

干热地区城市住宅建造技术与气候适应性探讨 ——以也门为例

Discussion on Urban Residential Construction Technology and Climate Adaptability in Dry-hot Area

-- Take Yemen as an example

■ Alabsi Akram Ahmed Noman 宋德萱 Song Dexuan

【摘要】 建造技术的应用对建筑多层次性能有重要影响，包括建筑耐久性、围护结构热工性能、室内空间的采光和通风等，主要体现在对环境的调控和如何减少对环境负面影响。以也门城市住宅为例，立足地域性干热气候特点，采用了分析性描述和分析性研究相结合的方法，着重探讨也门城市住宅中建造技术应用及其由此带来的对建筑适应气候性能的影响，初步总结了也门现代城市住宅在气候适应性方面的不足及其原因。

【关键词】 也门；现代建筑；干热地区；建筑技术；能耗

【Abstract】 The application of construction technology has an important influence on the multi-aspect performance of buildings, including the durability of buildings, thermal performance of enclosures, natural lighting and ventilation of indoor spaces, etc., which are mainly reflected in the regulation of environment and how to reduce the negative impact on the environment. Taking the urban residence in Yemen as an example; and based on the characteristics of regional dry and hot climates, this article uses a method that combines the analytical description and analytical research; focuses on the application of construction technology in urban residence in Yemen and its effect in buildings' adaptation of climate; and preliminarily summarizes the deficiencies of modern urban housing in Yemen in the climate adaptation and its reasons.

【Keywords】 Yemen; modern architecture; dry and hot areas; construction technology; energy consumption

0 引言

在过去的几年里，也门与世界上许多国家一样，多次呼吁节约能源。独立前的也门，人们住在自建房屋，广泛利用当地材料，达到房屋与环境的和谐。事实上，人们在设计房屋时会考虑充分利用自然条件，如采光、通风、采暖和致凉。

1967年独立之后，尤其是1990年南、北也门统一为也门共和国之后，随着石油资源的发现，全国在各方面高速发展，尤其在建设领域(Ahmet, 1994)。第二次海湾战争结束之后，1991年，人们为了寻求更好的收入纷纷

涌入城市，对也门随处可见的寨城产生了严重的破坏。因此，大规模的住房项目选择建在城市郊区，以减轻内城的压力。这些新的居住区项目由受欧洲技术影响的公司设计建造，设计思路及建材选择照搬西方而没有具体考虑也门的气候条件(Al-Guhi, 2000)。本文讨论和关注的重点便是这些现代建筑技术，建筑材料以及他们对居住建筑热工性能的影响。

1 也门现代住宅类型

也门居住建筑和居住区的布局在1962年(北也门成

基金项目：国家自然科学基金资助(项目编号：51778424)。

Alabsi Akram Ahmed Noman, 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、博导，国家一级注册建筑师。

立阿拉伯也门共和国)之后发生了重大变化,现代建造系统和现代材料的引进,促使了与传统建筑完全不同的、全新的住宅类型的出现,最主要原因是居住观念的开放。

1.1 新住宅类型

新的独户住宅最初出现在城镇继而发展到农村,打破了传统核心家庭多层公寓的居住模式。这种常见的住宅形式最初在乡村,后来在萨那的郊区出现,是“20世纪60年代之前的模式,有塔式住宅的基本四边形平面,占地面积较大但楼层较少,客厅位于底层”。这是种非常典型的模式,直到“20世纪70年代在大城市中,显然是回流移民的房子,整体体量和建筑肌理均被同化”。早期,当地传统材料被广泛使用,但很快变成了建在石头上。这种住宅在城市中便成为“别墅”,最早由新贵阶层和外国高管居住,住宅只有一层但设通往顶层的楼梯,使其能向上扩展。首个案例,有规则的四边形平面,墙体材料的首选是石材。首层布置生活和安全隐私空间,有铁窗或高围墙。“别墅”代表了新的独户住宅基本的平面组织形式——中央走廊的平面(可扩大为走廊或用餐区),家庭活动室开向中厅,主会客室靠近入口,配套一个浴室,这个区域与别的区域通过中厅隔开。入口可凹入建筑或沿四周形成门廊,附属建筑为储藏室和门卫房,有时有沿街商铺^[1]。

1.1.1 低成本住宅

低成本建造的独户住宅一般建在石头或混凝土块上,有窄边院或者后院,房间直通街道,一般建在城镇边角被遗弃的地方。第一批建在萨那(Sana'a)和塔伊兹(Taiz),但在其他省会城市如伊布、哈贾和萨达,低成本住宅的出现,都是由于他们自发地解决密集城区居住问题(图1、2)。增加的楼层材质为石头或混凝土,为了在体量上与周边建筑协调,但形式上有所不同,窗户更大且墙面更平整。这种住宅在推广过程中遵循基本的形式,但公寓和独户住宅分离。根据20世纪70年代联合国城市规划专家的提议,不同的独户住宅类型保持相同的建筑密度,增加庭院空间。然而政府没有接受,显然最重要的原因是建材选择为土坯,而不是所谓现代建材^[1]。

1.1.2 别墅

“别墅”比其他类型的住宅建筑布局更具多样性,一些特征如入口凹入建筑或沿四周形成门廊被迅速推广。20世纪80年代末,别墅流行的趋势是两层或三层建筑,上面楼层平面布局与首层基本一致,更像是1962年革命前的郊区房子(图3、4)。1990年,典型的别墅为两层

楼房,中央大厅为天窗采光,尤其受到涉外人员的青睐。

1.1.3 多层公寓

多层公寓的发展主要满足年轻人新组建家庭和低收入工人对新增住房的要求,这些公寓层数为多层,每层2~4个公寓单元。这种类型开始出现在主要城市,如萨那、亚丁、塔伊兹、荷台达,继而在其他城市都有出现(图5、6),多被用于投资和收取租金。这种类型的公寓通常临主街,除承担居住功能外,还被作为私人办公、私人诊所和其他非居住功能。

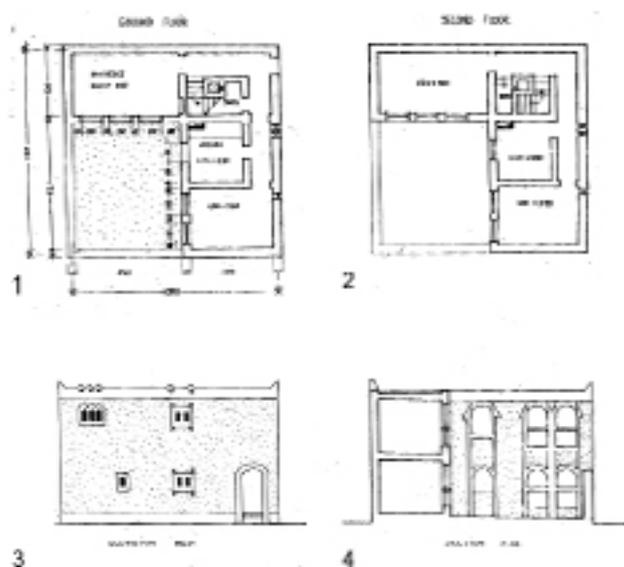


图1 现代两层住宅(图片来源:《也门建筑艺术》)

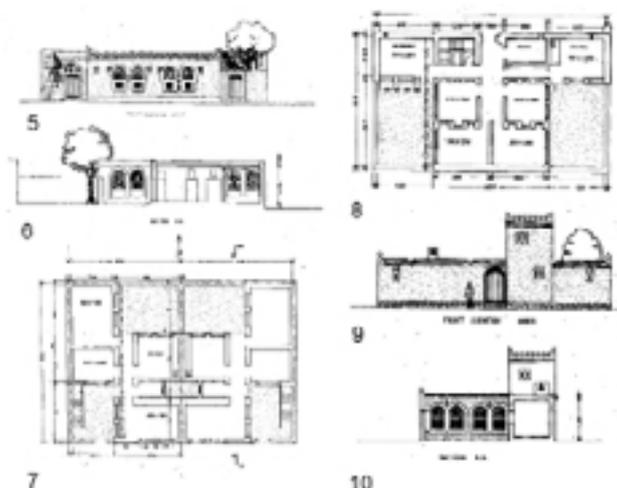


图2 现代单层住宅(图片来源:《也门建筑艺术》)

2 也门现代住宅建造技术应用

2.1 建筑结构

也门“国家革命”之后，萨那出现了新建筑技术和建筑材料。新技术被迅速广泛地接受，不仅可以满足现代新城市建设的需求，并且可以引领现代建筑时代的发展，而传统材料和技术已无法满足政府和居民日益增长的需求。下面简要介绍出现在萨那的新技术。

2.1.1 承重石墙上接混凝土顶板

这种结构是通过墙体把荷载分散到地基。在也门，所有的城市中混凝土顶板技术仍然被运用，特别是在低成

本的房屋建造中（图7）。

2.1.2 钢筋混凝土结构

混凝土是一种复合建筑材料，通过不同的混凝土配方，可以提供多种多样的性能，混凝土是全世界使用数量最大的建材（图8）。

混凝土被广泛使用于建筑结构，地基、砖、砌块墙，还有其他建筑部位。随着混凝土结构的广泛应用，用五颜六色，约10cm厚的石头层装裱在水泥填充的楼体，但不起承重作用。

2.1.3 预制混凝土

预制混凝土是一种由模铸混凝土在一个可重复使用的磨具中生产出来的混凝土，工厂生产，在可控制的环境下保存，运送到建筑工地使用。相反，普通的混凝土直接在现场浇筑完成。在混合剂中用细骨料是人造石材与预制混凝土的不同之处，所以，人造石材在外型上比较接近岩



图3 别墅设计图及建成照片

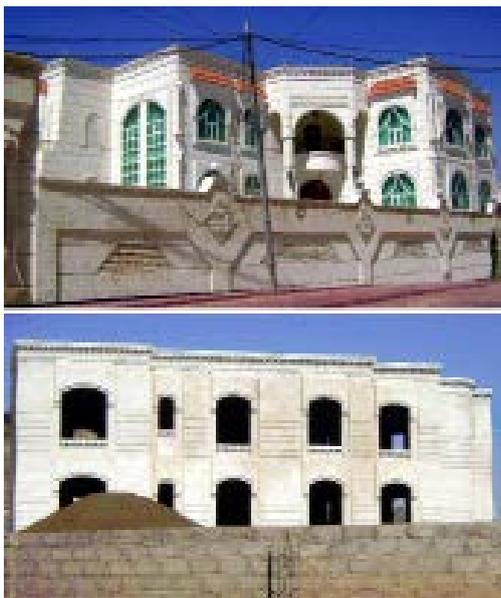


图4 也门现代别墅

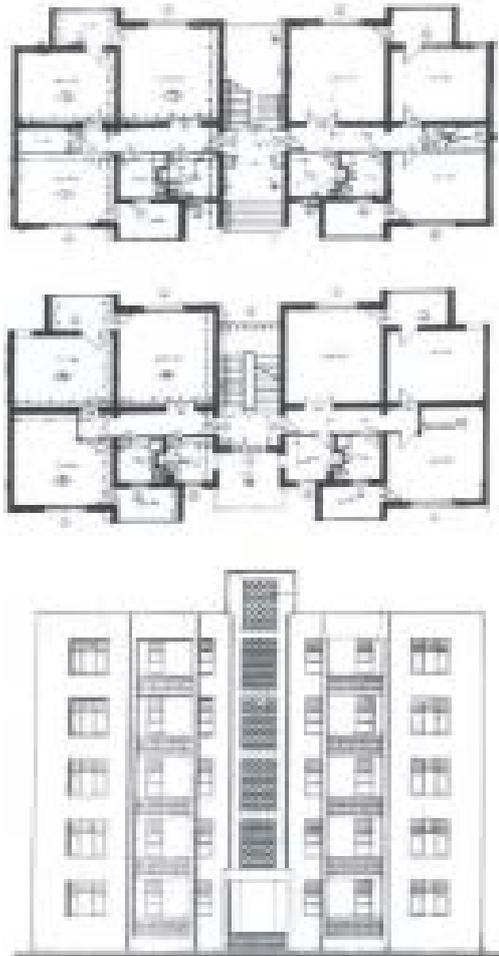


图5 亚丁现代公寓住宅设计图（图片来源：Kibsi, 2009）

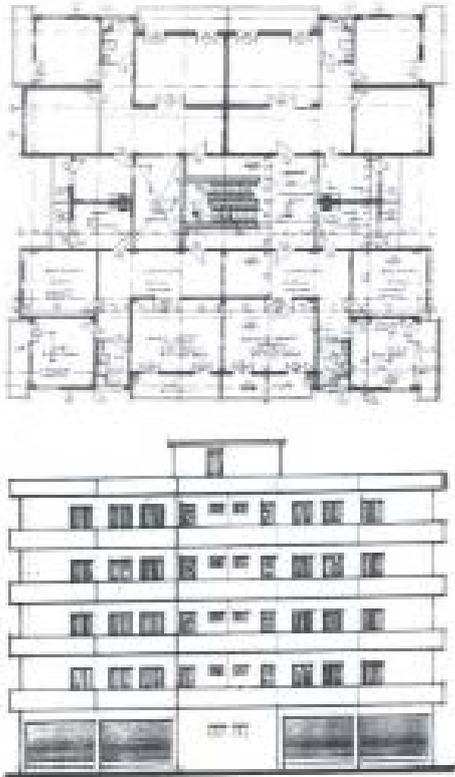


图6 萨那现代公寓住宅设计图 (图片来源: Kibsi, 2009)

石或石头。预制混凝土建造技术在也门的发展十分受限，大多被应用于大学宿舍、教育建筑和工业建筑中，也应用于个别住宅项目中。由于需要相对简化的平面形式和统一的模数单位，预制混凝土建筑对设计自由度会有一定的限制 (图9)。

2.1.4 钢结构

钢和玻璃等新型材料的涌现，使建筑的形式发生变化，开放自由的平面成为可能。相较于石混结构，钢结构建筑结构面积更小，自身重量更轻，目前主要被应用于商



图8 也门现代建筑混凝土结构

业、工业建筑，以及住宅建筑的构件中^[2] (图10)。

2.2 建筑材料

在1962年，多年闭关锁国之后，也门向世界打开了国门，直到20世纪70年代发展达到先进水平，然后首次出现了在房屋建造中使用新材料，也是首次在建造的完成阶段用工业材料，例如塑料、铝、石膏、油性色漆等。

2.2.1 混凝土与钢筋混凝土

混凝土是在建筑建造中的一种材料，是由坚硬的、化学惰性微粒物质组成的集料 (通常由不同类型的沙子和砂砾组成)，再与水泥和水混合在一起，是最常用的建筑材料之一。钢筋混凝土的发明始于19世纪工业革命时期，是一种复合型材料。其中混凝土抗拉强度较低，钢筋抗拉强度较大，钢筋通常在建造之前被埋置在混凝土中。一些不允许出现开裂或结构破损的特殊部位，通常采取局部加固的方法来抵抗拉应力。

2.2.2 混凝土砌块

混凝土砌块通常是指 (混凝土砖砌体单位) “灰色砌块” 或者只是简单的 “混凝土砌块”，是一种常见建材，由手摇设备制造 (图11)，少数由机器制造。在也门，通常混凝土砌块的大小是40cm×20cm，厚度分别是10cm、15cm、20cm。

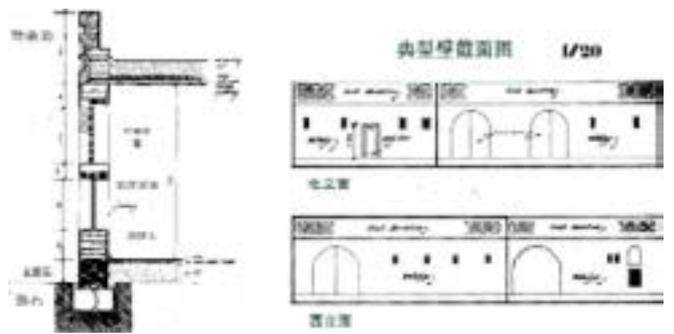


图7 承重石墙上接混凝土顶板细部大样图 (图片来源: 也门建筑艺术)



图9 也门现代建筑预制混凝土结构



图10 也门现代建筑钢和玻璃结构（图片来源：Alghazali, 2005）

2.2.3 钢

在古代，人们就知道铁的存在，但是直到19世纪以前，并没有以有效的方式用做建筑材料。19世纪开始炼铁，之后钢铁便用在建筑中。钢铁是铁和其他元素的一种合成，包括碳。在也门当地没有钢铁厂，需要从海外进口，因此价格很昂贵，进而提高了建筑的整体造价。

2.2.4 玻璃

玻璃是一种非结晶固体材料，具有非常典型的易碎性和光学透明度。用于建筑物的玻璃起到透明的作用，使光线进入房间和楼层，照亮封闭的空间，通过窗子

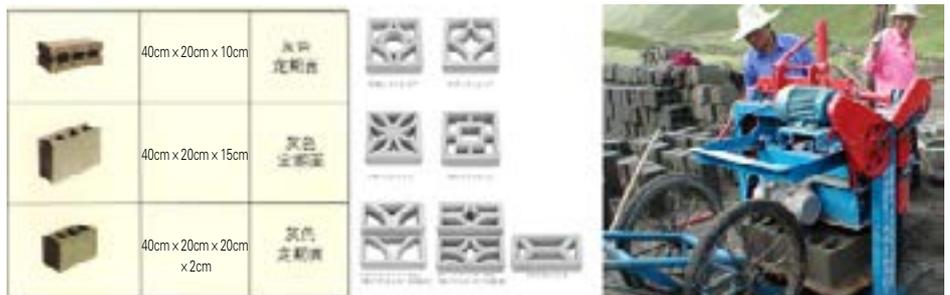


图11 混凝土砌块



图12 也门现代建筑中的玻璃

构建外景，既可以做内部隔断，又可以做外部装饰（图12）。

建筑师越来越多地追求建筑优美的造型，这就需要在正面、房顶，甚至整个立面使用大面积的玻璃幕墙，这时玻璃就是建筑物的结构构件。但是大量的使用玻璃将会在冬天增加采暖费用，在夏天增加致凉费用。双层玻璃隔热性能较好，降低了玻璃的热传递效应，但是在也门使用仍然较少。

2.2.5 铝合金

铝合金具有独特的性能，成为建材具有天然的优势。因其强度大，耐久性、耐腐蚀性强以及可回收性，它已成为必备建材，在过去50年间，它在建筑中的应用呈持续稳定的增长。铝挤压、轧制和铸造的产品通常用于窗框、其他玻璃结构和幕墙，也用于门把手、窗户、楼梯、供暖和空调系统。

铝在也门现代建筑中可用于门/窗和隔墙，以及各种装饰工程，如包层的墙壁和天花板，有不同的颜色和不同的截面形状。

2.2.6 现代砖

随着先进技术的出现，使用机器已经可生产出不同种类和不同尺寸的砖。砖的尺寸和性能，可根据要求和设计目的进行灵活的调整（图13）。各类烧制的空心砖、多孔砖广泛地应用于各种类型的住宅中，主要用于砌筑围护墙体而不是承重墙体。由于空心砖、多孔砖具有较大的

空隙率，因此，这类砖砌筑的墙体具有较好的隔热性能。

2.3 建筑尺度与形式

1962年之后，由于建筑身份的缺失和信息的完全开放，国家也没有颁布响应的建筑法规，使得也门现代建筑，无论从体量或其他特征方面都没有特定的形式，多数住宅都属于“没有建筑师的建筑”。

也门的现代建筑也有一些自己的特性：建筑平面和体量形式的多样性，如正方形、长方形、圆形和三角形，但这些形式的选择并未考虑其对建筑性能的影响。

传统的也门建筑形式，根据不同地区气候特征会有不同的建筑模式和建筑细节，与之不同的是，也门现代建筑在不同地区和城市之间已同质化。

1962年革命之后，也门逐渐受到国际文化的影响。经济的快速增长造成了城市的快速扩张，石油的后续开采和城市富裕阶层的出现，使得建造房屋成为展现社会地位的一种方式。在这场“竞赛”中，人们并不是追求房屋的美观，而是不考虑与周边环境的关系，一味通过体量的巨大来体现自身实力和影响力。

在也门革命之前，国家的主要经济来源是农业，人们对建筑进行精心的设计，最大化利用有限的可建设用地。随后，国家经济来源增加，土地使用规定的缺失和人口的增加，都导致了建筑物在水平方向的面积扩张和形式的增加，但都没有考虑这种形式对建筑热工性能的负面影响（图14）。

2.4 建筑朝向

也门所有的城市均为网格状规划，因为便于实施。但这种规划结构对现代居住区的设计有很大的负面影响，土地的混合使用更是加剧了这种影响。每个复兴的也门城市均有商业和居住混合使用区域，但规划并未详细规定建

筑的位置，而只是规划了垂直的路网。路网划分为随机方式，由土地的所有者和出售者决定，政府并没有相关法律做出明确的规定。所有建筑的朝向均依据道路的方向来确定。另一个影响建筑方向的因素是新的混凝土结构体系，使立面可以自由开窗，因此增大了立面最大开窗面积，同时，大开窗成为一种炫耀式表达。

在也门，居住建筑很少是由建筑师设计的，即使建筑师参与设计，通常也要被迫执行业主的想法。而业主通常只关注立面的展示效果，而不考虑设计是否符合环境特征。

也门建筑的朝向没有明确的法规规定，整体城市规划对建筑的朝向有不利的影响。在为数不多的别墅中，由于建材的灵活性，可在不改变墙体方向的前提下，调整窗户的方向。

3 干热环境下建筑气候适应性

3.1 住宅围护结构的隔热性能

之前研究表明，大多数也门现代建筑的隔热性能不佳^[3]，因为人们没有意识到围护结构隔热性能对降低能耗的重要性，维护结构面层与结构层结合不佳，造成冷热桥（图15、16）。多数居住建筑只通过制冷设备来保证环境的热舒适性，却忽视了传统的隔热技术。

过去20年，也门经济和社会的变化，使人们更热衷



图13 现代砖的形状尺寸



图14 萨那现代居住建筑设计图

于使用现代建筑材料如钢筋混凝土和水泥砌体等，毫无疑问，这些现代建材有自身的优势。但是，它们在也门地区的使用有自身的局限性，在无隔热层时，其隔热性能弱于也门传统的泥土材料^[4]。

A. H. ALGIFRI, S. M. BIN GADHI 和 B. T. NIJAGUNA 完成的《也门地区土坯和混凝土热工性能对比》研究中，选取 Seiyoun 这一城市，对现代建筑和传统建筑的室内温度做了对比测试。

测试结果如图 17 所示，结果表明，土坯建筑的热工性能与混凝土建筑相比有显著的不同，其热稳定性更好，围护结构内表面温度在大多数时间保持稳定^[3]。

也门现代建筑隔热性能的关键问题是，建筑使用现代的混凝土结构，但不使用相应的技术和隔热材料，原因较多。首先，隔热材料在当地市场不易大量获取，且缺少熟练工人施工；其次，人们缺乏使用隔热材料来提高建筑热工性能的意识；还有，开发商出于控制成本的考虑，干脆不用隔热材料。

建筑采用钢筋混凝土结构而没有相应的保温隔热措施，由于钢筋混凝土热容量很小，所以建筑会在冬季迅速降温，在夏季迅速升温。目前，住宅建筑多为自发建造，缺乏相关建筑师和工程师指导。而所谓的职业建筑师，也只是继承了上辈的建造经验。在各个立面均使用大面积玻璃，从而导致热量的流失。

随着土地的更易获得和新的结构形式 / 建筑材料的使用，使建筑变得大而宽，增大了建筑的表面积。尤其是屋顶直接暴露在太阳下，增加了夏天的热交换。多数建筑为一层或两层，因此，底层多为主要起居空间。但地坪层未

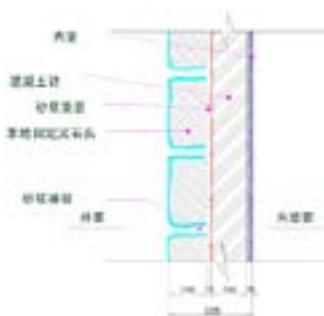


图 15 别墅建筑墙体大样图

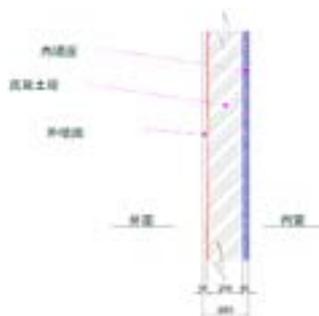


图 16 低成本建筑墙体大样图

使用保温隔热材料，与地面直接接触，造成底层夏季过热、冬季过冷。现代建筑保温隔热性能差，人们需要使用制冷或取暖设备来保证热舒适性。

3.2 现代住宅建筑的通风

不同地区、不同气候条件下的也门现代建筑中，越来越趋向于使用同一种建造方式和建筑材料来建造形式一致的建筑。另一个突出特征便是对于起居和居住空间，采用同一形状和尺度的大面积玻璃窗，满足通风和采光需求，但非常不利于建筑环境的控制（图 18）。

在炎热地区，也门现代建筑中通风状况不佳，没有小的开口或者架空层带走热空气，以助于冷却内部空间。在自然通风无效或不足的情况下，通常采用风扇或通风换气扇辅助通风换气（图 19）。

3.3 现代住宅的采光

与传统建筑截然不同，所有现代住宅建筑的窗尺寸都很大，且几乎不考虑太阳朝向。在典型的也门现代住宅建筑室内，由于长期使用制冷空调，室内外温差明显，感受不到炎热和干旱气候对室内的影响，同时也增加了设备能耗（图 20）。

也门现代城市街道较宽，两边建筑低矮，道路大多数时间暴露在阳光下。街道高宽比过小，无法在街道上形成风道，且黑色沥青材料吸热能力很强，使街道舒适性很低，尤其不利于行人。

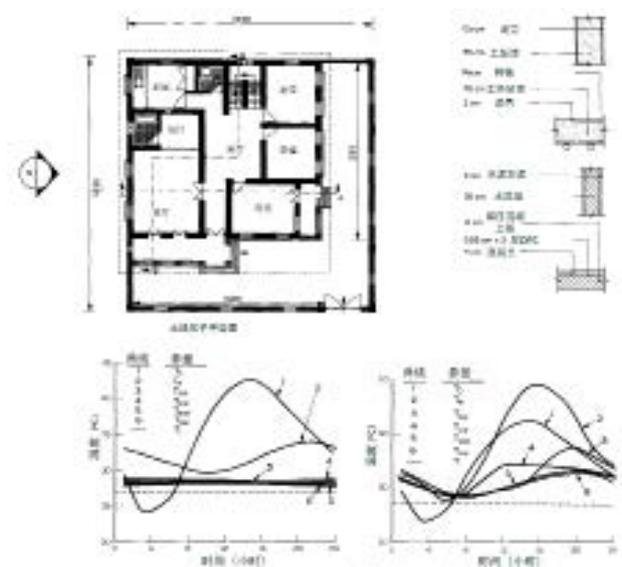


图 17 Seiyoun 土坯建筑墙体内部温度对比图
(图片来源: A.H.Algifri, 1992)



图 18 也门现代建筑立面大面积玻璃窗



图 20 也门现代建筑玻璃窗造型及圆顶采光窗

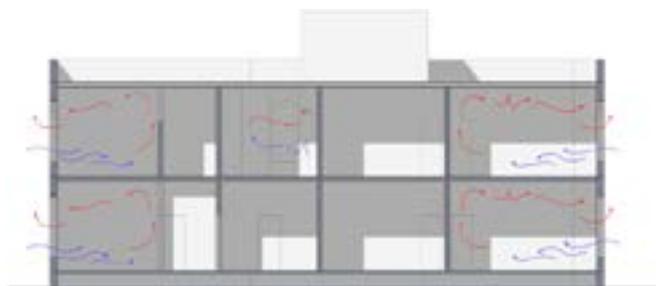


图 19 也门现代建筑的通风示意图

3.4 现代住宅建筑的日照及遮阳

在城市层面上，由于也门没有整体的城市规划，且房屋均为私人建造，因此，在规划角度对日照和遮阳没有任何考虑。

对单体建筑而言，通过立面的大尺度开窗来获得冬季日照，而没有遮阳措施防止夏季暴晒。

由于过度依赖空调设备，在建筑设计时常常忽略了通过遮阳措施来减少太阳直射，只有极少数建筑使用百叶窗遮阳。少数住宅建筑上层的悬挑结构，既可以增加建筑面积，又可以自遮阳。

4 结语

总体而言，也门现代建筑没有具体特征或独特的属性。毫无疑问，现代建筑技术带来了新的建筑特征，具有很多传统建筑技术无法比拟的优势。如建造速度的加快，抗震性能的提高，空间、造型、窗更加多变，室内空间分隔更加灵活而不受结构的限制，构件可工厂预制、现场组装等等。但同时，也存在上述的一系列在建材选择、

朝向、采光、通风设计方面的问题，望建筑师能够注意到这些问题，并在以后的建筑实践中妥善解决。

参考文献：

- [1]V. Fernando , "Art of building in Yemen", AARP, Aug 1981.
- [2]Ali Al-Ghazali, "The impact of technology and new building materials on the local architecture in Sana'a – Yemen" Alazhr University Egypt,2005.(In Arabic).
- [3]A.H.ALGIFRI, S.M.BIN GADHI and B.T.NIJAGUNA, Thermal behavior of adobe and concrete houses in Yemen, Renewable Enerq3, Vol.2. No.6,pp.597 602.1992.
- [4]FH Al-Shibami and IC Ward, Energy consumption and thermal comfort of domestic buildings in Seiyun, (Yemen) , Proceedings: Indoor Air 2002.

(收稿日期：2018-01-22)