

## EXPLORATION OF THE IMMANENT CONTRADICTION FROM THE BALLOON-FRAME SYSTEM

# 轻质木框架体系的内在矛盾性探索 ——建筑师刘宇扬的木构实践

撰文 张峰 苏黎世瑞士联邦理工学院



【张 峰】

上海交通大学学士，苏黎世瑞士联邦理工学院学士及硕士，师从瑞士建筑师米罗斯拉夫·西克（Miroslav Šík）与马库斯·彼得（Markus Peter）等，曾于2017年获瑞士卓越人才计划奖学金（Excellence Scholarship & Opportunity Programme），是建筑学院历史上首位获该奖的亚洲学生。

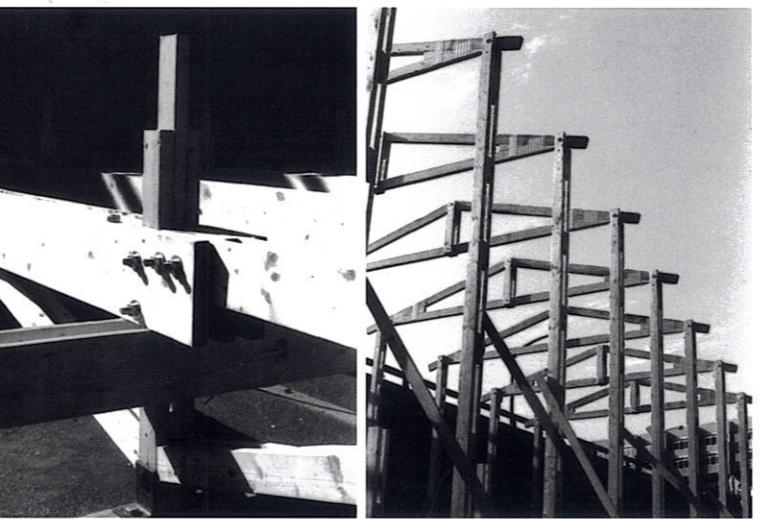
不论是工业还是手工业，人类的制造活动总离不开工具。工具的演变史亦常作为人类进化史的切入角度，几次工具的革新都成为了人类进化历程中的拐点。

从考古的角度来看，旧石器时代中出现了两种最基本的工具类型：用以剪凿事物的石刀与用以穿刺事物的骨刺。它们不仅是打猎、切割的工具，也是后来人工取火的工具——“钻燧取火”与“钻木取火”两个典故可为印证，其中“木钻”正是穿刺工具的类型变体。人工取火的能力催生了一些新的技术，如熔炉技术、铸造技术等。此时工具也出现了新的类型变体与新的类型组合：剪凿工具细化出用以切割的锯子和刀子，穿刺工具细化出用以穿钉的钉子，两种基本类型的组合出现了用以斧凿的锤子。这三类工具和它们产生的建筑学意义，对我们接下来要谈论的轻质木框架体系至关重要。

### 美国的轻质木框架体系（Balloon-frame）在刘宇扬木构作品中的承续

诞生于欧洲的行会制度（Guild）存续至18世纪，行会的规则严格、等级分明，对于从业者来讲，有学徒（Apprentice）到熟练工（Journeyman），再到大师（Master）三个职业等级。在熟练工阶段——正如英文的直译“旅行者”——工匠需外出游历，继续锻炼并学习外地的工匠手艺。17世纪时，最初前往美洲的欧洲移民几乎没有直接与房屋建造相关的工匠，仅有的木匠也只处于熟练工的职业阶段。新移民迫切的安居需求，令“因材制宜”的手工艺建造传统只能是难解“近渴”的“远水”。对此需求出现了一种可以不断重复的标准化建造体系，后来亦演变为美洲殖民地区的基本建造方式——轻质木框架体系——一种基于尺寸标准化的方木和钉子所构建的建造体系，杆件之间的连接仅通过方木的重叠以及钉子的贯穿即可实现。这种体系允许新移民仅仅依靠锯子、锤子和钉子，外加当地大量的木材，就可以进行房屋建造。这使得房屋的建造过程在很大程度上脱离以建造房屋为专职的工匠，并使得建造业继续细化，形成不同分工，这种分工明确的生产模式与建筑构件的批量生产互为动因，并催生了分工后的部门继续发展成专项产业。

轻质木框架体系是典型的美国建筑传统，实用、高效、追求标准化和类型化，这种体系具有高度的理性和可重复性。与个人化的手工艺完全不同，它允许建筑与建筑师、专职工匠脱离。相比起欧洲建筑传统与其工业化进程的冲突来看，这种脱离使得美国的木框架体系与之后工业化的批量生产方式几乎无缝对接。



1



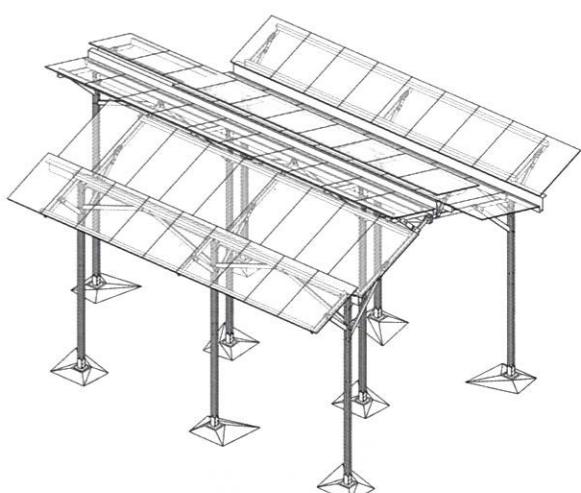
3



5

刘宇扬先生无疑非常熟悉美国轻质木框架体系的传统。从1993年的临时展厅（图1, 2），到2015年上海爱特公园的凉亭（图3, 4），2016年的智慧蜂窝（图5, 6），直至2018年新晋完工的云庐景观亭（图7, 8），方木构件错位交叠，然后通过螺栓铆固的方式建造，是这些建筑最主要的建造特征。即使在非正交的体系当中——如智慧蜂窝，也可以看到沿用这种框架传统的努力：利用中心柱的放射状“肋骨”消化掉非正交的几何，使得其余构件均可保持严格的“方木”状态，进行平面内的正交重叠与铆固。

这种体系的内在逻辑本质并非结构逻辑与材料逻辑，它是一种基于高度建造逻辑的技术体系。显然，在刘宇扬早期的木构实践中——如1993年的临时展厅，除去出于安全性考量的结构冗余外——充足数量的重复性结构单元，其单一单元中的构件尺寸亦为建造的流畅留有充分余地。在临时展厅



4



6

- 1 波士顿临时展厅构造细部（波士顿 KVA 建筑事务所）
- 2 波士顿临时展厅结构单元
- 3 滨江爱特公园凉亭
- 4 爱特公园凉亭轴测图
- 5 智慧蜂窝
- 6 智慧蜂窝构造细部

中，以高速建造和结构实用为先导原则，构件相交的节点处会出现极为复杂的交错（图1），这在基于材料性能的手工艺建造体系中是极为罕见的。在近期的爱特公园凉亭以及云庐景观亭中（图3, 7, 8），我们看到建筑师试图优化这种建造体系的结构性能，这种结构探索的努力通过极细的竖向竹钢柱得到了充分的建筑学表达——柱子的水平断面长度总共仅有6~8cm，柱身最大长细比高达1:50；但从另一方面来说，轻质木框架体系的核心在于钉子（如今的螺栓），而不是木头，所以在竖向构件与横向构件交错的地方，我们看到了较之竖向核心承重构件更为粗大的、用以连接的构件，这些构件的尺寸设计恰恰是基于建造的逻辑——给螺栓留有充分的建造空间——而非结构逻辑。此外，此框架体系产生的杆件非对称交错，会在竖向构件内产生弯矩。如爱特公园凉亭中，在一个柱子的两个不同高度处铆固斜撑（图8），其原因在于竖向构件无法提供多个不同方向斜撑在同一点汇聚的物理空间——显然如此的构造不仅需要足够的空间留给螺栓固定，亦需要对方木进行精准的斜角切割；当然，轴向力无法集中汇聚的交错产生的竖向构件内的弯矩，比较精巧地通过偏心的基础所传导的反力得到了平衡（图4），这样的偏心基础也可以利用相同原理使结构整体获得抵抗一定程度水平力的结构性能，但我们仍然可以看到轴向构件必须承受弯矩的核心矛盾来自于建造逻辑与结构逻辑之间的内在冲突。

轻质木框架体系本身，除了内含建造逻辑与结构逻辑不可调和的冲突外，亦包含建造逻辑与材料属性的冲突。这种冲突产生自体系内部：它在发明之初就抱有脱离具体材料特性的内在目的，它的内在核心是标准化，是提升其体系内构成元素的抽象性与普遍性，是对材料具体性的约减（Reduction）。木材具有一些通识的结构性能，比如抗压能力与抗拉能力均属优良，因此可以抵抗一定的弯矩，这种结构性能在过去常常通过横梁得到建筑学表达，而在轻质木框架体系中非对称交错形成的弯矩，我更倾向于认为其来自于体系内在的矛盾，而非材料抗弯性能的表达。在此体系内试图剥离具体材料属性的努力在刘宇扬2018年设计的雍福会展亭的设计中展露无遗：不规则的几何全部由金属构件来消解，“木质杆件”在体系中的意义被约减到完全抽象的“杆件”，而无关乎具体、特定的“木质”，木材的材料属性在此项目中只承载了建筑学的文化意义（图9, 10）。此外，木材的另一个显著特性是它的“非均质性”，天然木材中随处有瑕疵，这种瑕疵成为了木构建筑中结构计算的最大困难，导致了轻质木框架体系的普适性追求与木材天然属性间的不可调和的冲突，这种体系的本质是排斥非均质材料的，从刘宇扬的作品发展历程中也能看到，直至使用竹钢这种更为均质的人工复合材料，才出现了较为明显的用料优化。



7



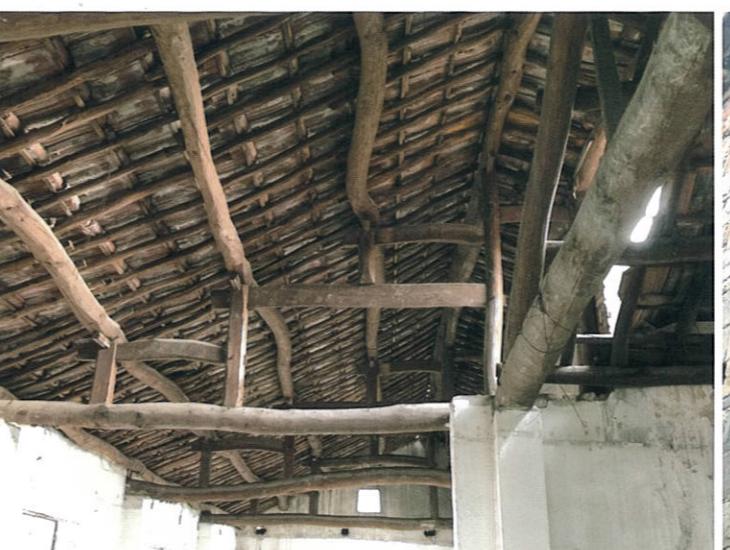
8



9



10



11



12

- 7 云庐酒店入口景观亭系列
- 8 云庐酒店入口景观亭构造细部
- 9 雍福会展亭构造细部
- 10 雍福会展亭
- 11 浙江彭吴民居
- 12 浙江彭吴民居雨棚

### 轻质木框架作为技术体系的自主发展

在刘宇扬先生的讲座中，他提到了浙江鄣吴传统民居中的一处木构节点（图11, 12）——通过榫卯相接的斜撑悬挑而出的雨棚。如果说批量化生产方木构件是“利用”了木材容易被锯子切割的材料属性，那么手工艺建造中常用的榫卯结构则是“尊重”这种材料属性，前者更为粗犷和直接，后者则更精心和婉转。泛泛而言，在中国和欧洲的优质传统木构建筑的结构主体中，极少需要用到其他材料，这样的建造结果具有高度的精简性，其单一构件的最终形态往往是一重目的导向的同一结果。在我看来，这并不是近现代建筑师缺乏单一材料建造的技术能力，而是两者从其技术本质上分属不同的体系。传统的木构体系在其内在规律内已发展成熟，实现了体系内不同元素之间的趋同，连接构件与受力构件最终进行了高度的整合，原本功能与形式一一对应的状态在发展中被打破，呈现出了单一整体对应多项需求的较为理想的技术水平，最终达成一种内含高度复杂性的精简。从历史的进程可以看到，这种发展的下一形态是与“无用之物”（Uselessness）的整合，“雕梁画栋”即为印证。当然，限于当时的科学技术理论水平，传统木构的技术性元素的尺寸均依靠经验而非来自体系自身的结构需求，其元素的趋同更多来自于对建造任务的回应整合，却还没有涉及到整体结构中各项性能的彻底优化，这使得传统体系仍无法脱离“手工艺”技术阶段的限制。

无疑，轻质木框架体系具有显著的“技术性”（Technicity），虽然它起源于对先前欧洲传统木构建筑的模仿，但是一经成立，便开始自主发展，不断提升自身的效率和性能，并逐步脱离对其起源的模仿。它内含自身的固有规律（前文已有叙述），其发展亦经历了从“分析”到“整合”的过程。起初，该体系将原来本是一体的单一复杂构件进行了拆分，其结果是出现了更为简单的“关乎力学的方木”与“关乎连接的铆钉”两种构件，每种构件各自只承担相对单一的功能。此后这个体系开始逐步优化，不同的元素之间受到多个技术诱因的影响得以发展，呈现出了趋同的发展趋势，即如前文所述，轻质木框架体系的本质是基于金属（钉子、螺栓）的建造体系，其理想型的必然结果是金属框架体系——谈到这里，或许都不必提到密斯在美国的实践了吧。有趣的是，这些轻钢框架结构似乎塑造了此建造体系内在逻辑下的最终形态，然而金属本身的耐久性、防火问题却又凸显——材料的具体性能与体系的抽象性需求之间的内在矛盾再次呈现，同时追求整体性的结构逻辑主导了这个体系的继续发展，高度基于预制造造逻辑的轻质框架体系与追求结构逻辑整体性更强的混凝土浇筑体系进行了“技术基因”的融合，并再次演化成为全新的技术体系。

### 结语

技术的革新似乎总会带来社会发展、文化传承的断裂，这好像已经成为技术本身内含的发展困境。对于当下的建筑师来讲，轻质木框架体系在技术视角下的结局并不有趣。首先，目前技术视角下的体系终极形态已经呈现，另外这样的视角也忽略了建造传统本身的文化意义。刘宇扬先生近年的木构实践，清晰地呈现了他借助于新材料而做出的对该体系各方面性能的优化努力；另外，一些项目中对传统构造形式或材料的回溯，也呈现了他试图柔化技术与文化之间的某种似有似无的对立关系，这种回溯和结合亦是建筑师本人基于自身成长经历的对外反馈。从目前的建成成果来看，这种回溯仍然产生了形式和功能冲突的痕迹——比如瓦屋面的尝试使得结构主体外必须附加脱离体系逻辑的传统构造，这说明传统木构体系的形式或材料与新技术体系的本质性能之间尚不能完全兼容。在我看来，技术与文化并非对立，两者看似对立关系的产生来自文化自身的连续性，文化总在发明与革新出现之初有所反抗，而之后却会逐渐融合。刘宇扬先生在这两个方向的探索无疑也在某种程度上印证着现实中技术体系自身的发展规律，我也十分期待他的体系能够在未来的实践中实现某种程度上的“发展完全”，达到技术与文化之间理想的整合水平。AT

图片来源：所有图片均由刘宇扬建筑事务所提供。