

掩土与薄壳——多层堆积建筑构想

刘文翰¹, 安泽勤¹, 刘 苑²

(1. 新疆建筑科学研究院, 乌鲁木齐 830054; 2. 同济大学 建筑与城市规划学院, 上海 200092)

摘 要: 设想利用土和壳体各自的力学特性, 组合构成多层堆积建筑, 充分发挥掩土建筑的节能潜力; 阐述其结构工作原理、设计方法、营造方式和具有自然山水特征的外部空间形式; 定性分析其安全、经济等性能以及该体系对未来城市规划与景观可能产生的影响, 进行一种在现有经济技术条件下可实现的人居环境构想。

关键词: 掩土; 薄壳; 堆积建筑

中图分类号: TU-856

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2011)03-0438-08

土的蓄热系数大, 热惰性较强, 可使窑洞和掩土建筑形成“冬暖夏凉”的理想温度环境, 同时也会产生很好的节能效果。但窑洞土体强度有限, 空间跨度小, 开挖层窑间距大; 掩土建筑占地面积大, 目前只限于小规模试验。由于它们的结构体系和建造方式都和当代大规模生产的工业化建筑技术主流不匹配, 特别是和用地紧凑的城市规划无法衔接, 这种节能模式目前仍然处于胚胎阶段。但是, 我国北方广大干旱和半干旱地区, 尤其是西北黄土分布区域, 如果能充分利用现有技术条件, 采取一种复合受力体系——壳与土体相结合建造多层建筑, 这种节能模式就会发挥出它的潜力。

1 掩土-薄壳概念

这里所说的“土”, 除了自然界地学作用所形成的天然土外, 还可以是无公害工业废渣和建筑垃圾等松散颗粒堆积物。由于土是岩石经各种地学作用而形成的“终极产品”, 或是建筑与工业生产的“末端产物”, 其化学稳定性是其他材料无法相比的; 另外, 土的承压性能好, 其堆积体的稳定性一般情况下只受安息角限制, 理论上建造高度不受限制, 特别是粘性土本身具有固结作用, 强度会随时间推移而长期增长^[1]; 再次, 土体蓄热系数大, 热稳定性强, 这在有关掩土建筑的研究与实践中早已得到证实^[2-3]。这些特点为堆积体建筑的结构安全、持续耐久及保温节能提供了必要条件。

“壳”是一种理想的空间受力结构, 其强度和刚度极大, 且板架合一, 自重轻。目前大管径钢筋混凝土管和工业建筑中预制装配的“盒子”都已有了成熟的生产工艺。我们知道, 钢筋混凝土构件是充分利用钢筋受拉和混凝土受压的特点, 两者协同作用来完成结构任务的。同样, 如果利用现有工艺制作以“间”为单位的薄筒壳, 并与土体堆积相结合, 利用土体的承压性和稳定性及筒壳的刚性, 就可以构成稳定的使用空间, 并且可以堆建多层的掩土—薄壳建筑(图1)。为了叙述方便, 我们暂且将其称之为“堆积建筑”, 其结构形式称作“堆积结构”。

就图1所示的模型, 很难将堆积建筑与窑洞区分开来, 甚至很容易使我们联想到古巴比伦的空中花园。事实上, 早期窑洞是人们在固结的土体上直接开挖、未扰动部

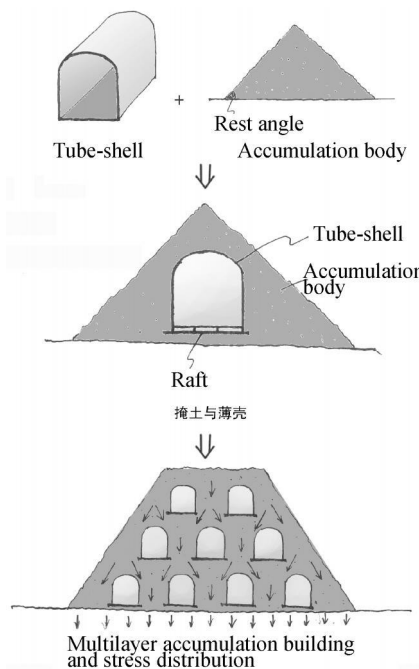


图1 多层堆积建筑模型

Fig. 1 Multilayer accumulation building model

收稿日期: 2010-03-17 修改稿日期: 2011-04-12

作者简介: 刘文翰(1964), 男, 新疆昌吉人, 国家注册城市规划师, 新疆建筑科学研究院工程师, 主要从事建筑、城市规划与景观综合设计。

分作为结构构件形成使用空间. 其空间跨度、层窑开挖的竖向间距都受到很大限制. 改进后的窑洞使用砖、石等衬砌拱券或拱券覆土. 例如延安大学窑洞建筑群以及兰州白塔山的“双零建筑”等均属此类^[2]. 就其结构功能来说, 砌体拱券与堆积建筑的筒壳作用是相同的, 区别在于筒壳可以用现代工业的材料与工艺进行批量生产和机械化施工, 正是这一区别可以使窑洞这一最古老建筑产生质的蜕变. 我们可以设想, 在筏板上安装筒壳, 然后覆土进行层层堆建, 筒壳在水平和垂直方向都保持一定间距(图 2). 将壳顶的曲线设计为合理的拱轴线, 使其弯矩和剪应力为零, 有此产生的侧推力与侧向土的压力相抵, 从而保证筒壳有足够的空间刚度. 而每个壳体基本上只承受上部土的均布荷载, 所有重力荷载都会均匀传递下去, 即由土体来保证堆积建筑的整体稳定, 而由“壳”来保证内部空间刚度.

2 设计方法

2.1 内部空间构成

与堆积建筑相比, 现有的各种建筑(包括木结构、砌体结构、钢筋混凝土结构以及钢结构等)都可视为钢性整体结构. 其特点是使用空间集中, 外墙和屋面构成总体空间, 楼面和内墙分割内部空间. 而堆积建筑各筒壳之间相对比较分散, 内空间呈孔洞状. 因此其平面组织就不能使用现有的习惯性方式, 而应该采用类似电路、管路的组织方式. 例如对各主要使用空间用内部廊道和外部平台进行“串联”、“并联”、“放射”, 以及按不同使用要求进行组合; 在竖向上除简单分层外, 也可采用错层、跃层等方式(图 3). 把刚性建筑设计为倒锥体是不符合结构逻辑的, 但由锥体组合成的倒锥形空间却非常合理(图 4). 根据使用要求, 还可将堆积结构与其他结构形式相结合, 如与框架结构、大跨度空间结构, 使内空间呈现丰富的变化(图 5).

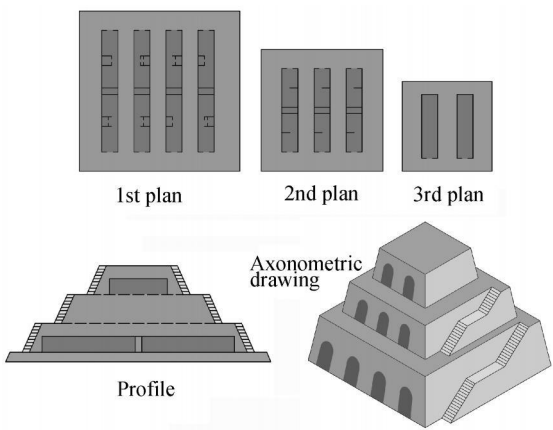


图 2 堆积建筑基本模型设计
Fig. 2 Basic design model of accumulation building

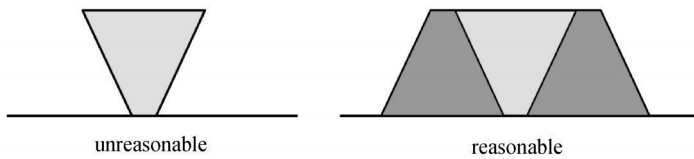


图 4 合理与不合理的锥体组合对比
Fig. 4 Contrast of reasonable and un-reasonable cone combination

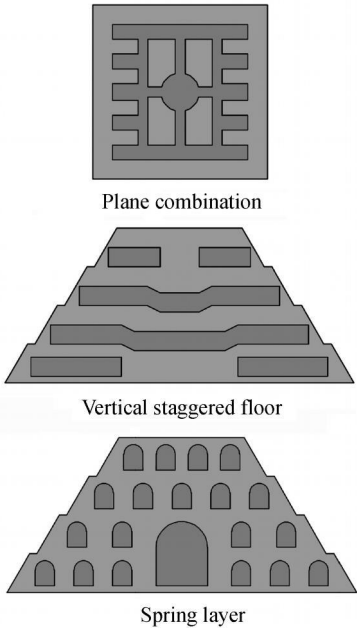


图 3 堆积建筑的几种内空间组织方式
Fig. 3 Several space organization manners of accumulation buildings

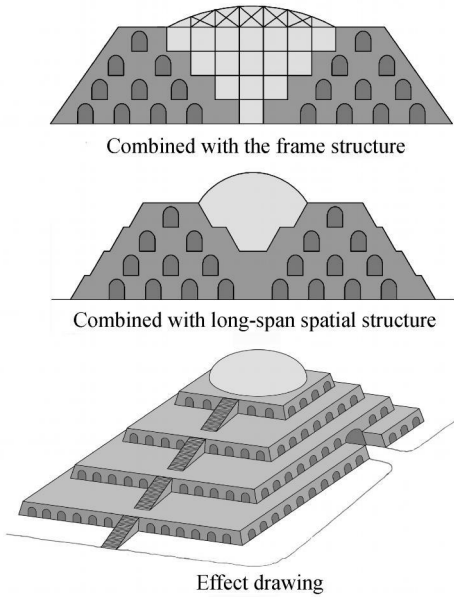


图 5 堆积建筑的结构设想
Fig. 5 Tentative ideas of structures of accumulation buildings

2.2 外部形式

堆积结构的力学特性决定了其建筑外型为典型的山体外貌,基本形状为锥形或堤型,局部呈台地或梯田状.它不像刚性建筑,每个结构单元都会受到尺寸限制,而是可以不断地延伸、扩大和加高,坡度也可以有陡缓变化.规则式设计可以有条型、环形、交叉以及它们的各种组合,以构成开敞或围合的外部空间形式(图 6).

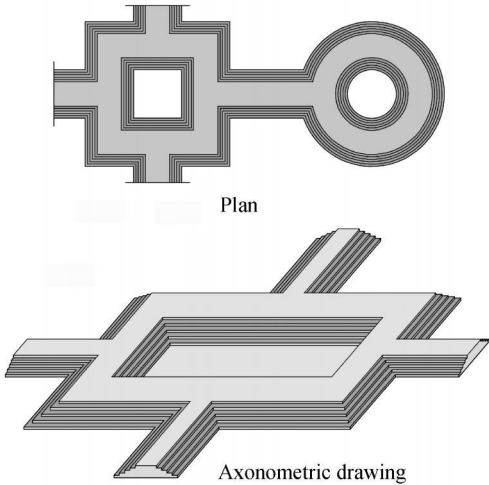


图 6 两种规则式设计
Fig. 6 Two regular design forms

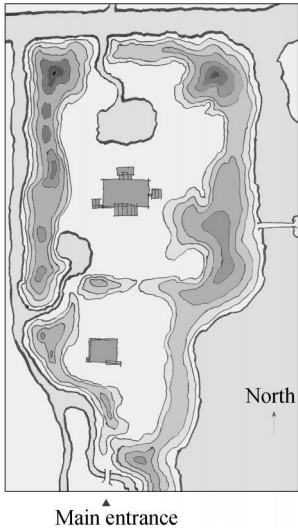


图 7 “廓然大公”地形示意
Fig. 7 Sketch of landform of Kuorandagong

真正能体现堆积建筑魅力的是自然式设计,它不仅能充分利用自然地形条件,降低建造成本,而且能够营造出柔和而丰富的景观效果,凸显出原始地形特有的风貌.在中国古典园林中,掇山理水的造园手法是非常值得借鉴的.如圆明园“廓然大公”景点,这是一个地形处理的经典案例(图 7).它是由周边山体和中部横亘的低丘构成一大一小两个围合的空间,入口在北侧,通过曲折的路径和空间有序的收放,获得了欲扬先抑、步移景异的奇妙空间感受^[4].图 8 显示的是本文作者以其为蓝本进行演绎设计的建筑群组合.

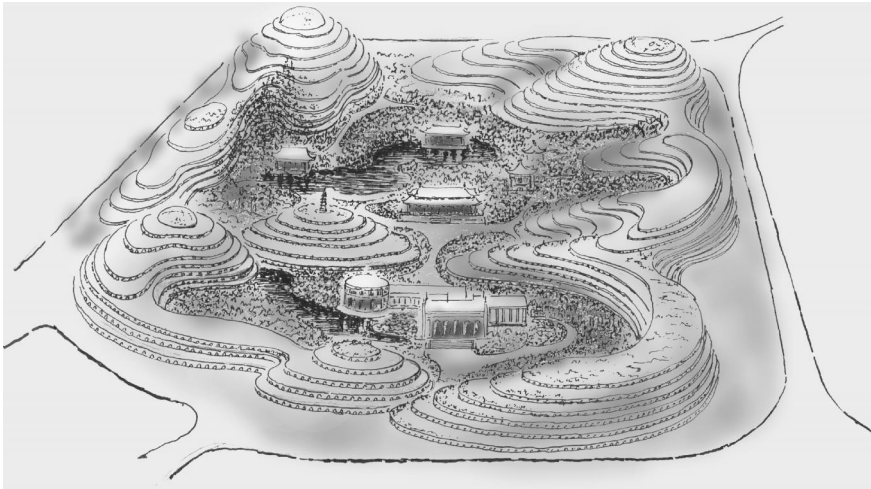


图 8 “廓然大公”建筑群组合演绎设计
Fig. 8 Deductive design of architecture group in Kuorandagong

3 营造方式

3.1 构成特点

堆积建筑的施工与目前建筑工程相比,所需工程机械设备、施工技术和操作程序等要简单得多,刚性材料(如钢筋混凝土)用量少而土方工程量大.由于堆积建筑与地面是一体的,对工程地质的要求不是

很高,也不存在地基处理问题.与刚性建筑相比,存在如下几方面的特点:

首先,刚性建筑无论是垂直构件还是水平构件几乎都是刚性衔接,从基础到屋顶环环相扣,非常严密,尤其是节点部分,对钢筋搭接、支模现浇以及施工缝、变形缝处理等技术措施都有很严格的要求,如果任何一个环节出现问题都有可能使整个建筑损毁.而堆积建筑是各层和各壳体单元的安放与堆埋,壳体之间是由松散的土作为介质和受力体.因此在施工中主要是把握好壳体的临时固定和土体铺设碾压的均匀性.

其次,刚性建筑尤其是钢筋混凝土建筑的主体结构施工过程中,设备体系非常庞大,从支架、模板到塔吊等不一而足.由于钢材用量大,锈蚀现象也比较严重.此外,模板的重复利用次数也很有限,即便是预制装配结构,现场的湿作业也很多.而堆积结构的现场施工主要是筒壳吊装和土方工程,所需设备和施工工艺相对简单,适用于矿山和工程机械,也适用于最传统的人工方式.

再次,堆积建筑工程也可划分为主体结构工程、装饰装修工程以及暖通、空调、给排水、电力等设备安装工程.其中,室外装修主要是室外平台的地面铺装和绿化,也可根据需要对大的斜面护坡进行艺术处理,至于室内装修和设备安装等,采用目前的常规做法即可.

3.2 壳体的预制和安装

壳体可以由两部分构成:一部分是作为基础的筏板,其作用是使土体受力均匀以防止壳体倾斜,它可以预制,但现浇为佳,以便使底面和地面充分接触;另一部分是预制筒壳,图 9 显示的是筒壳剖面及构造示意图.筒壳由顶部曲面板、两面侧板和底部架空平板构成.架空部分可以用来铺设管线.筒壳可以“间”为单位进行预制,类似“盒子”建筑.也可以为了运输方便,将平板和曲面板分别预制,现场拼装.曲面板宜为 $1/3$ 圆管(剖面线型失高为跨度的 0.284 倍,近似合理拱轴线),曲面板受力合理,加工制作可以用圆管的生产方式,即用隔离材料将圆管三等分.这样就可以充分利用现有的管件的生产工艺.构件需要有很好的防水防潮性能,现有的技术条件可以很好地解决这些问题.制作筒壳的材料除了钢筋混凝土外,金属板和合成高分子等轻质高强材料也都可以选用.壳体安装可以使用常规设备,而土体填埋为避免壳体错位需要临时固定.

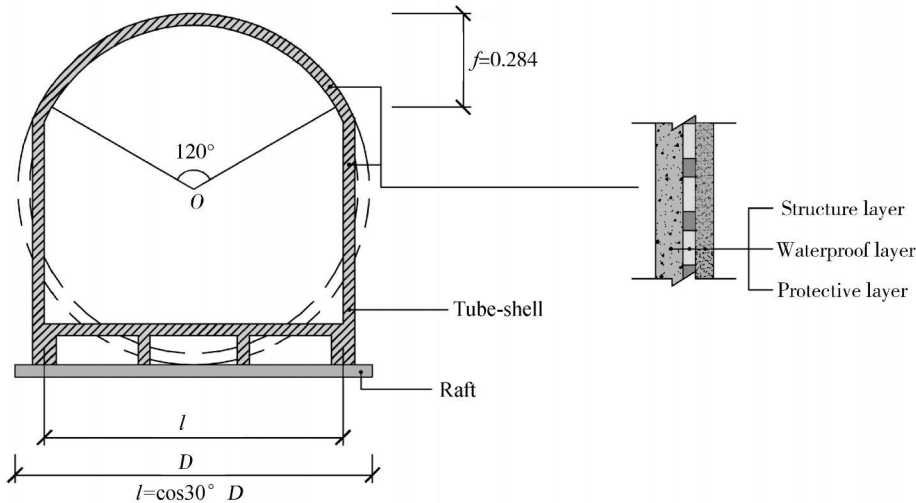


图 9 筒壳剖面及构造示意图

Fig. 9 Sketch of section and construction of tube shell

3.3 土方工程

堆积建筑的方案设计从某种意义上说是一种地形竖向设计,基本原则应该是“就地平衡”、减少运距,并且尽可能上挖下填以降低工程造价.另外,自然地形地貌是在风蚀、冲刷、洪积以及地壳运动等长期地质作用下形成的,应尽可能保持和顺应原始地形,这就意味着顺应场地及气候环境,使建筑保持长

期稳定.土方工程的实施可能有以下几种基本形式:

(1)“挖湖堆山”(图 10):这种方式适用于有弃土要求的构筑物(如下沉广场、人工湖、地铁等)以及自身需要地下使用空间的平坦场地.

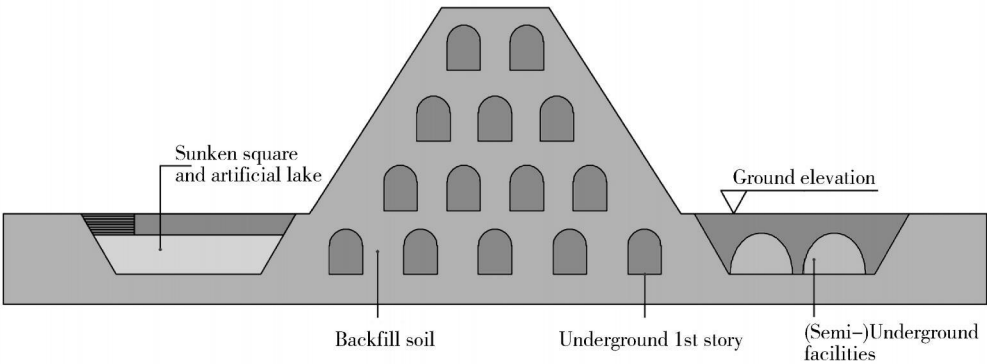


图 10 “挖湖堆山”示意图
Fig. 10 Sketch: digging a lake to pile a hill

- (2)整体位移(图 11):适用于建筑规模与山体体量相应的情形.
- (3)台地延伸(图 12):适用于原山体体量大、建造层数多的情况.施工时,土方挖填由山顶沿斜面自上而下、各台地沿坡角向外延伸,逐层进行.此法施工方便,成本低.
- (4)客土堆填:即堆填土由场外运进,其中废弃建筑拆除后的建筑垃圾特别值得关注.目前建筑垃圾基本作为废弃物被弃致在城市周边不仅造成环境污染,而且浪费土地资源.如果将它进行适当粉碎处理,就可成为很好的堆积材料.

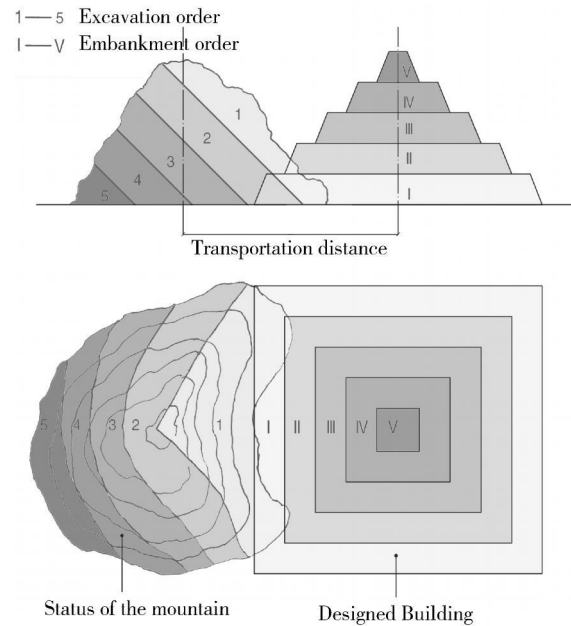


图 11 “整体位移”示意图
Fig. 11 Sketch of a holistic displacement

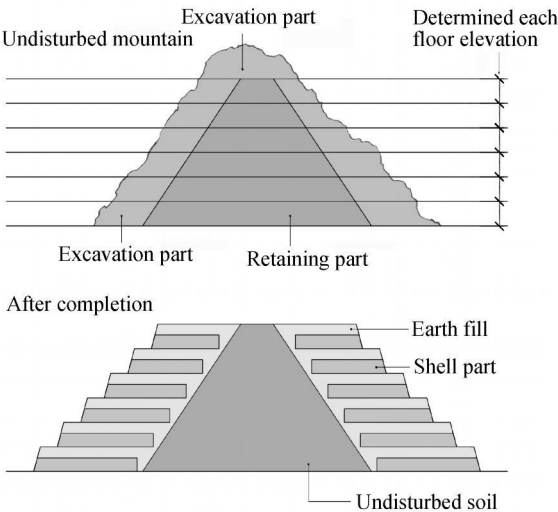


图 12 “台地延伸”示意图
Fig. 12 Sketch of mesa extension

4 应用前景

堆积建筑可以被视为掩土建筑与窑洞的改进,但因为引入了现代工业生产要素,有可能成为一种另类型体系,这一体系如果被认同,会对一些地区城市发展、景观优化、环境友好以及可持续发展等产生不可

忽视的影响. 可以从以下几方面来考虑:

(1)城市发展方向和用地选择: 目前城市建设用地选择的一个主要因素是工程地质条件, 其主要由地形坡度和地基承载力决定. 通常优先选择地形变化简单、地基承载力高的地段. 建筑场地取向为“平坦、密实、开阔”^[9], 而堆积建筑几乎不受地基承载力的限制, 从设计和建造上可知是依地形而建. 这就为城市未来的发展方向提供了新的选择.

(2)城市竖向规划: 目前的城市竖向规划仅限于各种规划用地坡度的控制和场地的地面排水需求, 在我国城市规划法规体系中, 对地下空间的开发利用也只做了一些必要的规定. 虽然在《城市地下空间开发利用管理规定》中提出“竖向分层立体综合开发”, 但真正进入地下的设施除地铁、市政管网和建筑物地下室外, 并未进行系统的整体开发; 在场地设计中, 地面设计标高是以平均高程确定的, 即只是为了场地平整. 堆积建筑从某种程度上也是地形的利用与改造, 其斜面与地面构成了一个连续起伏的下垫面. 因此必须对地面各层台地和地下进行统一的高程策划、“分层立体综合开发”才有实际意义. 有人曾设想将城市底层全部架空, 其用意很容易理解. 以堆积建筑为骨架的城市, 在竖向规划中, 根据地形、使用要求和土方平衡推算出基准高程, 可将城市竖向空间分为上下两个基本部分, 下部主要为交通、市政和仓储等基础设施层, 上部为居住和工作等主要使用空间层(图13).

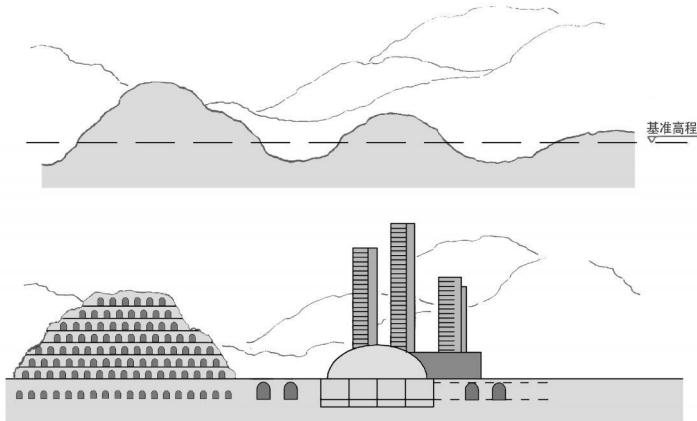


图13 城市竖向规划示意图

Fig. 13 Sketch of the vertical layout of a city

(3)城市景观与绿地系统:

尽管城市总体设计贯穿在城市规划的整个过程中, 但可以操控的部分非常有限, 只能在凯文·林奇的“路径、边缘、节点、(局部)区域、标志物”景观五要素方面进行控制. 城市是逐渐成长起来的, 以政府为主导的城市规划一般深入到控制性详细规划层面. 由于结构决定了建筑的基本形态, 因而“高楼林立, 千市一面”也就成为一种必然. 堆积建筑的特点是不受间距限制^[5], “单体”建筑之间没有明确的界限, “山脉”可以延续和起伏变化. 城市设计可以把握好这些“山脉”走向和变化, 形成良好的空间形态. 建设者为节约成本, 都会尽可能使原地形不发生大的变化, 这就在客观上为城市景观规划设计提供了实现的可能(图14). 堆积建筑可以称得上是典型的“双零建筑”, 如果以它作为城市的主要建筑类型, 那么它的表面可以基本上被绿地所覆盖, 生态环境将大为改观, 人们将有可能看到一个真正绿色的“山水城市”.

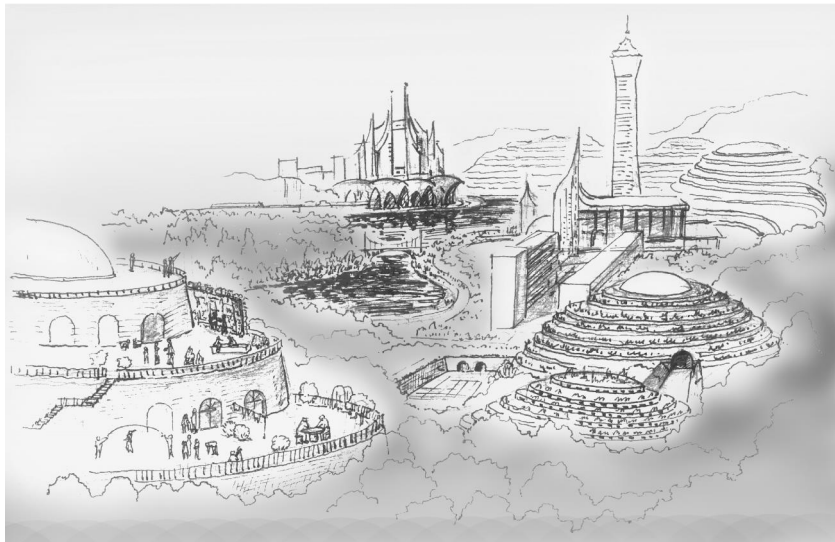


图14 城市景观构想图示

Fig. 14 Blue print of city landscape

5 评价与思考

5.1 综合评价

建筑设计的基本原则是“安全、适用、经济、美观”。“适用”一方面指建筑的各使用空间(包括主要使用部分、次要部分和交通联系部分)的尺度及组织方式符合使用要求;另一方面指内部空间的物理环境(如采光、通风、温度、湿度及设备)符合使用要求。刚性建筑的各房间和走道之间往往只是一墙之隔,而堆积建筑往往需要穿越狭长的通道,在内部空间组织上不如刚性建筑紧密,但就内外空间关系来看却比多层和高层建筑优越得多,主要是由于其各层边缘都有独立的出入口,使各层平台形成了良好的户外空间。对于现有的多层和高层建筑住宅,由于室内外是由垂直交通联系的,往往使大部分居民较长时间呆在室内,而面积局促的阳台也很难满足户外活动要求。

采光和通风是堆积建筑需要重点解决的问题。堆积建筑不具备刚性建筑的条件,需要由人工光源和通风设备补充。但相关研究表明,这一部分能耗与节能效应相比在经济运行上是非常划算的^[9]。由于堆积体的柔性和稳定性以及便捷的对外联系,它的抗震和防火特点是不言而喻的。堆积建筑本身可以作为防空掩体,因而他又是一种很好的“平战结合”体系。

堆积建筑的“经济性”体现在一次性投资和使用期限上,使用期限越长则经济效应越好。现代工业建筑的设计基准期一般为 50~100 a,这些建筑的建造和使用是依靠消耗大量的不可再生资源。这些资源的形成往往经过漫长地质年代,如果从寒武纪算起大约有六亿年的时间。与这样的地质年代相比,当代工业化建筑只能算是“一次性用品”。合理的资源分配应当是:用不可再生资源生产永久性产品,用可再生资源进行日常的使用和维护。

在土体固结和稳定的过程中,堆积建筑逐渐成为结构主体,其耐久期限可与现存的墓穴、洞窟及金字塔相媲美。我们可以使用这样一个简单逻辑:被压碎的物体是不存在受压破坏的,已经风化的物质不可能再被风化。因此,即便是人工合成的壳体在土体覆盖的环境中也会避免冻融破坏。此外,堆积建筑外形柔和、延绵起伏,它不仅不排斥刚性建筑,而且可以和刚性建筑共同形成刚柔并济的景观效果,同时以大量堆积建筑来烘托陪衬地标性建筑,也是堆积建筑美学价值的体现。

5.2 思考

关于绿色建筑与城市生态或是人居环境的研究,大多活跃在发达国家和地区,并且在很大程度上依赖高科技成果和先进手段。例如在杨经文设计的建筑中,所谓“生态仓”以及屋顶花园很难推广普及^[7]。原因很简单,因为其本身并不具备经济的可行性,只是以很大的代价换取的一种概念性东西,或者说是一种奢侈品。另外,太阳能集热、风力发电以及其他一些措施都依赖于国家和地区的现实经济技术条件,发展中国家和经济不发达地区难以承受。

进入后工业时期国家的人口占世界总人口的比例并不大,但已经消耗了大量的不可再生资源。而发展中国家如果以同样的方式完成工业化进程,社会可持续发展就面临着巨大的挑战。因此,生态环境问题就成了需要与工业化同步解决的问题。想要有效地解决这一问题,就必须一方面关注前沿技术成果,同时必须立足于现有的经济技术条件。我们可以用先进的技术解决传统问题,同时也要考虑用传统方法解决新问题。例如地窖是一种传统的保温方法,壳体的预制安装就可以使用成熟的工艺技术,而风能和太阳能的利用又是现代科技成果的体现——无论采用什么方式,创新思维对于“传统”和“现代”的理解都应该是辩证的。

致谢:本文相关图件由新疆建筑科学研究院赵亮制作完成,特此感谢。

参考文献 References

[1] 徐东强,刘熙媛.土力学[M].北京:中国建材工业出版社,2006.

XU Dong-qiang, LIU Xi-yuan. Soil Mechanics [M]. Beijing: China Building Material Industry Publishing House,

2006.

- [2] 夏云, 夏葵, 施燕. 生态与可持续建筑[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
XIA Yun, XIA Kui, SHI Yan. Ecological and Sustainable Building[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2001.
- [3] 胡冗冗, 石峰, 何文芳, 等. 陕南山地民居的演变与发展[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2009, 41(6): 841-845.
HU Rong-rong, SHI Feng, HE Wen-fang, et al. The changing course and development of the rural houses in mountain area in southern Shaanxi[J]. J. of Xi'an University of Architecture & Technology: Natural Science Edition, 2009, 41(6): 841-845.
- [4] 唐学山, 李雄, 曹礼昆. 园林设计[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
TANG Xue-shan, LI Xiong, CAO Li-kun. Landscape Design[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1997.
- [5] 李德华. 城市规划原理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
LI De-hua. Principles of Urban Planning[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2001.
- [6] 夏海山. 城市建筑的生态转型与整体设计[M]. 南京: 东南大学出版社, 2006: 52-55.
XIA Hai-shan. Ecotypic Transformation and Holistic Design of Urban Architecture[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2006: 52-55.
- [7] 曹伟. 城市建筑的生态图景[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
CAO Wei. City Ecological Prospect of Architecture[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

The earth-shelter and thin shuck: Imagining a multilayer hummock building

LIU Wen-han, AN Ze-qin, LIU Yuan

(1. Xinjiang Academe of Architecture Science, Urumqi 830054, China;

2. The College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract The designers try to use the mechanics characteristics of soil and shell, and design a multilayer hummock building in order to give play to earth sheltered buildings' potential ability in saving energy. The authors expound the principles of structure, methods of design, ways and means of construction and impact of such system on future city planning and city landscape layout. This is a kind of ideal human settlement that can save a great deal of resources under the prevailing economy and technology conditions.

Key words earth-shelter; thin shuck; hummock building