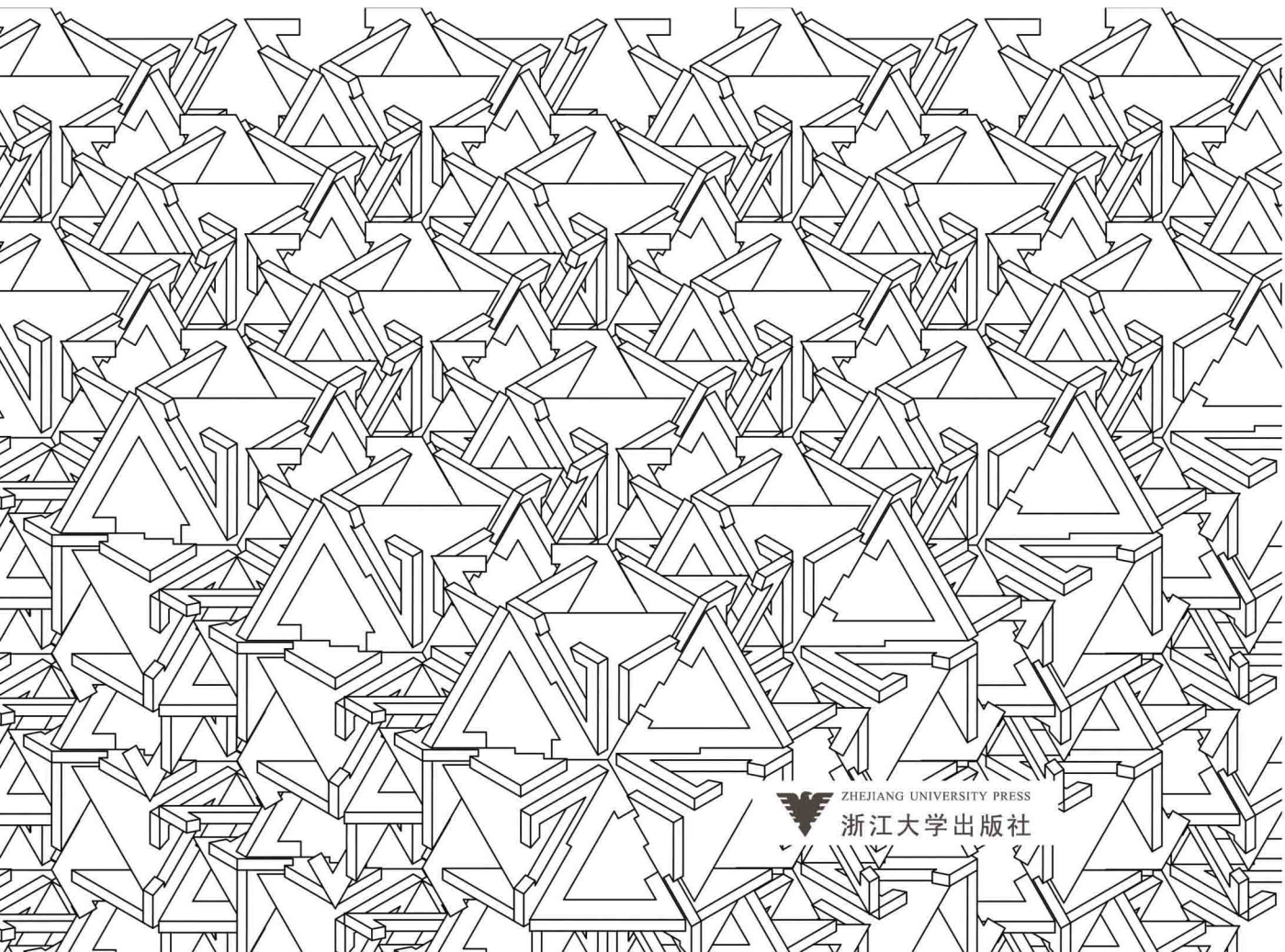


GEOMETRY LANGUAGE OF STRUCTURE

结构的几何语言

华诚羚 夏一帆 张玄武 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

结构的几何语言

华诚羚 夏一帆 张玄武 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

结构的几何语言 / 华诚羚, 夏一帆, 张玄武著. —
杭州: 浙江大学出版社, 2020.6
ISBN 978-7-308-20217-6

I. ①结… II. ①华… ②夏… ③张… III. ①建筑结构—
结构设计 IV. ①TU318

中国版本图书馆CIP数据核字 (2020) 第078278号

结构的几何语言

华诚羚 夏一帆 张玄武 著

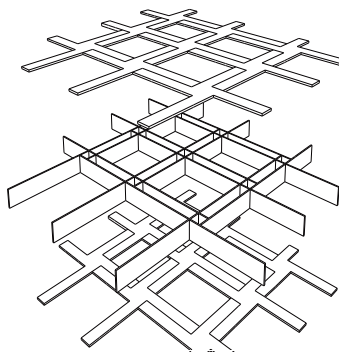
责任编辑 金佩雯
责任校对 杨利军 夏斯斯
封面设计 华诚羚
装帧设计 华诚羚 周 灵
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
印 刷 浙江海虹彩色印务有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 11.75
字 数 150千
版 次 2020年6月第1版 2020年6月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-20217-6
定 价 98.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

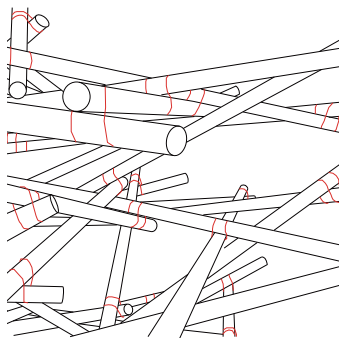
浙江大学出版社市场运营中心联系方式 (0571) 88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

写在前面

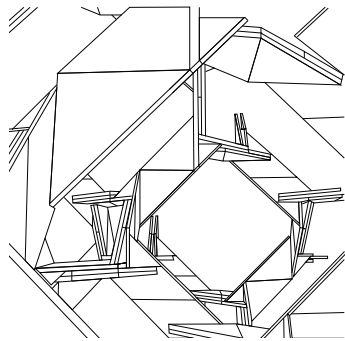
本书介绍的新型结构搭建起始于 2009 年参加柏庭·卫 (Vito Bertin) 老师的杠作课题。Vito 老师是帮助我理解结构搭建的启蒙老师。在他的课上，我们小组一起研究了三种结构形态，其中令我感到最为满意的是一个叫“集群”的结构设计。它是唯一真正意义上的三维结构，并且可以在空间中循环闭合地发展，形成一个稳定的结构体系。因此，我至今依然保留着当时搭建的一个小结构单元。在后来的求学过程中，我一直在继续思考着这种结构的搭建逻辑。



桌子 (Table)



塔 (Tower)



集群 (Cluster)



集群 (Cluster) 模型

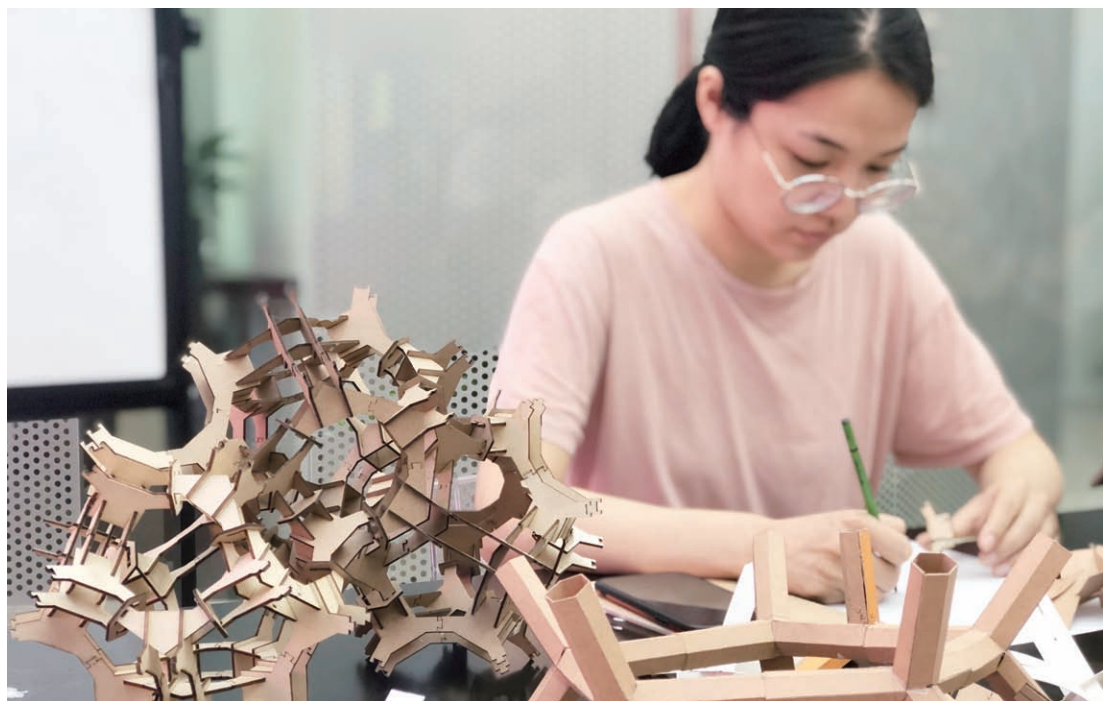


2014 年英国求学



英国利物浦大学

2014年我去往英国求学，同时学习结构和建筑设计。那年，坂茂先生获得普里兹克建筑奖。坂茂先生致力于研究应急救灾建筑。除了他的人道主义精神，令我印象深刻的更是他对于想要突破建筑材料结构以及性能的尝试和努力。正如坂茂先生曾经在采访中这样说道：“建筑师如果能有属于自己的特殊结构形式和材料，就能建造出独特的建筑，不会太受到时代的影响。我想为此我必须要寻求自己独有的结构形式和建筑材料。”



2019年夏 模型课



上课与学生们讨论

留学归国之后，我开始陆续辅导一些大学生参与这类新型结构的探索，帮助他们完成个人作品，训练他们的设计思维和动手能力。在探索过程中，他们常常有许多创新的结构设计。初始时，这些设计只是一种简单的创新和直觉式的努力。经过长期的实践，我们逐渐积累了丰富的设计作品和搭建经验。与此同时，我开始思考总结这种结构的内在逻辑和空间秩序，并且尝试建立一些设计方法和体系，以便于更清晰地说明这种结构的价值，更好地发展这种结构。这期间由我设定设计框架，辅导学生完成了一系列实验性搭建。

本书是在夏一帆和张玄武的提议下，从2019年夏天开始创作的。我与学生长期的结构设计和搭建实践为本书的创作积累了必要的素材和经验。书中收录了丰富且优美的结构模型，这些模型并非这项结构研究的全部设计作品。收录在本书中的这些优美的结构模型和实例主要用来向读者展示和说明这项几何结构设计的概念和方法。这些概念和方法，为认识这个丰富多彩的建筑世界打开了一扇新的窗户，帮助我们观察到建筑技术与艺术之间有趣的平衡关系。我深刻地感受到，建筑的风格不该是设计师个人的时髦游戏，而应体现每个时代建筑技术发展的规律和结果。我们的许多设计和搭建都是在实践过程中反复试验产生的。实践中常常为了处理一毫米的误差，而需要试验好多种类型的材料并不断调整设计，因为插接顺序错误而需要重新拼接结构的情况也时有发生。但是我始终认为，这种实践对于结构设计来说具有很大的意义，这些过程让我们充分体会到结构的搭建不仅仅是机械化的软件建模，也不只是枯燥的数学计算，它是灵活生动的，需要在实际中观察体验材料本身的特性，利用材料自身的特性去创造富有想象力的空间结构。

本书的创作实在是我们一次真诚的努力，虽然书中内容经过认真的整理和反复的修改，定然还存在许多不足之处，还望读者宽容与谅解。本书的顺利完成得到了许多关心我们的老师和朋友的帮助，在此无法一一列举，感激之情全然述于文字之中。最后，我真挚地感谢参与这项结构研究的学生们，书中收录的作品是与他们共同创作完成的。

华诚羚

2019年11月 于求是园



目 录

C O N T E N T S

第1章 设计的背景与要素

- | | |
|----------------|-----|
| 1.1 设计原则 | 004 |
| 1.2 基本单元的要求及原则 | 006 |
| 1.3 结构的闭合与延展 | 010 |

第2章 空间样式与几何对称

- | | |
|--------------|-----|
| 2.1 结构设计的几何化 | 020 |
| 2.2 结构的组合方式 | 024 |
| 2.3 结构的几何样式 | 030 |
| 2.4 结构的对称性 | 032 |

第3章 结构强度与稳定性

- | | |
|--------------|-----|
| 3.1 结构强度 | 042 |
| 3.2 结构的稳定性 | 044 |
| 3.3 结构的弯曲 | 048 |
| 3.4 相似结构的对比 | 050 |
| 3.5 材料与结构的关联 | 056 |
| 3.6 结构搭建的误差 | 060 |
| 3.7 新的搭建方式 | 062 |
| 3.8 结构的草模 | 064 |

第4章 类型与作品

- 
- | | |
|--------------|-----|
| 4.1 四面体几何结构 | 073 |
| 4.2 六面体几何结构 | 087 |
| 4.3 混合型几何结构 | 125 |
| 4.4 十二面体几何结构 | 145 |

第5章 应用场景探索

- | | |
|------------|-----|
| 5.1 家具 | 156 |
| 5.2 亭子 | 158 |
| 5.3 教堂 | 160 |
| 5.4 楼宇 | 162 |
| 5.5 城市公共空间 | 164 |
| 5.6 景观空间 | 166 |
| 5.7 灯具 | 168 |
| 5.8 太空建筑 | 170 |

写在后面 173

致谢 175





第1章

设计的背景与要素

现代建筑的发展往往得益于结构设计、新型建筑材料等技术的革新。新型结构和材料的应用必然能给建筑的形态和空间赋予新的生命。

当下的很多建筑结构面临以下问题：①建造方式复杂；②材料昂贵；③需要耗费较多的人力和时间成本。而一个优质的建筑结构应兼具实用、安全、经济、美观以及建造便捷等特点。这正如古罗马建筑师马可·维特鲁威曾提出的三条著名原则：坚固、适用和美观。现代建筑设计师多关注于建筑外形的美丽，常容易不注意建筑结构的价值。新型建筑结构的探索和研究对于现代建筑的发展至关重要，可以解决现有结构的局限性等问题。

我们的结构研究起始于2009年参加柏庭·卫（Vito Bertin）老师的杠作课题。起初这项结构研究只是一种简单而直率的尝试。我们的设计是从柏庭·卫老师的杠作课题中吸取了灵感，经过一段时间的搭建实践，渐渐发展形成的。与杠作结构相比，我们的结构是真正意义上的三维结构，并且能够实现几何上的完全约束。我们在实际搭建中发现这种新型结构在三维空间的发展呈现出独特的几何形态和空间秩序。这种具有鲜明几何风格的结构为我们的设计带来了意外的惊喜和想象。因此，我们开始致力于探索一种具有规则几何特性的结构形态，并揭示这种结构的内在组合规律以及空间特征。这种结构可以给任意目标形态赋予简单、集约和高效的构建方式，并挑战现有的建造方式和手段。目前的建造方式往往是自上而下的，这种建造方式被建筑师们广泛接受，甚至成为根深蒂固的观念。我们主张用轻巧灵活的结构抵抗粗暴笨重、千篇一律的结构搭建形式，提倡用可持续、可复用的搭建代替一次性的建造方式，以此减少建筑废料的产生。一旦结构变得可移动，可复用，那么这样的结构对环境的影响和破坏就会降低，对环境和场所的适应性也会更强。这项结构设计兼顾了自上而下和自下而上两种建造方式。这种结构的风格具有明显的几何特性和对称美感。其中采用的这种有周期性规律的结构形式呈现出一种明确的空间秩序美感。我们认为，这项结构研究是具有发明性和创新性的，结构设计的创新也定能为建筑形态和建造方式注入新的血液。



夏一帆（左）和张玄武讨论结构设计

我们考虑了现代结构技术存在的局限性，研究这类新型结构的内在组成逻辑，并创造出一种非常简单、不局限于专业人士甚至普通人都是可以参与的结构搭建方式。我们之所以推崇公众能够参与的建造方式，是因为现代建筑的建造越来越集中到一些大型企业，现代社会似乎有一种先入为主的观念——建筑的建造只是专业人士和富人的游戏。但实际上，如果仔细探究建筑物的起源，就会发现建筑建造本身应该是一项人人都能够参与的活动。为了强调以人为本的建筑理念，我们提倡使用可持续和低成本的材料以减少建造成本，同时利用结构本身的搭建方式以降低施工能耗。此外，小单片单件的拼接如果能够实现大跨度的搭建支撑，则将具有非常广泛的应用价值，甚至能够摆脱现有技术对空间构形的桎梏。我们希望基于现代结构技术的发展现状，提出一种新型几何结构形态，研究这种结构的内在逻辑及其几何变化和组合方式。

1.1 设计原则

我们从长期的设计和搭建过程中，逐渐摸索总结了这种几何结构的基本特点和设计原则。首先，这种结构所采用的极为简单的基本单元，在空间中具有独特的连接关系，可以保证每一个单元都是完全约束的。其次，基本单元能够通过循环连接的方式形成新一级的组合单元，以此类推，可以继续形成更高层级的组合单元。

这种几何结构需要遵循以下三个设计原则：

- 1) 构件之间是互相支撑的；
- 2) 单元之间自相连接，不需要额外约束就能形成独立结构；
- 3) 在三维空间中，结构可以无限循环并发展形成有序的空间形态。

这三个设计原则是这种结构设计的基础，它决定了每一个结构的单件设计与节点设计，以及是否需要增加连接器。我们尝试用更加明确的方式对这种结构的特点进行实验和总结。为了更清晰地说明这三个设计原则在设计过程中的运用，我们将设计过程分为三个层次：

- 1) 基本单元和组合方式；
- 2) 空间形态和几何特性；
- 3) 强度和稳定性。

基本单元是这种结构的基本组成部件，一般我们将基本单元设计为空间构型极为简单的小部件。进一步通过不同组合方式搭建基本单元，可以形成更大规模的结构形态。这些单元经过不断的重复搭建形成的空间形态以及展现出的几何特性，关乎这种结构最终搭建的空间和美感。对于一种新型结构，其强度和稳定性是进行结构应用的关键。



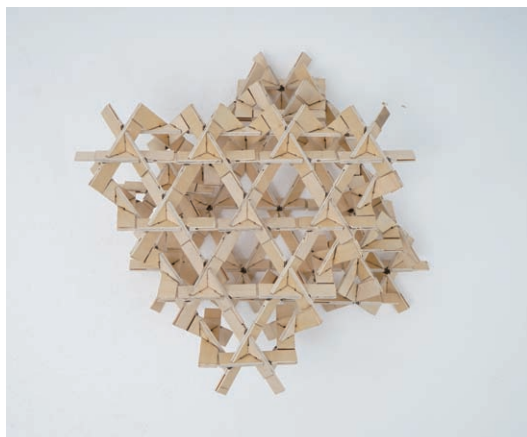
完全约束



循环连接



完全约束



循环连接



完全约束



循环连接