200695312.shtml>，中国 GDP 统计存在水分吗？中国座次排第几？

3 付祥钊主编：夏热冬冷地区建筑节能技术，北京：中国建筑工业出版社，2002，P1。