

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

Synergy Techniques: Research, Development and Reflection by
Atelier Jean Prouvé on Assembly Techniques and Industrialised
Construction Methods

[瑞士]马库斯·彼得 文 | Written by Markus Peter

林云瀚 译 | Translated by LIN Yunhan

张峰 校 | Proofread by ZHANG Feng

摘要：本文以让·普鲁维工作室于第九届国际现代建筑大会所展示的 Maison AlBa 原型为切入点，全面回溯二战后让·普鲁维及其工作室以协同思维作为设计指导思想，在装配式技术及工业化建造领域的探索，以及该工作室力图将设计作为一种实验方法的尝试。在此基础上，作者进一步将让·普鲁维工作室的核心思想置于技术史与工程史视野范畴，意图探讨其中蕴涵的科学性和思辨性。

关键词：技术、协同思维、实验、装配式、工业化、技术史、工程史

Abstract: Taking the Maison AlBa prototype presented by Jean Prouvé at the 9th CIAM as a starting point, this paper traces the post-World War II research of Jean Prouvé and his atelier in the field of assembly technology and industrialised construction methods, their attempts using design as an experimental method, as well as using synergy thinking as a guiding principle of design. On this basis, the author further places the core ideas of Atelier Jean Prouvé in the context of the history of technology and of engineering, with the intention of exploring the scientific and critical aspects of these ideas.

Keywords: Technique, Synergy, Experimentation, Assembly, Industrialization, History of technology, History of engineering

作者：

[瑞士]马库斯·彼得 (Markus Peter), 苏黎世联邦理工大学 (ETH Zürich) 教授, 梅里彼得建筑设计事务所 (Meili, Peter & Partner Architekten) 创始合伙人。

译者：

林云瀚, 苏黎世 atelier wvw 建筑设计事务所项目建筑师。

校者：

张峰, 上海重峰建筑事务所主持建筑师, 瑞士工程师与建筑师协会注册建筑师。



图1：大都会之家，1950年巴黎家具艺术展，让·普鲁维

一、让·普鲁维的装配式住宅

战后，让·普鲁维 (Jean Prouvé) 进行了大量关于装配式住宅的试验与研究 (图 1)。第九届国际现代建筑大会 (CIAM, Congrès international d'architecture moderne) 于 1958 年在法国普罗旺斯大区艾克斯举行，此次大会的主题名为“栖居，为最多的人数” (L'habitat pour le plus grand nombre)，除了史密森夫妇经典的卡萨布兰卡计划——为偏远地区的移民制定的以庭院住宅类型 (Hofhaustyp)

为概念的提案，大会还展示了 75 张出自让·普鲁维工作室 (Atelier Jean Prouvé) 的有关未来工业制造建筑的图板 (图 2)。其中第 9 号图板列举了一系列以“技术影响” (Implications techniques) 为题的案例，例如巴克敏斯特·富勒 (Buckminster Fuller) 的测地学穹顶，拉斯特隆公司 (Lustron Corporation) 每年大规模量产达三万栋的预制钢结构住宅单元等。其中，莫里斯·贝克曼 (Morris Beckman) 以美国田纳西州橡树岭的 Cemesto 预制房为基础设计而成的房屋——由带有木材内饰的模块化搪瓷钢板构成，集中展现出建筑产业中合理高效的福特主义流水线生产方式。这些二战后的创举无疑承接了由沃尔特·格罗皮乌斯 (Walter Gropius) 和康拉德·沃克斯曼 (Konrad Wachsmann) 创设的通用面板系统 (General Panel System) 中的构造节点，尽管当时这项由两位技术梦想家所主导的试验并未获得成功。

第 10 号图板列举了由雷蒙德·加缪 (Raymond Camus) 所创建的重型预制混凝土板式建造 (Tafelbauweise) ——一种将 19 世纪房屋拆分为墙板，再以同样方式将其立体组装的系统。接下来的图板还罗列了专注于预制建筑构件的美国铝业公司 (Alcoa) 所生产的铝板等。虽然仅有第 52 号图板展示了让·普鲁维工作室对于个人住宅的有趣研究，但其却是整套图集的点睛之笔——对一个建筑学对象作“技术对象”的极端化处理。这个名为 Maison Alba^[1] 的原型，其第一套图纸于 1952 年 12 月绘制完成，并于 1953 年 3—4 月间通过进一步的系统化平面研究进行了补充。这些研究不仅展示了普鲁维的大量草图，由莫里斯·希尔维 (Maurice Silvy) 和位于马谢维勒的普鲁维工作室中的年轻建筑师、学徒等绘制的图集，还有名为“设计室” (bureau d'études) 的项目图纸，和一套名为“Maison Alba-panneau type Bron-Parilly”的卡纸模型照片。这也是普鲁维在研究中第一次运用“带承重核心筒的类型” (Type à noyau central)^[2]，然而 Maison Alba 项目却并未参照他于 1936 年在法国比克

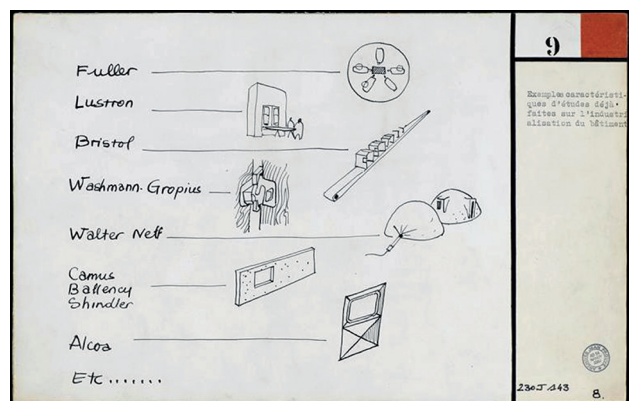
的罗兰·加洛斯航空俱乐部 (Aéro-Club Roland-Garros) 项目中的舱室设计——“一个淋浴舱、厕所舱、浴室舱，全漆装，全车间制造”^[3]。

普鲁维的平面研究深入至精细的室内陈设和家具配置，涵盖了厨房、浴室、卫生间和采暖系统的“机械模块” (bloc mécanique) 是其中的重要组成部分。基座的护墙被设计成绕房一周的座椅，且 2-4-1953 号方案^[4] 的核心筒出现了倒过圆角的柔性边缘。核心筒的位置和几何形状灵活地定义了起居空间和用餐区域，唯有两间或三间的卧室始终排布在朝向东面的相同位置。所谓的“植入式研究” (étude d'implantation) 利用壁柜单元和门将房间和起居空间 (séjour) 隔开，极力精简了空间的深度和动线的次序。核心筒在平面中的自由布局仍遵从形式上的环路原则，这种原则也在各种功能序列的家具配置中得到了更精准的深化。与此同时，普鲁维的另一项研究^[5] 推进了对倾斜空间的探讨，以及对多边形空间形态的研究：例如，利用斜撑创造出的三角形空间与梯形形状且略微弯曲的家具共同展现出的一种精致简约的家居模式。

对技术史的研究须厘清，究竟是何种力量在推动一种以“将技术导向和技术驱动的生活方式变得可触可感”^[6] 为动机的全新现实架构。因此，我们需将“技术”一词与“一系列具有丰富想法的技术对象联系起来：诸如仪器、车辆、推进装置和存储设备、带手动或自动功能的器械、线路、开关、信号等生活中的日常物件，经常有人试图对其进行完善的分类，

但却鲜有令人满意的结果，主要因为‘技术’一词似乎很难指向能够被统一理解的概念。如若我们并不在概念问题上吹毛求疵，那么‘技术化’ (Technisierung) 一词则可以被理解为我们所处的物质生活世界 (Wohndingwelt) 的持续增益和凝聚”^[7]。“物质生活世界”这一词汇出现在第 5 号图板上，并被总结在“舒适” (Comfort) 的词条下。这幅图板展示了位于默东地区的一栋编号为 11 的房屋室内陈设——这是一种在外国杂志《室内设计 and 建筑艺术》中出现过的美学，其有效地传播了工业生产与工业设计师密切合作的行业模式。因为人类活动的流动性越来越大，以及有越来越多的工业生产参与到建筑领域中，上述这些设计正在创造全新的解决方案，“灵活，甚至可转换的结构，意即可以改变大小的、能够标准化批量生产的、由生产汽车或飞机的工业材料制成的结构；以及使用最新的技术发明，并能反映心理学和社会学所研究的实验参数的结构”^[8]。经典作品《明日之家，住宅建造者完全指南》^[9] 一书不仅推广了雷蒙德·洛威 (Raymond Loewy)、亨利·德雷弗斯 (Henry Dreyfuss)、乔治·尼尔森 (George Nelson)、哈罗德·范·多伦 (Harold Van Doren) 和沃尔特·多尔文·蒂格 (Walter Dorwin Teague) 的作品，也同时展现了全新的技术生活方式。这些作品于 1949 年秋季在底特律艺术学院以“现代生活”为主题的展览中被再次展出。该展览的组织者亚历山大·吉拉德 (Alexander Girard) 还集结了不少其他设计师的作品，包括阿尔瓦·阿尔托 (Alvar Aalto)、查尔斯·伊

图 2：第九届国际现代建筑大会 (CIAM IX, 普罗旺斯大区艾克斯, 1953 年 7 月)，第 9 号图板，让·普鲁维



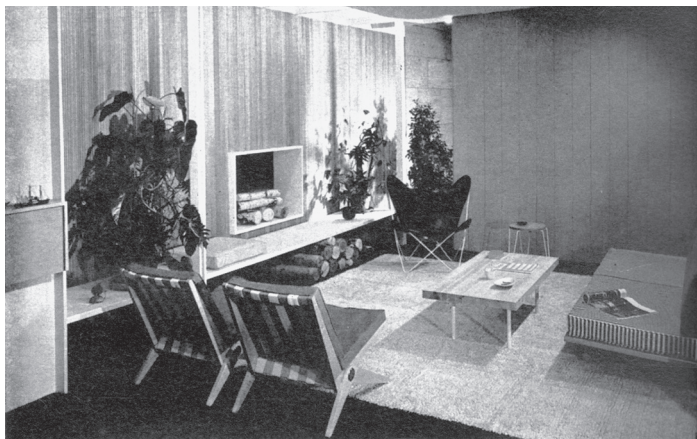


图3：“现代生活”展览(底特律艺术学院, 1949年), 剪刀椅, 皮埃尔·纳雷(Pierre Jeanneret)

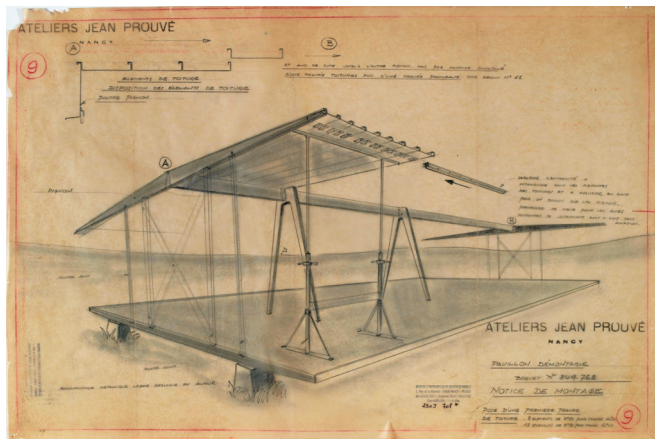


图4：让·普鲁维，可拆卸展馆装配过程草图，1944年

姆斯(Charles Eames)、乔治·尼尔森的作品,以及芙洛伦丝·诺尔(Florence Knoll)和埃罗·沙里宁(Eero Saarinen)、汉斯·贝尔曼(Hans Bellmann)、阿贝尔·索伦森(Abel Sorensen)、乔治·尼尔森(George Nelson)合作的系列设计。其中也展出了由皮埃尔·纳雷(Pierre Jeanneret)设计的剪刀椅(图3)。

普鲁维通过编写在CIAM图板上的文字,对他的住宅设计中截然不同的两部分进行了说明:“1)一块放置于地面上如整块石料般的混凝土基槽;基座的隆起部分将作为房屋外侧的‘保险杠’,其防撞效用已进行过相关的研究。功能上用作卫生间的核心筒应置于建筑的中心,并与混凝土基槽一起浇筑”;“2)墙和屋顶由宽条状的铝制型材建成”^[10],该型材也已在先前的研究中展示过。在此期间,普鲁维位于马谢维勒的工作室还研发出一种最长可达10m的轻质屋顶结构,并首次安装于Maison AlBa中。这种轻质屋顶结构包含一根由隔热金属型材制成的屋下脊檩,其带有可旋拧的垫片,用以调节由铝片弯折而成的屋面卷材。第42号和第43号图板则以1:1的比例介绍了一种由波纹金属板制成的弯曲状屋顶构件(Couverture voûtes)及与之配套的全新构造做法的草稿和范式——一种采用自稳固标准组件的屋顶做法。这里的标准组件是基于另一种规格为12/10的铝板,一种以500mm为模数的成熟工业产品——司杜达公司(Studal)于1953—1955年间销售了超过

80万m²的产品^[11]。在这一具有矩形平面和倒过圆角的核心筒的设计方案中,普鲁维首次以轴测图的方式展示了一根架设在设备核心筒上脊檩(图4)。这些具有承载力的设备筒实际上代表着一次技术的飞跃^[12],因为这一创新可以代替“可拆卸展馆”(pavillon démontable)的中央柱——普鲁维于1939—1940年间为其申请了专利,并在之后的大量项目中使用。传奇般的中央门式(portique central)刚架建造体系,使得长度不超过4m且重量不超过60kg的构件在8m×8m或8m×12m的建造范围内成为可能;同时还能在装配过程完成后,将房屋中的关键受力集中于脊檩与门式刚架交接的唯一一个刚性节点上。基本施工工序如下:首先将两樘门式刚架扶起立好,随后将脊檩的两端挂于刚架顶端的柱头上。若简要地解释这个系统的承载原理,我们可以很容易看出:中央门式刚架除了需要抵抗竖向荷载,还需在横向承担弯矩;纵向则与基座通过铰接的方式相联。柱头之间的相互作用将脊檩牢牢固定住,并与刚架共同构成一个抗弯双支撑系统。这个系统在理论上已经处于平衡状态,只需要在端部安装摇摆柱(Pendelstützen)以防倾覆即可;由于脊檩本身的弯曲程度可以忽略不计,所以摇摆柱实际上不承担任何荷载或是弯矩。同时,这些摇摆柱亦构成了立面上镶板间的竖向线条,这也正好可以解释立面纤细形态的成因。

与弗里茨·莱昂哈特(Fritz Leonhardt)^[13]关于轻质结构的学说一致,我们可以得出

如下结论:普鲁维成功地从静定结构类型“回溯到超静定结构,如同以往的大匠师所擅长那样”^[14],并且这种设计策略使得所有建筑元素被有效地整合成为一个共同作用的整体。其中最经典的8m×12m展馆的拆卸和组装过程已经以影像方式被记录下来,如2011年在巴黎杜乐丽花园(Jardin des Tuileries),以及2013年在都灵灵格托工厂的乔万尼与玛雷拉·阿涅利绘画陈列馆(Pinacoteca Giovanni e Marella Agnelli);并且整个演示过程在经由画廊老板兼收藏家帕特里克·赛金(Patrick Seguin)以图像和电影的方式巧妙地进行了风格化演绎之后,已然成为一场富有节奏感的事件^[15](图5)。

长久以来,普鲁维坚持按照各种安装顺序的细微序列工整地记录整个(组装/拆卸)过程,意图不只是让专业建筑人士理解,更希望外行也能够明白。诚然,他的工程图纸中包含着大量装配建造的工程说明,但通过轴测图的美化,又进一步使装配过程本身获得了自主的价值。周末度假屋(Weekendhaus)的销售说明书中出现了“只需几小时”(En quelques heures)的宣传语——实际上普鲁维正是以小时为单位测算了搭建和拆除所需的全部时间!

二、协同思维指导设计

Maison AlBa系列中的所谓多种解决方案,实质上仅仅是核心筒结构类型和立面结构类型之间几种比较松弛的组合方

式^[16]。15.021-25号方案展示了一种由宽度为1.50m和1.00m的铝制镶板构建的立面结构，我们不禁发问：技术的协同与多解决方案的研发在这里究竟是如何相互影响的？一种认识论，若要捕捉其动态发展过程中的技术思维，则必须与这种技术思维具备同样的运动性、一致的流动性和类似的风险性；由此，这种认识论才能接纳该技术思维产生的活动和创新。

上述这种动态过程实则包含两面性。一是时常被用以描述节点和接缝区域的集中性(Konzentration)和多元决定性(Überdetermination)。这些技术群体产生了如加斯东·巴什拉(Gaston Bachelard)^[17]所言的“绝对真理的核心”(Kerne der Apodiktizität)^[18]。该术语表明这种核心只能被内在地掌握；在某种程度上可以说是技术文化的专业领域；它们形成了自成一体的文化规范和表现形式，且这种文化规范与表现形式只有通过产品的深入了解方能对其进行评判。但是我们也必须在更高的层面对此进行说明：技术活动不会产

生一个绝对对象，或一个“形而上学的，无法消解的且不可分割的有机体”^[19]。

为了能够理解技术对象的这种特性，吉尔伯特·西蒙顿(Gilbert Simondon)发展出了关于“技术配置”(technischen Einstellungen)。二是便指出(技术对象的)子集在一定程度上“从它们所属的整体上”被替换[……]，“技术对象可以被修复、被完善；(将它)与生物体进行简单的类比无疑是虚妄的，因为技术对象的创建便是指通过检查、修改以及必要时通过完全替换组成的一个或多个用以检修、维护或是操纵的子集”^[20]。

倘若要对轻型金属立面准确地命名称为“多轨建造”(Construction à voies multiples)^[21]——一个如上文所述的子集——进行更精准的解读，则需要对技术思维在技术条件、生产方式和制造工艺方面的流动性和适应性进行更精确的研究。前文所述的立面形式是基于一种全新的概念——“仅由金属片材构成，同时还能保证对自身强度进行必要加固的系统；这种

覆层单元能够(自)承重，也就是说可以在没有传统结构元件(如梁、柱等)的情况下独立使用，这让建造工作变得异常简单和便宜。”^[22]

普鲁维在技术层面对西蒙顿有着充分的理解，进而寻求“结构单元中的功能融合”——一种不仅仅是在强度加固和围护结构这两种“互相冲突的要求之间进行妥协”的创新。正如该系统的文本所述，构成墙体的波纹金属板设有“足够数量的肋条，以确保所需的刚度；同时根据具体设计要求，这些肋条可以是水平向和/或垂直向排布，或者也可以是倾斜布置的”^[23]。变化多端的形式外观正好体现了这项创新的重要特征，即金属板材塑形加工的协同属性。其设计旨在“确保肋条具有刚性的同时也能够保证美观，以及兼顾遮阳、防风、排水等功能。此外，外墙的肋条形式通常与单层或多层内墙的肋条形式有所不同”^[24]。构成“整体系统”^[25]的墙层不能与常见的组装方式相接合，因为普鲁维对构造的兴趣点在于“将平整的墙层与中间元件连接，以保证一定的容差余地”^[26]。这种容差余地允许(整体系统)相对独立地吸收掉作用在墙壁舱板上不同的力——由风荷载或者雪荷载产生的力，或是由于热膨胀所引起的构件尺寸的变化。热分离连接构件的使用则能适应最简单的墙体构造做法——在玻璃棉保温板和外部围护之间留出来的通风间距。通过上述方式，普鲁维有效地避免了外立面部件被拆解为承重、保温和围护三种单独的功能，过度适应(Überangepasstheit)往往使得对技术对象的修改或进一步开发难以为继。网格化面板上的精细波纹状铝板(外侧为10/10规格，内侧为8/10规格)须在单次操作时完成同一方向刚性元件的塑形；内侧铝板的组织逻辑使其肋条能够垂直向排布；外侧铝板的排布则由于刮风、下雨等气候原因水平向布置。由铝或钢板制成的薄壁构件，其结构特性如下：“在受压情况下，扁平状和细长状的构件会产生局部位移，金属板外凸部分的尺寸以及外凸的深度则取决于相应的边界条件”^[27]。这一



图5. 2013年布尔歇在高古轩画廊(Gallery Gagosian)展示1944年让·普鲁维的可拆卸展馆

切也要归功于西奥多·冯·卡门 (Theodore von Kármán) [28]，他的研究将相关问题从抽象的压力曲线数学公式转化为可实际操作的有效宽度计算模型，其中不均匀的应力分布意味着凸起底部区域的应力下降和朝向板条的刚性边沿处的应力集中。对梯形轮廓的使用实例则可以有效说明上述过程，同时也再次表明弯折卷边和增强加固的操作能够（对整体结构）带来有利的影响。梯形金属板的顶端被称为腹板 (Steg)，腹板之间则是凹槽 (Sicke)。在压力荷载作用下，它们的受力情况只能通过巨大的计算量进行分析和记录。尽管如此，空心横截面——例如矩形中空横截面、中空导管和两级封闭型材——“具有非常好的最小弯曲刚度与最大弯曲刚度比，以及特别高的扭转刚度。……在通常情况下，尤其是对于相对简单的结构形式或是超大截面尺寸，通过对金属板的弯曲而生产的型材可以提供最经济实惠的解决方案” [29]。需要注意的是，上述构件所承受的力流必须尽可能均匀地分布在型材的横截面中，以避免极端的集中应力。

普鲁维设计了这些由钢板制成的，或弯曲或折叠的材料表面，其独特之处包含如下静力学元素：从出檐的悬臂梁，到中央门式刚架的锥形侧轮廓，再到铝亭 (Pavillon d' Aluminium) 主梁的扁平弯折多边形素 (Seilpolygon)，共同点是它们吸取了如艾德瓦尔多·托罗哈 (Eduardo Torroja) [30] 著名的高架水渠的抛物线横截面形式；不同之处则是普鲁维在他的设计中加入了制作精良的铝制横截向壁板，用以防止（结构截面的）翘曲和弯折。尽管精加工的铝板是一种弹性系数相对较低的材料——相比钢的 2100t/cm^2 ，其仅为 $600\sim 750\text{t/cm}^2$ ，但当被用作立面构件的材料时，它却具有独特的建造优势，尤其是其具有比重低、强度高、优异的耐腐蚀性和易加工的可塑性等特征，能充分展现传统钢材无法企及的制造优势。 [31] 轻金属型材或板材的横截面塑形可以通过轧制、挤压、卷边等操作完成；对于格栅式 (voile-grille) 外立面则通常采用冷压加工技术，而

轧辊塑形则应直接在金属辊轴（线圈）上完成。得益于这种“连续轧制金属板材，辅以具有更高塑形性能和提升效能的新型机器” [32]，诚如普鲁维所希望的那样，建筑的外立面终于得以“轧制”了。“以金属带材为原始材料，将其开卷到 1.20m 的大小” [33]，通过连续旋转的辊轴将其塑形为需要的型材。上下辊轴之间的距离会依据不同的加工阶段、带材自身的形状以及所需型材的轮廓形状进行变化，且型材在前后两个阶段之间仅会被弯曲几度。每种不同横截面的型材都需要一组单独的轧制套件，为此首先需要设计的是轧辊模具 (Profilblume)，意即为每个塑形轮廓设置横截面的形状，然后再具体地设计滚轮工具的形状。 [34]

让·普鲁维工作室将这一系列过程命名为“约德式辊压成型” (Yoder roll forming) [35]——一种由工程师卡尔·约德 (Carl M. Yoder) 开发的冷压塑形产品系列，并于 20 世纪 20 年代由其公司在美国推广。 [36] 那么位于布隆-帕日里 (Bron-Parilly) 项目的实体模型 (Mock-up) 究竟需要多少种不同的轧制板材，以及它使用了哪种轧辊模具？根据莫里斯·西尔维的记录，一个地处偏远的工厂制造了该实体模型，而普鲁维会定期前往视察，以确定必要的轧制部件。 [37] 尽管从拍摄于该制造车间的照片 (图 6) 中能够看到 (实体模型) 内外两侧的面板，以及热截面内部绝缘位置的胶木 (das bakelisierte Holz)，但该设计仍然创造出了一种梦幻般的、硬挺的轻质结构形式。整个造型设计使用厚度仅为

0.8mm 的金属板，致使建筑的重量低至难以置信的 6kg/m^2 。

三、何为真正的工业化？

此处试图针对工程史与技术史进行公正的评价，实则也开辟了一种双重视角：其一是注意力集中在技术性生产的实践及其模型实验的转换上；其二也应考虑到所有这些问题，均源自普鲁维所坚持的技术实践优先于科学的学术预设。我们不难意识到，对波纹金属板的轧辊操控是极其困难且异常昂贵的，因为生产工具并不具备灵活性，导致改装或是轧辊器械的重新组装十分耗费人力。不过这一论断能够允许我们回答阿科什·帕乌里尼 (Akoš Paulinyi) [38] 的追问：“究竟是谁或由什么决定了相对运动 (Relativbewegung)？” [39] 通过这个发问，帕乌里尼试图理清手工艺和机械设备之间的区别，并帮助他自已掌握真实的工业化过程及其在技术史上的分期。普鲁维的案例揭示了一种从轧制到磨具弯曲的全新的材料成型过程，一种将材料转变为另一种最终形式的过程。帕乌里尼以表格形式总结了该过程：“1) 对工具的掌握和使用；2) 对工件的掌握和使用；3) 能源供应（转换或者转化，以及运输）；4) 为操作过程（操控）提供和传递信息；5) 控制操作过程（测量）；6) 在操作过程中传送（定位）工件。” [40]

制造业的兴起在时间上先于工厂生产体系，其建立了从“小工艺”到“大工业”的过渡。倘若从这一历史角度审视，

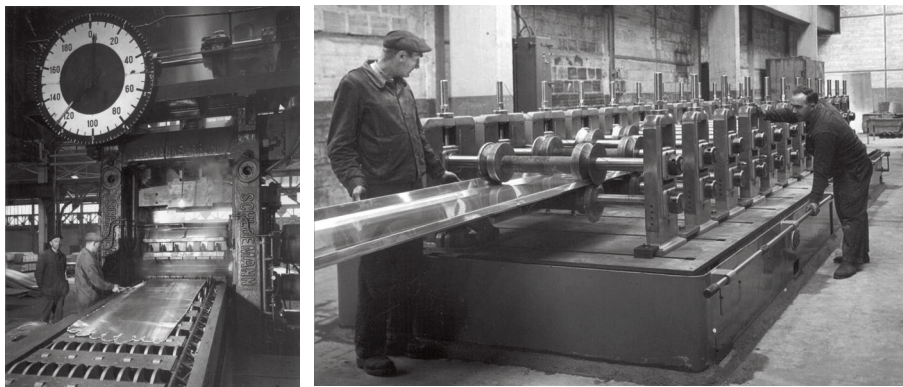


图 6：让·普鲁维专利——铝制屋面板，瑟杰杜 (Cegedur) 摄于工厂生产车间，约 1950 年

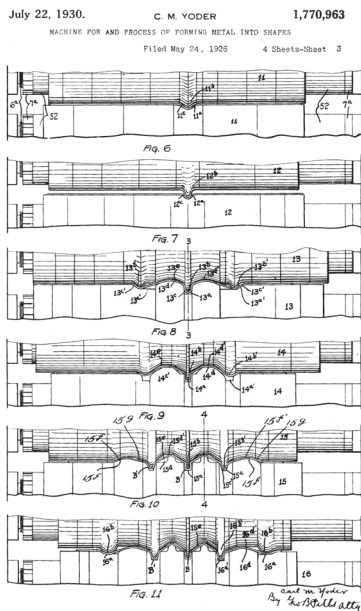


图7：卡尔·约德，金属塑形机及其塑形过程，美国专利号1, 770, 963（1926年5月24日提交），辊轴组横截面

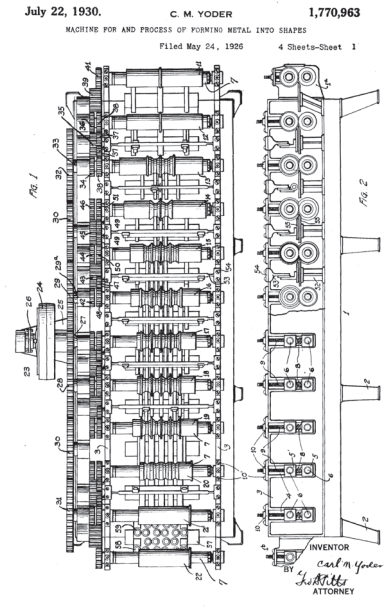
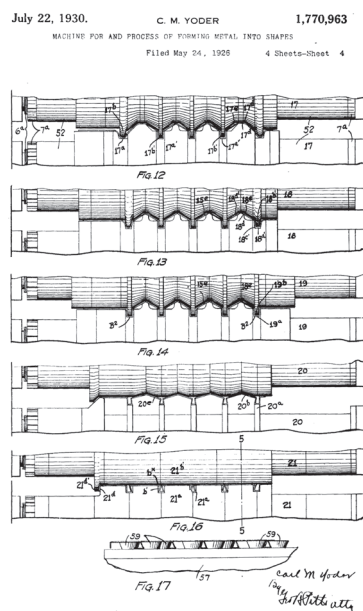


图8：卡尔·约德，金属，塑形机正视图和长剖面

让·普鲁维的工作室已经开始接近机械工艺 (Maschinerie) 的生产过程——虽然其中仍存在通过“不断重复相同的操作”将“手工制造拆分为不同部分的子操作”这种典型的企业内分工方式。当我们谈论“材料塑形” (Stoffformung) 时，需要知晓其涵盖以下范畴：“对所有金属制品和金属结构的实施，包括干钳工活、五金工活，金属门窗乃至钢骨架的制造生产；金属在建筑、设备和装修阶段的所有应用；室内设计；建筑业中所需的各种金属制品的制造和贸易”。通过“材料塑形”的工艺，金属材料能够从初始形态被加工成可以被基本几何概念所定义的最终形态。而金属加工技术中的模具弯曲 (Gesenkbiegen) 则是指用弯曲冲头 (Biegestempel) 和弯曲模 (Biegegesenk) 对金属薄板进行弯曲塑形的过程。使用的机器通常是宽度介于 2 ~ 6m 的压弯机床 (Abkantpresse)，这种机床的冲头始终保持直线运动，而底模则可以移动，进而能使不同的模锻形式停留在印模下方。这种方式所生产的绝大部分产品均是线性延展工件，例如门框型材、可拆卸内墙、立面壁柱以及立面镶板，其中也包括著名的克利希 (Clichy) 外墙板。严格地说，该生产过程仍然归属于手工工具技术 (Hand-Werkzeug-Technik) 范畴，因为“工人掌握并使用工具和工件（或

仅是其中之一）完成材料的形态转变，工具和工件之间的相对运动以及技术性操作的结果仍然直接由人决定”^[41]，因而可以说，这套生产流程尚未实现工业化。虽然已经达到较高水平的机械化程度，但该种塑形操作的方式方法仍隶属于手工工具技术领域——无论是机械冲程抑或电子控制压制过程的压弯机床；相较之下，轧制钢板或铝板的半成品则均来自机械工具技术 (Maschinen-Werkzeug-Technik)。若我们再次回头审视相对运动，抑或“手工工具技术和机械工具技术”^[42] 之间的分界线，会发现实际上是运用了冷压塑形技术的机器在生产工件。因此（普鲁维的相关设计）其实是约德机 (Yoder-Maschine)（图 7、图 8）被应用于工厂——位于巴黎东部小镇波默斯的佩希内 (Pechiney)^[43]——生产而实现“多轨建造”的唯一外立面构件。

这种轻质结构外墙技术源于里昂市近郊的布隆·帕日里 (Bron-Parilly)，一处名为“邻里单元” (Unité de voisinage) 的项目。这是一个拥有超过 2600 套公寓的“大型集合” (grand ensemble) 建筑，建筑师热内·葛杰斯 (René Gagès)、弗兰克·格里马尔 (Frank Grimal) 和皮埃尔·波尔德德 (Pierre Bourdeix) 为其标准化建造选取了单向横墙结构类型 (Schottenbautyp)，并且规定了标准轴线间距为 5.30m。在该项目

中，所谓工厂预制的工业化重点集中在内装构件——尤其是厨房和浴室——以及立面的标准化上。为了让现浇混凝土的施工更加合理，建设时所使用的大型制模模板具备更短的组装时间，并且能最大化地满足重复使用的原则。结构元件在脱模后保持粗混凝土的状态，且无需后续处理即可直接安装“功能性组件”。非承重的立面构件则需要同时满足空间边界划分、保温隔热、照明通风等功能，于是让·普鲁维工作室被直接委托对该产品进行研发。普鲁维希望借由为法国政府的大规模工业化项目提出解决方案为契机，真正启动铝板外墙的工业大规模生产。根据这一原则，他设计了一定数量的不同方案，例如采用冲孔小开口的方式进行采光和通风。“这些开口的分布可以随设计进行调整”^[44]，设计师如是写道。从第一个方案的轴测图可以看到带摆动翼的大开口，摆动翼可围绕最顶部的金属板旋转，并巧妙地通过其内断面结构进行加固。尽管该方案以失败告终，但通过这种方式将立面研发与技术生产联系起来的尝试并非心血来潮的仅为“看看会发生什么”的偶发实验。普鲁维的所有努力都指向一种在飞机和汽车工业中早已存在的生产过程；换言之，生产过程中机械工具才是创造真正工业化产品的必要媒介。

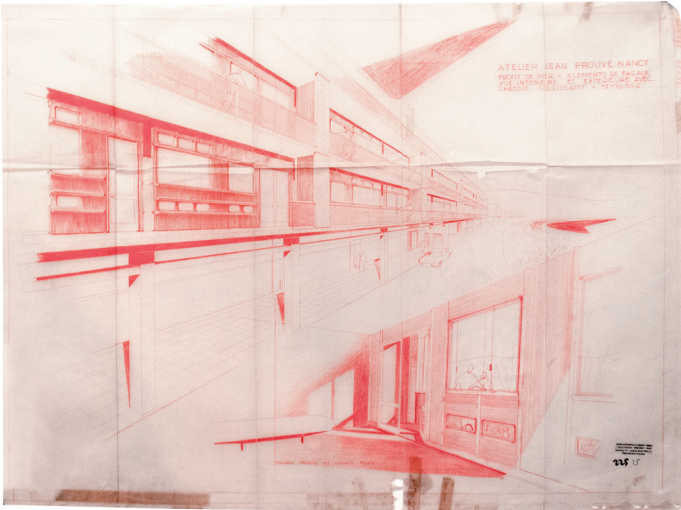


图9：格栅式立面，室内透视与室外透视，鲁瓦扬滨水区项目，让·普鲁维，1953年

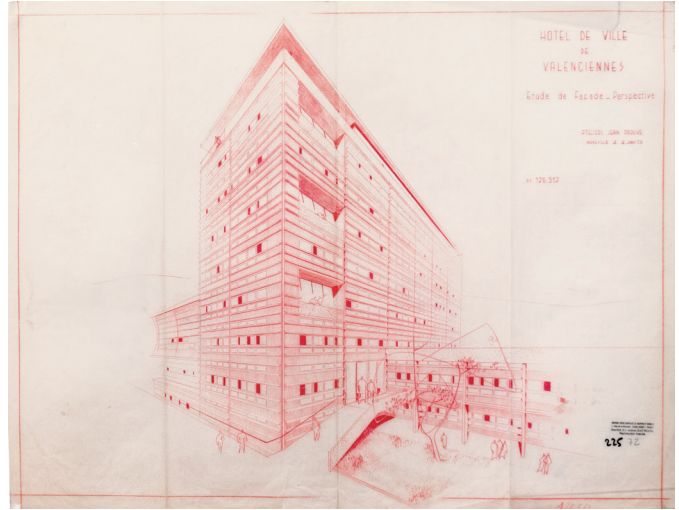


图10：格栅式立面设计，瓦朗谢讷市政厅，让·普鲁维，1953年

这种设计原则随后得到了进一步的发展，且很快便体现在 Maison ALBa 的设计中。在努力将格栅式立面整合进系统的同时，普鲁维于 1952/1953 年在鲁瓦扬建成了一座房子（图 9，Entwurf für die Fassade des Rathauses Valenciennes）。这期间的项目还包括：瓦朗谢讷市政厅（图 10，Innen- und Aussenperspektive der voile-grille-Fassade für das Projekt Front de Mer），多姆地区的建筑群（1953 年 2 月），滨海布洛涅市的改造与城市规划部办公楼项目（Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme, M.R.U., 1953 年 3 月），诺让地区的高架桥项目（Viaduc de Nogent, 1953 年 5 月），建筑师安德烈·希弗（André Sive）的自宅，南希大学 1952/1953 年举办的教师公寓竞赛设计，以及 1953 年 6 月举办的“4000 套住宅计划”（Programme de 4000 Logements）。圣让德莫里恩如今还保留有两栋社会保障住房（图 11），它们的外墙立面是仅存的实现了“多轨建造”的实例。



图11：莫里斯·布兰（Maurice Blanc）和让·普鲁维，圣让德莫里恩多户住宅，1954年

为了解释这种连续冲孔立面的原理，普鲁维工作室写道：“不同模块的开口尺寸需遵循对应的功能。冲孔应与通风、采光以及立面收边相匹配。”^[45]利用所谓的冲压技术在一次操作过程中冲制出窗洞——这种生产操作实际上源于自 20 世纪 20 年代以来一直被用于汽车车身的制造方式，即通过在冲压过程中略微弹出切割边缘，进而增加金属板的强度。为了避免角部开裂，所有转角都被倒成圆弧状——这和技术设计并无关系，而是来源于常见的机车车窗设计。

四、作为实验的设计

为了进一步明确协同作用的思想，我们在此回顾发生在建筑师伯纳德·马里（Bernard Marié）、米歇尔·巴塔耶（Michel Bataille）、让-路易斯·韦雷（Jean-Louis Véret）和设计师让·普鲁维之间的一次对话。

当约内尔·施恩（Ionel Schein）提出如下问题时，对我们无疑也是一次具有启发性的挑衅。他问道：“通过这些实验，建筑是否获得了进一步的发展？”^[46]毋庸置疑，在技术领域以及从 15 世纪以降的科学领域，实验已经开始发挥越来越重要的作用，弗朗西斯·培根（Francis Bacon）将实验作为一种研究方法，探讨实证研究与概念理论建构之间的关系，并将这种关

系视作既是一种交互的相互作用，也是一种迭代的过程。^[47]对于实验的概念，培根是第一个摆脱了差异仅源自观察的人，他将其设定为施加在个体之上的现象的总和，尽可能自由地改变实验的条件。与其他建筑师不同的是，普鲁维试图在上述对话中强调设计是一种技术规范的行为，“我不会站在绘图板面前对自己说：‘我想要设计的房子是如此这般。’这种场景从未在我脑海中浮现过。相反，我总是去找寻某种建筑，在寻求过程中我会问自己：‘我该如何完成这个房子的建造呢？’然而，如果说建筑师们有所谓的宗教信仰，那这种信仰肯定是不喜欢我的这种设计思维”。^[48]为了澄清上述问题以及技术的自主权，我们提出如下论点：对一项技术的确认始终是棘手的；因为它总是会承认或驳斥某个之前被提出过的命题或者某种先前的模式，并通过证明来显示自身——这种确认的方式实际上创建了一种决策层级。在马谢维勒恰恰应验了这一准则：“只有通过验证（constatation）才能实现发展；这是达到目的的唯一途径。”^[49]如同普鲁维再三强调的那样，只有当拒绝在工作室以外的地方学习时，才能在实验中获得进步，因为“由外界引入的东西大多不合时宜，不过是在浪费时间”^[50]。然则哪些知识当被检索，哪些刺激应被释放，以便能在此过程中进行系统性的实验并最终实现客观控制？具有建设性且可实现的想

法一方面是基于激活所有既有的知识——关于技术条件如何作为解决方案的前提条件的知识。不仅如此，上述想法还必须向前更进一步——该想法的实验需要具备两种保险。“其一，确保新生的事物和理性之间具有直接的关联”^[51]，从而获取它是一种“现实的技术”的名义；另一方面，确保参与实验的工具和机器，也是该实验的一部分。用弗朗索瓦·雅各布 (François Jacob)^[52] 的话说，实验系统的构建具有一种“可能性的游戏” (jeu des possibles)^[53] 的特征。但是，如同汉斯·约尔格·海因伯格 (Hans-Jörg Rheinberger)^[54] 所尖锐强调的那样，“可能性”一词在此处需用双重意义来理解，“诚如所言，在可能性的领域存在着某种东西，同时也是最终无法控制的东西。可能性似乎始终处于某种奇怪的脆弱状态：一方面，在严格意义上它并不存在；另一方面，‘你总是需要决定——或你已经决定了 (il faut déjà avoir décidé)^[55]——什么才是可能的’”^[56]。

在普鲁维的技术思想中，实验承担着某种控制功能——依据詹姆斯·马克·鲍德温 (James Mark Baldwin)^[57] 发表于1905年的《哲学与心理学词典》^[58]，而控制首先是抵抗的结果。实验即是控制，仅靠实验本身便可以改变该实验发起者的想法，“有时候这种控制还会导致想法的全盘崩溃。这个想法因此会被质疑。一架漂亮且优质的飞机，一座同等品质的桥梁，都只有通过一群为‘想法’工作的人才得以实现”^[59]。正是普鲁维的信念将实验从传统的实验室中转移到了一个完全不同的场域——车间和原型的场域。在马谢维勒，正确的建造流程涉及如下两点：模型化过程中出现的阻力（的反馈）和原型（的研发）。对此，普鲁维理想化地制定了该过程。”
a) 想法，无论是针对建筑物还是家具；
b) 在技术草图的基础上与执行人员进行对话；
c) 原型或模型；
d) 记录、实验、测试、改进——最后才是绘图与制定生产计划。”^[60] 通过上述控制，普鲁维总体而言达成了对建造过程的“预检” (checking)、限额设置和规范建立。我们将首先阐明“失

败”的概念，因为只要有失败的存在，就会有对（创造）刺激的遏制。没有各种各样的失败，刺激也好，绝妙的绘图也罢，都只是单纯的创作构思。普鲁维很快便发现“满意或失望均体现在立即执行的行动中，而非口头言辞”^[61]。用普鲁维自己的话来说，“永恒”的绘图远不及原型有针对性。在技术对象进入实际工业生产过程之前，无论是自主性，抑或某种原型或整个系列的先驱，都是普鲁维工作室在生产制造的过程中永不确定的界限之一。

无独有偶，在传统科学实验室中进行的实验能够证明某种假设是否成立，而在普鲁维工作室中的原规则可作为“建设性的想法”的证明。我们可以说，在“某种意义上除了方法和技术观点之外，理科实验室和工业测试平台之间并没有区别”^[62]。原型在技术上代表了用于各自目的的、具备功能性的、通常是计划产品或建筑组件的简化版实验模型，并且一般是用作大规模生产前的准备，但在有特殊概念或想法的情况下，也可为单个独立部件服务。通过原型，一方面可以测试其自身的适用性；另一方面也是对其自身进行验收。因此，原型无疑是产品设计和开发框架中的关键步骤，而非仅限于技术性的语境。让·普鲁维总是因为要结束某个原型的开发而感到痛苦不堪，而主管工作室原型部门的皮埃尔·普鲁维 (Pierre Prouvé) 长此以往早已对此甘之如饴。即使于自己工作室参与的最后几次关于生产的谈判，普鲁维仍然坚持希望实现以汽车工业^[63] 为蓝本的工业生产模式，并且要求马谢维勒的工厂在研究和原型开发方面发挥决定性作用。普鲁维或许对示范 (Demonstrativen) 有着巨大的痴迷，对“必须要展示”的念头（意指该过程，即对原型和由原型衍生出的技术性流程的测试，而非教条学说）有强迫性的执着。

在建筑领域不寻常地运用实验方法的普鲁维注定和那些意图“揭示建筑愿景”的人不同。然而真正的技术思维实际上是可以归纳的，正如我们多次展示的那样，它在简单中读取复杂，在单一事实中建立

法则，在各种案例间发现规则。只有像本尼迪克特·胡贝尔 (Benedikt Huber)^[64] 这样的教育家才能找寻到普遍的有效性，或者说教义。他不会有上述的失败感，因其追求的是普遍性而非个体性。也正由于此，他才得以始终坚信自己是（观点与见解领域的）教育大师。正如巴什拉的书中的谏言，“唯有树人之人得以发号施令”^[65]。

在《技术城市》 (*cité technicienne*)^[66] 一书中，对工作的定义始终是集体性的，它能独立确保工业生产领域中能效的相互作用。科学技术工作的一个重要特征是专业化；加斯东·巴什拉认为这是一项快乐的举动，因为正如他在书中所述：“独立个体……无法通过自己的研究找到专业化的方式”^[67]，而只能通过技术人员的协助。在研发技术对象时“没有人会关心在行业内部究竟如何分配工作，而是通常认为会由一个负责人领导。……所有必要的专家齐心工作，满怀敬意地落实‘想法’”^[68]。孤立的研究者——正如巴什拉在书中引述的弗里德里希·尼采 (Friedrich Nietzsche) ——必须承认，“他不可能独自去发现”。巴什拉还明确了技术群体的规则：“理智的客观性、技术的客观性与社会的客观性是该类文化的三个紧密相关的特征……”——一种不再进入“乌托邦领域”^[69] 的文化。生产车间和工业中的各种劳工分配组织因其追求进步的特点而获得了一种社会项目的精神 (der Geist eines sozialen Projekts)；在普鲁维看来，一旦“建筑工作的参与者被彼此分开，抑或他们从属于不同的组织”^[70]，这些“渗透着科学、精神和 [通过双手 (de la main)] 实现”的项目便会受到威胁。“更重要的是，人们不可能徒手画出乌托邦，而只有通过某个想法的具体实现才可能取得发展。”^[71]

如果追溯几个世纪以来的技术史发展，或是看看位于马谢维勒的让·普鲁维工作室的建立过程，我们便不得不承认这样一个事实：专业化的历史同时也是将专业教育纳入工业化生产过程的必要历史。依据《建设者之城》 (*Stadt der Konstrukteure*) 一书，普鲁维自1950年起终于得以实施他

的试点工厂 (Pilotfabrik) 项目。该工厂配备了一个设计部门, 能够与他本人以及其工作室在相关开发研究领域直接建立合作。大量施工绘图员被雇用来缓解让·加米希 (Jean Galmiche)、罗伯特·菲克 (Robert Feck) 和让·布特曼 (Jean Boutemain) 等绘图员的工作量, 并与之一起组建了一个独立的原型工作室, 以便与让·普鲁维工作室的设计部门开展密切合作。^[72]除了制作研究或演示模型外, 该部门还生产建筑部件或结构组件, 以及家具原型和合适比例大小的连接件, 并与埃米尔·马歇尔 (Émile Marchal) 领导的试验团队合作测试原型的耐久性, 后者则精于测试材料、接缝或焊缝质量的精密机器设计。

让·普鲁维工作室不仅有绘图员, 还包括技艺熟练且专于弯曲、拉伸和焊接的工人。这种熟练工人的职业——形成于 20 世纪之交的那场关于工业领域中特定职业培训的大辩论中——与工匠的工作性质虽有不同, 但也等效; 然而相比之下, 这种职业的工作内容并不全面, 而是更注重技术与机械。技术工人培训学校的主要教学目的在于针对某项特定的操作或生产活动培养基本的技能和熟练度, 且这些操作和生产可以在反复的效仿与练习中学得, 就像人们今天仍然可以——在体育方面——学习“技术”一样。在这个意义上的学习保障了学员在没有材料科学家或制造技术专家的指导时, 依旧能够弄明白问题。

一种常见的直观知识和技能可以追溯到学习和经验的传统, 使技术和知识、技能和认知融合在一起, 手工技艺一直是为工业提供熟练劳动力最重要的来源。随着机械化的普及, 让·普鲁维工作室中的装配工人及模具工人的工艺创造力和判断力呈现出不容忽视的技术化特征。机床的设置、操作和监控构成了技术工人的全新工作范围。与弗雷德里克·W·泰勒 (Frederick W. Taylor) 相反, 普鲁维强烈批判生产线上的工人脑手严重分离的事实; 前者则将工人的科学管理理念描述为“受过训练的大猩猩”, 他认为全新的生产技术导致对独立性、责任感和合作性的需求日益增加; 然

而在马谢维勒的技术学校始终渴求对手工技艺的更迭与在机器上手工制作工件的精湛技艺。尽管如此, 大型工业并不会简单地从手工业中脱胎发展起来。从事工业大生产的工厂不应被理解为装配车间的直接放大, 而应该是打破了其原有的社会工作关系和社会生活关系。

那些“唯有与工程师团队合作方能实现的想法”^[73]的建筑师们大部分都不在“技术人员之城”(马谢维勒), 无论他们是支持或反对普鲁维。另外, 让·普鲁维工作室在攻占建筑学领域方面已经取得了持续的成功, 并且良日住宅 (Maison des jours meilleurs) 的发表再次收获了强有力的反响。这是一种带核心筒的房屋类型: 由钢板塑形和焊接, 带隔声层, 并且使用为汽车工业开发的涂漆工艺的圆柱; 卫生间配有瓷质洗脸盆、淋浴、坐便器; 一套煤炭供暖系统以及设备齐全、带排风扇的厨房。连同皮埃尔神父 (Abbé Pierre) 之家——Maison ALBa 的衍生品——一起, 这种房屋类型最终获得了示范的成功。普鲁维指出, 由于实施的时间极短——只有一个月的时间, 且没有可能再为它制造特殊的建造工具——“我们用木材建造了所有的墙面, 这些所谓的‘卢梭板’ (Panneaux Rousseau) 通常是建造谷仓的材料”^[74]。该房屋类型实际上最后采用了内浸胶合板的夹层构造 (Sandwichkonstruktion), 中间层为泡沫聚苯乙烯, 最外层则是带酚醛塑料涂层的胶合板。再一次地, “具体化过程” (Konkretisierungsprozess) 的特征体现在这些兼容性单元内部的重新组织分配上。新颖的圆形转接元件使得以往的特殊转角设计显得尤为过时; 常被描述为局部多元决定的组装策略, 则通过引入这种转接元件得以简化, 同时多元决定的特征也得以再度提升。与此同时, 这个系统成功建立了传奇与现实之间激动人心的联系: 作为对抗 1955 年法国大量住房短缺运动的一部分, 对快速组装和现代标准的示范让“来自工厂的住宅” (Haus aus der Fabrik) 成功弥合了科幻小说和现实急需之间的差别; 在 2.5 万名观众面前展示现场建造只持续了短

几个小时, 并且因备受尊重的社会活动家皮埃尔神父的参与而声名大噪^[75]。

这位圣人, 他的发型“介乎短寸 (短寸是不愿吸引注意力的惯例) 和可被忽视的发型 (有助于表达他对所有其他惯例的蔑视) 之间”, 正好符合某种“精微的神圣原型: 更重要的是, 圣徒实则是没有固定语境的存在; 时髦的想法总与神圣相违背”^[76]——这栋可组装/拆解 (de/montable) 的居所正是他的化身。

注释

- [1] “aluminium, béton armé” 的缩写, 意即“铝、钢筋混凝土”。
- [2] Peter Sulzer. Jean Prouvé - OEuvre complète. Bd. 3. 1944—1954[M]. Basel, 2005. 276.
- [3] Jean Prouvé, Vortrag Nancy, 16. Februar 1946, in: Jean Prouvé, Die Poetik des technischen Objekts, hrsg. von Bruno Reichlin, Catherine Dumont d'Ayot[R]. Weil am Rhein, 2006. 176.
- [4] 参阅: 图纸编号 15.095-104。
- [5] 参阅: 图纸编号 480.213-480.215, 480.217。
- [6] Hans Blumenberg. Geistesgeschichte der Technik[M]. Frankfurt a.M., 2009. 13.
- [7] Hans Blumenberg. Lebenswelt und Technisierung unter dem Aspekten der Phänomenologie[M]// ders., Schriften zur Technik, hrsg. von Alexander Schmitz und Bernd Stiegler. Frankfurt a.M., 2015. 165.
- [8] Paul Nelson. Projet d'un Palais de la Découverte[J]. Cahiers d'Art, Heft 3-4, 1940. 78.
- [9] George Nelson, Henry Wright. Tomorrow's house[M]// A complete guide for the home builder. New York, 1945.
- [10] Jean Prouvé, Grille du CIAM IX, Aix-en-Provence, Juli 1953, Archiv Centre Pompidou, Tafel 53.
- [11] 同[2]. 292, Projekt-Nr. 1258 (Bac de toiture).
- [12] Gilbert Simondon. Du mode d'existence des objets techniques[M]. Paris 1958; nach dt. Ausgabe. Von der Existenzweise technischer Objekte[M]. Zürich, 2012. 51.
- [13] 译者注: 德国结构工程师, 为 20 世纪的桥梁工程作出了重大贡献, 特别是在斜拉桥方面。他所著的《桥梁: 美学与设计》一书在整个桥梁工程界广为人知。
- [14] Fritz Leonhardt. Leichtbau-eine Forderung unserer Zeit, Die Bautechnik[J], Heft 36/37, 1940-8.
- [15] A passion for Jean Prouvé. From furniture to architecture, the Laurence and Patrick Seguin Collection[M]. Turin, 2013.
- [16] 图纸编号 180.141, 15.021-24, 15.072-75, 15.016, 立面镶板。
- [17] 译者注: 法国哲学家, 其最重要的著作涉及诗学及科学哲学, 提出了“认识论障碍” (obstacle épistémologique) 和“认识论决裂” (rupture épistémologique)

的概念,并影响了包括米歇尔·福柯、路易·皮埃尔·阿尔都塞和雅克·德里达在内的新一代哲学家。

[18] Gaston Bachelard. Die wichtigsten Kategorien der Epistemologie[M]// ders., Epistemologie. Bd. I: Der angewandte Rationalismus. Frankfurt a.M. 1993: 123.

[19] Gilbert Simondon, Mentalité technique, Revue philosophique de la France et de l'étranger, Bd. 131, 3/2006, S. 343–357; Die technische Einrichtung, in: Die technologische Bedingung. Beiträge zur Beschreibung der technischen Welt, hrsg. von Erich Hörl. Berlin, 2011: 77.

[20] 同[19]。

[21] Jean Prouvé, Patent 1.065.839—Construction à voiles multiples / Konstruktion mit mehreren Wandschichten, Frankreich, angemeldet am 3. November 1952, bewilligt am 31. Mai 1954.

[22] 同[21]。

[23] 同[21]。

[24] 同[21]。

[25] 同[21]; 普鲁维对“整体”(Ensemble)这一概念的系统性使用,包含了(系统的)局部和组件在运转上的协同一致性,也包括它们之间的技术关系。

[26] 同[21]。

[27] Rolf Baehre. Gestaltetes Blech mit Anspruch und Profil[M]// Peter Sulzer. Jean Prouvé-Meister der Metallumformung. Das neue Blech. Köln, 1991: 64.

[28] 译者注:匈牙利裔美国工程师和物理学家,主要从事航空航天力学方面的工作,是工程力学和航空技术的权威,对于20世纪流体力学、空气动力学理论与应用的发展,尤其是在超声速和高超声速气流表征方面,以及亚声速与超声速航空、航天器的设计,产生了重大影响。

[29] Fritz Stüssi. Tragwerke aus Aluminium[M]. Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1955: 27.

[30] 译者注:西班牙结构工程师,混凝土壳结构设计的先驱。

[31] 这会影 响结构部件的刚度:一方面是挠曲和振动;另一方面是弹性稳定性问题。参见:Stüssi, 1955。

[32] 同[31]。

[33] Jean Prouvé, Grille du CIAM IX, Aix-en-Provence, Juli 1953, Archiv Centre Pompidou, Tafel 24.

[34] 目前工业生产中的轧制塑形生产线可长达100多米,生产能力可高达120m/min,金属板材由多达60多个依次排列的模块和从动轧辊对进行供料。当要生产超长或大量产品时,辊压成型技术是特别经济的制造过程。但只有当型材的生产量达到1500m及以上,依托现有的辊压生产才是有效且经济的。将塑形技术与其他工艺(例如冲压、纵向焊接或压花)相结合,可以在无需加热金属板材的情况下进行各种形状的生产,以及实现具有完全相同质量的高生产能力。这是一项符合DIN(德国标准化学会)8586标准,用旋转刀具运动完成的多阶段塑形工艺。

[35] Maurice Silvy, Témoignage 2004, in: Les amis de Jean Prouvé, Bulletin de liaison des membres de l'association, Nr. 20, 2004.

[36] Carl M. Yoder, US-Patent 2176115A, Mechanism for operating on sheet materials, beantragt am 17.10.1939, eingetragen am 4.1.1936.

[37] 同[35]: 17; 伯纳德·马瑞(Bernard Marrey)提及这是位于波默斯的佩希内工厂(参阅:Bernard Marrey. L'abbé Pierre et Jean Prouvé[M]. Fermanville, 2010: 19)。

[38] 译者注:匈牙利技术、经济和社会历史学家。

[39] Akos Paulinyi, Die Entwicklung der Stoffumformungstechnik als Periodisierungskriterium der Technikgeschichte[M]// Technikgeschichte, Bd. 57. Düsseldorf, 1990: 306.

[40] 同[39]: 305f.

[41] Akos Paulinyi. Industrielle Revolution. Vom Ursprung der modernen Technik[M]. Reinbek bei Hamburg, 1989: 23.

[42] Akos Paulinyi. Die Entwicklung der Stoffumformungstechnik als Periodisierungskriterium der Technikgeschichte (1990) [M]// Technik und Wirtschaft in der Industrialisierung. Düsseldorf, 2012: 172.

[43] Bernard Marrey, L'abbé Pierre et Jean Prouvé[M]. Fermanville, 2010: 19.

[44] Jean Prouvé, Grille du CIAM IX, Aix-en-Provence, Juli 1953, Archiv Centre Pompidou, Tafel 42.

[45] Jean Prouvé, Grille du CIAM IX, Aix-en-Provence, Juli 1953, Archiv Centre Pompidou, Tafel 27.

[46] Bernard Marié. Des bancs d'essai pour l'architecture[J]. Zeitschrift 2000, Oktober 1969.

[47] Francis Bacon, Novum organum scientiarum, in Latein erschienen 1620, dt.: Neues Organon, Leipzig 1830.

[48] Jean Prouvé. Jean Prouvé par lui-même[M]. Armelle Lavalou (Hg.), Paris, 2001: 134.

[49] Richtlinien meiner Arbeit, in: Benedikt Huber, Jean-Claude Steinegger, Jean Prouvé-Architektur aus der Fabrik[M]. Zürich, 1971: 10.

[50] 同[49]。

[51] Gaston Bachelard. Die wichtigsten Kategorien der Epistemologie[M]//ders., Epistemologie. Frankfurt a.M., 1993: 128.

[52] 译者注:法国生物学家,与雅克·莫诺一同发现了酶在原核生物转录作用调控中的角色,也就是后来所知的乳糖操纵子。两人与安德烈·利沃夫共同获得了1965年的诺贝尔生理学或医学奖。

[53] François Jacob, Le jeu des possibles. Essai sur la diversité du vivant[M]. Paris, 1981: 29.

[54] 译者注:列支敦士登的科学历史学家。1997—2014年间担任柏林马克斯普朗克科学史研究所的主任。在科学史上,他的工作重点是实验的历史和认识论,以及分子生物学和蛋白质生物合成的历史。他还出版散文和诗歌。

[55] 同[53]。

[56] Hans-Jörg Rheinberger, Augenmerk. Lichtensteiner Exkurse III, in: ders., Iterationen, Berlin, 2005: 59.

[57] 译者注:美国哲学家和心理学家,为早期心理学、精神病学和进化论作出了重要贡献。

[58] Stichwort Stimulation, Stimulus in: Psychology, Bd. XX, Dictionary of Philosophy and Psychology, hrsg. von James Mark Baldwin[M]. New York, 1905.

[59] Jean Prouvé, Konstruktionssysteme, in: Benedikt Huber, Jean-Claude Steinegger. Jean Prouvé-Architektur aus der Fabrik[M]. Zürich, 1971: 30.

[60] Jean Prouvé, Systematik des Bauens, in: Benedikt Huber, Jean-Claude Steinegger. Jean Prouvé-Architektur aus der Fabrik[M]. Zürich, 1971: 13.

[61] Benedikt Huber, Jean-Claude Steinegger. Jean Prouvé, Systematik des Bauens[M]. Jean Prouvé – Architektur aus der Fabrik. Zürich, 1971: 11.

[62] Georges Canguilhem, Philosophie und Wissenschaft. Gespräch mit Alain Badiou 1964[M]. Berlin, 2006: 50.

[63] Jean Prouvé und Michel Bataille, Note à M. Mendès-France à propos de l'industrialisation de la construction[R]. Fonds Jean Prouvé, ADMM 1954.

[64] 译者注:瑞士建筑师,苏黎世联邦理工学院与德雷斯顿工业大学教授。

[65] Gaston Bachelard, Die wichtigsten Kategorien der Epistemologie, in: ders., Epistemologie, Frankfurt a.M., 1993; III Die Psychoanalyse der objektiven Erkenntnis, A. Prinzipien, 1. Der Begriff des «Epistemologischen Hindernisses», S. 179.

[66] 同[65]; Theoretisches Gemeinwesen und technisches Gemeinwesen, S. 160.

[67] 同[65]; I Der angewandte Rationalismus, S. 165. «Der Gelehrte ist das Herdentier im Reiche der Erkenntnis, welches forscht, weil es ihm befohlen und vorgemacht worden ist.» Friedrich Nietzsche, Von den Gelehrten, KSA 11, München, 1999: 153.

[68] 同[59]: 30, 55. Gaston Bachelard, Die wichtigsten Kategorien der Epistemologie, in: ders., Epistemologie, Frankfurt a.M., 1993; I Der angewandte Rationalismus, S. 160.

[69] Gaston Bachelard, Die wichtigsten Kategorien der Epistemologie, in: Epistemologie, Frankfurt a.M., 1993; I Der angewandte Rationalismus, S. 160.

[70] Jean Prouvé, Richtlinien meiner Arbeit[M]// Benedikt Huber, Jean-Claude Steinegger. Jean Prouvé-Architektur aus der Fabrik. Zürich, 1971: 13.

[71] 同[70]: 10.

[72] Catherine Coley, L'intuition mis en oeuvre. Maquettes et prototypes aux Ateliers Jean Prouvé (1928—1953), in: Monumental, Nr. 21, Juni 1998.

[73] 同[70]: 30.

[74] Jean Prouvé, Les maisons Armelle Lavalou, Jean Prouvé par lui-même[M]. Paris, 2001: 70.

[75] 慈善组织Emmaus的创始人皮埃尔神父(Abbé Pierre)在1955/1956年冬天向法国公众发出呼吁,要求找到一个能够解决自二战结束口仍然一直存在的住房短缺问题的方案。

[76] Roland Barthes. Mythen des Alltags[M]. Berlin, 2010: 69.

图片来源

图2: Centre Pompidou

图9、图10: Adrian Pöllinger拍摄

图4、图11: ©Bibliothèque Kandinsky, Mnam/CCI, Centre Pompidou, Fonds Jean Prouvé

其余图片为 Markus Peter 教授提供