

多面体几何先锋实验：兹维·赫克的模块化建筑设计研究、实践及启示

Pioneering Experiments in Polyhedral Geometry: Research, Practice and Insights from Zvi Hecker's Modular Architectural Design

齐奕 | QI Yi 白怡夫 | BAI Yifu 吴昆 | WU Kun

中图分类号: TU-024 文献标志码: A 文章编号: 1001-6740 (2024) 06-0123-09 DOI: 10.12285/jzs.2023118001

摘要: 从模块化建筑视角分析以色列建筑师兹维·赫克的设计方法论。在回溯二战后工业化、模块化建筑设计的诞生背景与发展历程基础上, 介绍赫克的设计成长经历、思想源泉、风格变迁, 并结合 3 个案例分析其运用多面体进行空间造型设计的理念与方法。重点以拉莫特集合住宅为例, 从布局形态、单元形制、建造方式、更新状态四方面剖析其模块化设计方法与策略, 旨在为完善预制装配式建筑设计理论体系贡献经典案例, 为模块化建筑设计实践提供方法参考。

关键词: 装配式建筑、模块化建筑、兹维·赫克、多面体、设计方法论

Abstract: Examining Zvi Hecker's post-World War II design approach in modular architecture, this analysis explores his evolution, influences, and stylistic transitions. Three case studies, employing polyhedra, dissect Hecker's spatial modeling concepts. Focusing on the Lamotte Collection Residence, the modular design methodology is examined through layout, unit structure, construction techniques, and adaptability. Enriching the theoretical framework of prefabricated assembly architectural design, this study presents Hecker's cases as exemplary contributions, offering methodological insights for modular architectural practitioners.

Keywords: Prefabricated building, Modular architecture, Zvi Hecker, Polyhedron, Design methodology

一、引言

作者:

齐奕, 深圳大学建筑与城市规划学院, 亚热带建筑与城市科学全国重点实验室, 长聘副教授, 博士生导师, 副院长;
白怡夫, 深圳大学建筑与城市规划学院, 硕士研究生;
吴昆 (通讯作者), 深圳大学艺术学部, 副教授。

国家自然科学基金面上项目 (52378024); 国家重点研发计划专项 (2023YFC3807400); 广东省自然科学基金面上项目 (2024A1515010839)。

录用日期: 2024-04

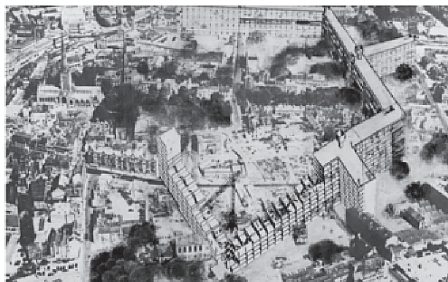
伴随着设计、制造、建造技术的迅速发展, 以及建筑业新型工业化转型的实际需求, 装配式、模块化再度成为广受关注的建筑议题。事实上, 早在一个世纪前, 诸多现代建筑巨擘就曾展开过相关设计理论研究与实践, “像汽车一样造房子”成为工业化时代众多建筑师所追寻的目标^[1]。

一战至二战前后, 为解决战争破坏及人口激增等问题带来的城市建设矛盾, 格罗皮乌斯、康拉德·瓦克斯曼、柯布西耶^[2]等人先后进行过装

配式或模块化建筑设计构想^[3] (图 1), 相关成果迅速涌现; 而过度标准化范式造就的单一化城市图景, 在这一时期很快招致学界的批判, 一众先锋建筑师先后对当时建筑工业化的发展进行了一系列反思与探索, 如史密斯夫妇的罗宾伍德花园与保罗·鲁道夫所倡导“情感建筑” (Emotional Architecture)、“多向空间建筑” (Multidirectional Spatial Architecture) 新型预制建筑设计方法理论, 等等^[4]; 到了战后 1960—1970 年代, 随着社会经济的恢复, 更为多样化的装配式和模块化建筑设计相继出现^[5], 如彼得·库克“插件城市”的多功能模块化综合城市构想, 以及摩西·萨夫迪



a) 格罗皮乌斯提出的“大型预制套件系统”构想

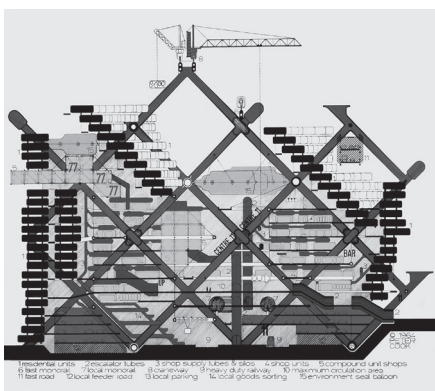


b) 罗宾伍德花园, 史密斯夫妇社会住宅竞赛作品

图1: 一战至二战前后欧洲建筑学人的反思与实验



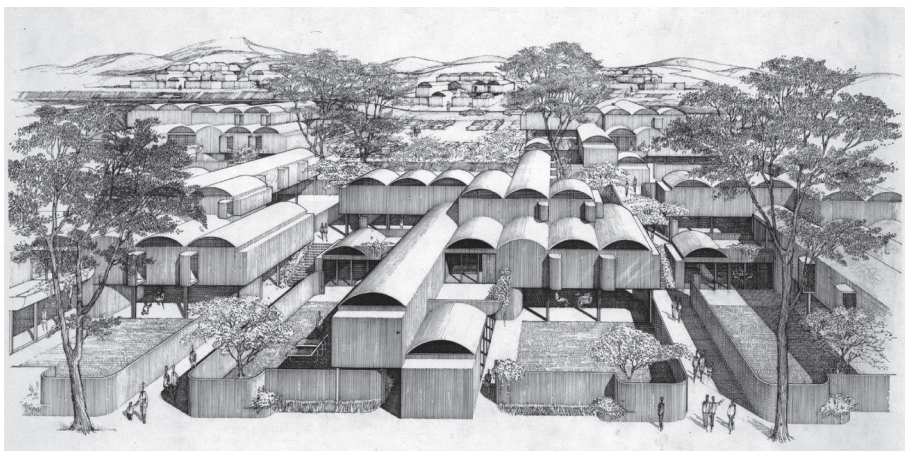
c) 鲁道夫提出的“多向空间建筑”构想



a) 建筑电讯派彼得·库克的“插件城市”构想



b) 摩西·萨夫迪的67号集合住宅



c) 保罗·鲁道夫的东方共济会花园

图2: 20世纪60—70年代部分建筑工业化构想与实践

的67号集合住宅等作品(图2), 这些实践展现出模块化建筑的多元潜力^[6]。从技术史、设计史角度来看, 既往的装配式建筑设计的“成”与“败”、设计思想、建

造工法仍具有较高价值, 可为今日的新型建筑工业化提供理论养分和实践参照。

兹维·赫克(Zvi Hecker, 1931—2023)是现当代以色列享誉盛名的建筑师, 拥有



图3: 兹维·赫克

建筑师、艺术家、画家多重身份, 曾担任美国、加拿大、以色列、奥地利等多个国家大学的客座教授(图3)。其设计早期强调几何与模块, 后转向不对称性, 设计作品分布于以色列、德国、法国等多个国家。赫克曾在多项建筑竞赛中获奖, 如1996年获德国建筑评论家奖、1999年获以色列雷赫特建筑奖。20世纪90年代开始, 他先后参加了第五届到第十届共5届威尼斯建筑双年展。自2013年以来, 他一直是美国建筑师学会(AIA)的荣誉会员, 并于2016年获得克拉科夫理工学院科学委员会颁发的梅伦蒂布斯(Merentibus)奖章。赫克长期致力于模块化建筑设计, 其设计思想与方法对当今装配式建筑设计研究与实践依然大有裨益。

二、潜流探源: 兹维·赫克设计思想形成与转变

1. 设计思想形成背景

1931年, 兹维·赫克出生于波兰克拉科夫(Krakow), 属于波兰犹太裔。第二次世界大战结束后, 赫克回到克拉科夫, 进入克拉科夫理工学院建筑学院(School of Architecture at the Krakow Polytechnic)学习。随后跟随父母移民以色列, 1954年进入以色列理工学院(Technion Israel Institute of Technology)学习建筑并于次年获得工程和建筑学位。在随后两年时间中, 他在特拉维夫的阿夫尼艺术学院(Avni Academy of Art)学习绘画。早期的求学经历使得赫克的工程与艺术思维均得到强化, 为其后期兼具理性与感性的建筑

创作奠定了基础。由于早期接受过系统的美术训练,赫克的建筑图纸有着极高艺术表达力(图4),其建筑图纸先后在柏林犹太人博物馆、波兰弗罗茨瓦夫建筑博物馆等地展出^[7]。

2. 标准化设计时期

20世纪中叶的以色列建筑面临两个挑战:一是如何在未开发的土地上快速建造,满足大量人群居住需求;二是怎样在设计中凸显身份认同,创造出一种新的建筑形式^[8]。

1959年,兹维·赫克受导师——时任以色列理工学院建筑学院院长阿尔弗雷德·纽曼(Alfred Neumann)教授^①邀请,与其一同在特拉维夫创办个人建筑事务所。

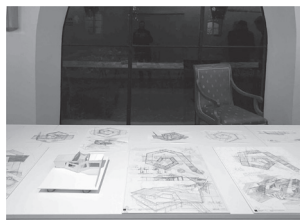
受柯布西耶“模度”理论及粗野主义思想影响,赫克一直关注基于“几何原型”的形式表达,尤其关注混凝土在体积感及雕塑感等方面的丰富体现力。在其实践早期,他的作品仍带有鲜明的现代主义特点,却又不乏个性化的创新,他先后跟随导师纽曼创作了一系列重要的以色列公共建筑,诠释出具有以色列特点的现代建筑形象。如阿奇齐夫假日营地(Club Med Holiday Camp, 1960—1961年)、巴特亚姆市政厅(Bat Yam City Hall, 1961—1963年)、内盖夫犹太教堂(Synagogue, 1967—1969年)等建筑(图5)。在这些实践作品中,可以鲜明地看到其中的标准化、模数化及理性的比例控制等特点,主要体现在空间组织、空间构成秩序(网格、几何、模数)以及形态元素构成等方面^[9]。

3. 自由化设计时期

20世纪70年代以后,赫克开始广泛汲取生物学、仿生学等学科知识,他的作品不再拘泥于纯粹标准理性,开始转向更为自由的形式表达。在这个时期,赫克开始尝试更多的不规则形态,诸如螺旋形、放射形、折线形等,同时其坚持运用数学比例理性控制的设计手法,设计完成包括拉马特甘螺旋公寓楼(Spiral Apartment House in Ramat Gan, 1984年)、德国柏林海因茨·加林斯基学校小学部(Heinz-Galinski School, Primary School, 1995年)、德国杜伊斯堡犹太文化中心(The Jewish Cultural Centre, 1992—1999年)等一系列带有鲜明符号表征与个人特质的建筑(图6),这些作品充满力量与动感,同时



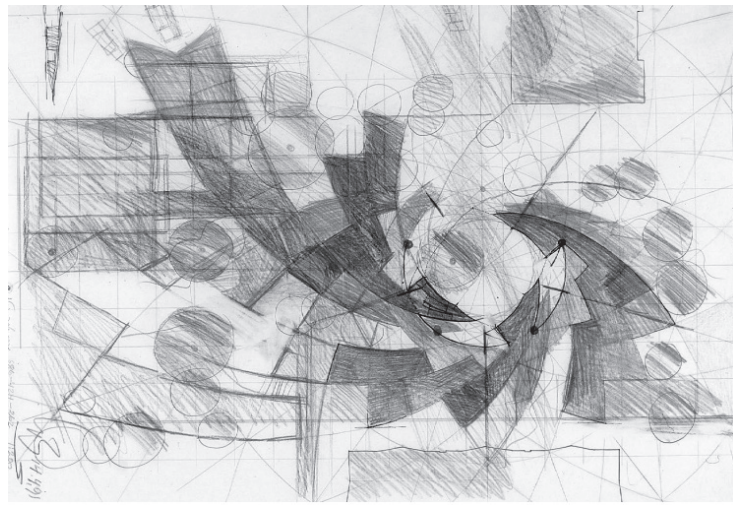
a) 赫克“思想之眼”展览



b) 赫克位于弗罗茨瓦夫建筑博物馆的展出手稿

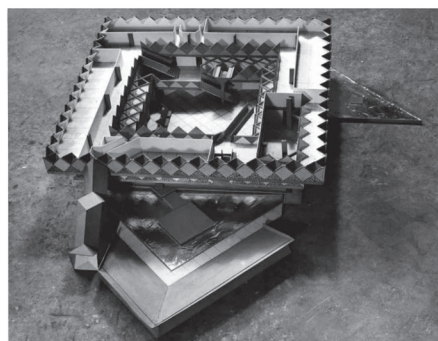


c) 赫克位于弗罗茨瓦夫建筑博物馆的作品展出现场

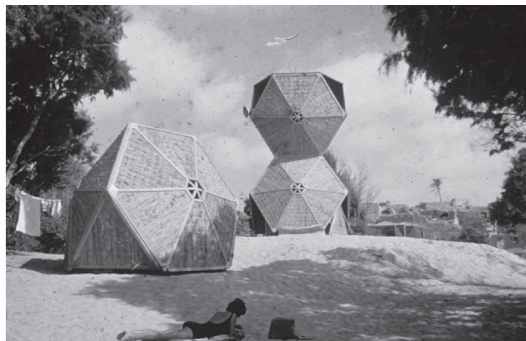


d) 赫克自由且充满动感的建筑草图

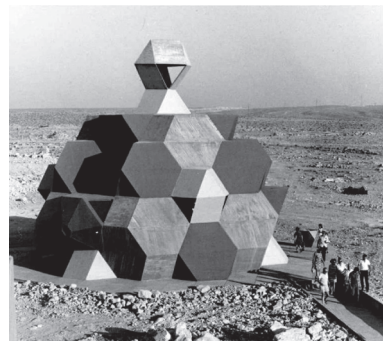
图4: 赫克的艺术及设计作品展览



a) 巴特亚姆市政厅模型



b) 阿奇齐夫假日营地小凉亭

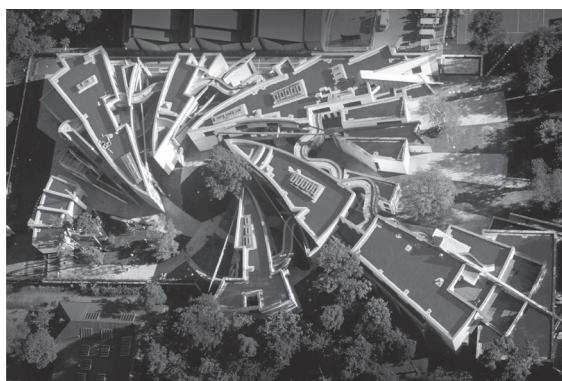


c) 内盖夫犹太教堂

图5: 赫克标准化设计时期的作品



a) 德国杜伊斯堡犹太文化中心



b) 德国柏林海因茨·加林斯基学校小学部



c) 拉马特甘螺旋公寓楼

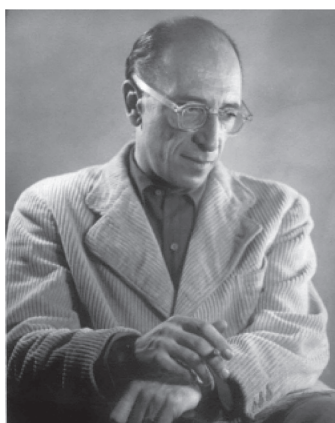
图 6: 赫克自由化设计时期作品

有着舒展自由的体量形态，与早期赫克的实践作品形成了鲜明对比^[7]。

三、先锋实验：“黄金几何”模块设计研究与实践

基于几何原型的模块化设计是赫克早期设计创作的主要特征。前文提及的阿奇齐夫假日营地、巴特亚姆市政厅、内盖夫犹太教堂是其与导师纽曼（图 7a）共同完成的。这些作品在一定程度上体现出纽曼与赫克早期模块化设计方法与策略。纽曼提出“体量单元”（volumetric units）理念，即通过具备一定体量的空间母题重复构成建筑整体，使之成为一个有机空间系统^[9]。

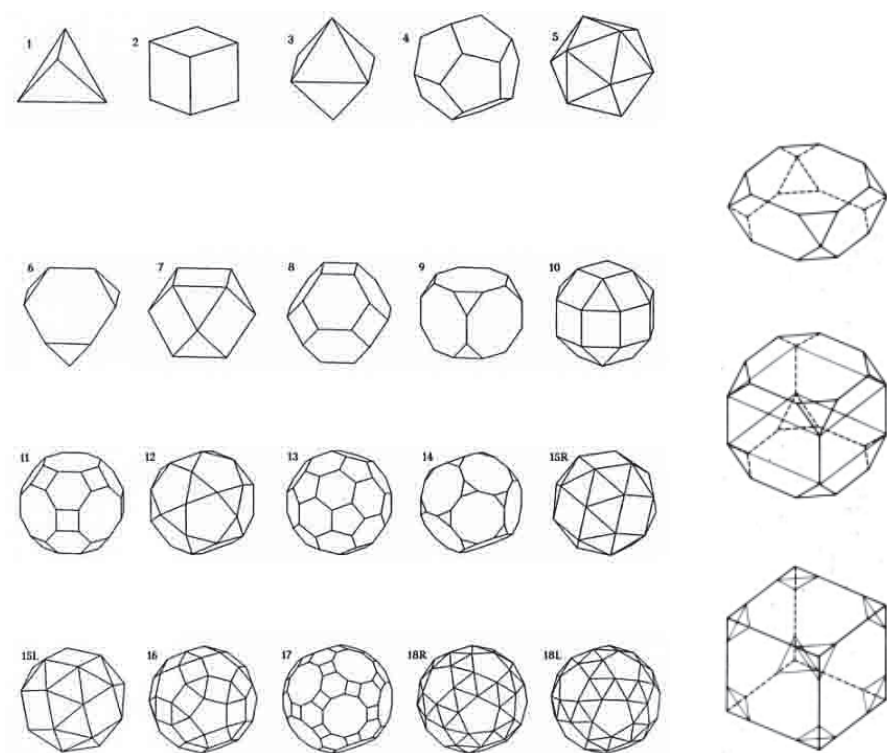
受导师纽曼“体量单元”理念影响，赫克并未局限于普遍意义上的现代主义“方盒子”，而是长期探索正多面体空间形态的多样化塑造。他有意避开直角，而是师法自然界中的“晶体几何”，借此研究出一系列基于“体量单元”空间设计方法与策略。他曾在一篇文章中提到：“长久以来，立方体一直是建筑设计的基础，以至于有些人甚至将多面体形式视为对传统的突破……我们必须认识到立方体只是众多多面体中的一种……我一直在探索设计中应用不同多面体的可能性”^[10]。从三角形、五边形、六边形、八边形等组合而成的正多面体，为建筑师提供了无限的创新原型。赫克在 1977 年的一篇文章中详细阐明“多面体”具有的三点优势：1) 与传统立方空间相比，



a) 阿尔弗雷德·纽曼



b) 纽曼与赫克一起工作间隙



c) 纽曼与赫克对于多面体模块的早期探索

图 7: 纽曼事务所的环境与早期研究

正多面体空间建造所需的表面积和材料更少; 2) 以十二面体为例, 其中两个板片之间的夹角角度为 $116^{\circ} 34'$, 相较于立方体 90° 空间而言, 有着更为开放宽敞的空间体验; 3) 在多面体的空间组织中, 多面体平面往往有着丰富的几何形态, 比起传统的正交网格而言, 其边界的可扩展性、形式的组织丰富性、不规则地形的适应性均更强^[10]。

经过一系列关于多面体的空间形态研究与实践, 赫克同纽曼(图7b)先后在以色列各地进行了大量多面体模块组合实验。得益于这一时期的思考与实践, 赫克逐渐发掘出基于正交的几何原型(图7c), 为实现建筑标准化、工业化设计与建造奠定了基础。

1. 阿奇齐夫假日营地 (Club Med Holiday Camp, Achziv, 1960—1961 年)

阿奇齐夫假日营地是纽曼与赫克首次将模块化理念从整体规划贯穿至建筑单体的一次设计。当时的地中海俱乐部营地公司(Club Mediterranee)希望将度假营地项目在中东地区推广, 于是在阿奇齐夫(Achziv)选定一处白色沙滩作为营地基地, 并委托纽曼事务所进行方案设计。在预算有限的情况下, 纽曼等出色地完成了整个设计方案。该设计由大约 300 间独立小屋、一系列公共单体建筑与小体量设施组成。在总体布局上, 纽曼与赫克在整个岸滩中引入六边形网格规划理念, 同时将单体营地小屋齐整地分散在组成六边形的每一个等边三角形单元网格中。在单体建筑中, 他们尝试运用模块化空间组装方式, 将模块单元设计成了由 3 个六边形面板组成的截断四面体形态。这些模块单元可横向扩展, 形成更大的公共空间。其中, 每一个模块单元可容纳 3 人, 面板略微凸出, 以加强其结构性能(图8)。六边形由 6 个三角形木框组成, 木框内填充了经过干燥和压制的稻草, 并用金属钉连接在木框上, 简单的结构和重复的元素保持了较低的成本, 同时这些简

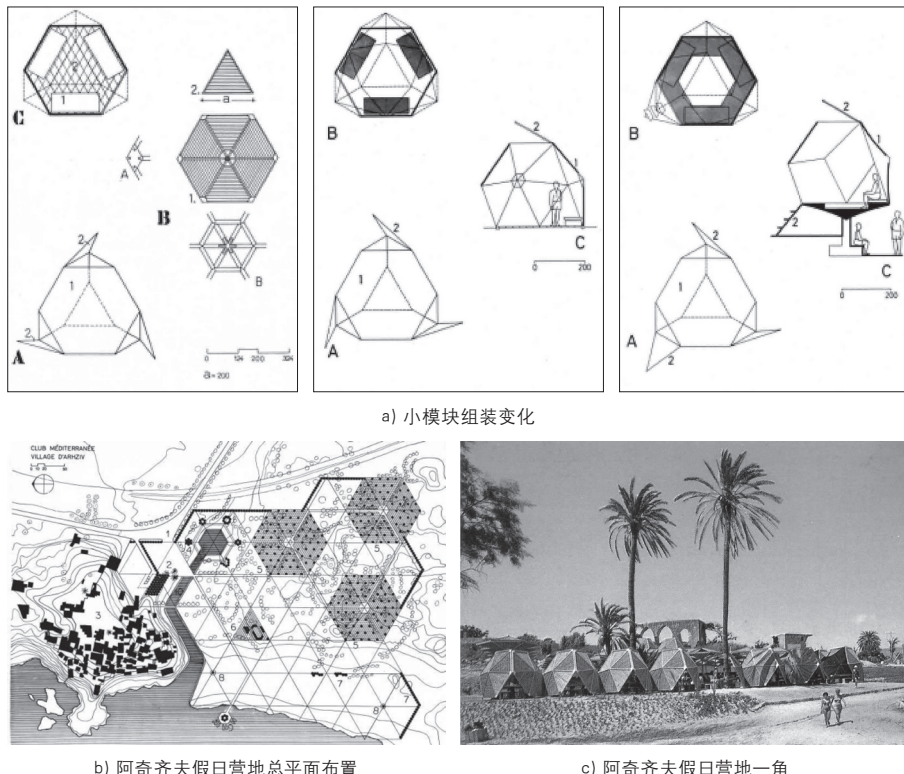


图 8: 阿奇齐夫假日营地设计

易的材料在冬天也较易被拆除、储存。

阿奇齐夫度假营地的设计获得了广泛的国际赞誉, 被当时的欧洲人认为是一种新型的海滩度假胜地, 纽曼事务所也因此迎来了事业的进一步发展, 更多人慕名前来向其委托项目^[11]。

2. 巴特亚姆市政厅 (the Bat Yam City Hall, 1961—1963 年)

巴特亚姆(Bat Yam)是特拉维夫南部一座小城, 当地政府希望在新城区建设市政厅, 纽曼事务所获得此项目的设计权, 赫克有幸参与其中。纽曼同赫克认为作为一个崭新的市政厅项目, 其位置应在未来的城市扩建区域中寻找一个可以作为城市发展的催化剂锚点, 以此提振巴特亚姆城市形象。经过一番角逐, 市政府官员同意了他们的提议, 选择一块位于南部的长方形场地, 此地距离地中海仅有 300 余米, 有着极其空旷宽裕的视野, 处在正在快速扩张的巴特亚姆边缘。

市政府官员给予纽曼与赫克极大发挥空间, 让他们进行自由创作, 因此市政厅

设计也成为他们关于多面体模块组织的初步试验。整幢建筑被设计成一个倒立三层金字塔形象, 大量运用了正八面体元素, 建筑师将这些正八面体基于形体拓扑与塑造进行了重组。最大的突破在于纽曼与赫克在平面维度上进行了非正交网格的尝试, 赫克与纽曼将整体正交网格进行了 45° 偏转, 形成了以正方体对角线为划分的结构网格。在总体布局上, 建筑与外围广场同样形成了 45° 偏转关系; 而在内部结构体系中, 均采用沿对角线交错布置的钢筋混凝土肋梁, 与整体走势形成了和谐统一的秩序。此外, 建筑立面设计采用十分系统整体的建构语言, 赫克与纽曼不再将立面视为二维上的图形表达, 而是将其作为一系列“房间体量组合”, 他们采用阵列的旋转 45° 正方形板片作为“体量元素”, 这些“体量元素”构成了建筑内部和谐排列与堆叠群组, 形成了丰富的立面表情。仔细观察会发现立面的板片并不是平坦的, 而是存在一定深度。整幢建筑作为一个“体量单元”的综合体, 可通过开窗的位置、几何形状以及悬垂天花板结构来识别其多重体量的组合逻辑。

巴特亚姆市政厅是 20 世纪下半叶以色列本土建筑的经典案例。它的设计极大扩展了赫克对于多面体建筑空间操作方法的认知边界。对于赫克而言,巴特亚姆市政厅设计是其多年来完成的第一个重要公共建筑作品,它实现了此前未曾尝试过的形体设想。在形构创新角度上,巴特亚姆市政厅也是纽曼与赫克首次尝试通过重复多面体模块单元形成整体建筑的先锋作品,其中的单元排列与组合遵循着几何体本身,建筑的立面不再止步于二维图形构法,而是由一个个有机“体量单元”组成,形成三维立体综合系统(图 9)。

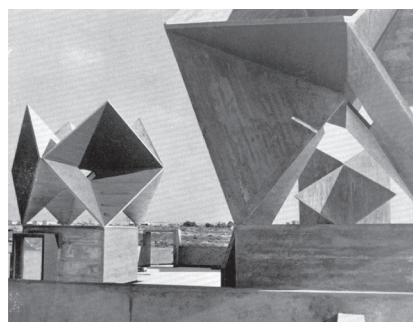
3. 内盖夫犹太教堂 (Synagogue in the Negev Desert, 1967—1969 年)

如果说巴特亚姆市政厅是纽曼与赫克对于“体量单元”创造建筑整体的首次研究,那么位于内盖夫的犹太教堂便是更进一步的纯粹几何表达。在设计中,赫克的探索从多面体几何空间转向多面体结构模块。这栋独特的建筑位于内盖夫沙漠一处训练基地中,由围绕着中央广场的 4 座建筑组成,整体结构由八面体非正交几何所组成,室内无柱网框架,突破了现代主义中的矩形网格框架,转向模块化多面体单元的矩阵系统。

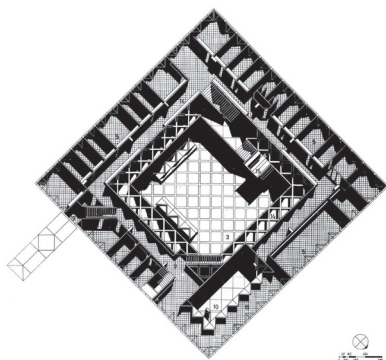
教堂的建筑面积不大,仅有 100m^2 ,其可容纳至少 100 人。平面以中央核心为聚焦,体现了犹太教堂的传统布局。其中有两个焦点:一个是被称为比玛 (Bimah) 的中央神台,用于经文阅读;另一个则是东端的方舟,由一个壁龛组成,放置《圣经》卷轴。入口位于指向耶路撒冷的轴线上。朝拜者的座位沿着轴线两侧布置,座位呈倾斜状,使朝拜者可以同时看到两个空间的焦点。犹太教堂的空间分为上下两层,下大上小,空间向上逐渐缩小。教堂在保留传统中轴对称的同时,还保持了两个重要空间焦点。六角形面板是构成建筑形体的基本单元,单元之间的三角形空间被设计成彩色玻璃窗,为室内提供光照;通风窗内置于建筑物突出的八面体上,它



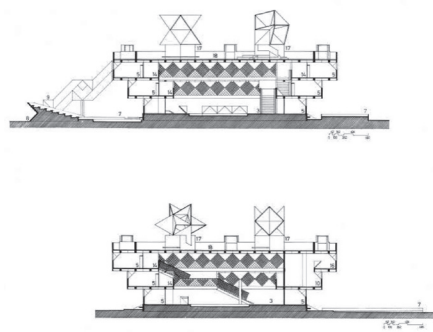
a) 巴特亚姆市政厅鸟瞰



b) 市政厅屋顶上的 4 座采光塔

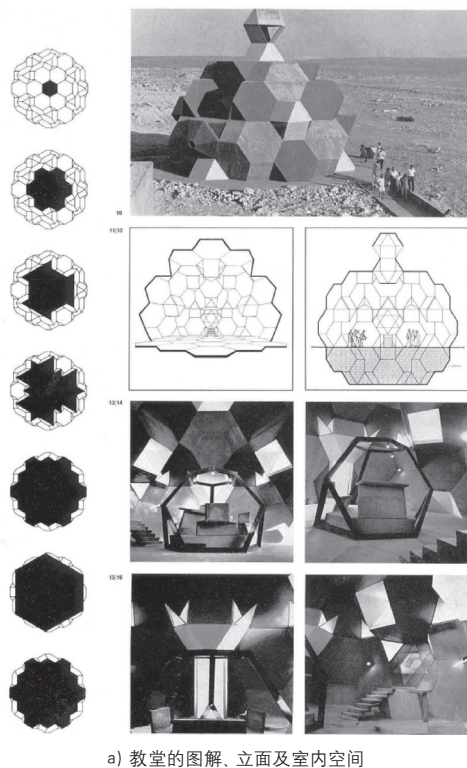


c) 巴特亚姆市政厅平面图



d) 巴特亚姆市政厅剖面图

图 9: 巴特亚姆市政厅设计



a) 教堂的图解、立面及室内空间



b) 教堂的模型与建成图

c) 光线通过天窗进入室内

图 10: 内盖夫犹太教堂设计

由两个相互叠加的八面体构成。光线依次透过这些八面体不规则三角形开口,并在其内部历经多重反射。这一设计巧妙地为室内环境引入柔和的自然光线,从而营造了一个更为纯粹的精神空间(图 10)。

内盖夫犹太教堂的设计反映了赫克同纽曼将“多面体建筑”用于“纯粹精神”纪念空间的大胆尝试,同时也是他们运用独特几何语言进行结构体系探索的一次创新表达,而这种“体量单元”的群簇与堆

叠模式为日后赫克的多维模块集群的组织探索奠定了基础^[10]。

四、模块进化：拉莫特波林集合住宅的个性化实践范本

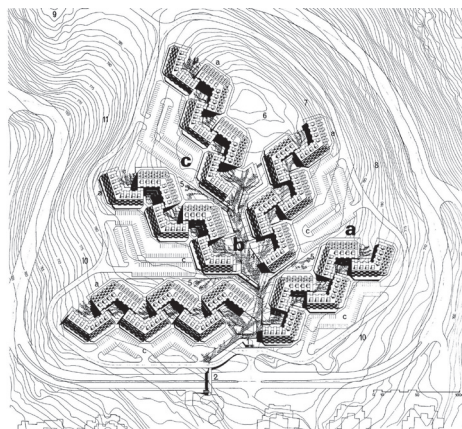
为应对迅速增长的外来移民等问题，1971年，以色列住房与建设部委托赫克进行耶路撒冷拉莫特波林住宅项目设计，以鼓励更多中等收入的家庭定居入住。尽管兹维·赫克作为纽曼事务所的第二合伙人，仍然很好地继承了纽曼“体量单元”设计思想的精髓，并希冀将其发扬光大。在此背景下，兹维·赫克雄心勃勃地开始了一系列关于有机形态学与“黄金几何”建筑学视角的创新思考，企图在耶路撒冷西北角的一片孤山上（图11）完成这个迄今为止最大规模的一次公共住房实验。



图 11：拉莫特波林住宅项目鸟瞰



a) 住宅布局的“手掌”隐喻



b) 项目总平面图

图 12：拉莫特波林住宅项目总体布局

1. 符号隐喻：蜂巢、手掌与向日葵

假若在既往实践探索中，赫克仍聚焦于多面体几何空间本体操作，那么在拉莫特集合住宅的设计中他则超越了形态研究的范畴，将工业语汇的“模块几何”转入至文化隐喻与符号表达之中。在这个规模达 72000 平方米的公共住宅项目中，赫克突破了微观形体几何的桎梏，在总体布局中运用了多重隐喻手法及符号表征，整体建筑布局呈现出一个放散式的舒展形态，以“手掌”形式铺展开来（图 12），每一根“手指”包含了 5~6 个 V 形、互相咬合的板式公寓，结构形成内部庭院以及人行道体系。这些空间系统在一定程度上也是赫克对于耶路撒冷旧城街道层层曲折的转译表达，旨在唤醒人们对传统庭院的空间记忆。

居住组团的空间组织中，赫克通过模

块几何的群集效应引申出另一重隐喻符号，这些非对称的 V 形板式公寓由 720 个不同大小的预制住房模块堆叠而成，赫克希望这些预制模块通过规模效应的组织，形成近似于“蜂巢集群”的效果，从而构成一种可以持续生长的城市集合体。从这个角度看，拉莫特集合住宅的设计已然超出了本体居住功能范畴，而被赋予了更为广阔的民族乃至宗教意义。

赫克结合生物学与仿生学，按向日葵种子排序进行立面设计。十二面体几何单元由五边形倾斜墙体和面板组成。赫克利用黄金分割比将模块进行精确排列，以此突破了传统板式公寓的单调造型，使形式与有机生物世界产生了微妙而深刻的联系。

2. 模块进化：“晶体”单元的形制创新

与此前基于几何原型的空间模块探索不同，赫克受当时迅猛发展的生命科学、系统论、控制论等学科知识影响，将更多跨学科的、有机的思想引入自己的设计之中，他意识到自然界生物的演化在设计领域有广阔探索空间。因此在设计初期，他便针对拉莫特波林住宅的预制模块展开了一系列以灵活、可扩展、可持续为目的的空间几何探索。在一次偶然的观察中，他注意到耶路撒冷荒漠中那些堆叠石块与十二面体的几何原型存在相似之处，该特点引发了赫克的诸多思考。用赫克的话讲：“尽管有些牵强，但却是促使我在拉莫特住宅综合体设计中使用十二面体的催化剂，它的景观特点是可以成为小山、岩石……以及人造梯田。^[10]”经过多次推敲，他发现十二面体五角面的角与其他同样形态体量上的边线可以无限扩展，因此他最终选择正十二面体作为基本单元。而“体量单元”模块与矩形模块相比，模块与模块的连接组合有着多个方向的可能性，可更好地适应耶路撒冷复杂多变的地形。室内空间不再局限于正交体系，而是由一个个倾斜界面组合而成的错综复杂的开敞空间（图 13a）。在赫克的设想中，社区居民

可以在这些开敞空间自由地行走交流，类似于“蜂群”一样与拉莫特波林社区有机融合、生长建设。

与此同时，赫克为保证居住空间使用的有效性，不得不采用垂直的墙体加以划分，导致组织这些功能空间的模块出现了许多“空隙”，难以使用，这也反映了这种空间形式与功能间难以协调的矛盾，例如倾斜墙面造成的阴暗采光（图13b）及其所带来的使用困难等问题，使功能与形成的矛盾加剧。

3. 组构连接：多面空间的建构视角

在正十二面体内部所营造的非垂直界面体系中，也囊括了赫克从内盖夫犹太教堂的设计中汲取的关于体积模块建造方式的深入思考。自建造伊始，兹维·赫克便围绕这种正多面体的空间与建构逻辑展开细致研究。为了最大程度地提升建造效率、节省成本，赫克尽可能地采用预制装配技术来完成项目，在工厂完成围护面板部件预制，后在现场吊装施工，最大化实现现场干作业。建筑整体采用钢结构，每一个十二面体模块由五边形预制混凝土板组合而成（图14a），用预先切割好的石材面层覆盖。为解决多面体模块单元垂直搭接的问题，赫克再一次从向日葵形态汲取灵感，他在每一个模块顶面中心进行开口，以便实现模块内部结构搭接，使每一个模块均可逐级错层搭接，从而实现模块与模块相互错动的效果。整个施工流程从面板的拼装到模块的搭接都根据一定顺序进行编号（图14b），并依次进行安装拼接，最大化实现工业化生产建造。

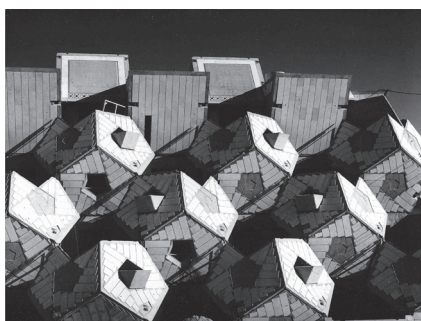
4. 后记：建成之后的更迭与变化

拉莫特波林住宅项目于1972年动工，持续了十余年才建设结束，其别具一格的几何模块重复阵列形态让该建筑群广受争议，它曾被认为是“世界上最奇怪的建筑”，甚至被指责“其形状令人惊讶且缺乏真正内容：是一个基于视觉的设计

方案，是一种肤浅和愚蠢的美学抽象设计方法”。当然，也有一些专家持积极观点。建筑师和历史学家大卫·克罗扬克（David Kroyanker）则认为，“拉莫特波林公寓是以色列住房部一次不同寻常的自由主义实验……建筑师从私密性、规模和成本等方面解释了规划原则及其优势”，对集合公寓范型创新具有积极意义^[12]。

十二面体空间模块并未如兹维最初设想的那样有着充裕的空间使用性，大量倾斜墙体造成室内光线昏暗和使用困难等问题，令社区居民怨声载道，原先居住的中

产阶级逐渐迁出，大量低收入群体聚居于此。在建成之后的数十年间，原本规律的模块立面也因居民搬迁、需求变换等原因而产生了变化，许多倾斜五边形面板被拆除或替换，取而代之的是传统的垂直界面以及“方盒子”，人们对于室内空间尺度需求的变化也逐渐影响着外墙表皮的变化，700多个预制十二面体模块一直在持续地被建造（图15）。各式各样的变化逐步发生，这也是人类对居住环境有机适应与改造的规律使然，而这些演化和更迭似乎更接近赫克原初的有机社区构想。



a) 住宅模块化立面局部

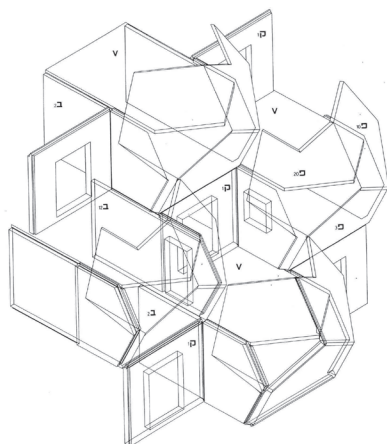


b) 住宅内部空间

图13：拉莫特集合住宅局部



a) 住宅模块组装过程



b) 模块拆解编号图示

图14：拉莫特集合住宅的模块单元组织



a) 住宅现况鸟瞰



b) 住宅现况局部

图15：拉莫特集合住宅现况

五、结语：由标准迈向个性

模块化设计作为建筑工业化发展到一定阶段的成熟范式，其工业化、标准化建造逻辑已被学界广泛认可。然而，随着个性化需求日益增多，如何平衡“标准”与“个性”成为主要矛盾。通过前文论述，我们可以看到，赫克并未一直局限于“方盒子”模块，而是探索富有多样性、个性化的模块创新。正如兹维·赫克的拉莫特波林住宅，作为一个典型的模块化设计个性实践样本，尽管充满争议，但建筑师对于几何原型的创造以及对地域主义、人文主义上的积极呼应，这些都超越了模块化建筑本体，为模块化建筑赋予新的生命力，使大众看到了预制装配式建筑的多样化潜能。

将视角切换至当下，标准化、模块化的矩形单元，使得装配式模块化设计一直因缺乏辨识度及个性表达而广泛被人诟病。随着我国建筑工业化进程逐步深入，模块化建筑如何在标准与个性之间寻求权衡，业已成为亟须解决的热点议题。通过赫克的研究，我们得以窥见建筑工业化路径的无限潜力与挑战，打破以往对于模块化建筑的单一刻板偏见，在探索模块化建筑技术集成创新的同时，兼顾思考个体性、身体性、文化性、地域性等要素尤为重要。如此不但可以提升模块化建筑的品质，还能在个性、地域、文化等方面实现多重创新表达。^[13]这些对我国未来建筑工业化发展有着积极的启示：在“标准”与“个性”两种看似矛盾的取向向下，如何寻求符合当下需求的工业化创新表达，实现两者平衡尤为关键。此外，在关注技术发展的同时，建筑师们亦应放宽视域，着眼未来，在思考技术的同时，重视文化、地域、人本等问题，这样才能更好地实现以人为本的模块化建筑范式创新^[14-16]。

注释

① 阿尔弗雷德·纽曼 (Alfred Neumann, 1900—1968)，捷克建筑师，20 世纪 20 年代和 30 年代在维也纳和巴黎学习和工作，1949 年移民到以色列，成为一名杰出的教师、理论家和实践者。他与以前的学生兹维·赫克和埃尔达尔·沙龙建立了建筑合作伙伴关系，在 20 世纪 60 年代的以色列创造了一系列最具独创性的作品。

参考文献

- [1] [澳] 马修·艾奇森, 文·齐奕, 夏珩, 周宇航, 范悦, 译. 房屋尚不是汽车[J]. 建筑师, 2021 (1): 115-122.
- [2] 谭峥. 节点的进化 康拉德·瓦克斯曼的预制装配式建筑探索[J]. 时代建筑, 2017 (3): 152-157.
- [3] 张洁, 翟宇琦. 人本主义的回流战后欧洲现代建筑对社会住宅的修正(1944—1970 年)[J]. 时代建筑, 2020 (6): 44-52.
- [4] 刘宇波, 刘佳男, 刘姝含. 理想与现实之间的现代主义——从格罗皮乌斯与保罗·鲁道夫的装配式建筑探索看现代主义被忽视的一面[J]. 建筑学报, 2020 (1): 71-78.
- [5] 欧雄全, 吴国欣. 明日畅想——建筑电讯派思想对未来城市建筑空间设计发展导向的影响[J]. 新建筑, 2018 (3): 126-129.
- [6] 袁朝晖, 胡飞. “火山”与“丰碑”：建筑电讯派的历史与思辨[J]. 建筑学报, 2022 (1): 108-116.
- [7] Ardizzola, P. “Zvi Hecker”, VITRUVIO-International Journal of Architectural Technology and Sustainability, 2023, 8 (1), 4-19.
- [8] 艾仁贵. 建造“第一座希伯来城市”——“田园城市”理念与特拉维夫的城市规划(1909—1934)[J]. 史林, 2021 (2): 169-182+222.
- [9] Segal R, Neumann A. Space Packed: The Architecture of Alfred Neumann[M]. Park Books, 2018: 47, 130-139.
- [10] Hecker, Zvi. The Cube and the Dodecahedron in My Polyhedra Architecture[J]. Leonardo, 1980, 13 (4): 272-275.
- [11] Hecker Z, Neumann A, Sharon E. Straw Tents Unfolding On Israel's Coast[J]. Landscape Architecture, 1967, 57 (3): 202-203.
- [12] Kroyanker D. Jerusalem architecture, periods and styles: European-Christian buildings outside the Old City walls[M]. Jerusalem: Keter, 1987.
- [13] 董凌, 蒋博雅. 掣肘·均衡·驱动——预制装配技术与建筑创作“个性”[J]. 新建筑, 2021 (5): 60-64.
- [14] 齐奕, 张姗姗. 融合·动力——关于 Archi-Neering Design 定义的再思考[J]. 建筑师, 2017 (2): 23-30.

[15] 马库斯·彼得, 林云瀚. 协同技术——让·普鲁维工作室关于装配式技术及工业化建造的探索、发展与思考[J]. 建筑师, 2021 (2): 34-43.

[16] 布鲁斯·埃里克·朗曼, 徐亮, 顾大庆. 空间练习之装配部件教学方法[J]. 建筑师, 2014 (6): 39-49.

图片来源

图 1: 来自兹维·赫克工作室官网, 网址 <https://zvihecker.com>

图 2a: https://www.mdpi.com/arts/arts-07-00095/article_deploy/html/images/arts-07-00095-g006-550.jpg; 图 2b: https://www.archiposition.com/images/information/news/the_fate_of_those_brutalism_architectures_/the_fate_of_those_brutalism_architectures3.png; 图 2c: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5a75ee0949fc2bc37b3ffb97/1575040719656-RT29KTQMT1AXQ892NHV9/1980.01-01.01.0012.jpg>

图 3a: https://static.dezeen.com/uploads/2020/05/Archigram-Plug-In-City_dezeen_051.jpg; 图 3b: https://safdie-staging.imgix.net/f38590d1-a4ef-49c6-ae26-81fd739cfea2/00_6_H67_HistoricView_JerrySpearman.jpg?q=50&w=2560; 图 3c: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5a75ee0949fc2bc37b3ffb97/1559358340335-577D3AI0307DLC58BNAA/1968.01-01.01.0001.jpg>

图 4: 兹维·赫克工作室官网, 网址 <https://zvihecker.com>; 参考文献 [7]: 92.

图 5: 参考文献 [12]: 401+403+556.

图 6: 来自兹维·赫克工作室官网, 网址 <https://zvihecker.com>

图 7: 参考文献 [12]: 214+219+185.

图 8: 参考文献 [12]: 393-396+401.

图 9a、图 9b、图 9d: 参考文献 [12]: 373+378+385; 图 9c: 来自兹维·赫克工作室官网, 网址 <https://zvihecker.com>

图 10: 参考文献 [12]: 554+555; 兹维·赫克工作室官网, 网址 <https://zvihecker.com>

图 11、图 12: 来自兹维·赫克工作室官网, 网址 <https://zvihecker.com>

图 13a: 来自兹维·赫克工作室官网, 网址 <https://zvihecker.com>; 图 13b: https://mmbiz.qpic.cn/mmbiz_jpg/0EJAQwokH8XT6Bb4NhAvWticFt2ibyxEkia91GAHs2GTQWqGInZ0SugfrR50D2KuzOlrRL6EQRVctH3YbROsfbgtQ/640?wx_fmt=jpeg&tp=wxpic&wxfrom=5&wx_lazy=1&wx_co=1

图 14: 来自兹维·赫克工作室官网, 网址 <https://zvihecker.com>

图 15: <https://upload.wikimedia.org>