

# 关于萨纳阿城市传统与现代房屋建造技术的对比性研究

Contrast Study on Urban Traditional and Modern Housing Building Technology in Sana'a.

■ 阿拉皮斯 Akram A · Alabsi 宋德萱 Song De Xuan

【摘要】也门传统建筑是值得加以研究和发展的瑰宝。本研究在调查萨纳阿市传统与现代建筑的特性和建筑技术的同时，探究在当代建筑中使用传统建筑工艺的可行性，并通过 Ecotect 程序的计算机模拟来呈现。本研究的主题着眼于传统建筑技术和本地建造材料的特性，借以提高建筑的热性能并减少能耗，并且制定对这些建筑技术的最佳应用方式以提高建筑的服务周期和可持续性。本研究为将来的建筑提出了一些设计准则和建议，例如减少建筑的横向扩展，提高竖向扩展。

【关键词】可持续设计；萨纳阿传统民居；现代民居；建造技术

【Abstract】Yemenite traditional architectures are treasures worthy of research and development. This article will, while investigating the features and building technology of both traditional and modern architecture in Sana'a, explore the feasibility of employing techniques of traditional architectures into the modern ones. It will be presented in a way of computer simulation via Ecotect Program. This theme of this research will be focused on the features of traditional architecture technology and local building materials, thereby enhancing the thermal properties and reducing the energy consumption in architectures. The best way of application of these architectural technology has been worked out to strengthen the service cycle and continuity of architectures. This research will put forward some design criterion for future architectures. For example, to reduce laterally spreading and increase vertical spreading.

【Keywords】continuous design, Sana'a traditional folk house, modern folk house, building technology

## 0 引言

在任何一个地区，传统建筑都是几个世纪的实践与经验积累的成果，并且能够成为不断延续的知识源泉。其中，对于本地材料的使用和对本地气候环境的适应性，是令传统建筑在各地能够获得独特识别性的缘由。这也是为何许多研究者在调研全世界的传统与乡土建筑时，选择了建筑生物气候学与建筑环境学的视角(F. Pacheco,2012)。诸如稻草、黏土和素土夯实一类的材料已从21世纪钢筋混凝土的主流材料中排挤出去，但是，在生态建筑中这些材料仍然具有

阿拉皮斯(Akram A · Alabsi, 也门)，同济大学建筑与城市规划学院博士研究生；宋德萱，同济大学建筑与城市规划学院教授、博士生导师，国建一级注册建筑师。

可行性的选择<sup>[1]</sup>。

也门是有着悠久的历史与最古老文明的国家之一，它的建筑可从古追溯至今，从建造其历史上第一座高层建筑起就展现着创造性智慧，下面就也门的传统建造技术与传统材料，分析如何将其应用在现代建筑中。

## 1 也门的地理和气候

也门在阿拉伯半岛的最西南角，地处北纬 $12^{\circ}40' \sim 17^{\circ}26'$ 之间，东经 $42^{\circ}30'$ 和 $46^{\circ}31'$ 之间。乍一看这似乎是阿拉伯半岛大部分区域的沙漠的延续。然而，也门因其海拔高度而具有非常特殊的气候特征。也门有阿拉伯半岛最高（高达3720m）的山峰，海拔2000m以上的大盆地以及周围环绕的高山为大型定居点提供了可能性。这些定居点之一的萨纳阿市位于也门的地理中心，在一个海拔2500m的巨大高原中央。萨纳阿的气候5~9月是白天温暖干燥，夜晚凉爽、适度潮湿。从10月至次年4月，其气候白天温和干燥，晚上适度潮湿。在冬季和夏天，这里的气候都经历较大的昼夜变化。降水主要发生在5月和8月。风向以西北风为主，平均速度 $2 \sim 4.5\text{m/s}$ 。在水平表面上的年平均太阳辐射是 $145 \sim 225\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。雨季的平均日照时数 $8 \sim 11\text{h/d}$ 之间。在寒冷季节，热量和太阳辐射渗透进室内都是必须的。

## 2 分析

建筑布局、结构、建筑材料、方向、保温、建筑围护结构、自然采光、通风和遮荫，这些环境因素都在塑造萨纳阿的气候适应性建筑中扮演着重要的角色。借助于Ecotect程序进行的计算机模拟，本文对萨纳阿的典型传统建筑和典型现代建筑进行分析性的描述和研究。

### 2.1 建筑概括

阿拉伯与伊斯兰建筑，尤其是也门建筑，特点在于其空间的多样性与功能性，以及对一些空间的暂时性使用，

这取决于其冬季较为温暖或温和的特性——这一特性也影响着空间规划与功能使用。使用不同的材料、技术和对当下时令的对策时，萨纳阿房屋的布局是有显著不同的。图1通过研究传统和现代房屋的布局具体地解释了该不同之处。此外，通过表1对比了萨纳阿传统房屋与现代房屋的空间。

### 2.2 建筑结构系统

萨纳阿的传统房屋可达到8层，其承重墙由裸露的凿削石块或夯土、土块构成，这取决于该地区的可用材料，是一种基础而有效的建造形式。这种传统建造模式有许多引人注目的优点，几个世纪以来几乎没有变化，其设计旨在于满足环境的需要。楼梯环绕一个作为房屋坚实支柱的石墩（qutb）从底楼延伸到顶楼。台阶用石材或泥块制成，梯段较短并有转角处的楼梯平台。完工的石阶平均高度25cm，宽度25cm（图2）。

伴随着改革后城市的开放，作为引进新材料的产物，新的施工技术已经在萨纳阿出现。这些技术由于其在满足建造新城市的众多要求方面具有巨大潜力



图1 建筑布局分析图

而被广泛接受。以水泥和钢筋混凝土材料，包括钢筋混凝土的基础、柱、梁和屋顶为基础的新建造技术十分普遍（图3）。

### 2.3 结构材料

萨纳阿传统建造技术的特点是对当地

表1 萨纳阿传统房屋与现代房屋的平面对比

空间平面与功能	萨纳阿传统建筑	廉价现代建筑	现代别墅建筑
起居室	√	X	√
冬季起居室和夏季起居室	√	X	X
访客室(男)	√	√	√
访客室(女)	√	X	√
家具室	√	X	X
家庭餐厅	√	X	√
女性餐厅	√	X	X
主厨房	√	X	√
小厨房	√	√	X
顶层房间/屋顶平台	√	X	X
主卧室	√	√	√
男性卧室	√	X	√
女性卧室	√	X	√
男性卫生间	√	√	√
女性卫生间	√	X	√
走廊空间	√	X	√
楼梯空间	√	X	X
储藏间与地下室	√	X	X
庭院	X	X	X
阳台	X	X	√
总数	18	4	12
可用空间功能数百分比/%	90	20	60

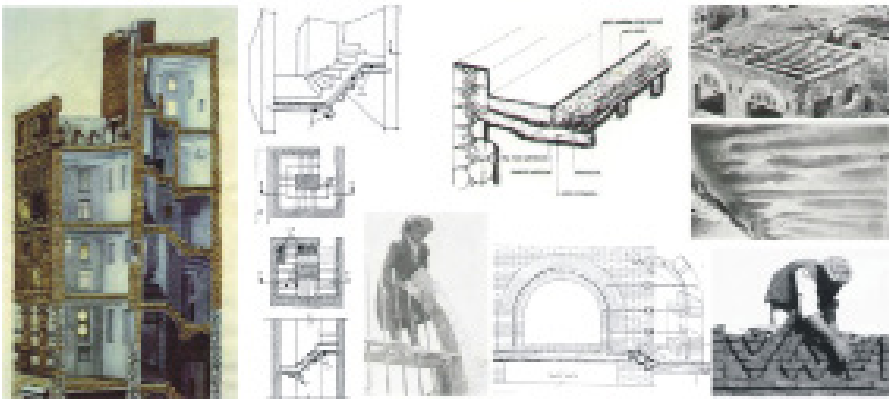


图2 传统结构，台阶，屋顶和墙体细节图

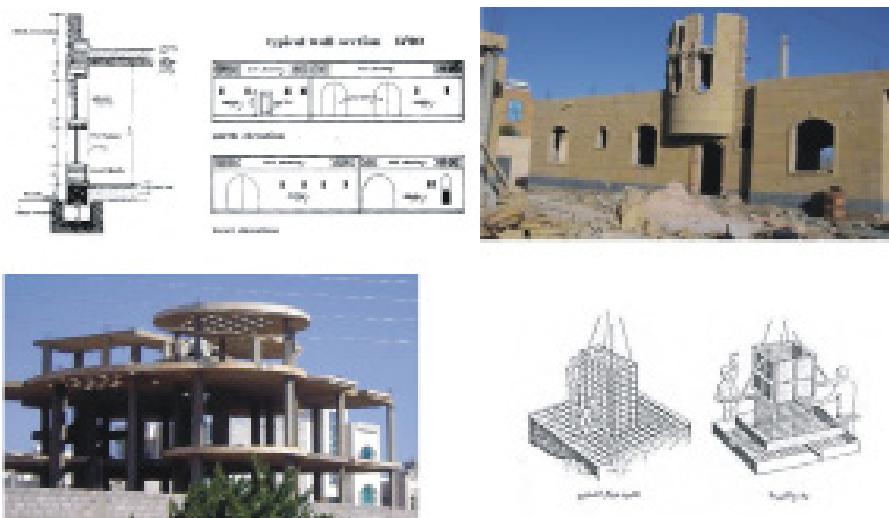


图3 萨纳阿现代建筑结构图

材料的使用和对本土工艺方法的实现。传统建筑的硬件部分以本土方法制作。石膏作为灰泥使用在墙上、天花板上、地板上和门窗上的装饰拱上。木材与纸条被用在屋顶、门、窗和框架上。各种天然石材被用于基础和外墙上。黏土砖也用于外墙上，泥砖用于内墙上。因昼夜较大的温差变化，外墙用厚度超过50cm的石墙、砖墙或泥墙砌成。这一做法很重要的一方面因为它具有出色的隔热性能，能最大程度地减少室内空间的温差；另一方面，在1962年，也门在几十年的封闭后向外部世界开放，在20世纪70年代增长至高级阶段，第一次出现了外来材料的供应商，例如在建筑建造的收尾环节使用了工业材料塑料、铝、石膏和油性油漆颜料等。

根据表2、3数据显示，也门的地方材料可以根据其热效益进行分类，如下所示：①泥坯：胜过所有材料，可以提供3倍的隔热效果和2倍的热延迟效果，并能够提高热传递衰减率；②Libn(砖)：热学性能仅次于泥坯，但生产速度缓慢，必须发展提高其量化生产的水平；③石材：热性能比混凝土好，但只有在厚度超过40cm时才具有合适的热性能；④混凝土砌块：其使用具有非常不利的热性能结果，原因是热储蓄的速度和较差的隔热性；⑤石灰泥(Nurah)：较高的日照反射率(60%~80%)和热散射率(0.3~0.5)，因此极适合用于表面涂层。

## 2.4 建筑的尺度与形状

通过Ecotect软件对2个建筑模型的分析(萨纳阿古城一处传统建筑、现代也门建筑)，来探求建筑形状对直接接受日照的区域面积的影响(表4,图4、5)。图6、7为使用Ecotect软件分析屋顶的日照强度。

## 2.5 建筑朝向

### 2.5.1 城市规划层面

在萨纳阿旧城，对建筑朝向的思考很大程度影响着城市结构的形式和构成，也影响着其中街道的方向和构成。南向是萨纳阿旧城中最受喜欢的朝向。每个由建筑市场和其他公共建筑如清真寺、蒸汽浴场、粮食商店和其他服务性建筑

表2 建筑材料性能

序号	材料	长度/m	导热性 /KW(mc°) <sup>-1</sup>	密度 /Kgm <sup>-3</sup>	比热 /CJ(kgc°) <sup>-1</sup>	热扩散率 /am <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	时长 /δ hour	老化因素
1	泥坯	0.2	0.37	1121	1675	2×10 <sup>-7</sup>	10.7	0.06
		0.3					16.0	0.016
		0.4					21.0	0.004
2	普通砖	0.24	0.73	1922	712	5×10 <sup>-7</sup>	7.5	0.137
		0.36					11.4	0.05
3	石材	0.2	1.9	2500	1200	9×10 <sup>-7</sup>	4.5	0.320
		0.3					6.5	0.250
4	普通混凝土	0.2	1.73	2242	1005	8×10 <sup>-7</sup>	5.5	0.253
		0.3					7.9	0.127

表 3 涂料性能

材料	太阳辐射吸收率	辐射系数
白石膏	0.07	0.91
镀锌铁上的白涂料	0.22	0.90
铝石油基涂料	0.45	0.90
绿石油基涂料	0.50	0.90
红砖	0.55	0.92
混凝土	0.60	0.88

表 4 比较传统建筑与现代建筑暴露于阳光下的外表面面积

比较方面	萨纳阿传统建筑	现代建筑
暴露在阳光直射下的水平表面	198m <sup>2</sup>	483.5m <sup>2</sup>
暴露在阳光直射下水平表面面积占总暴露面积之比	11%	46%
暴露于阳光下的窗户占墙体面积比	9.3%	30%

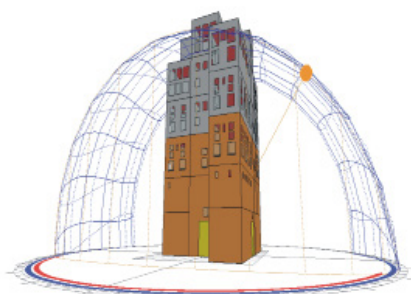
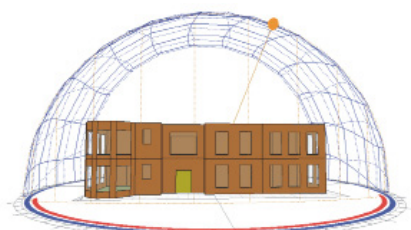
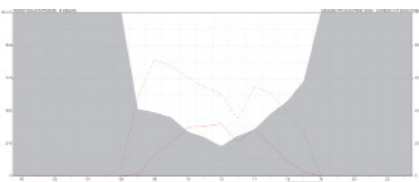
图 4 萨纳阿传统建筑分析模型  
日照面积 = 1 049m<sup>2</sup>图 5 现代建筑分析模型  
日照面积 = 1 030m<sup>2</sup>

图 6 现代建筑屋顶日照强度

组成的社区都受益于这个朝向，这些建筑往往是 1 层的，而住宅建筑往往是高层（图 8）。因而，萨纳阿旧城的所有社区都被安排成服务型建筑在南边而住宅建筑在北边，这样就能使住宅立面在

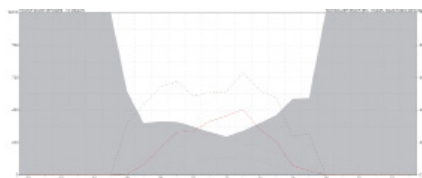


图 7 萨纳阿传统建筑屋顶日照强度



图 8 萨纳阿旧城的城市肌理对朝向的影响

南向上利用的面积最大。同时，宽阔的大街被规划为东西向，这些街道又宽又直，南北向的街道狭窄而弯曲。

另一方面，萨纳阿新城中使用网格状的规划系统（图 9），因为这易于实施，特别是在无政府参与的房屋项目中，这导致了此类规划强迫建筑的朝向在各方向上与街道的朝向一致。

用 Ecotect 软件分析太阳移动对城市规划的影响（图 10 ~ 13）

### 2.5.2 建筑层面

萨纳阿老城建筑的朝向对建筑内部空间有重要的影响，所有的卧室和起居室这些重要使用空间都朝南、东南或西南以便于在冬季利用阳光温暖房间，同时得到好的采光。在冬季很冷的北立面用于服务性空间如仓储或释放热量的厨房以及卫生间。即使有北面的厨房，也不是长久使用的。同时北立面没有窗户或只有小窗户。值得一提的是，北立面的开口比例比其他立面都小，甚至有时没有任何开口。

但在萨纳阿的现代建筑中，使用了新的混凝土结构体系的结构系统性能对建筑朝向产生了影响。新结构体系使得立面开口有更多自由，并且允许公共空间的立面产生更多开口以产生张扬和美的效果。

图 14 是用 Ecotect 软件研究在建



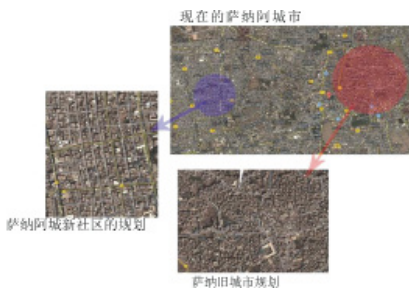


图9 比较萨纳阿新旧社区的城市规划

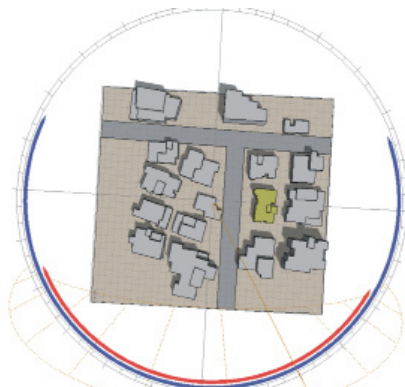


图12 萨纳阿现代城市的一部分 (12月1日 上午11:00)

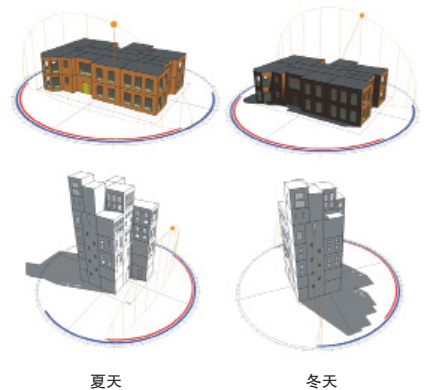


图14 日照轨迹图

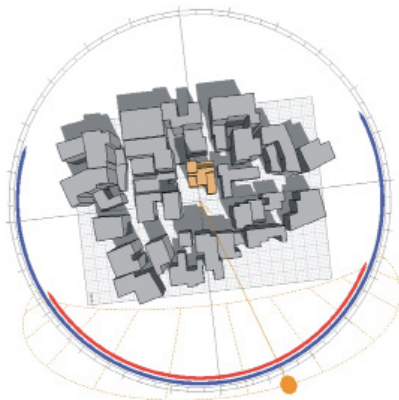


图10 萨纳阿古城的一部分 (12月1日 上午11:00)

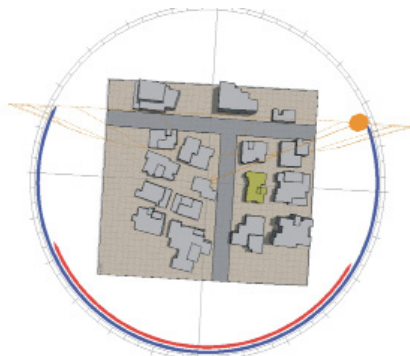


图13 萨纳阿现代城市的一部分 (6月1日 上午11:00)

筑材料有一定的优势,并能满足“社会自尊”。但是,这些材料在对也门地区的适应性方面存有局限性,因为这些材料在不采取隔热措施的情况下无法实现传统泥墙建筑具有的隔热性能。

### 2.7 通风设备

在萨纳阿的旧房屋中,自然通风处理作为一个封闭的系统,能够在不造成室内空气流动的情况下置换室内空气,这样既能保持室内的凉爽,又控制了风。

萨纳阿的现代房屋在每一处空间中使用同一种形式和尺寸的窗户——同时用于照明和通风的大玻璃窗,这在建筑环境控制方面有负面的作用(图15)。

表5中中对也门一些建筑的通风设备进行了比较。

### 2.8 采光

萨纳阿旧城的传统房屋展示了4个主要构件,低层部分(Taqah)及其外部木百叶、高层部分(Qamariyah或Aqd)、木质外部悬挑(Konnah)——在前两者之间以及小通风口(Shaquos)。在公共区域,扇形窗(Qamariyah)被用于主要的光源(图16)。

图17~19是使用Ecotect光照分析对一个萨纳阿传统建筑内的典型房间进行的测试结果。

因为扇形窗在白天提供自然采光,低层区域的面积可以减少,而且在关闭外部百叶的同时不需要外部照明。室内的自然采光由高层和低层的窗户提供。

筑所有立面窗户上的日照轨迹图。

### 2.6 隔热与围护结构

萨纳阿古城的房屋使用了厚墙技术来提高建筑的隔热性能,并使用热容量较高的当地材料,在建筑底层使用实体的玄武岩石块,1~2层的厚度不超过80cm。使用厚墙的目的不仅仅在于隔热,也是结构性的。在建筑上层使用厚度为40~50cm的泥砖并涂抹石膏,是因为其在反射阳光、减少阳光渗透进墙体和保护墙体免受风雨侵害方面的多种性能。

在过去的20年中,也门发生的经济和社会变化影响到了建造传统,因为许多人开始采用钢筋混凝土和水泥砌块这种现代建筑材料。毫无疑问,现代建

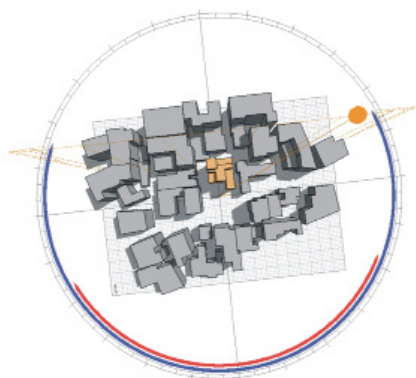


图11 萨纳阿古城的一部分 (6月1日 上午11:00)

表 5 传统建筑与现代建筑在通风设备上的比较

比较方面	萨纳阿传统建筑	现代建筑
对盛行风不利影响的控制	良好	差
空间高度	低	中
是否设置特殊洞口作为通风设备	是，所有位置	否
是否在高处有排出热量的通风口	是	否
是否能封闭部分区域以控制通风并在需要时打开	是，所有区域	是，部分区域
是否能湿润室内空气	是	否

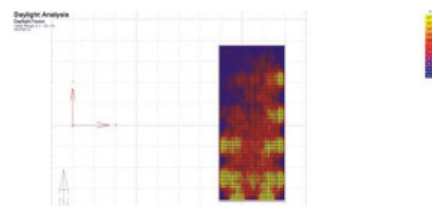


图 19 当外百叶窗和窗帘都开启时图

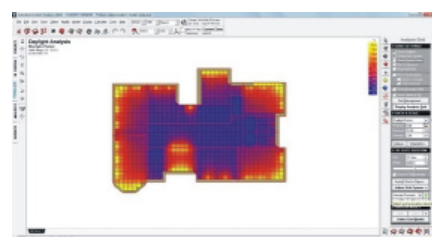


图 20 现代建筑的日照分析图

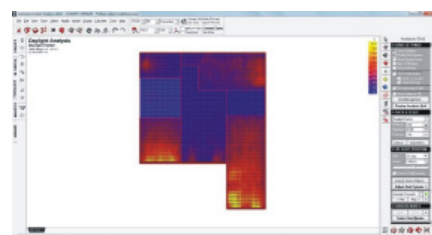
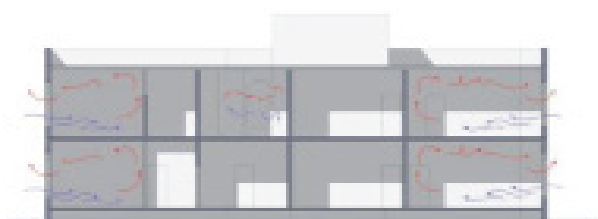
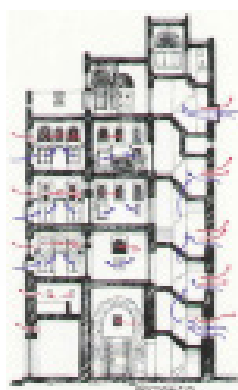


图 21 萨纳阿传统建筑的日照分析图



现代房屋



传统房屋

图 15 萨纳阿传统房屋与现代房屋的空气流动图



图 16 萨纳阿传统窗户与现代窗户的细节图

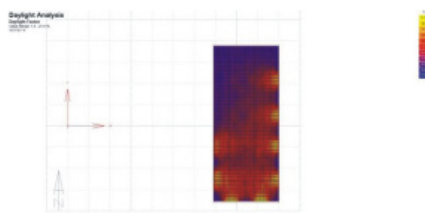


图 18 拉上白窗帘，而开启外百叶窗时

图 20、21 是利用 Ecotect 软件做的日照分析。

2.9 日照与阴影 (表 6)

表 6 传统城市与现代城市的日照系统对比

	描述	夏季	冬季
萨纳阿古城的一部分	稠密的肌理，为了冬季储热而建的高楼，狭窄曲折的街道被建筑阴影所覆盖，让夏季的凉风可以穿过		
现代住区的一部分	空旷的肌理，低矮的建筑水平延伸，夏季与冬季都受到强烈日照		

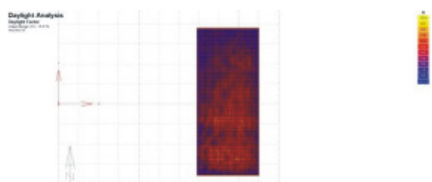


图 17 关闭外百叶窗时

表 7 传统萨纳阿房屋与现代萨纳阿房屋各项指标比较

对象	传统萨纳阿房屋	现代萨纳阿房屋	
		别墅住宅	廉价住宅
建筑格局	大量且具有多样性的空间 满足人的需要	一定量的空间 满足人的需要	较少的空间 不能满足人的需要
结构系统	石承重墙在底部而烧结砖承重墙在顶部 结实, 需要进行表层维护的周期较长	钢筋混凝土结构与石墙 结实, 很少需要表层维护	钢筋混凝土结构与混凝土砌块墙 结实, 需要进行表层维护的周期较短
结构材料	石材, 烧结砖, 木材 高绝缘性能, 工期较长, 可回收	钢筋混凝土、混凝土砖、石材、现代涂料 中绝缘性能, 工期短, 对环境有不利影响	混凝土砖、钢筋混凝土、现代涂料 低绝缘性能, 工期短, 对环境有不利影响
建筑尺度与形状	垂直向延伸, 塔楼, 方形或正方形平面 有助于在冬季获取较多热量, 在夏季获取较少热量	水平向延伸, 层数低, 水平向的表面较宽, 形式多且自由 较宽的水平向表面导致更多地暴露在阳光下, 白天吸收热量高而夜晚失去热量	水平向延伸, 层数低, 形式有限 较宽的水平向表面导致更多地暴露在阳光下, 白天吸收热量高而夜晚失去热量
建筑朝向	朝向十分重要, 大部分建筑朝南, 主要空间朝南 最大程度地利用冬季的阳光, 减少北方盛行风的影响	根据街道朝向而定, 主要空间朝向街道或花园 增加更多的窗户细节来改善朝向并缓解负面影响	根据街道的朝向而定 随意且较差
隔热与建筑围合	墙体较厚, 建筑材料热容量高 较好的隔热性能	墙体中等厚度, 建筑材料热容量小 中等的隔热性能	墙体厚度较小, 建筑材料热容量小 较差的隔热性能
通风口	能控制空间之间的空气出入, 通风量受限制 不需要使用电器设备来实现通风	控制力好, 但空间之间空气流动性大, 空间尺度大 有时需要使用电器设备来实现通风	控制力差 有时需要使用电器设备来实现通风
采光	在不同高度的众多而各异的窗户, 玻璃窗, 大理石面板, 木百叶 对所需光线较好的控制, 减少眩光	较大的玻璃窗 较多的采光和热量, 通过窗帘来减少光线	较大的玻璃窗 较强的采光, 同时也有更强的眩光
日晒与阴影	上层接受较多日晒, 建筑之间相互遮蔽, 有屋顶花园 适合密集的城市肌理, 使用小百叶窗以得到较好的日晒	整个建筑都接受较多日晒 需要大百叶窗来遮荫, 日晒条件好	水平表面上接受强日晒, 建筑之间相互遮蔽 日晒条件差

3 研究结果 (表 7)

4 结语

了解传统建筑如何成功地在环境与社会文化需求的复杂关系中维持平衡是有必要的。萨纳阿的传统塔式建筑以其强烈的特征、显著的识别性、深厚的文化内涵和生态和谐性而著称。本研究并非要放弃当代的生活状态而回归传统建筑风格, 而是可看作对已被证明有其成功性的传统建筑的借鉴, 并试图令其与当下环境相协调。途径则是保证对可用本地资源的最佳利用、减少能源和费用消耗并改善和发展现代房屋。本研究在建筑技术方面总结和比较了萨纳阿传统房屋和现代房屋的特征, 并提出对当代房屋建造的建

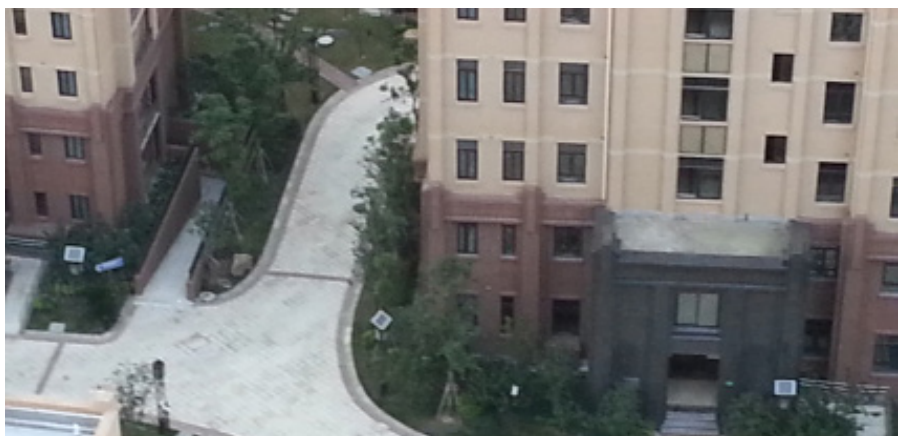
议, 为其他城市和建筑提供参考。

参考文献:

[1] Baessa, Anwar Ahmed, An Evaluation of Space Planning Design of House Layout to

the Traditional Houses in Shibam, Yemen, Asian Culture and History, Vol. 2, No. 2; July 2010.

(收稿日期: 2015-04-20)



## 关于萨纳阿城市传统与现代房屋建造技术的对比性研究

作者: [阿拉皮斯](#), [宋德萱](#), [Akram A · Alabsi](#), [Song De Xuan](#)  
作者单位: [同济大学建筑与城市规划学院](#)  
刊名: [住宅科技](#)  
英文刊名: [Housing Science](#)  
年, 卷(期): 2015(5)

引用本文格式: [阿拉皮斯](#), [宋德萱](#), [Akram A · Alabsi](#), [Song De Xuan](#) [关于萨纳阿城市传统与现代房屋建造技术的对比性研究](#) [期刊论文] - [住宅科技](#) 2015(5)