

贫穷建筑、低技术创新

——墨西哥建筑师卡洛斯·冈萨雷斯·罗伯的拱壳体系统探索与实践

Poor Architecture, Low-technology Innovation: Mexico Architect Carlos González Lobo's Exploration and Practice for Vault Systems

齐奕 | QI Yi 夏珩 | XIA Heng

摘要: 在经济欠发达背景下, 墨西哥建筑师卡洛斯·冈萨雷斯·罗伯关注社会营造及低技术创新, 在建筑系统层面整合结构、材料、构造、空间等议题, 系统性降低建造技术门槛、实现极低造价建设。本文溯源了其拱壳体系统传承谱系, 对比分析三套拱壳体系统的设计、材料与建造, 并通过案例全面展示其迭代性设计研究的系统性工作方法。罗伯的拱壳体系统创新为墨西哥及拉美地区大量贫民提供了优良的技术解决方案, 也对当下中国的参与式设计、乡建、社区营造具有借鉴意义。

关键词: 墨西哥、贫穷建筑学、低技术创新、拱壳体技术、配筋钢丝网水泥、预制砖拱、社区参与

Abstract: Under the background of underdeveloped economy, Mexican architect Carlos González Lobo pays attention to social construction and low-technology innovation, integrates structure, material, construction, space and other issues at the building system level, systematically lowers the threshold of construction technology and achieves extremely low cost. Based on the review of Spanish literature, this paper reviews his life and the pedigree of vault system, comparative analysis of the design, material and construction of his three vault systems, and comprehensively shows its systematic design-based research methods through the cases. Lobo's vault system innovation provides excellent technical solutions for a large number of "Poor Architecture" in Mexico and Latin America. This study also has reference significance for China's current participatory design, rural and community construction.

Keywords: Mexico, Poor Architecture, Low-technology innovation, Vault system, Reinforced ferrocement, Prefabricated brick vault, Social participation

一、罗伯的贫穷建筑学与低技术创新

在 2016 年第 15 届威尼斯双年展上, 墨西哥馆以“社会建筑”为主题^[1]。其中墨西哥国立自治大学 (UNAM) 的教授卡洛斯·冈萨雷斯·罗伯 (Carlos González Lobo, 1939—) 及其团队的“贫穷建筑学” (Poor Architecture)^[2] 是重要内容, 探索在经济条件制约下, 以“最低造价实现最大空间” (Espacio Máximo y Costo Mínimo) 的基本策略, 高效整合结构、材料、建造, 发展出 CGL1-CGL5 等多套建造系统 (下文详述)^[3], 以拱壳体建造体系为其最典型技术表征, 探索“低技术”在贫民

社区中的创新与应用, 运用研究型的迭代设计方法不断逼近、超越拱壳体建造技术的极限^[4]。他将教学与实践结合, 鼓励社区自建、妇女儿童参与下的低造价住宅系统实践, 以回应墨西哥经济欠发达, 基础设施及居住建筑资源匮乏的社会条件^[5] (图 1)。

“贫穷建筑学”是罗伯著作《建筑与城市的可能: 连接社会、空间与技术的新建筑》 (VIVIENDA Y CIUDAD POSIBLES: La arquitectura debe proponernos como meta la creación de relaciones nuevas entre la sociedad, el espacio y la técnica, 1999 年) 中的第一章主题^[6], 是他在 20

作者:

齐奕, 深圳大学建筑与城市规划学院助理教授;
夏珩 (通讯作者), 深圳大学建筑与城市规划学院助理教授。

国家自然科学基金 (51908360);
广东省自然科学基金面上项目 (2021A1515010646); 深圳大学青年教师科研启动基金 (20190615)。

DOI: 10.12285/jzs.20200721001



图1: 墨西哥西纳罗阿州富恩特河谷 (Fuerte in Ahome, Sinaloa) 水灾后, 1450 户的社区重建社区住宅的门廊、屋顶使用了罗伯的预制砖拱壳技术

世纪对伊比利亚美洲区域建筑现状的观察与反思积淀^[7], 也是其核心设计思想与价值观的学术升华。“Poor Architecture”一词除了指他面向的服务主体为贫民阶层, 他所实践的拉美地区在经济上的欠发达水平, 以及随之而来的建造约束条件, 更体现了其设计价值观, 突破以精致外观为评判标准之形式主义桎梏, 重视“贫穷”状态下的“日常”材料的效能, 发掘其设计潜力极限。

观照罗伯近 60 年的工作与行为, 亦如“贫穷艺术”^[8]在建筑领域的宣言。在其建筑中, 经典现代主义的“白色派”建筑学教条几乎完全失效: 严格强调构图、视觉控制线的建筑摄影在他这里都不起作用; 建筑形态多为颇具后现代符号拼贴嫌疑的曲面, 外观粗陋如中国农村里常见的“农民房”, 有些甚至如“烂尾楼”一般。但在细究之下, 其背后却是具有深刻的洞见, 以及精确而严苛的理性思维决策逻辑。

例如, 他极为仔细地对各类型屋顶的造价、包裹的空间体积、易建性等技术指标进行了综合对比 (图 2), 得出他的半拱 (CGL-5 体系) 屋顶性价比最高。

其次, 罗伯还比较了通常钢筋混凝土平屋顶和钢丝网水泥拱壳建造体系 (CGL-1 系统) 在材料耗量、空间效率上的差异: 以平面 3.6m×3.6m、檐口高度 2.5m 的单层原型房屋为例, 后者可以节约钢材 42.5% (即 35.81kg)、混凝土 34.1% (即 0.44m³)、模板面积 65.5% (即 8.5m²), 但却可增加空间体积 39.59% (即 12.83m³)。

若进一步深究, 在通常钢筋混凝土平

屋顶建造系统中混凝土、钢筋、模板造价分别占据 18%、27%、15%, 再分别乘以上述三项的对应节约系数, 就可计算得到 CGL-1 系统可节约整体造价的 45.77%。这几乎降低了一半的造价, 但可增加近 40% 的空间体积。同时, 若假设两者投入相同的造价, 使用 CGL-1 体系则可建更多的建筑面积, 如可将上述原型房屋的进深增加 1.2m, 如此可增加 33.17% 的建筑面积与 86.01% 的空间体积 (图 3)。

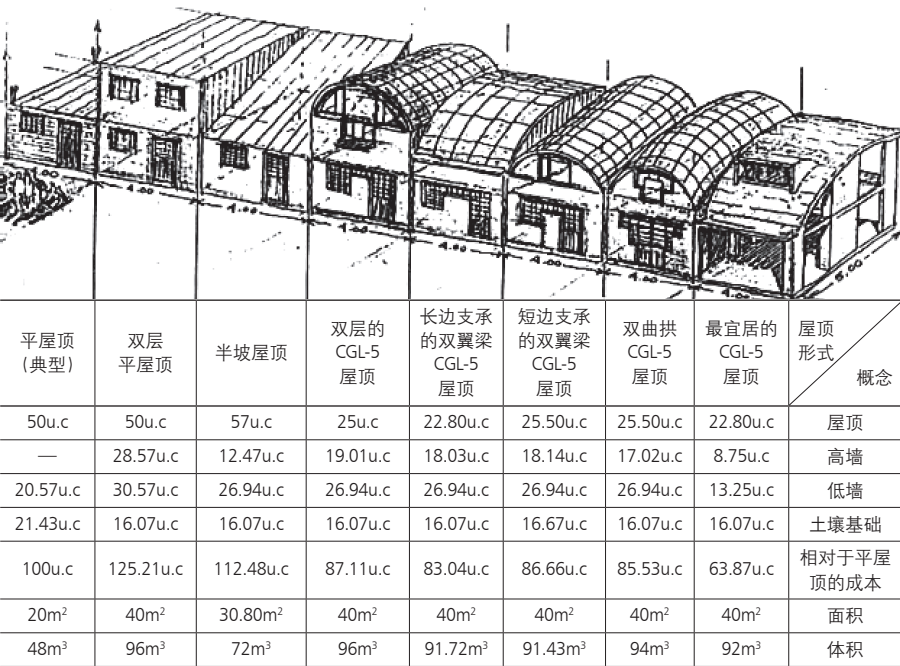
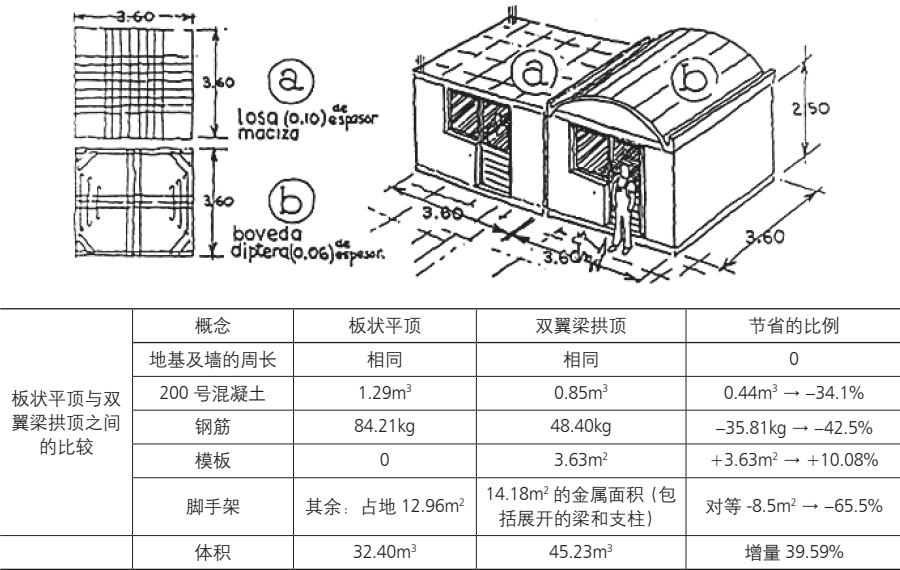


图2: 罗伯关于多种屋顶形式的综合定量比较



两种屋顶实际造价差异比较, 由于屋盖部分占总造价的 60%:

混凝土	18%	16u.c.	-34.10%	1.86u.c.	使用双翼梁拱顶的最终支出 37.46U.C. 节约 =37.57%
钢筋	27%	27u.c.	-42.50%	15.52u.c.	
脚手架	15%	15u.c.	-65.58%	5.16u.c.	
≤花费→	60%=60u.c.		节约部分 ≤ =22.54u.c.		
	“传统”平顶		双翼梁拱顶 CGL-1		

注意: 假设房间的总成本是 100 个单位成本, 而平屋顶的成本是 60%, 则 =60u.c.

图3: 通常钢筋混凝土平屋顶和钢丝网水泥拱壳建造体系 (CGL-1) 在材料耗量、空间效率上的定量比较

兼具人道主义与技术理性的双重关怀来自其家庭的深刻影响^[9]，这种超越外表形式的技术理性逻辑在罗伯对拱壳体系的历史传承、批判性思考与发展中体现得淋漓尽致。下文以其拱壳结构为主线，从结构、材料、建造、空间角度切入，分析其建造体系创新历史溯源、创作思想、工作方法（图4）。

二、罗伯拱壳结构的历史溯源

罗伯拱壳结构系统建造的低造价创新源于其对历史先例的稔熟与批判性思考^[10]。特别是对拉丁语系拱壳技术的系统学习、比较研究、技术萃取。通过回溯拉丁语系的众多现代结构工程历史脉络，可梳理出其参照的历史原型及其立足自身语境的创新之处。

多位建筑师、工程师曾对罗伯创作产生过影响，包括西班牙的安东尼奥·高迪（Antonio Gaudi, 1852—1926）、爱德华·托罗哈（Eduardo Torroja, 1899—1961）^[11]，意大利的皮埃尔·路易吉·奈尔维（Pier Luigi Nervi, 1891—1979），乌拉圭建筑工程师埃拉蒂奥·迪埃斯特（Eladio Dieste, 1917—2000），墨西哥的安东尼奥·帕斯特拉纳（Antonio Pastrana y Ocha, 1913—1967）^[12]、胡安·奥高曼（Juan O’ Gorman, 1905—1982）^[13]、胡安·勒加雷塔（Juan Legarreta, 1908—1934）^[14]、胡安·塞古

拉（Juan Segura, 1898—1989）^[15]，阿根廷的克劳迪奥·卡维里（Claudio Caveri, 1928—2011）^[16]，以及法裔哥伦比亚设计师的罗吉利奥·萨莫纳（Rogelio Salmona, 1929—2007）^[17]。在众多建筑师与工程师中，托罗哈、奈尔维、迪埃斯特对罗伯建造体系创新具有明显影响（表1）。

1. 成为“梁”的混凝土拱壳，爱德华·托罗哈，西班牙

西班牙工程师爱德华·托罗哈运用轻薄筒壳实现大跨度的理念对罗伯拱壳探索提供了重要启示。1935年托罗哈设计了位于西班牙马德里的回力球场（Fronton de Recoletos，后毁于西班牙内战），他创造性地采用筒壳形式的钢筋混凝土结构，实现了大跨度，解放了下部空间：结合受力和采光需求，将拱壳沿着长向切分为封闭、

镂空两部分，镂空部分采用三角形的几何形式，在保证结构受力需求的同时，减轻屋顶荷载，引入自然光线（图5、图6）。罗伯曾系统地对托罗哈的拱壳进行过研究（图7），分析传统梁柱、传统筒拱和拱壳的优缺点，对侧推力消减、端部加固、拱高优选进行了系统研究。

2. 钢丝网水泥结构，奈尔维，意大利

如果说托罗哈为罗伯带来结构选型 的启示，那么奈尔维的钢丝网水泥技术（ferro-cement）则为罗伯拱壳向低造价、低技术方向突破提供了适宜技术范本。在二战之后，面对欧洲百废待兴的现实困难，他在一系列工程实践中将此技术体系推向高峰^[18]。

钢丝网水泥最早由法国花匠约瑟夫·莫尼尔（Joseph Monier, 1823—1906）



图4：站于钢丝网上协调拱壳施工的罗伯

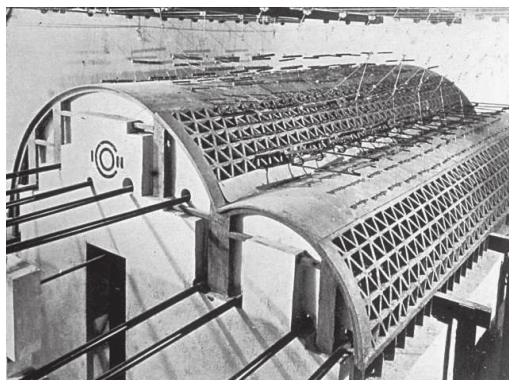
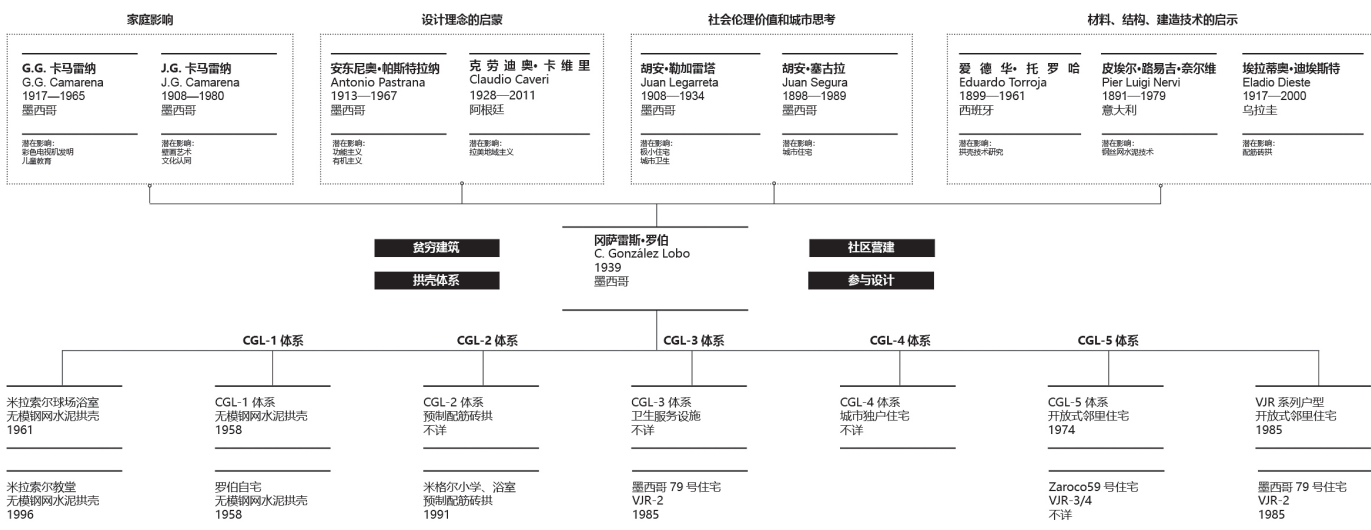


图5：回力球场的拱壳结构模型，托罗哈，西班牙，1935年

对罗伯设计思想产生重要影响的历史先贤人物谱系梳理

表 1



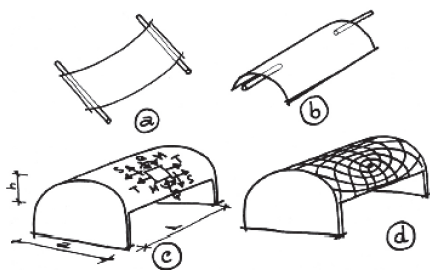


图6: 回力球场的拱壳结构概念草图, 托罗哈, 西班牙, 1976年

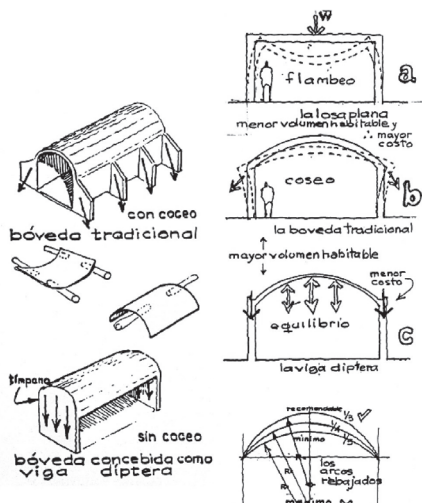


图7: 罗伯对托罗哈拱壳的分析、传承与发展

在1867年发明, 有着弹性好、强度高、抗裂性能好、自重轻的特点。它与由弗朗索瓦·亨内比克 (François Hennebique, 1842—1921) 发明的钢筋混凝土 (reinforced concrete) 技术类似却存在结构性的差异, 即钢材与水泥的配合比重完全相反 (奈尔维指出这是两种不同的结构)。采用钢丝网水泥技术的空间薄壳结构对于减轻自重、节约钢材、方便建造具有重要意义, 可有效解决材料短缺、预算有限的现实问题。随着拉美建筑师逐渐将此技术带入美洲大陆, 罗伯从中吸取了技术精华之处。

79号大街灾后重建住宅项目、米拉索尔教堂 (图8、图9) 即是应用钢丝网水泥技术的典型案例。

3. 开洞的配筋砖拱壳, 埃拉蒂奥·迪埃斯特, 乌拉圭

有别于托罗哈钢筋混凝土筒壳和奈尔维钢丝网水泥薄壳, 迪埃斯特的配筋砖结构轻薄、形态自由, 以轻薄的砖拱壳实现了大跨度, 这给罗伯对拱壳探索带来重要影响。他基于造价、施工、经济的考量, 大量使用配筋砖拱。罗伯曾于1996年与迪埃斯特合著了意大利语版的《社会参与和适宜技术》(Architettura, Partecipazione Sociale e Tecnologie Appropriate)。

笔者认为, 迪埃斯特除了配筋砖建造方式的影响, 还有砖拱解构的启蒙。在其1963年的自宅和1965年卢德圣母教堂 (Church of Our Lady of Lourdes, (图10)) 主立面设计中, 迪埃斯特曾经探索了“开放式拱顶” (open up vault)。不过这个尝试并非他创新的核心, 因这一形式并未在其后的作品中出现, 但却成为罗伯尝试配筋砖拱模块的“种子”。

三、从 CGL-1、CGL-2 两种拱壳体系到住宅建筑系统

值得指出的是, 前文所述的托罗哈、奈尔维、迪埃斯特的拱壳作品多为大尺度建筑, 与三位工程师有所不同, 罗伯的拱壳技术多应用于小尺度的社会住宅与民用配套设施。这一切入视角除了依

据其社会价值观的判断, 也有墨西哥地理环境的客观诉求。虽然墨西哥与乌拉圭一样同处南美洲, 但前者却是一个地震频发地带。这一限制条件也迫使罗伯的前辈、擅长于宏大结构设计的菲利克斯·坎德拉 (Felix Candela, 1910—1997), 采用钢筋混凝土材料而非砖材。墨西哥的地理环境、经济条件、服务对象、建筑材料这些多维度因素, 促成了罗伯的工作前提与深耕领域。

他通过系统性研发多种技术特征的建造系统: 以 CGL-1 (钢丝网水泥建造系统)、CGL-2 (预制配筋砖拱无模建造系统) 为基础, 结合低造价住宅的功能需求, 进一步发展出其他三套建筑体系。CGL-3 系统主要针对家庭废水利用、三级净化厕所、干式厕所、雨水收集等卫生系统的设计; CGL-4 是城市独户住宅建造体系; CGL-5 (la variante del Gran Galpón) 则是高度整合前述4套系统的开放式多层住宅建筑体系, 系统间的具体比较如表2所示。

因篇幅有限, 下文仅对 CGL-1、CGL-2 和 CGL-5 及其小型应用案例进行重点阐释和分析。

1. CGL-1: 钢丝网水泥无模拱壳建造系统

1) CGL-1 建造系统特质与建造方式

它是采用配筋钢丝网水泥技术的无模拱壳技术。结构选型方面, 罗伯延续了托罗哈的拱壳结构形式概念; 在材料建造方面, 他则采用奈尔维发明的钢丝网水泥技术。他对托罗哈的拱高进行了调整, 从半圆拱优化为 $1/5 \sim 1/3$ 拱高, 并将承重墙

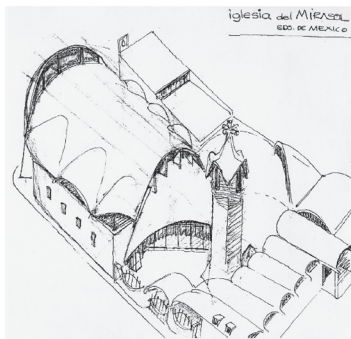


图8: 米拉索尔教堂草图, 罗伯



图9: 米拉索尔教堂外观, 罗伯



图10: 卢德圣母教堂, 迪埃斯特

罗伯研发的 CGL 系列建造系统对比列表 表 2

系统代号	年份	具体名称	技术特征	应用类型	应用案例
CGL-1	1958	钢丝网水泥无模拱壳建造系统	钢丝网水泥、拱壳、无模	公共建筑、住宅	米拉索尔教堂、球场浴室等
CGL-2	不详	预制配筋砖拱无模建造系统	预制配筋砖拱、无模	公共建筑、住宅	米格尔小学、浴室等
CGL-3	不详	家庭废水利用、三级净化厕所等卫生系统	紧凑	住宅	拉布拉多大街 97 号住宅等
CGL-4	不详	城市独户住宅建造体系	独户住宅	住宅	不详
CGL-5	1974	“大仓库”建造体系	开放式邻里住宅、高密度	住宅	拉布拉多大街 97 号住宅、扎尔科大街 59 号住宅等

体移至山墙面，减小了拱顶重量和侧推力。这与中国 1950—70 年代推行的砖拱薄壳屋顶存在相似之处，既节约成本又能改善室内声学效果。

以柱形筒壳为例，此系统建造流程如下：(1) 在地上建造柱形筒拱胎模；(2) 其上布置弧形主受力钢筋，两端带弯钩；(3) 与圆弧形形成 90° 方向和山墙端部均布置受力筋，编织成一个圆柱形笼子，纵横向钢筋需要互相绑扎牢固；(4) 校验柱形的对角线长度以保证形体尺寸，在笼子的角部、中部弯矩较大处增加补强拉筋；(5) 将

圆柱形笼子从胎模上取下翻转，在钢筋空格处加入钢丝网片并固定；(6) 将此的配筋钢丝网笼子抬至屋盖位置，与圈梁对齐、绑扎；(7) 在其上抹 1 : 2 : 3 的水泥砂浆，形成壳面。其余形态的配筋钢丝网水泥壳体之差异主要在胎模制作阶段。可见，上述施工方式并不复杂（图 11、图 12）。

2) 米拉索尔浴室 (Mirasol BAÑOS, en el Valle del Estado de Mexico, 1963—1970 年)

罗伯最早于 1958 年将此技术应用于其自宅。这里的典型案例是米拉索尔浴



图 12: CGL-1 系统的施工实景照片

室，该项目是作为足球场服务配套而设计建造的。平面功能上，建筑由两个相似的马蹄形相对而成，两个体形分别承担男女浴室功能，中间为连通入口的公共空间。形态结构上，连续曲面屋顶将两个马蹄形平面融合为一个整体，并从中间公共空间向外双向延伸，端部由两根立柱支撑。该建筑形态自由流动，白色屋顶与深色墙体形成鲜明对比。社区民众在见到初始方案之时，都不知如何建造这个屋顶。罗伯的方法是在足球场上建好胎膜，并按照 40cm × 30cm 网格把钢丝网壳编织好，再抬到墙体上进行水泥砂浆抹面处理，完成钢丝网水泥拱壳覆盖（图 13）。

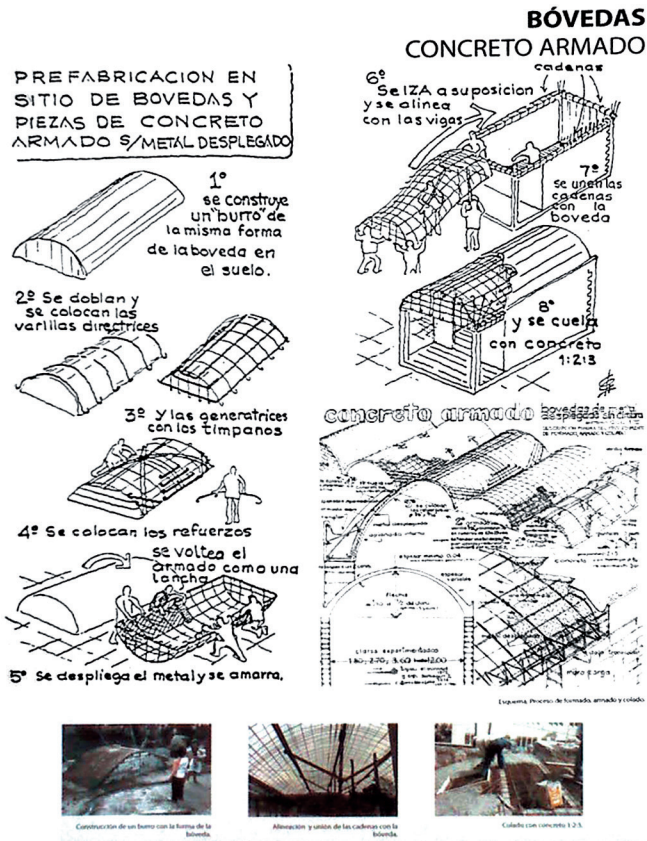


图 11: CGL-1 系统的施工流程图解

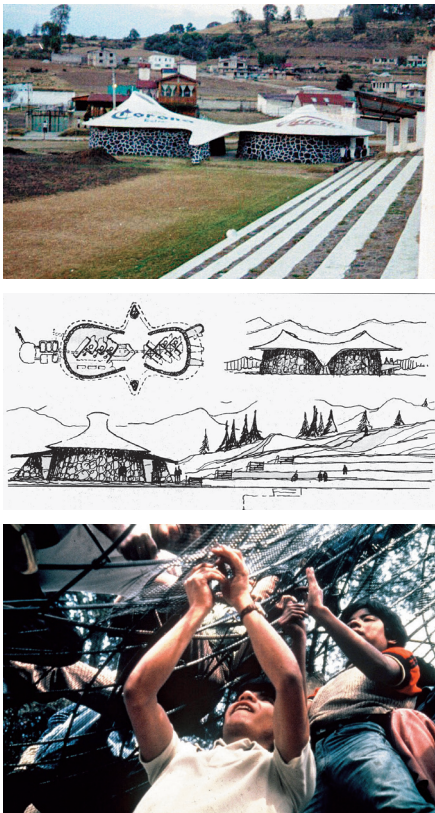


图 13: 米拉索尔小镇足球场旁的浴室设计外观、草图与钢丝网绑扎施工现场

2. CGL-2：预制配筋砖拱无模建造系统

1) CGL-2 建造系统特质、制作与施工

在 CGL-1 系统基础上，罗伯使用当地更为廉价的砖材替换水泥来进一步降低造价，形成预制配筋砖拱无模建造系统，也就是 CGL-2 建造系统。该系统充分考虑经济性、建造流程、预制做法，还考虑到人工建造难度，是一次极具创新性的标准化预制砖拱设计与建造探索，实现了无模施工，降低了人力成本并缩短了施工周期。

在结构概念方面，罗伯首先将拱顶沿长轴方向划分为两个半拱，然后根据两皮砖的宽度将切分后的半拱等分，从而形成截面一致、宽度、高度一致的标准化半拱模块。5 块砖沿设计好的半拱弧线布置，两列砖之间有主筋，5 块砖彼此之间有配筋（图 14）。

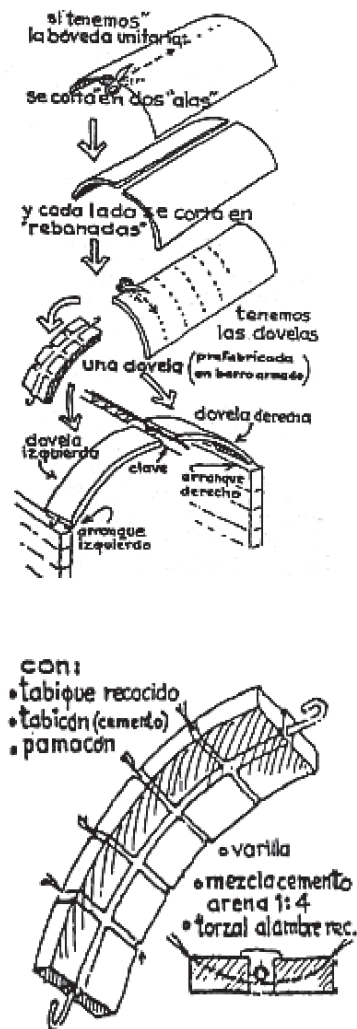


图 14：CGL-2 系统预制半拱模块的构思解析

制作流程如下：(1) 在泥地上用圆心、半径、弦长、矢高等数据画出拱形轮廓，用 10 ~ 12 块砖沿长轴顺此轮廓试排以进行校核（砖块数量根据 2 人方便搬运一个预制模块的原则确定，可有一定的浮动范围）；(2) 根据上述拱型，用砖、石砌块建出实体成为拱模，上表面用水泥砂浆抹平收光以提供较为平滑的弧面，可用微分放线控制多点标高的方法校验拱形弧线的精确性，拱模的长度可根据制作场地条件而自由变化；(3) 沿此拱模的弧线铺设两端带弯钩的主钢筋，并在主筋两侧排布砖块（砖的长轴与主筋平行）；(4) 在砖块间加入与主筋垂直的次筋并绑扎，次筋形状亦为弧形且压于主筋之下（次筋的弧形弓面朝向拱模），用 1：4 水泥砂浆填补此砖块纵横向缝隙、覆盖主次钢筋；(5) 待硬化之后即可脱模取下此砖拱预制构件，由 2 人一起搬运至堆场，侧面向下进行堆叠存放（图 15）。这些制作工艺并不需要精密的劳动技能，实为老少皆可。

施工流程如下：(1) 在主体结构的墙体建造完成之后，需要设立山墙端的拱模架和圈梁浇筑的模具；(2) 在筒拱预制模块的核心模架，与拱跨垂直；(3) 在模架内铺设钢筋，主受力筋成三角形品字形布置；(4) 沿长向依次放置预制砖拱模块，其下方分别由墙体或圈梁和模架支撑，模块带弯钩的主筋与模架内的长向主筋需要

绑扎牢固；(5) 在模架内浇筑混凝土，将各模块连接为整体；(6) 在这些砖拱模块上方可进一步覆盖混凝土砂浆，或者再铺钢丝网水泥，以提高防水性能（图 16）。

在屋盖的可能性上，半拱预制模块的组合方式灵活多样，至少可组成如下几种类型：常规的完整柱面筒壳；沿脊线形成高低错落的半柱面筒壳；锯齿状重复的半柱面筒壳；将预制模块正反组合获得波浪形连续的曲面壳；双曲拱。这些组合不但带来内部空间、光线的新可能，还能丰富形态。

2) 圣米格尔·扎波蒂坦小学的“鸽子”浴室（Escuela Primaria en San Miguel Zapotitan, 1991 年）

这是应用 CGL-2 建造系统的突出案例。浴室为屋盖与主体上下分离的单层建筑物，主体建造体系与中国的砖混结构相仿，在砖砌体的重要承重部位使用钢筋混凝土构件，平面为圆形，中间以左右 90° 拼接咬合的方式布置男女淋浴单元。在屋盖部分，与 CGL-2 建造系统原型略有不同，罗伯将预制砖拱模块进行正反向组合，使得屋顶形态类似鸟的翅膀（因此当地人将该建筑比喻为“鸽子”）。如此处理并非出于“媚俗”，而是物理层面的深入考量——既可以引入侧向光线，还起到雨水收集的作用，同时能借助空间对流原理增加换气（据当地使用者反映，浴室几乎没有异味^[19]）。

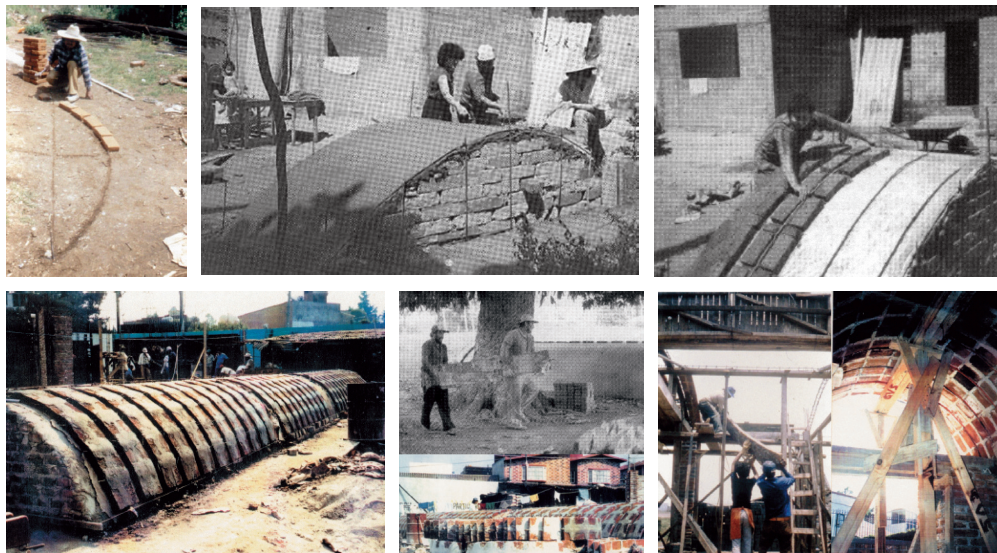


图 15：预制半拱模块的制作过程与施工实景照片

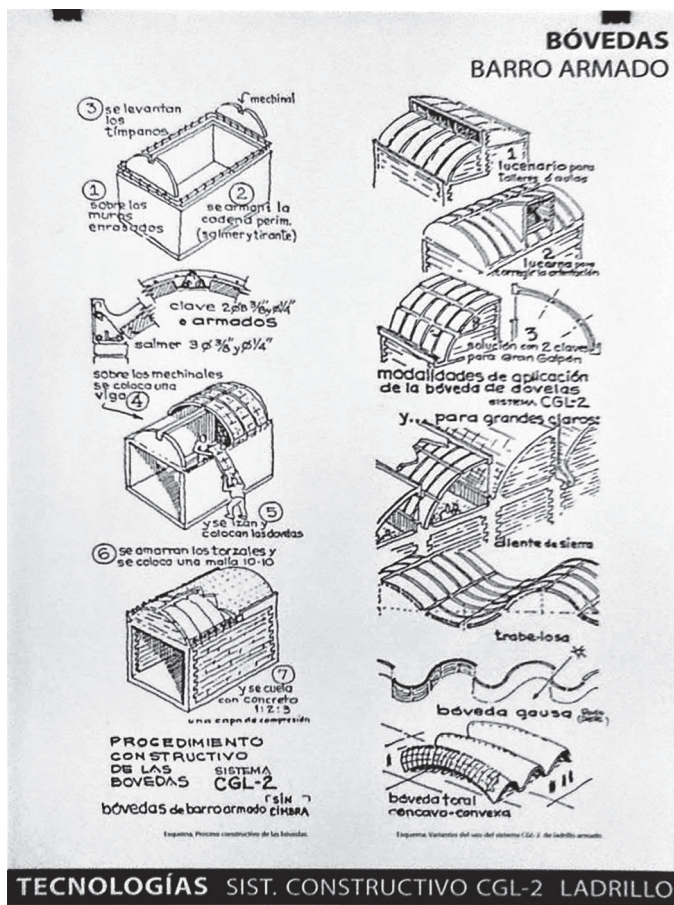


图16: 预制半拱模块的施工程序图解

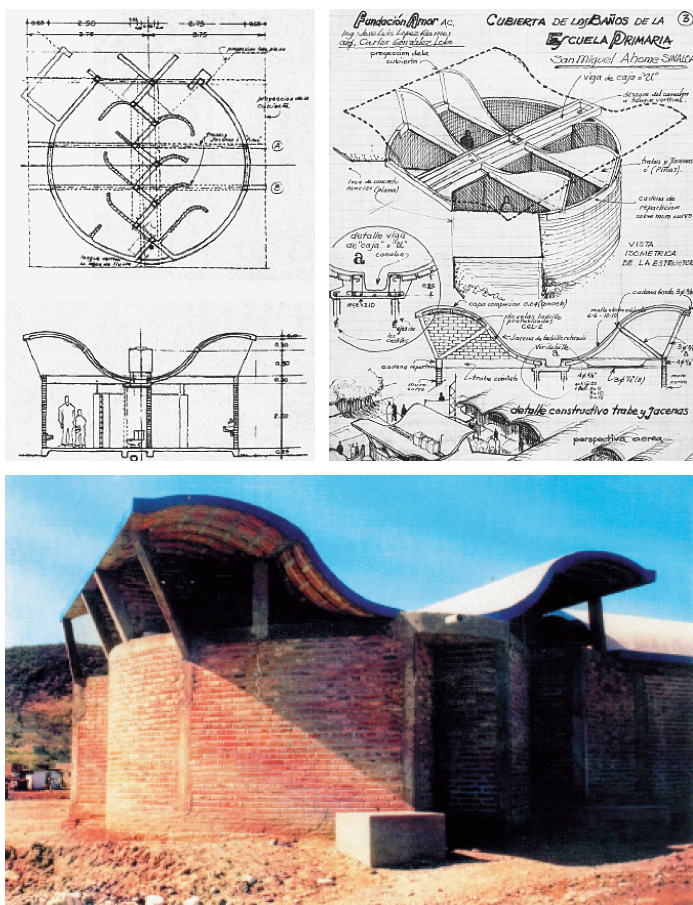


图17: 扎波蒂坦小学浴室的技术图纸与实景照片

该浴室成功建成后，周边村民开始自发制作这种预制拱砖构件来出售，由此可以看出罗伯注重社会参与的意义所在（图17）。这也反映出罗伯探索其建造体系的极限与边界的不懈努力。

3. CGL-5：“大仓库”建造体系

1) “大仓库”（Gran Galpon）简介

CGL-5 建造系统实际上是罗伯对前几种建造系统的系统集成，是一种可分阶段加建的开放系统，可运用 CGL-1 或 CGL-2 体系建造屋盖，结合错层形成阁楼空间，结合紧凑的楼梯、厕所、厨卫等模块，践行“用最低造价实现最大的空间”（Espacio Máximo y Costo Mínimo）（图18）。该系统研发始于1974年，在1985年墨西哥城8.1级大地震之后得到大量应用，并进一步发展出 VJR 系列住宅套型^[20]。

CGL-5 组合方式灵活和变体自由多样，适于大规模社区营建。罗伯以 CGL-5 原

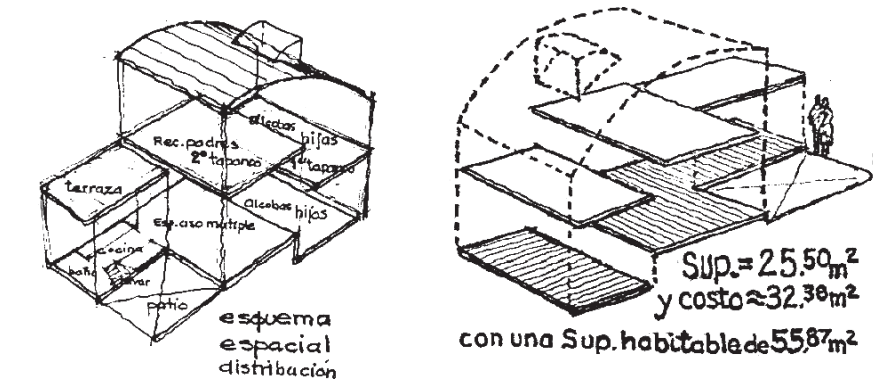


图18: CGL-5“大仓库”住宅的空间原型与技术参数

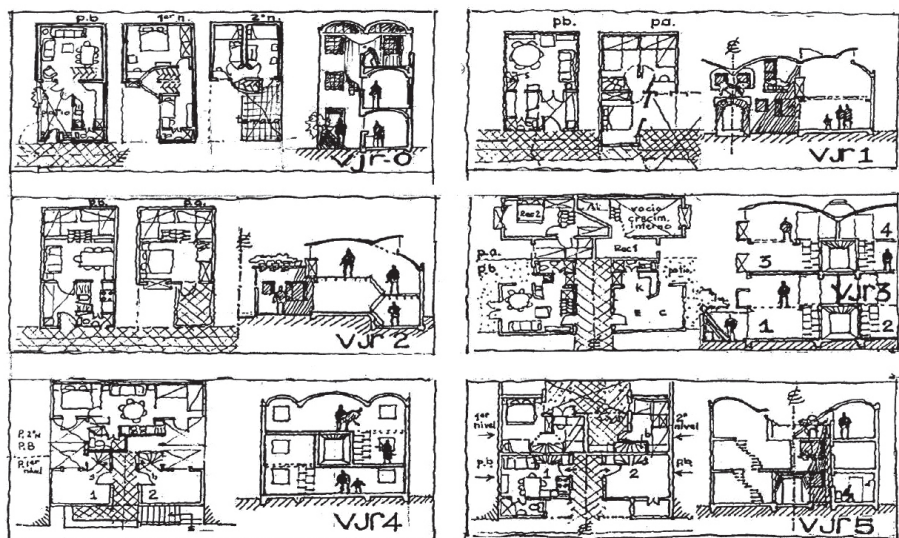
型为基础，发展出可多户拼建的 VJR0 至 VJR5 六种户型，介绍如下（图19）：

(1) VJR-0 型住宅具有两开间、两进深、3层高的 L 形体量，屋盖和楼盖均为拱顶结构（沿开间方向布置拱壳）；底层布置客厅、餐厅和厨卫功能，二层为主卧和次卧、卫生间，三层则是两个次卧及屋顶平台；厨卫组合位于 L 形翼端以方便自然通风；楼梯间位于 L 形体量的阴角位置，梯段采用左右脚交替的方式，且转角平台采

用三角形，以最大限度节约空间。

(2) VJR-1 型是双拼住宅，为2层高的 L 形体量，采用两开间、两进深、大拱顶屋盖结构，且屋顶拱壳有天窗设置。底层布置客厅、餐厅和厨卫功能，二层布置3个卧室，并以旋转楼梯连接上下空间。

(3) VJR-2 是 CGL-5 的基本型，为2层高的 L 形错层户型，采用两开间（面宽3.75m）、三进深（2.25m+3.30m+2.50m，最后一进为下降标高的错层）、大拱顶屋



Locales de la vivienda		Prototipos de vivienda				
		VJR 1	VJR 2	VJR 3	VJR 4	VJR 5
Distribución de Áreas en m²	Dormitorio Padres	7.35	9.45	11.58		7.73
	Dormitorio Hijos	6.69	7.11	6.01		7.54
	Dormitorio Hijos	5.33	7.11	3.68		4.53
	Estancia	13.67	9.45	12.35		6.80
	Cocina	2.20	3.86	2.04		1.27
	Baño	1.60	1.38	2.04		1.85
	Terraza		5.26			5.27
	Patio	3.54	4.86	15.53		1.62
	Pasillos	0.90	2.26	1.05		2.49
Volumenes de Aire en m³	Cocina	4.73	7.93	4.89		2.73
	Baño	3.44	2.65	4.89		3.97
	Estancia	29.40	18.61	29.64		17.00
	Dormitorio Hijos	16.55	15.28	6.83		13.14
	Dormitorio Hijos	19.40	16.70	14.42		21.86
	Dormitorio Padres	21.30	19.73	28.37		22.41
Área Construida m²	Planta Baja	21.01	31.39	33.01		14.03
	Planta Alta	20.27	26.28	21.27		
	Planta Primer Nivel					12.26
	Planta segundo nivel					12.81
	Área Total Construida	41.28	57.67	54.28		39.10

图19: 6套VJR体系开放式住宅的原型与技术参数比较

盖结构（沿进深方向布置半拱壳）。占地面积 32.38m²，使用面积为 55.87m²。

(4) VJR-3 型为 4 层高体量、8 户联建的联排叠拼住宅，每户均占据两层空间（厅、厨、卫和卧室分别位于上下不同楼层），入户空间布置于第一、三层。以 4 户组合而成的楼层平面呈中心对称。

(5) VJR-4 型是 3 层高的双拼住宅，类似马赛公寓的空间构成，在剖面上两户为互咬的 L 形跃层空间。

(6) VJR-5 型又是 4 户联建，采用 3 层高体量，每户均占据 3 层竖向空间。

2) 墨西哥城拉布拉多大街 97 号住宅 (Labradres N97, 1985 年)

这个墨西哥城大地震灾后重建示范项目是应用 CGL5 系统中 VJR-2 户型的经典案

例。场地位于转角，尺寸为 20m×32m，总共占地 640m²。主入口位于拉布拉多大街，场地内有两排线型体量平行于此大街布局，中间为内院。在单体层面，共由 11 套住宅构成，以应对场地特质、功能需求。后排一共安排 4 套住宅，采用拱顶两两相对的方式组合；前排共布置 7 户，以主入口为分界又可分为左右两部分：转角位置布置 3 户，山墙面拼接；左侧布置 4 户，虽然也为山墙面拼接，但临街处布置有商业售卖的空间。在街角位置的 3 户是 VJR-2 型的变体，主要差异在于单向半拱顶在底部变化为 V 形，恰好暗示内部空间的使用——两张单人床的布局方式（图 20）。资料显示，此项目实际造价仅为 800 美元并提供 52m² 住宅空间，而

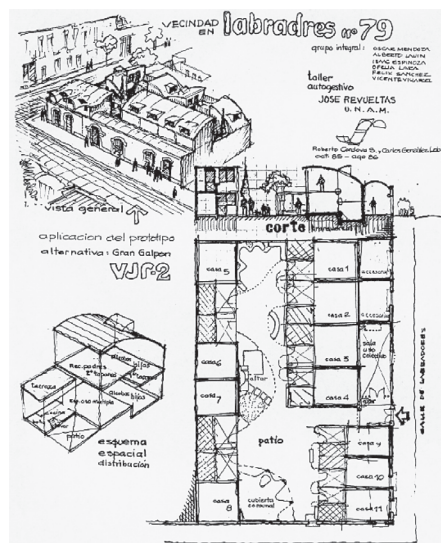


图20: 墨西哥城拉布拉多大街97号住宅的图纸和施工照片

RHP (Renovación Habitacional Popular) 提供的方案则需要 4900 美金却仅有 43m² 住宅空间^[21]。此项目至今仍然还在使用之中，2 层体量的低造价住宅并未拆除，只是经过 30 多年的发展，初期建造体量已与加建的多层砌体住宅混合而呈现更为混杂的状态（图 21）。

四、结语

上述不难发现，罗伯教授不仅远离传统意义上的精英主义建筑师角色，亦拒绝图像、布景化的快餐式设计，他关注设计、建造的全过程，积极发挥社会参与的能动性。他数十年坚持的“贫穷建筑、低技创新、社区营造”的创造性



图21: 拉布拉多大街 97号住宅现状, 2019年

工作具有多维度价值, 无论是其低技适宜性拱壳建造技术探索, 还是系统层面的研究型工作方法, 或者社区参与性设计与营造, 都值得深思。

在建筑技术层面, 罗伯通过梳理拱壳结构历史先例的学理脉络, 基于精准的理性分析, 结合墨西哥“地形”条件, 创新异于先贤的拱壳结构思路。在大量设计师普遍挑战拱壳跨度的技术问题时, 他以独特的人文、社会视角, 将结构、材料、制造、施工、经济融为一体, 采用钢丝网壳、预制砖拱体系以降低技术门槛与造价, 为贫民传递设计智慧、普及技术知识。

他用此适宜性的低技术系统介入社区营造, 但并未过度夸大建筑的力量, 而是将建筑师作为智库, 引导当地居民进行参与式设计和自主营造, 为社区营建提供建筑智慧和技术支持。如此来看, 罗伯的创新关键并不在于某一个具体建筑本身, 而在于系统的研发与推广。与其说罗伯为当地设计了具体建筑, 不如说他为社区提供了一种可持续的低技营造智慧, 传递给当地居民协力造屋的技能与经验。这一点与普利兹克奖获得者日本建筑师坂茂、智利建筑师亚历杭德罗相似, 这也正是前述第15届威尼斯建筑双年展关于墨西哥“前线报告”的要义。

综上所述, 罗伯的多维度工作颇具批判性、启发性以及后续研究拓展性。反观当下国内设计师个体的设计实践, 谢英俊、朱竞翔等致力于体系性工作方法, 与其实

践不无相通之处。若将他们进行深入比较, 不但可进一步明晰其异同, 更可映射出这一学理脉络在超越国家、地理范畴视角下的普遍性意义。在涉及多学科、多领域的乡村建设方面, 面对汹涌的资本浪潮, 建筑师能否回应来自于图像化时代的极大挑战——以反作品的“贫穷”价值观, 摒弃明星建筑师的精英主义优越感, 跳出狭隘的专业局限, 抵御形式主义诱惑, 剥离肤浅的形态技巧操作, 充分尊重社群主体意识与能动性, 通过适宜性技术为乡村社群传递设计与建造智慧, 引导、协作植根于乡村大地的“建筑”而非建于乡村的建筑布景收藏品? 这是罗伯的“贫穷建筑、低技创新”工作所带来的深刻启示。

[致谢: 裴钊教授解释罗伯与迪埃斯特在技术差异性上的选择与两国的地震条件有关, 并在疫情期间帮助联络已经退休的罗伯教授; 谢英俊先生对“poor theatre”的中文解释; 唐沛女士在本文西文表格翻译中的帮助。]

注释

[1] 具体参见 https://www.archdaily.mx/mx/795607/estos-son-los-proyectos-de-arquitectura-participativa-de-la-unam-reconocidos-en-la-bienal-de-venecia-2016?ad_medium=gallery

[2] “Poor Architecture”的西文为“Una Arquitectura Pobre”, 详见参考文献[6]的第一章“Notas para Una Arquitectura Pobre”, (英文为“Notes for Poor Architecture”)。“Poor Architecture”的中文翻译是经过较长时间斟酌, 究竟翻译成贫穷“贫困”“质朴”,

还是其他? “Poor”如果指代“贫民”, 应该还缺少一个定语冠词, 例如埃及建筑师哈桑·法赛(Hassan Fathy, 1900—1989)的著作*Architecture for the Poor*。《建筑师》杂志2020年6月刊《人民的建筑师——谢英俊访谈》一文中对“Poor Theater”的翻译为“质朴”。

[3] CGL-1的建造系统使用扩张金属网的无模钢筋混凝土拱壳(sistemas de cubiertas de bóvedas de hormigón armado sobre metal des plegado sin encofrado, 英文为systems of reinforced concrete vaults on expanded metal without formwork), CGL-2系统则是无模预制装配的配筋砖拱技术(bóvedas de barro armado sin encofrado, 英文为reinforced clay vaults without formwork)。

[4] 相对于在发达国家已成为经典语言的“高技”手法, “低技”的理念面对现实, 选择技术上的相对简易性, 注重经济上的廉价可行, 充分强调对古老的历史文明优势的发掘利用, 扬长避短, 力图通过令人信服的设计哲学和充足的智慧含量, 以低造价和低技术手段营造高度的艺术品质, 在经济条件、技术水准和建筑艺术之间寻找一个平衡点, 由此探寻一条适用于经济落后但文明深厚的国家或地区的建筑策略。——刘家琨, 《叙事话语与低技策略》

[5] 据统计截至2014年, 还有约4180万人口面临住房、基础设施缺乏问题。参见参考文献[1]: 120。

[6] 出版于20世纪末的西文著作《住宅与城市的可能: 连接社会、空间与技术的新建筑》是罗伯对社会思考、建筑构想、技术理念的集大成者。全书由5个章节构成: 第一章提出了“贫穷建筑”(Poor Architecture)的概念及要点, 它在南美伊比利亚文化圈的源流、发展、创新、当代状况与实践; 第二章从适宜技术体系、住宅项目和高密度节地住宅三个方面讨论“住宅的可能”; 第三章具体介绍相应的建造实践; 第四、五章则进入城市层面的讨论。此书两个重要特点为: 对拱壳系统的研究以及书籍草图的表现形式。在拱壳系统研究方面, 罗伯在书中清晰展示多个与拱壳技术相关的建造系统、原理及施工步骤, 如CGL-1和CGL-2这两套钢丝网水泥、预制配筋砖拱无模建造系统。见参考文献[10]: 139。

[7] 伊比利亚美洲国家是指包括拉丁美洲19个讲西班牙语和葡萄牙语的国家, 以及欧洲伊比利亚半岛的西班牙、葡萄牙和安道尔在内的22个国家。

[8] 在此, 有必要提及一个与“Poor Architecture”极为相关的艺术概念——“贫穷艺术”(Arte povera, 意大利语), 是一个从20世纪60年代末到70年代的激进意大利艺术运动: 艺术家们探索使用非传统的“日常”“废弃”材料和不再因循守旧的创作方法, 重视泥土、碎布和树枝等材料的价值, 而非传统的油画帆布框、青铜或用于雕刻大的大理石。他们的作品与20世纪50年代主导欧洲艺术的现代主义抽象绘画形成了鲜明的反差, 挑战商业化当代画廊的价值体系。罗伯是否参考了“Poor Art”的概念无从得知。关于“Poor Art”的介绍请详见: en.wikipedia.org/wiki/Arte_Povera。

[9] 1939年, 罗伯出生于墨西哥的一个精英家庭, 父亲为医生, 是墨西哥城卫生项目的重要推动者, 并且是首位在墨西哥引进三级净化的化粪池污水处理系统的人, 两位舅父分别是墨西哥重要的壁画家、彩色电视机发明者: J. G. 卡马雷纳(Jorge González Camarena, 1908—1980)是墨西哥重要的壁画家; G.

G. 卡马雷纳 (Guillermo González Camarena, 1917—1965) 是机电工程师是彩色电视机的发明者和儿童文化教育的促进者详见 <https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/226220>。1963 年他毕业于墨西哥国立自治大学, 毕业后留校任教至今。家庭氛围及求学经历在艺术、技术和人文方面对其创作探索产生了深远影响。罗伯父亲关注并引进三级净化的化粪池污水处理系统, 这与罗伯后期开展关于居住建筑水处理的实践创新紧密相关。

[10] 奥尔蒂斯 (Humberto Gonzalez Ortiz) 的博士研究论文一共 5 章, 第一章介绍对罗伯设计思想产生的背景与渊源, 第二章重点介绍其建造体系, 第三章是相应的重点案例, 第四章是结论。参见参考文献 [1]。

[11] 托罗哈是世界著名的钢筋混凝土薄壳结构专家, 是国际空间结构协会 (IASS) 的创始人和第一任主席。他擅长采用钢筋混凝土做成空间薄壳结构、悬挑、空间网格壳体、预应力混凝土的设计和分折, 在西班牙内战前后等困难时期用最少的材料、最低的造价完成了很多优美的作品, 如阿尔捷希拉集贸市场 (market at Algeciras)、马德里赛马场 (Madrid racecourse) 看台等经典作品。在当代, 托罗哈的回力球场结构策略仍被不断回溯、继承与发扬, 如瑞士设计师克雷兹 (Christian Kerez) 对华沙当代美术馆的竞赛提案 (Museum for Contemporary Art, 2008 年); 赫尔佐格与德梅隆 (Herzog & de Meuron) 的墨尔本菲灵德街车站竞赛提案 (The Jury of Melbourne's Flinders Street Station competition, 2013 年)。

[12] 安东尼奥·帕斯特拉纳, 墨西哥现代主义设计师, 将功能主义建筑的元素与有机形式混合在一起, 利用土地的自然形状塑造体量并渗透到空间的使用中。代表作是大学城的健身房、浴室和娱乐场 (Gimnasio, Baños y Casino para Ciudad Universitaria, 未建成)。

[13] 胡安·奥高曼是罗伯在墨西哥自治大学的师长与同事, 爱尔兰裔的墨西哥现代主义重要设计师, 最著名的艺术作品是墨西哥自治大学中央图书馆的巨型马赛克壁画。罗伯的圣米格尔·扎波蒂坦小学教室项目, 即受到奥高曼设计于 1932 年的学校之影响。

[14] 胡安·勒加雷塔, 墨西哥设计师, 他“将艺术家与他的社会、工匠与行业联系起来, 致力于改善其建筑的经济和技术方面”, 研究“建造工人阶级的极小住宅”, 这一点极大影响了罗伯的价值观、工作领域以及贫民低造价住宅设计。参见 bitacora.arquitectura.unam.mx/juan-legarreta-vivienda-obrera-mexicana-posrevolucionaria/。

[15] 胡安·塞古拉, 受教于圣卡洛斯学院, 最著名的作品是 1928 年预计建造的 De Sadi Carnot 110 大楼, 以及为了纪念伊萨贝尔·佩萨多 (Isabel Pesado) 于 1929 年建成的伊萨贝尔综合大楼和埃米塔大楼。

[16] 克劳迪奥·卡维里, 阿根廷设计师, 毕业于布宜诺斯艾利斯大学 (UBA) 建筑与城市化学院。在 1951—1958 年之间, 他与建筑师艾德亚多·埃利斯 (Eduardo Ellis) 一起工作。他们一起为理性主义的主流提出了另一种建筑方案, 成为国际风格。在其中融合基督教和空想社会主义的经历。1958 年, 他成立了 Tierra 社区, 继续发展自己的专业活动, 以越来越多的手工方法建造了这些建筑, 并远离了普遍的理性主义。

[17] 罗吉利奥·萨莫纳, 法裔的哥伦比亚建筑师, 他广泛使用建筑红砖和天然形状, 如螺旋、径向几何形状和曲线, 因获 1986 年、1988 年和 1990 年哥伦比亚建筑双年展的一等奖以及 2003 年的阿尔瓦·阿尔托奖 (Alvar Aalto Medal) 等奖项而闻名。

[18] 奈尔维采用钢丝网水泥技术的经典工程案例是, 1945 年位于罗马的运用折板结构的仓库 (via Magliana, Rome), 以及 1947 年都林展览大厅的 B 厅 (Torino Esposizioni, 1948 年)。

[19] 参见参考文献 [1]: 212。

[20] 衍生出来有 6 套户型, 罗伯以 VJR (Vivienda Jose Revueltas)

为缩写前缀, 用 6 个数字进行编号。VJR 是当时罗伯参与灾后重建的一个工作小组的名称, 以后的住宅系列均以此命名。这些户型具有不同的空间组织方式与特点, 可应对不同的场地和需求。参见参考文献 [3]: 179。在此, 仅对 VJR - 2 作详细介绍。

[21] 参见参考文献 [1]: 183。

参考文献

[1] González Ortiz, Humberto. Carlos González Lobo. Caminos hacia lo alternativo dentro del ámbito conceptual, proyectual y contextual de la arquitectura[D]. Universitat Politècnica de Catalunya. 2002: 120, 86.

[2] Medina Juan, García J., Rodríguez Juan. Modularidad y prefabricación abovedada. Colombia como germen de una tradición-moderna. La experiencia bogotana y su influencia en Latinoamérica[J]. Dearq. 44-53. 10.18389/dearq25.2019.04.

[3] Andres Serrano Macias. Vivienda Crecedera Prototipo Para La Regeneración Urbana en Valle del Paraíso[D]. Madrid Universidad Politécnica, 2018: 32-51.

[4] Carlos González Lobo. VIVIENDA Y CIUDAD POSIBLES: La arquitectura debe proponernos como meta la creación de relaciones nuevas entre la sociedad, el espacio y la técnica[M]. ESCALA: México: UNAM, 1999.

[5] Lilia Maure. Zuazo and Torroja: v. 24: Fronton Recoletos Madrid 1935 [Absent Architecture][M]. Rueda, Spain, 2004.

[6] Dieste, Eladio. Eladio Dieste: La Estructura Cerámica[M]. Bogotá, Colombia: ESCALA-Colombia, 1987. Print. Colección Somo Sur; T. 1.

[7] Pier Luigi Nervi. Scienza o Arte del costruzione: caratteristiche e possibilità del cemento armato[M]. 1945.

[8] Carlos González Lobo. El caso de la vivienda en las vecindades. Experiencia tras el sismo de 1985.

[9] 黄庄巍, 谢英俊. 人民的建筑师——谢英俊访谈[J]. 建筑师, 2020 (06): 118-125.

[10] 卡洛斯·冈萨雷斯·罗伯, 夏珩. 住宅与城市的可能: 连接社会、空间与技术的新建筑[J]. 世界建筑, 2020 (8): 139.

图表来源

图 1: https://www.archdaily.mx/mx/795607/estos-son-los-proyectos-de-arquitectura-participativa-de-la-unam-reconocidos-en-la-bienal-de-venecia-2016?ad_medium=gallery
图 2、图 3: 参考文献 [1], 唐沛译

图 4: <https://hgonzalezortiz.blogspot.com/2008/03/presentacin-resea-del-trabajo-de-carlos.html>

图 5、图 6: 参考文献 [4]

图 7、图 8、图 11、图 12、图 14 ~ 图 20: 参考文献 [1]

图 9、图 10: 参考文献 [6]

图 11、图 12: 罗伯教授展览

图 13: <http://hgonzalezortiz.blogspot.com/2006/08/arquitectura-e-indiferencia.html>

图 21: <https://www.google.com/maps/@19.4430947,-99.1185053,3a,75y,255.47h,90.28t/data=!3m6!1e1!3m4!1s1CbnZzLbPTsx24TkjI4Ng!2e0!7!16384!8!8192N97> 号的街景地图, 实景

表 1: 作者一、二根据参考文献 [1] 文字信息绘制

表 2: 作者二根据参考文献 [1] 文字信息绘制