

基于可再生能源

利用的农村住宅 技术系统设计研究

刘文合 著



中国建筑工业出版社

基于可再生能源利用的农村住宅 技术系统设计研究

刘文合 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基于可再生能源利用的农村住宅技术系统设计研究 /
刘文合著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-112-16716-6

I. ①基… II. ①刘… III. ①再生能源 - 能源利用 -
应用 - 农村住宅 - 建筑设计 - 研究 IV. ①TU241.4 ②TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 068847 号

本书基于可再生能源利用原则, 建立了农村住宅耦合设计理论框架, 提出了有针对性的耦合设计策略, 为全面解读新农村住宅设计提供了科学的观点和视角。书中提出的燃池技术、卵石蓄热供暖技术、温室技术、综合能源利用技术对缓解能源紧张, 解决农村洗澡难、冬季室内较冷、沼气产气量低、蔬菜供应困难等问题具有现实意义。

本书可供建筑设计人员、相关专业师生以及新农村建设工作工作者等参考。

* * *

责任编辑: 许顺法 陆新之

责任设计: 张虹

责任校对: 姜小莲 刘钰

基于可再生能源利用的农村住宅技术系统设计研究

刘文合 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

华鲁印联 (北京) 科贸有限公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9 $\frac{3}{4}$ 字数: 245 千字

2014 年 5 月第一版 2014 年 5 月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-16716-6

(25520)

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

我国农村住宅在建设、使用过程中的能源消耗巨大，在全球能源资源状况日益紧张的今天，这一问题将会更加突出。本书在国家加速社会主义新农村建设和推进可再生能源利用的背景下，基于“十一五”国家科技支撑计划项目“村镇小康住宅关键技术与示范”的子题“村镇住宅节能关键技术与产品开发（2006BAJ04A05）”，考察韩国、荷兰，深入国内进行大量实态调查、试验的基础上，以可再生能源技术利用为目标，对可再生能源技术系统与农村住宅设计展开研究，从而为东北农村住宅建设提供理论和实践依据。

本书首先通过对能源替代理论、技术系统论、耦合理论的解读，基于哲学层面上儒家的“万物一体”的思想，以天道自然、宇宙一体、一体归仁、生命感通、生生和谐的思维方式及生物理论的共生、应变思想提出了自耦合、共生耦合、应变耦合理论。基于住宅系统的建筑要素和技术要素，通过耦合界面提出太阳能利用技术系统与住宅系统的应变耦合模式，生物质能利用技术系统与住宅系统的连续共生耦合模式，能源综合利用技术系统与住宅系统的一体共生耦合模式，其他新能源利用技术系统与住宅系统的耦合设计模式。继而基于生物质能利用，将传统的火炕建造理念与燃池供暖技术耦合，形成一种新的供暖装置，并提出燃池技术系统自耦合设计的传热策略和运行策略；根据共生原理，提出了燃池技术与火炕文脉、火炕构造、节能灶、平面布局的连续共生耦合策略，并对其进行试验验证和经济评价。基于太阳能利用设计了太阳能卵石蓄热采暖装置，研究其自耦合策略及其与农村住宅系统应变耦合的设计策略，围护系统界面的应变耦合采取材料应变和围护构造应变的设计策略，室内系统界面的耦合，设计采取炕体构造应变和室内布局应变的耦合策略，并对其进行试验验证和经济评价。基于太阳能和生物质能利用，根据自耦合设计理论，对辽沈系列日光温室进行了设计研究，根据应变思想，探讨温室与沼气池应变耦合的设计策略，对其保温性能进行试验验证。最后，基于共生和应变原理探讨了能源综合利用技术系统与农村住宅在用地系统界面、围护系统界面、机械系统界面及结构系统界面的应变和一体共生的耦合设计策略，并以法库五位一体农宅为例，阐述了设计中如何应用耦合设计策略及适宜技术。

对以上问题的研究主要采用了建筑学、生物学、系统科学、能源等多学科交叉研究的方法，理论与实证研究相结合，定性定量相结合以及综合研究的方法。

本书基于可再生能源利用原则，建立了农村住宅耦合设计理论框架，构建了耦合设计模式，提出有针对性的耦合设计策略，为全面解读新农村住宅设计提供了科学的观点和视角。书中提出的燃池技术、卵石蓄热供暖技术、温室技术、综合能源利用技术对缓解能源紧张，解决农村洗澡难，冬季室内较冷、沼气产气量低、蔬菜供应困难等问题具有现实意义。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	5
1.2 文献综述	5
1.2.1 国外研究现状	6
1.2.2 国内研究现状	10
1.3 研究内容与方法	15
1.3.1 研究范围	15
1.3.2 研究内容	15
1.3.3 研究方法	16
1.4 研究框架	16
第2章 农村住宅可再生能源利用设计理论	18
2.1 相关理论基础	18
2.1.1 能源替代理论	18
2.1.2 技术系统论	19
2.1.3 耦合理论	19
2.2 农村住宅耦合设计理论框架	21
2.2.1 自耦合	21
2.2.2 应变耦合	22
2.2.3 共生耦合	23
2.2.4 理论特征	26
2.3 耦合界面的形成	27
2.3.1 建筑要素	27
2.3.2 技术要素	28
2.3.3 耦合界面	29
2.4 农村住宅可再生能源利用耦合设计模式	30
2.4.1 太阳能利用技术系统应变耦合	31
2.4.2 生物质能利用技术系统连续共生耦合	35
2.4.3 能源综合利用技术系统一体共生耦合	37
2.4.4 其他可再生能源利用技术系统耦合	38
2.5 农村住宅耦合设计目标及原则	41
2.5.1 设计目标	41

2.5.2	设计原则	42
2.6	本章小结	44
第3章	燃池技术系统连续共生耦合设计	46
3.1	燃池技术系统自耦合	46
3.1.1	燃池技术系统核心理念	46
3.1.2	燃池技术系统构成要素	47
3.1.3	燃池技术系统自耦合策略	48
3.2	室内系统界面的连续共生耦合	50
3.2.1	燃池技术系统与火炕文脉的连续共生	50
3.2.2	燃池技术系统与火炕构造的连续共生	52
3.2.3	燃池技术系统与节能灶的连续共生	53
3.3	围护系统界面的连续共生耦合	54
3.4	燃池技术耦合系统的应用效果试验	55
3.4.1	试验条件	55
3.4.2	测点布置	56
3.4.3	测试仪器	56
3.4.4	测试结果	57
3.4.5	结论	58
3.5	燃池技术耦合系统评价	59
3.5.1	经济分析	59
3.5.2	经济综合评价	61
3.5.3	生态效益	62
3.6	本章小结	63
第4章	卵石蓄热采暖技术系统应变耦合设计	64
4.1	卵石蓄热采暖技术系统自耦合	64
4.1.1	卵石蓄热采暖技术系统核心理念	64
4.1.2	卵石蓄热采暖技术系统构成要素	65
4.1.3	卵石蓄热采暖技术系统自耦合策略	66
4.2	围护系统界面的应变耦合	69
4.2.1	材料应变	69
4.2.2	构造应变	74
4.3	室内系统界面的应变耦合	78
4.3.1	炕体构造应变	78
4.3.2	室内布局应变	80
4.4	卵石蓄热采暖技术耦合系统应用实证	81
4.4.1	示范房设计	81
4.4.2	保温效果测试	83
4.5	卵石蓄热采暖技术耦合系统评价	85
4.5.1	经济分析	85
4.5.2	综合评价	86

4.6	本章小结	88
第5章	温室技术系统应变耦合设计	89
5.1	温室系统自耦合	89
5.1.1	温室技术系统核心理念	89
5.1.2	温室技术系统构成要素	89
5.1.3	温室技术系统自耦合策略	91
5.2	温室技术与沼气池系统应变耦合	98
5.2.1	沼气池技术系统	98
5.2.2	应变布局	99
5.2.3	安全应变	101
5.3	围护系统界面的应变耦合	101
5.4	温室技术耦合系统节能实证	102
5.4.1	试验方法	102
5.4.2	测试仪器	103
5.4.3	结果分析	103
5.4.4	结论	104
5.5	本章小结	105
第6章	能源综合利用一体共生耦合设计	106
6.1	用地系统界面的耦合	106
6.1.1	形态应变	106
6.1.2	用地应变	108
6.1.3	庭院共生	110
6.2	围护系统界面的共生耦合	116
6.2.1	墙体共生	117
6.2.2	构造应变	118
6.3	机械系统界面的应变耦合	119
6.4	结构系统界面的耦合	121
6.4.1	安装一体共生	121
6.4.2	性能应变耦合	122
6.5	综合能源利用技术系统耦合设计实证	123
6.5.1	现状分析	123
6.5.2	方案设计	126
6.5.3	耦合策略	129
6.5.4	经济分析	131
6.6	本章小结	133
	结论	134
附录 A	东北地区农村住宅实态调查表	136
附录 B	辽宁北部地区典型温室设计	139
	参考文献	143

第1章 绪论

1.1 研究背景及意义

我国农村人口基数大,农村住宅总量可观,目前农村建筑面积约为240亿 m^2 ,占全部民用建筑的60%^[1],并继续快速增加,其建设、使用过程的能源消耗同样巨大,在全球能源资源状况日益紧张的今天,这一问题将会更加突出,关注农村住宅的建设有着非常巨大的现实意义。我国从20世纪80年代以来,不断开展农村建筑节能技术与推广工作,但是以可持续发展观为统领,从可再生能源利用技术的角度研究农村住宅设计与技术如何协调的并不多见。本书是基于“十一五”国家科技支撑计划项目“村镇小康住宅关键技术研究示范”的子题“村镇住宅节能关键技术与产品开发(2006BAJ04A05’)”展开研究。笔者于2005年1月~2月,2006年1月~2月,2007年1月~2月分别对辽宁、吉林、黑龙江地区展开实态调查(见附录A);2005年9月赴韩国参加学术交流并对韩国农村建筑展开调查;2008年10月赴荷兰参加温室行业交流会,并对荷兰建筑进行调查。2007年3月辽宁遭遇百年一遇的强降雪天气,致使全省的很多温室遭受了严重的损失。辽宁省政府组织完成辽宁典型温室系列设计,指导农村建设,笔者作为核心成员全过程参加辽南、辽西、辽北、辽东地区的典型温室设计,设计图(详见附录B)发放到辽宁省各乡镇,总计8400张,对建设社会主义新农村起了重要作用。

1.1.1 研究背景

1) 社会主义新农村建设

农村人居环境是我们人类居住环境的重要组成部分,是人类文明始祖最初定居从事以农业生产活动为主的生活形态,是与大自然长期共生、相互依存的生活。“忽逢桃花林,夹岸数百步,中无杂树,芳草鲜美,落英缤纷;渔人甚异之。复前行,欲穷其林。林尽水源,便得一山。山有小口,仿佛若有光;便舍船从口入。初极狭,才通人;复行数十步,豁然开朗。土地平旷,屋舍俨然,有良田、美池、桑竹之属;阡陌交通,鸡犬相闻。”这是陶渊明在《桃花源诗并记》当中虚构的一个田园诗般的村庄,环境优美,怡然自乐。但是随着工业化进程和人类活动的加剧,这种田园诗般的农村古朴生活被不平衡的生产活动打破了,加之在特定的历史条件下对农村长期索取过多,带来农村人居环境的巨大负担,以及较长时期内对农村的投入不足,使农村的人居环境成了“脏、乱、差”的代名词,一些农民的住房依然存在着难以觉察的安全隐患,城镇化过程中的农村与城镇的发展差距越拉越大,严重影响农村稳定和城乡的协调发展,加快对农村的建设迫在眉睫。2003年10月,党的十六届三中全会明确提出“坚持以人为本,树立全面、协调、可持续的发展观,

促进经济社会和人的全面发展”，并提出了“五个统筹”的要求，即统筹区域发展，统筹城乡发展，统筹经济社会发展，统筹人与自然和谐发展，统筹国内发展与对外开放。2004年12月中央经济工作会议在北京举行，又提出了“坚持以人为本，努力构建社会主义和谐社会”的要求。另外，党中央、国务院高度重视“三农”问题，制定了一系列政策措施来促进农村发展。2005年5月，胡锦涛总书记提出了“建设社会主义新农村”；2005年6月，温家宝总理提出了“建设新农村，改变一些地方村容村貌差的状况”；2005年10月党的十六届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》，又提出了建设社会主义新农村的重大历史任务。具体而言，“新农村”包括五个方面，即新房舍、新设施、新环境、新农民、新风尚，这五者缺一不可，共同构成社会主义“新农村”的范畴。随着新农村建设的推进，农民迫切要求改善生活环境和村容村貌，所以要做好农村人居环境建设，因地制宜，保护和发扬有地方特色和民族特色的优秀传统文化，建设生态环境良好、生活环境优美的“新农村”。

因此在国家加速社会主义新农村建设的大背景下，深入研究农村住宅的设计理论，探索适宜农村经济技术发展水平的住宅设计、技术策略来指导村镇建设，落实以人为本的科学发展观，使东北地区农村住宅走向舒适、健康、节能、环保的可持续发展之路，意义重大。

2) 能源紧缺与可再生能源利用

能源是人类赖以生存的五大要素之一，是国民经济和社会发展的重要战略物资。经济、能源与环境的协调发展，是实现中国农村现代化目标的重要前提。长期以来，人类使用的能源一直是以石油、天然气和燃煤等矿物质燃料为主，化石燃料对环境造成严重危害，从有关部门的统计来看，中国烟尘排放量的70%，二氧化硫排放量的90%，氮氧化物排放量的67%，二氧化碳排放量的70%都来自于燃煤^[2]。能源（尤其是煤炭）的使用过程排放出大量的污染物，导致大气污染和酸雨污染，造成了城市空气质量的严重恶化，使城市环境的发展陷入了困境。1973年以来，西方世界出现了能源危机，石油供应不足，油价猛涨，特别是那些靠进口石油作为主要能源的国家，经济发展受到很大的影响。在这种情况下，必须重视可再生能源的利用和发展，于是，美国、德国、日本、法国等许多国家，都根据本国的情况，纷纷制定了能源政策。积极开发和利用新能源，以期在节能降耗的同时，逐步建立新的能源消耗体系。比如日本非常重视新能源、可再生能源的开发利用和技术研发，将其作为一个战略目标与发展重点。据日本经济产业省出台的最新数据，到2030年，风力、水力、生物、地热和太阳能发电将占日本用电量的20%；对石油的依赖程度将大大降低；风力、太阳能和生物发电的市场规模，将从2003年的4500亿日元增长到3万亿日元；燃料电池市场规模到2010年将达到1万亿日元，到2020年达到8万亿日元，成为日本的支柱产业。风力发电在日本发展迅速，2002年度日本风力发电能力达46万kW，2003年度73万kW，2004年度达到100万kW，位居世界第三。日本太阳能电池的生产和市场规模均占世界的1/2，到2002年末，日本国内太阳能发电功率为64万kW。从1999年以来，每年太阳能发电的增长率为46%，到2010年，太阳能发电能力将达到482万kW^[3]。

从中国能源发展的趋势和环境保护的要求来看，实现能源与环境的协调发展，必须长期实施节能优先战略，推进能源结构“绿色化”进程，推行农村能源的可持续发

展。解决中国农村能源环境污染的根本途径是大力发展适合农村的现代可再生能源，减少污染环境、危害健康和破坏生态的柴薪和秸秆能源使用，迫切需要解决支持农村可再生能源发展的政策问题，尤其是需要尽快降低农民低收入群体“享受”可再生能源的费用。

目前，中国政府有关部门在农村能源发展领域实施了一系列计划或行动项目，对促进农村可再生能源发展起到了很好的作用。这些计划包括：乘风计划、光明工程、农村能源综合建设、秸秆气化示范工程、全国百县小水电计划、生态家园富民计划等。这些计划或工程出自不同的政府管理部门，尽管计划的目标各自有所侧重，但在农村能源建设方面的目标是相同的。建议在综合这些农村能源计划的基础上，制定和实施《国家农村绿色能源计划》。在《国家农村绿色能源计划》中，重点放在提高农村能源使用能效方面，提倡节水灌溉技术，鼓励使用高效、低毒、低残留农药，组织农民进行合理施用技术的培训。以生态富民计划为基础和突破口，积极发展生态农业，如综合利用沼气等。在中国的农村可再生能源发展过程中，如果目前农民低收入群体“享受”清洁、昂贵和现代的可再生能源的问题不能有效地得到解决，那么农村的可再生能源发展就会走入“死胡同”，而且也会影响农民实现小康社会的进程。为此，国家应制定相应的鼓励政策，支持农村加快发展可再生能源，让农民真正建得起并且用得起这些昂贵、清洁、现代的可再生能源^[2]。

因此，在能源紧张且国家加速推进可再生能源利用的背景下，合理开发利用农村可再生能源技术，能够有效缓解农村能源短缺，增加农民收入，提高生活质量，优化农村环境，促进农村经济社会可持续发展。

3) 东北农村能源和环境问题

(1) 能源利用存在问题

建筑物在使用能源的过程中排放出大量的有害气体，环境污染严重，能源利用效率低等问题将长期存在。我国东北地区地处严寒地区，在能源利用方面主要存在以下问题：

第一，可再生能源的使用率较低。在生物质能、太阳能、风能和地源热泵等可再生能源的使用上，只有太阳能的使用率高一些，占46%，大量的生物质材料用来炊事，造成大量能源的浪费。农民的卫生条件较差，洗澡难成为困扰农民的一个很大问题。调查中发现虽然有很多家庭已经安置了太阳能热水器，但仍有50%以上的家庭没有解决洗浴这个问题。

第二，缺乏节能理念和措施。调查中发现，绝大多数农村住宅的墙体、屋顶、窗户、地面等围护结构没有采取节能措施，剖析其原因主要有以下几个方面：①标准执行不力。截至目前，住房城乡建设部已发布的专门用于建筑节能的标准有《民用建筑节能设计标准》、《寒冷地区居住建筑节能设计标准》、《采暖居住建筑节能检验标准》等。东北地区标准执行起来并没有强制约束力，而《节约能源法》等法规中的相关规定对执法主体、违法行为及对违法处罚等方面均没有详细规定，缺乏针对性和可操作性。目前，只有建设主管部门的科技处室在推动建筑节能这项工作，并没有被纳入各级建设主管部门的重点工作。新的法规极有必要明确建筑节能条例的执法主体，并明确它的权力和责任，使法规落到实处。②公众认识不够。公众对节能重要性缺乏足够的认识，节能优先的方针没有落到

实处。在发展思路上存在重开发、轻节约，重速度、轻效益的倾向，把节能仅仅作为缓解能源供需矛盾的权宜之计，供应紧张时重视节能，供应缓和时放松节能，片面认为节能可以依靠市场机制来实现，对节能在转变经济增长方式、实施可持续发展战略中的重要地位以及政府在节能管理中的重要作用缺乏足够的认识，在宏观政策的各个方面节能优先的方针还没有充分体现，一些地方和行业节能管理有所削弱，节能还没有成为绝大多数企业和全体公民的自觉行动。公众对建筑节能的重要性、紧迫性认识不足，社会的建筑节能意识普遍不高。主要表现在设计、施工、监理单位出于各自的利益，缺乏执行建筑节能标准的自觉性；消费者只注重建筑物外观、房屋平面布局等基本使用功能，不重视建筑物居住的科学性、健康性和环保性；房地产开发商追求经济利益最大化，不愿意增加实施建筑节能相关投入等等^[4]。

第三，法规条例滞后。①建筑节能法规滞后。尽管国家已出台了《节约能源法》，但未制定《建筑节能法》；地方人大和政府也尚未制定建筑节能管理条例，建筑节能工作在设计、施工、管理和监督等环节上，缺乏强有力的行政手段和制约措施；作为技术法规的各气候区的建筑节能标准虽然已经出台，但一系列配套性技术标准尚未完善，使得“节能标准”的有关条文难以得到贯彻实施。1998年颁布实施了《节约能源法》，但有法不依，执法不严的现象严重，配套法规不完善，虽然陆续制定和颁布了各气候区建筑节能50%的设计标准，但全国城市每年新增建筑中达到节能建筑设计标准的不到5%。②缺乏有效的节能激励政策。国内外实践表明，节能在很多方面属于市场失灵的领域，需要政府宏观调控和引导。目前在财税政策上对节能改造、节能设备研制和应用以及节能奖励等方面支持的力度不够，没有建立有效的节能激励机制^[4]。

第四，缺乏成熟的建筑节能产品市场和成套节能技术。目前我国建筑节能产品产业规模小、生产与应用技术水平低，可供设计选择使用的节能产品如建筑遮阳、建筑照明的种类还非常有限，建筑节能缺乏强有力的物质支撑。并且节能产品普遍比传统产品价格高，使用单位较难接受。节能技术开发和推广应用不够。节能必须依靠技术进步，改革开放以来，我国开发、示范引进和推广了一大批节能新技术、新工艺和新设备，节能技术水平有了很大提高。但从总体上看，投入不足，创新能力弱，先进适用的节能技术，特别是一些有重大带动作用的共性和关键技术开发不够。同时由于缺乏鼓励节能技术推广的政策和机制，多数企业融资困难，不能很好地开展节能技术推广工作。

第五，管理机构不完善。建筑节能管理体系尚未完善，综合推进机制没有形成。由于历史上遗留下来的体制问题，造成部门职能交叉，政出多门等现象，各部门为维护各自利益，在建筑节能工作上不能很好协调合作，给落实建筑节能一体化工作造成很大不便，甚至是阻碍。尚未建立适应市场经济体制要求的节能新机制。在计划经济体制下形成的节能管理体系已不适应新形势的要求。国外普遍采用的综合资源规划、电力需求侧管理、合同能源管理、能效标识管理、自愿协议等节能新机制，在我国还没有广泛推行，有的还处于试点和探索阶段。

(2) 生态环境存在问题

在农村住宅迅速发展的同时，农村的生态环境建设也存在许多亟待解决的问题，要实现农村建筑的可持续发展任重而道远。东北地区农村建筑面临的生态环境问题，主要表现为：①农业自然资源短缺，农业剩余劳动力多。虽然乡镇企业对农村经济发展有着举足轻

重的影响作用,但乡镇企业发展对环境的冲击也越来越大。尽管乡镇企业排放的污染物占全国污染物总量的份额还不是很大,而且地域广袤的农村对污染具有较强的降解能力,但它惊人的增长势头确实使人感到担忧。②对农田保护不力,滥采乱挖、滥占耕地现象十分严重,在城市郊区土地弃耕现象比较普遍。③建筑在施工过程中对环境的破坏比较严重,由于砂石料开采造成的农田、树林、河道、草场的破坏随处可见。④技术落后和粗放经营,资源能源浪费严重。传统住宅结构一般比较落后,有的地区,砖混结构房屋仅占38.94%,仍有土坯房、草房在使用中。由于结构体系的落后,限制了住宅空间的组织、体形变化、耐久年限以及防灾能力。⑤减灾防灾设施缺乏,留下自然灾害的生态隐患。⑥地下水资源破坏严重,地区升温,降水减少,地下水超采严重,水资源短缺且时空分布不平衡;随着人类活动的加剧,用水量加大,湿地萎缩,森林面积减小,土地荒漠化严重。振兴东北不仅要发展经济,也要保障生态环境的可持续发展。我国住宅建设总投资占国民生产总值的7%~8%左右,目前,我国农村住宅建设仍处于增量型阶段,每年增长7亿~9亿 m^2 ^[5]。如果新建农村住宅能够结合当地的具体情况(包括地理、气候等自然资源及民俗、民风等人文条件)进行有计划、科学性的生态化设计,不仅能够节约资源,减少污染,同时还将极大地改善农民的居住条件,推进农村建筑的可持续发展。

1.1.2 研究意义

1) 建筑设计理论方面的意义

尽管我国已经展开了对农村住宅设计理论及实践的研究,但研究的重点主要集中在建筑的节能上(屋顶的保温,采用复合墙体、节能窗等),缺乏对农村住宅的系统研究,特别是在东北地区。基于可再生能源利用,提出有针对性的设计理论对农村住宅的可持续发展具有一定理论指导意义。在设计实践中,基于可再生能源利用的农村住宅耦合设计模式有一定的借鉴作用。

2) 建筑设计实践方面的意义

可再生能源技术的应用对寒冷地区特别是东北地区农村建筑具有重要的现实意义和一定的推广价值。针对农村洗澡难和冬季室内较冷,结合东北火炕传统,利用可再生能源,研究适宜的供暖技术,构建综合能源利用模式,对改善生态环境,提高人民生活水平,具有一定的现实意义。

3) 东北地区建筑节能、环保方面的意义

农村住宅的可持续发展是整个中国农村可持续发展的重要方面,如何在一个人口稠密,对粮食、住房、卫生、能源等需求日益增长的世界里改善人民的生活,合理利用自然资源,特别是生物质能和可再生能源,是中国农村建筑必须考虑的问题。中国东北地区农民住宅的能耗较大,随着农村生活水平和住房标准的提高,能耗进一步加大,能源紧张状况将会加剧,建筑的节能与开发以及利用可再生能源是缓解能源紧张,保护农村生态环境最直接、最有效的办法。

1.2 文献综述

为了更好地了解基于可再生能源技术的农村住宅设计的研究现状,本书从可再生能源

技术与农村住宅设计两个方面进行梳理。

1.2.1 国外研究现状

1) 可再生能源利用技术

可再生能源技术的发展日新月异,研究范围也逐步由气候、能源领域拓展至农业、建筑、文化教育、经济等行业。从国际发展来看,可再生能源技术有不断细化和日趋实用的趋势。近年来,受石油价格上涨和全球气候变化的影响,许多国家提出了明确的发展目标,制定了支持可再生能源发展的法规和政策,使可再生能源技术水平不断提高,产业规模逐渐扩大,成为促进能源多样化和实现可持续发展的重要能源。1997年,欧盟提出可再生能源在一次能源消费中的比例将从1996年的6%提高到2010年的12%,可再生能源发电量占总发电量的比例从1997年的14%提高到2010年的22%。2007年初,欧盟又提出了新的发展目标,要求到2020年,可再生能源消费占到全部能源消费的20%,可再生能源发电量占到全部发电量的30%^[6]。美国、日本、澳大利亚、印度、巴西等国也制定了明确的可再生能源发展目标,引导可再生能源的发展。为了加快可再生能源的发展,许多国家为可再生能源发展提供了强有力的资金支持,对技术研发、项目建设、产品销售和最终用户提供补贴。美国2005年的能源法令明确规定了支持可再生能源技术研发及其产业化发展的年度财政预算资金。德国对用户安装太阳能热水器提供40%的补贴。许多国家还采取了产品补贴和用户补助方式扩大可再生能源市场,引导社会资金投向可再生能源,有力地推动了可再生能源的规模化发展^[6]。

(1) 太阳能建筑技术

太阳能是一种地域性很强的低品位能源,太阳能系统的集热量取决于当地的气象和气候条件、经纬度、海拔高度等因素。目前太阳能建筑技术主要包括太阳能热水器、太阳能采暖、太阳能空调、太阳房等。太阳能热利用技术成熟,经济性好,可大规模应用,2005年全世界太阳能热水器的总集热面积已达到约1.4亿 m^2 ,而我国达到8000万 m^2 ^[6]。

在欧洲大部分地区,太阳能是公认的一种极好的可再生能源。奥地利某些地方对太阳能装置提供直接的财政资助和鼓励;比利时注重对公共建筑改造的资助;芬兰的太阳能技术公司可以向政府申请太阳能装置总成本35%的补助,而家庭可申请20%的补助。丹麦政府对安装太阳能热水器的补助按照在标准状况下节能的多少来计算。1987年以来,丹麦每年安装的太阳能加热装置一直在增加。在20世纪80年代后期,每年安装的太阳能加热装置只有2300套,1996年增加到4000套,约40000 m^2 集热器。德国和其他国家采取减税和折旧补贴等政策。到2010年,欧盟在利用太阳能方面投资100亿欧元^[7]。

日本是世界上太阳能开发利用第一大国,也是太阳能应用技术强国。日本太阳能的利用,从1979年第二次石油危机后开始,1990年进入普及及高峰。太阳能技术日益创新,能量转换率不断提高,成本也是新能源中最低的。日本将太阳能的利用分为太阳光能和热能两种。太阳光能发电,是利用半导体硅等将光转化为电能。从2000年起,日本太阳能发电量一直居世界首位,2003年太阳能发电装机容量占世界太阳能发电装机容量的49.1%,并计划到2010年增加6倍。日本政府在太阳能开发与应用方面,也不断增加财政支持,2003年太阳能技术的政府投资就高达135.52亿日元。日本太阳能电池技术不断提高,其光能转换率已将近20%。从过去20年来看,其成本随着电力累计产量的成倍提高而降低

到原来的82%^[8]。

2003年,韩国颁布了《新生、再生能源开发、利用与普及促进法》,并制定了相应的配套扶持政策;同年又公布并实施了《新生、再生能源技术开发及利用普及计划》,提出了2004~2012年“普及10万户太阳能住宅”的目标,在试点取得经验后,逐步完善和加快推广^[9]。韩国在太阳能电池技术领域的研发水平较高,正积极将塑料太阳能电池和碳纳米管感应型薄膜太阳能电池等一些科研成果投入商业应用。韩国目前正在建的新能源项目中,太阳能发电站是发展重点之一,其中全罗南道新安郡兴建的太阳能发电站,建成后可望为6000户家庭供电,每年减少的CO₂排放量相当于2.3万辆汽车的CO₂排放量^[10]。据公布,到2007年底,建成并投入使用的太阳能住宅已达约14500户,总装机容量近2万kW,按太阳能发电设备利用率15.5%计算,每年向居民家庭供应的电力达2676kW^[9]。

各国学者也对这一技术展开理论研究。美国麻省理工学院出版了系列丛书《太阳能热利用技术》(Solar heat technologies)从太阳能的基础理论到各太阳能专项技术的研究内容非常全面,涉及数值模拟研究^[11]及对建成建筑物的实测研究^[12]。其中查尔斯·贝蒂(Charles A. Beattie)在《太阳能热利用技术原理及应用》(Solar heat technologies: fundamentals and applications)一书中对太阳能热利用技术的发展历史、资源、经济性以及技术实施等方面进行详细的分析^[13-15]。

1881年,美国马萨诸塞州的爱德华·莫尔斯(Edward S. Morse)发现,当关闭受阳光照射的窗户后面的暗色窗帘时,它变得非常热,并且在窗帘和玻璃之间产生了热气流,于是莫尔斯建造了一个实验装置并获得了成功^[16]。到了20世纪40年代以后,美国、苏联先后有了这方面的报道。从50年代开始,有了一些有影响的研究:1952年,美国的乔治·洛夫(George Lov)教授在科罗拉多州的丹佛修建了第一座主动式太阳能建筑,并进行了实验研究。1953年法国的费利克斯·特隆布(Felix Trombe)和雅克·米歇尔在比利牛斯山的奥代罗修建了第一座集热蓄热墙式被动太阳房(后来就把这种集热蓄热墙称为特隆布墙 Trombe wall)^[17]。1967年,特隆布和建筑师雅克·米歇尔(Jacques Michel)利用这种原理建造了几栋太阳能住宅,并使这种采暖方式的效率得到了提高^[16]。1973年能源危机以后,太阳能采暖空调的方式逐渐增多。1974年召开了首次国际被动式太阳能大会,会议大力倡导对太阳能供热,包括太阳能集热器技术和太阳能温室的开发利用,减少对不可再生能源的依赖。20世纪80年代出现了许多覆土建筑,多数是住宅以及图书馆、博物馆等公共建筑。此外国外对数值模拟及相关软件的开发也进行了深入的研究,如被动式太阳能建筑的热分析与设计(Thermal analysis & design of passive solar buildings/2002)等^[18-20],针对建筑节能,国外开发了很多能耗模拟软件,如HOT2XP、SPARK、ENER-WIN、ENERGY-10等^[21-23],此外还有用于前期方案辅助设计的软件如EcoTect、Energy Plus、TRNSIS^[24,25]及室内环境的模拟软件CFD等^[26,27]。

(2) 生物质能技术

生物质能是太阳能以化学能形式储存在生物中的一种能量形式,它直接或间接来源于植物的光合作用,是以生物质为载体的能量。生物质包括很广范围的源自植物和动物的可获取能源的物质,诸如薪柴、农林作物、农作物残渣、动物粪便和生活垃圾等,它们有提供能源的很大潜力。据报道,生物质能蕴藏量极大,仅地球上植物每

年的生物质能生产量，就相当于目前人类消耗的矿物能的 20 倍。生物质能既是可再生能源，又是无污染或低污染的清洁能源^[28]。因此，开发生物质能已成为解决全球能源问题和改善生态环境不可或缺的重要力量，生物质能的开发利用已经成为世界各国研究的重要内容。

到 2005 年底，全世界生物质发电总装机容量约为 5000 万 kW，主要集中在北欧和美国；生物燃料乙醇年产量约 3000 万 t，主要集中在巴西、美国^[6]。目前，国外的生物质能技术和装置多已达到商业化应用的程度，实现了规模化产业经营。例如在美国、瑞典和奥地利，生物质能转化为高品位能源加以利用已具有相当的规模，分别占到该国一次能源消费量的 4%、16% 和 10%。在美国，生物质能发电的总装机容量已超过 10000MW，单机容量达 10~25MW；美国纽约的斯塔滕（Statten）垃圾处理站，投资 2000 万美元，采用湿法处理垃圾，回收沼气，用于发电，并同时生产肥料。巴西是乙醇燃料开发利用最有特色的国家，实施了世界上规模最大的甘蔗制乙醇计划，全国有 485 个生产厂，1996~1997 年度生产乙醇 137 亿 L，有 400 多万辆汽车采用乙醇燃料。美国采用玉米、马铃薯等生产乙醇，有 39 个生产工厂，年产乙醇 40 亿 L^[6,29]。

北欧生物质能利用技术是 20 世纪 70 年代以来，为了应对石油危机逐步发展起来的。在北欧各国支持可再生能源发展的政策推动下，生物质能利用技术发展很快，生物质能在能源中比例迅速提高，特别是生物质颗粒成型技术和直燃发电技术应用已非常广泛。瑞典 2002 年的能源消费量为 7300 万 t 标准煤，其中可再生能源为 2100 万 t 标准煤，约占能源消费量的 28%，而在可再生能源消费中，生物质能占了 55%，主要作为区域供热燃料。丹麦在生物质直燃发电方面成绩显著。丹麦的 BWE 公司率先研究开发了秸秆生物燃烧发电技术，迄今在这一领域仍是世界最高水平的保持者。在 BWE 公司技术的支持下，1988 年丹麦建设了第一座秸秆生物质发电厂，从此生物质燃烧发电技术在丹麦得到了广泛应用。目前，丹麦已建立 130 家秸秆发电厂，使生物质成为了丹麦重要的能源。2002 年，丹麦能源消费量约 2800 万 t 标煤，其中可再生能源为 350 万 t 标准煤，占能源消费的 12%，在可再生能源中生物质所占比例为 81%^[30]。

在德国，生物质被用来和煤混用用于发电、产气等^[31]。英国提出了要在 10 年之内国家电力需求的 10% 来自生物质的目标^[32]。欧盟在 1998 年白皮书上提出，到 2010 年生物质能利用占能源消耗总量的 12% 的目标，比 1998 年 5.6% 的 2 倍还多。法国提出了要在 2 年之内将生物质燃料的产量提高 3 倍的目标，使能源作物种植面积达到 100 万 hm²，并最终成为欧洲生物质燃料生产的第一大国^[33]。此外印度的绿色能源工程、美国的能源农场和巴西的酒精能源计划等都是针对生物质能的研发计划。

日本把生物质能作为新能源的概念是在 2001 年 6 月日本综合资源能源调查会新能源部的报告的基础上于 2002 年 1 月正式被确立，并于 2002 年 3 月在“地球温暖化对策推进大纲”中作为新能源的导入目标之一，在 2002 年 5 月又将推进利用生物质能正式写入《促进电器事业者利用新能源等的特别措施法》，使开发生物质能具备了法律依据。日本 2003 年 4 月投资 2.2 亿日元在岩手县建成了第一座牛粪发电厂，为 300 多家奶牛农户提供电力。2006 年 3 月，日本对“生物质能源综合战略”进行了修改，主要是要加速运输部门的生物质燃料利用，并通过政策调整强化各个领域的具体落实。目前，经过完善的“日本生物质能源综合战略”进一步明确了下一步的具体目标和主要宗

旨,即全部废弃物的生物质利用在2010年要达到80%,未利用生物质的利用率达到25%。日本的目标是在2010年开发的生物质能换算成原油相当于10.1亿L,生物质能发电达到33万kW^[34]。

韩国也非常重视生物质能的开发利用。韩国地域暖房公司对位于首尔的兰芝岛(Nan-jido)垃圾填埋场的填埋气(Landfill gas)进行开发利用,该垃圾填埋场有9200万m³,产生的填埋气含有51%的CH₄,46%的CO₂,热值大约为4000~5000kcal/m³,可使用20年。填埋气收集、发电厂由政府投资建设,产生的热能由韩国地域暖房公司采购进行区域集中供暖,主要用于住宅小区、首尔世界杯体育场、公园等的联片供热,减少温室气体的排放,保护环境,同时又开发了可再生能源^[3,35]。

专家预言,到2015年,全球总能耗将有40%来自生物质能源^[36],至2050年,生物质能源将提供世界60%的电力和40%的液体燃料(植物石油、酒精),使全球CO₂的排放量大幅度减少,生物质能有可能成为未来可持续发展能源系统中的主要能源^[37]。

2) 具有可持续发展思想的建筑研究

1980年3月,联合国大会向世界各国发出呼吁:“必须研究自然的、社会的、生态的、经济的以及利用自然资源过程中的基本关系,确保全球的可持续发展。”1987年,挪威首相布伦特兰夫人在她任主席的联合国世界环境与发展委员会的报告《我们共同的未来》中对“可持续发展”作出了正式的阐释:“可持续发展是既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。”其主旨是加强协调人口、环境、资源和发展之间的关系,既考虑当前,也考虑长远,特别强调了合理利用和配置资源的人类责任,这一定义得到了较广泛的接受^[38]。

对于如何正确地理解“持续发展”的全部意义,学者们从不同侧面作出了科学的阐释。美国景观生态学家福尔曼提出了“持续环境”的概念。他认为持续环境是指在一种地区中“生态完整性和人类的基本需求在多个世代同时被保存”,1988年8月,美国生态学家提出“持续生物圈”概念,1991年6月,国际生态学会建议设立国际持续生物圈协作计划。上述两个概念都强调全球生态系统的整体性,认为如果没有持续的地球,人类就没有可供居住的家园,也就没有人类的持续性。可见,可持续发展的概念既包含“人类需要的满足”和“改善人类生活质量”,又要求获得“持续环境”,它的基本要求是实现三个紧密相关的持续性,即生态可持续性、经济可持续性和社会可持续性。1992年6月,世界环境与发展大会通过《里约宣言》和《21世纪议程》等文件,第一次在全球范围内将可持续发展从概念到理论推向广大公众。它要求把可持续发展作为人类一切活动的指导思想,从各个角度采取行动,建设人类可持续发展的现代社会。1993年由美国国家公园出版社出版的《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则”,同生态设计相关的内容有: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树立建筑材料蕴能量和循环使用的意识,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,采纳了这些设计原则^[39-41]。

2004年,美国的建筑师威廉·麦克多诺(William McDonough)和化学家迈克尔·布劳恩加特(Michael Braungart)共同提出了“从摇篮到摇篮”的规划设计理念,认为对人居环境的规划设计可以通过学习并结合大自然的模式从而达到与自然相媲美的效率。将“从摇篮到摇篮”的理念和原则运用到人类的各种活动中,就形成了人类活动过程中各种物质的周期性流动,任何物质都处于循环之中,每一个过程中排放出来的废物都将成为其他过程中所需要的物质,并使各个过程取得平衡。就像地球上的食物链一样消除了废弃物。从而彻底改变传统模式条件下人类活动中各种物质变化的“从摇篮到坟墓”的过程,即利用各种物质以保持人类的各项活动的正常维持,并在维持的过程中产生各种废弃物^[42]。“从摇篮到摇篮”理念的提出,对我国农村人居环境的可持续发展建设具有很大的启示和指导作用。

韩国、日本在20世纪70年代开始大规模地进行村镇建设,主要是从教育入手,发动农民自主致富,建设家乡,政府有相应的补贴和鼓励。其中韩国历经20多年的“新农村运动”已经取得了令人瞩目的成果,国民整体素质大幅提高,实现了经济起飞,城乡发展的差距大为缩小。2004年,韩国的人均GDP达到了14000美元,城乡居民收入比率是1:0.94。以支持农村基础设施建设为核心内容的韩国“新农村运动”,也就成了为其国内带来城乡和谐发展的主要原因之一^[35]。日本在民用及办公用建筑物方面规定对大型建筑物等必须采用大型工厂的能源管理标准,并且不断开发低成本的高端隔热技术,尤其注重应用在建筑物开口部位,如门、窗等,以及建筑物重新装修时^[34]。1974年日本制定了“阳光计划”,该计划由政府出面,结合民间力量,来开展新能源的研究开发工作。前期的研究重点为应用于个别及集合式住宅的太阳能采暖房和热水供应系统,通过示范系统的建立,达到实用推广阶段。1980年以后,此计划的重点转到太阳能工业用热的应用以及长时间热储存的研究上。1980年10月,通产省工商部制定“促进普及太阳能系统融资制度”,以低利贷款、补助及税率优惠等方式推广太阳能应用,由“太阳能系统振兴协会”各地有关银行共同办理。1995年制定“绿色政府行动计划”,要求新建建筑物要有效地利用太阳能。目前,日本正积极推进能源和环保领域研究与发展的“新阳光计划”,并把发展太阳能光伏发电作为国策^[43]。2003年,日本建筑师清家刚、秋元孝之在《可持续性住宅建设》中针对住宅建设过程中要消耗大量的资源和能源,同时还会产生大量的废弃物,提出了开发利用清洁的可再生能源,最大限度地实现资源的回收利用,构筑资源循环型住宅,实现建筑的可持续发展^[44]。

法国的太阳能设计师们正在用“绿色设计”原则代替“太阳能”设计原则,其目的就是要统筹考虑能源性能,安全材料的应用,日光照明,居住者的舒适和健康等因素。位于安格斯的法国环境保护和能源管理署办公大楼的设计中采用了这种新方法^[7]。

1.2.2 国内研究现状

1) 可再生能源技术

经过多年发展,我国可再生能源开发取得了很大的成绩,结合农村能源和生态建设,户用沼气得到了大规模推广应用。近年来,风电、光伏发电、太阳能热利用和生物质能高