

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 25220071151323

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

南靖土楼热舒适与节能技术研究  
—以南靖怀远楼及旅游服务中心为例

Nanjing Earth Building Thermal Comfort and Energy  
Saving Technology Research --- Example of HuaiyuanLou  
and Tourist Service Center in Nanjing

龚强

指导教师姓名: 王波 副教授

专 业 名 称: 建筑技术科学

论文提交日期: 2010年5月

论文答辩时间: 2010年6月

学位授予日期: 2010年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2010年5月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

声明人(签名):

200 年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。
2. 不保密，适用上述授权。

声明人（签名）：

200 年 月 日

## 摘要

作为中国37处世界遗产之一，“福建土楼”具有杰出的历史价值。而其适宜的人居生态环境，一直以来也为国内外学者所称道。南靖土楼营造出了符合人体热舒适要求的建筑空间。兴建土楼的工匠们通过了大量又朴素的建筑实践，探索出了许多被动式建筑节能的技术。可是，人们对于土楼的节能技术的研究，长期以来一直停留在定性的阶段。

本文以南靖土楼为研究对象，通过实地测试，对比分析、定量分析等途径，对南靖土楼的热环境、能耗情况等方面问题作了一定深度的探讨。

论文研究方法有调研法、问卷法、归纳法、测试法、模拟法等。通过调研获得南靖土楼的相关资料；通过土楼居民及游人热舒适感受的问卷调查，结合科学的模糊评价方法，来对土楼的热舒适性作出评价；通过归纳总结，得出传统土楼建筑的生态适应性；通过测试土楼建筑主要室外活动点（门厅，中庭及走廊等处）的干球（黑球）温度，空气湿度，环境辐射温度和空气流速（即风速）等，分析测试结果，得出其热舒适性特征；用ECOTECT软件模拟土楼建筑的日照，辐射，遮挡以及热工情况；用PKPM软件分析新建筑全年能耗是否达到了节能的标准。

本文对南靖怀远楼进行热舒适度测试，并以问卷调查的形式进行模糊评价。然后建立电脑模型，并用专业的能耗分析软件ECOTECT对该建筑模型进行计算分析，以得到定量的节能数据。通过专业测试研究分析，从而得出南靖土楼节能程度的相关结论。

在测试及分析数据的支持下，对南靖土楼传统的节能技术进行总结，并将所得结论尝试应用于笔者主持完成的实施项目“福建南靖土楼游客中心”的建筑设计。并对新建筑的能耗情况用软件ECOTECT与PKPM进行分析。理论联系实际，检验结论的可靠性。在被动式节能技术的基础上，结合新的主动式节能技术，使用新的节能材料及新的构造做法等，寻求节能技术与建筑设计的完美结合。

**关键词：**热舒适测试；模糊评价；能耗模拟；节能技术

## Abstract

As one of China's 37 world heritages, "Fujian Earth Building" Nanjing section has an outstanding historical value. Its suitable ecological environment for people living has been praiseworthy by domestic and foreign scholars. Nanjing earth Buildings has created the thermal comfortable architecture space which can meet our body needs. The earth building artisans through the practice of simple construction, explored a number of passive building energy-efficient technology. However, people's research for earth building energy-saving technologies and methods, has long remained at the qualitative stage.

This paper use Nanjing Earth Building as the research object. Through field testing, comparative analysis, quantitative analysis approach, has done some depth exploration on the Nanjing Earthen thermal environment, energy and other issues.

This paper's methods included research method, questionnaire method, inductive method, test, simulation and so on. Obtained Nanjing Earth Building information through the research; Do the evaluate thermal comfort through use a scientific survey of fuzzy evaluation method by asking the residents and visitors in Earth Building about their feeling of thermal comfort; through the traditional territories summarized House buildings ecological adaptation; test Earth Building indoor and outdoor activities, and the main point of Earth Building (lobby, courtyard, and corridors, etc.) of the dry ball (black ball) temperature, air humidity, environmental radiation temperature and air flow rate (that is, wind speed), etc.

The results showed the thermal comfort features; with Ecotect software to simulate the Earth Building in the sunshine, radiation, shielding and thermal conditions; with Pkpm software analysis in the construction of the annual energy consumption whether the energy saving has meet standards.

This paper have used Nanjing Huaiyuanlou building to do the thermal comfort tests, and made the fuzzy evaluation in the form of questionnaires. Then establish computer models, and energy analysis software with a professional architectural model for the calculation of Ecotect analysis to obtain quantitative data collection. By using scientific methods to test research, and then get the scientific of Nanjing Earthen energy saving.

By the support of testing and analysis of data, this paper have made the summary of the traditional Earth Buildings in Nanjing's energy-saving technologies, and try to apply practical conclusions to the new project, "Nanjing, Fujian Earth Building Visitor Center" architectural design. Use Pkpm and Ecotect to analysis the energy consumption for new buildings and see energy saving results. Theory with practice, test the reliability of conclusions. In the basis of the passive energy-saving technology, is combined with the new adaptive energy-saving technology, the use of new energy-saving materials and new construction practices, to make the energy-saving technology and architectural design for the perfect combination.

**Key word:** Thermal comfort testin; Fuzzy Evaluation; Energy simulation;  
Energy-saving technology

## 目录

<b>第一章 绪论</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 研究背景与研究意义</b> .....	<b>1</b>
1.1.1 研究背景 .....	1
1.1.2 研究意义 .....	2
<b>1.2 研究目标与研究方法</b> .....	<b>2</b>
1.2.1 研究目标 .....	2
1.2.2 研究方法 .....	3
<b>1.3 研究现状</b> .....	<b>3</b>
1.3.1 关于南靖土楼的研究现状 .....	3
1.3.2 关于热舒适性与节能技术的研究现状 .....	4
<b>1.4 研究内容与论文结构</b> .....	<b>4</b>
1.4.1 研究内容 .....	4
1.4.2 论文结构及研究框架 .....	5
<b>第二章 南靖土楼概况及走访调研</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 南靖气候概述与分析</b> .....	<b>7</b>
2.1.1 南靖地理位置及气候特征概述 .....	7
2.1.2 使用 WEATHERTOOL 对基于 TMY-2 的气象资料进行分析 .....	7
<b>2.2 南靖土楼的基本情况</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3 南靖土楼建筑热舒适现状调研</b> .....	<b>13</b>
<b>本章小结</b> .....	<b>14</b>
<b>第三章 热舒适与节能技术</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1 影响人体热舒适度的基本参数</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2 PMV-PPD 指标</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 保证热环境舒适的前提下, 研究适宜的节能技术</b> .....	<b>16</b>
<b>本章小结</b> .....	<b>17</b>
<b>第四章 能耗模拟软件介绍</b> .....	<b>18</b>

4.1 ECOTECT 工具介绍.....	18
4.2 PKPM 工具介绍.....	18
<b>本章小结.....</b>	<b>19</b>
<b>第五章 南靖怀远楼建筑热舒适测试与模糊评价分析.....</b>	<b>20</b>
5.1 热舒适测试实验概述.....	20
5.2 热舒适指标测试.....	22
5.2.1 测试对象.....	22
5.2.2 测试结果.....	23
5.2.3 测试结果比较分析.....	30
5.2.4 测试结论.....	34
5.3 调查问卷分析.....	36
5.4 利用模糊数学方法进行综合评价分析.....	36
5.4.1 门厅测点的模糊评价.....	40
5.4.2 中庭测点的模糊评价.....	41
5.4.3 走廊测点的模糊评价.....	42
<b>本章小结.....</b>	<b>43</b>
<b>第六章 用 ECOTECT 软件对南靖怀远楼进行能耗分析.....</b>	<b>45</b>
6.1 模型建立.....	45
6.1.1 怀远楼的体形数据输入.....	45
6.1.2 建立 Ecotect 分析模型.....	45
6.2 日照分析.....	46
6.2.1 夏至日（6 月 22 日）日照分析.....	47
6.2.2 秋分日（9 月 22 日）日照分析.....	48
6.2.3 冬至日（12 月 22 日）日照分析.....	49
6.2.4 小结.....	50
6.3 辐射分布分析.....	50
6.3.1 怀远楼所处场地的全年累计太阳辐射情况模拟.....	50
6.3.2 怀远楼建筑外表面的全年累计太阳辐射情况模拟.....	51
6.4 热工分析.....	52
6.4.1 模型的简化方法及原理分析.....	52
6.4.2 热工分析.....	53



本章小结 .....	60
第七章 土楼建筑生态适应性及节能技术在新建筑中的应用 .....	62
7.1 土楼建筑生态适应性体现及可传承的节能技术 .....	62
7.2 新建筑中的优化节能技术 .....	63
7.2.1 “福建南靖土楼旅游服务中心”概况 .....	63
7.2.2 “福建南靖土楼旅游服务中心”的优化节能技术 .....	65
7.2.3 “福建南靖土楼旅游服务中心”节能程度 Pkpm 验证 .....	75
7.2.4 “福建南靖土楼旅游服务中心”可行的主动式节能技术 .....	78
本章小结 .....	80
结论与展望 .....	81
参考文献 .....	83
附录 .....	86
后记 .....	87

## CONTENTS

<b>Chapter 1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 The background and significance of the research .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 The background of the research.....	1
1.1.2 The significance of the research.....	2
<b>1.2 The objectives and methods of the research.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 The objectives of the research.....	2
1.2.2 The methods of the research.....	3
<b>1.3 The status quo of the research.....</b>	<b>3</b>
1.3.1 The status quo about Nanjing Earth Building.....	3
1.3.2 The status quo about the thermal comfort and energy saving technology research.....	4
<b>1.4 The content of the research and structure of the paper.....</b>	<b>4</b>
1.4.1 The content of the research.....	4
1.4.2 The structure of the paper.....	5
<b>Chapter 2 The general situation of Nanjing Earth Building and the visit for the survey.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 The general situation and the analysis of the Nanjing climate.....</b>	<b>7</b>
2.1.1 The overview of the geographical location and climatic characteristics in Nanjing.....	7
2.1.2 Use the Weathertool to analysis with the weather data based on TMY-2... 7	7
<b>2.2 The basic situation of the Earth Building in Nanjing.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 The present research condition of the thermal comfort in Nanjing Earth         Building.....</b>	<b>13</b>
<b>Summary.....</b>	<b>14</b>
<b>Chapter 3 Thermal comfort and Energy saving technology.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 The basic parameters which affect human thermal comfort.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 PMV-PPD.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Study the appropriate energy-saving technologies under the premise of     the guarantee of the comfortable environment.....</b>	<b>16</b>

<b>Summary .....</b>	<b>17</b>
<b>Chapter 4 The introduction of the energy simulation software.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 The introduction of the ECOTECH software.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 The introduction of the PKPM software.....</b>	<b>18</b>
<b>Summary .....</b>	<b>19</b>
<b>Chapter 5 The test performance of thermal comfort and the analysis of the fuzzy evaluation with the huaiyuanlou building in Nanjing..</b>	<b>20</b>
<b>5.1 The overview of the thermal comfort test.....</b>	<b>20</b>
<b>5.2 The index of the thermal comfort test.....</b>	<b>22</b>
5.2.1 Test object.....	22
5.2.2 Test result.....	23
5.2.3 Comparative analysis og the test results.....	30
5.2.4 Test conclusion.....	34
<b>5.3 Questionnaire and analysis.....</b>	<b>36</b>
<b>5.4 The analysis of composite evaluation based on the mathematical methods of fuzzy comprehensive evaluation.....</b>	<b>38</b>
5.4.1 The fuzzy evaluation of measuring point in the lobby.....	40
5.4.2 The fuzzy evaluation of measuring point in the courtyard.....	41
5.4.3 The fuzzy evaluation of measuring point in the corridor.....	42
<b>Summary.....</b>	<b>43</b>
<b>Chapter 6 Use the software named Ecotect for the energy analysis of huaiyuanlou building in Nanjing.....</b>	<b>45</b>
<b>6.1 Model creating.....</b>	<b>45</b>
6.1.1 The shape data input of the huaiyuanlou building.....	45
6.1.2 established model for analysis based on Ecotect software.....	45
<b>6.2 Sunlight analysis.....</b>	<b>46</b>
6.2.1 Summer solstice day (June 22) sunlight analysis.....	47
6.2.2 Autumnal Equinox day (September 22) sunlight analysis.....	48

6.2.3 Winter solstice day (December 22) sunlight analysis.....	49
6.2.4 Conclusion.....	50
<b>6.3 Analysis for the Distribution of radiation.....</b>	<b>50</b>
6.3.1 The simulated solar radiation about the site of the huaiyuanlou building which is the cumulative situation of the whole year.....	50
6.3.2 The simulated solar radiation about the exterior surface of the huaiyuanlou building which is the cumulative situation of the whole year.....	51
<b>6.4 Thermal analysis.....</b>	<b>52</b>
6.4.1 The simplified method and principle of the model.....	52
6.4.2 Thermal analysis.....	53
<b>Summary.....</b>	<b>60</b>
<b>Chapter 7 Energy saving technology in new buildings--"The Earth Buliding tourist service center in Nanjing,Fujian",for example···</b>	<b>62</b>
7.1 The ecological suitability of Earth Building and the heritage of the energy-saving technologies.....	62
7.2 The optimization of new architecture in the energy-saving technologies--" The Earth Buliding tourist service center in Nanjing,Fujian",for example....	63
7.2.1 The general situation of the Earth Buliding tourist service center in Nanjing,Fujian.....	63
7.2.2 The optimization of energy-saving technologies in the Earth Buliding tourist service center in Nanjing,Fujian design.....	65
7.2.3 Use the software named Pkpm to inspect and verify the energy-saving level in the Earth Buliding tourist service center in Nanjing,Fujian.....	75
7.2.4 The initiative energy-saving technologies in the Earth Buliding tourist service center in Nanjing,Fujian.....	78
<b>Summary.....</b>	<b>80</b>
<b>Conclusion and prospect.....</b>	<b>81</b>
<b>Reference.....</b>	<b>83</b>

**Addendum**.....86

**Postscript**.....87

厦门大学博硕士论文摘要库

## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景与研究意义

#### 1.1.1 研究背景

官方统计数据表明，中国建筑能耗已经占到能源消费总量的30%-40%。而随着我国社会经济高速发展，建筑能耗总量仍在逐年上升，显然建筑节能问题已是迫在眉睫。

一直以来，我国主要是以燃烧煤碳，石油等作为主要能源，而燃烧矿物燃料会产生大量二氧化碳等多种温室气体。温室气体到达大气层中对太阳可见光大大提高其透过性，而对于地球辐射出来的长波辐射具有着高吸收性。这个就是“温室效应”。这个效应会导致全球气候变暖，这会引发冰川消融，海平面上升等自然现象。

为了维持生态系统平衡，保持人们的良好生存环境，人们不断的探索着新能源来取代石化能源。新能源必须满足洁净能源或可再生能源等特征。但是由于新能源的技术目前尚不成熟，还在研究领域中，要推广到现实生活中来并立竿见影的发挥出作用，显然并不容易。在能源更替的过渡阶段，我们最容易达成的解决方案是节能减排。

2009年12月19日，联合国气候变化大会第十五次缔约方大会在丹麦哥本哈根通过了不具法律约束力的《哥本哈根协议》，这是联合国继京都协议以后对应全球变化，探讨如何减少碳排放，是全人类共同面临的问题。中国作为发展当中的国家，是碳排放最大的国家。中国政府高度关注节能与减少碳排放的问题，并将其上升到了国家战略。并对节能环保产业出台了行业振兴规划。而因为建筑节能占据了总体能耗的相当大的比例，所以中国的建筑节能刻不容缓。

我国已经推出《中华人民共和国节约能源法》、《民用建筑节能设计标准》、《既有建筑节能改造技术规程》、《采暖居住建筑节能检验标准》、《建筑节能管理规定》等一系列法律法规。对于新建的建筑强制要求满足一定的节能要求。这就要求建筑设计理念不断地更新，并探索出更多的节能技术手段。在实践中，将节

能技术在新的建筑设计中应用，已经取得了良好的节能效果。

本文以全球对于建筑节能问题的高度重视为研究背景。在满足人们对热舒适的生理需求的前提下，努力探索适宜的建筑节能技术。

### 1.1.2 研究意义

南靖土楼作为世界遗产“福建土楼”的重要组成部分，一直是广大学者关注的对象。其外观造型令人印象深刻，而更有研究价值的是其良好的生态适应性。

土楼建筑是古代匠人建筑智慧的结晶，是历史长河中沉淀下来的建筑形式。包含着许多合理的技术手段以及措施。土楼建筑不仅适应当地的气候和地理环境，建筑材料都是就地取材，可回归自然，而且其热舒适环境一直有着“冬暖夏凉”的说法。

然而随着社会经济发展，人们的生活习惯与观念发生改变，现在当地已经很少再建设土楼类型的住宅了。而随着建筑结构科学，建筑材料科学等的发展，原有土楼的结构型式，构造做法，建筑材料等现在都很少沿袭，兴建土楼的传统技艺也很少有流传下来。土楼建筑形式及其技术手段等正在被人们遗弃。

如何看待并应对土楼建筑形式及技术手段的没落？如何传承古代巨匠在建筑中的生态适应性思想以及节能技术手段？如何在新建筑上重新将其发扬广大？这些都是值得我们深思的。

建筑节能对策在生态建筑中举足轻重的分量，甚至可说“建筑节能设计是生态建筑之母”亦不为过。<sup>1</sup>我们要探索新的节能技术手段，应从土楼建筑身上学习继承其优点。并结合科学分析将其抽象成为可资现代新建建筑参考的节能技术原理。这是本文研究的意义所在。

## 1.2 研究目标与研究方法

### 1.2.1 研究目标

2009年，在福建省南靖土楼旅游服务中心建筑的创作过程中，笔者与南靖土楼的热舒适情况及其节能技术研究结下不解之缘。游走在南靖土楼群中间，与当

<sup>1</sup> 林宪德.绿色建筑.北京：中国建筑工业出版社，2007：123

地的居民及游人分享他们对于身处土楼建筑中的切身体会。土楼建筑的生态适应性及其成因令笔者着迷，这敦促笔者进行诸如问卷调研，实验测试，专业软件分析等工作。希望可以用定量的研究数据来揭示成因，归纳出所蕴涵的节能技术，并将结论指导笔者的建筑设计创作。

## 1.2.2 研究方法

### (1) 调研法：

调研方式主要体现为实地观察，当面交流，问卷调查等，通过拍摄照片，做记录，绘制测绘图等手段，获得南靖土楼相关的第一手资料。如南靖两楼两群的走访调研等。

### (2) 问卷法：

通过对土楼居民及游人热舒适感受的问卷调查，结合科学的模糊评价方法，对土楼的热舒适性作出评价

### (3) 归纳法：

通过归纳，总结出传统土楼建筑的生态适应性。结合南靖当地气候条件，分析土楼的选址，院落布局，建筑空间特征，墙体构造，材料特点等方面的主要技术手段。

### (4) 测试法：

通过测试土楼建筑主要室外活动点（门厅，中庭及走廊等处）的干球（黑球）温度，空气湿度，环境辐射温度和空气流速（即风速）等，分析测试结果，得出其热舒适性特征。

### (5) 模拟法：

用ECOTECT软件模拟土楼建筑的日照，辐射，遮挡以及热工情况；用PKPM软件分析整体建筑的全年能耗是否达到了节能的标准。

## 1.3 研究现状

### 1.3.1 关于南靖土楼的研究现状

南靖土楼作为福建土楼的重要组成部分，是中外建筑学术界人士研究的对象。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库