

工以为学
北欧木结构
试验

[挪威] 佩特·卑尔格如 著
俞闻候 译

Learning by Doing
Experimental Wooden
Structures

Petter Bergerud



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

工以为学
Learning by Doing

北欧木结构
试验
Experimental Wooden
Structures

[挪威] 佩特·卑尔格如 著
俞闻候 译

Petter Bergerud

同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

工以为学：北欧木结构试验 / (挪) 佩特·卑尔格
如 (Petter Bergerud) 著；俞文候译. -- 上海：同济
大学出版社，2017.5
书名原文：Experimental Wooden Structures

ISBN 978-7-5608-6705-2

I . ①工… II . ①佩… ②俞… III . ①木结构－结构
试验 IV . ① TU366.203

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 004163 号

This translation has been published with the financial support of NORLA.
本书获挪威 NORLA 基金出版资助。

工以为学：北欧木结构试验 Experimental Wooden Structures

[挪威] 佩特·卑尔格如 著
俞文候 译

出 品 人 华春荣
责任编辑 张 翠 责任校对 徐春莲 装帧设计 张 微

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址：上海四平路 1239 号 邮编：200092 电话：021-65985622)

经 销 全国新华书店
印 刷 上海中华商务联合印刷有限公司
开 本 710mm×980mm 1/16
印 张 14
印 数 1-2100
字 数 280 000
版 次 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-6705-2
定 价 68.00 元

本书若有印装问题，请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究





橡树成长需要 300 年，然后继续活 300 年，最后用 300 年衰竭死亡。西挪威巴勒斯坦的莫尔斯奈斯橡树已是 800 岁高龄，是超过 500 种生物的栖居处。

传统的更新

Renewing Tradition

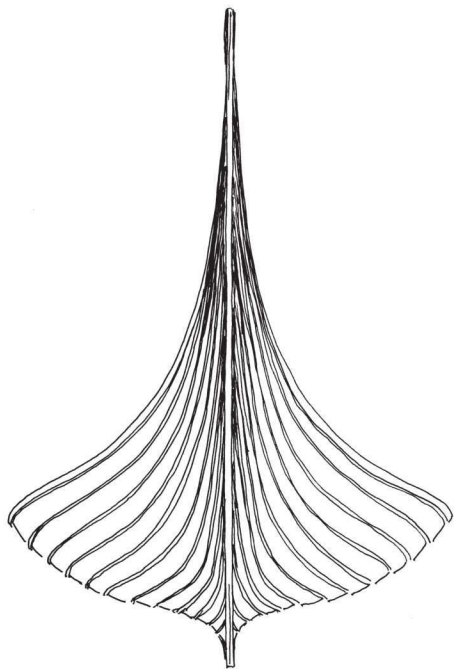
维京战船独一无二的造型、动力学和精确度同样彰显了木材的可能性。造型与材料的配合在任何木结构中都至关重要。古老船体的木板以强劲的弧度向船艏伸展，从船体中央几乎水平和对角的截面位置到船艏垂直相接。如此形成的双曲面不仅保证了构造的坚固和灵活，也为船在惊涛骇浪中的机动与敏捷打下了基础。利用铆合建造法，就可以先建造外部的船身。表皮由一列接一列的木板用铁钉铆在一起。然后再嵌入龙骨。这是一种创新的方法——先建立保护层，再于必要的地方施加支撑。种种迹象表明，维京人对材料的性质十分了解，在开槽与分割的过程中，他们深刻地认识到保留木材细胞结构的重要性。这样就避免了木材吸水膨胀。通过研究、试验和知识积累，他们把材料的性能发挥到了极致。

想象是创造的发端，欲则想，想则求，求则创造。

挪威建筑展示了一系列对木材的创新运用。木板教堂（Stavkirke）结合了先进的手工艺、结构、材料、装饰和室内设计。这些教堂有将近 900 年的历史，如今依然代表了挪威乃至整个欧洲木结构建筑的最高水平。木板教堂提醒着我们要传承并发展这种关注木材设计潜质和材料特质的传统。换句话说，现在正是重新挑战和实验木材的材料特性的时候，这就是我们在这本书中介绍的方案的背景。

木板教堂的特别之处在于，由此发展出的建筑形式是以作为竖向承重结构的木板来命名的。木板自由竖立在架在石板上的坚固水平枕木上。建造木板或框架结构的技术久远到难以追溯。然而这种建造方法已经传承了数千年——一直到当代。在挪威发现的最早的框架机构出现在青铜器时代（大约 3 000 年前）。这种框架结构很可能是更先进的木板教堂结构的前身。一组基本框架由两根竖向支撑（木板 Stave）以一根横梁（大梁 Bete）

木材有其非凡的材料特质，例如挪威传统造船技术，便几近完美地利用了这种特质。



根据材料特性和功能建造的维京船。



博尔贡木板教堂建于1180年，目前仍在使用。

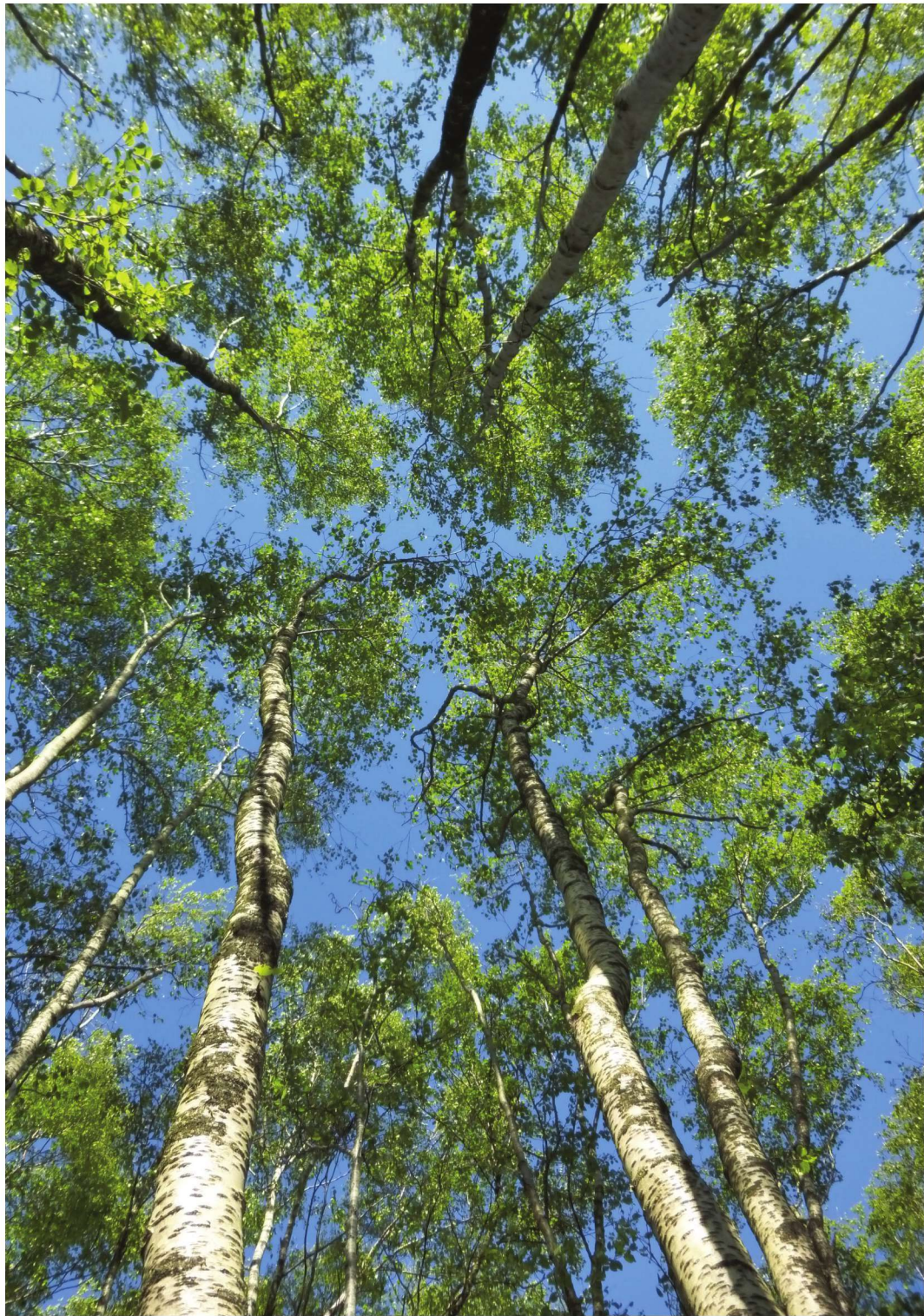
连接而成。再以斜向支撑（斜梁 Skråbånd）加固，用木栓锁牢。大梁上方，紧挨着木板横置两根木板檩条（板桁 Stavlegjer），把房子纵向连接在一起并支撑屋顶的椽子（taksperrer）。木板教堂结构中这样的结构单元层层叠加延伸成为复杂的竖向结构。这种结构赋予建筑庄重、高耸的表达以及巧夺天工的丰富造型。木板、大梁和板桁之间的衔接巧妙地利用了构件的自重和外界气候和风的作用，把各部件固定锁死。这种利用外力协同构筑的惊人准则显示了工匠对木材特性和潜质的独特认知。另外，木板教堂也展现了细节上的几何学应用以及精巧的设计处理。比如便于拆卸和重新组装，并在受到外力作用时反而更加坚固的接口。

事物的美存在于思考中。

在诸如博尔贡木板教堂这样的大型木板教堂中，木构架多至2000多件，由建造师带领他的一班能干的建筑工匠在现场组装而成。这可以算是挪威最早的预制组装建筑工程——精确的工程技术让人瞠目。现存的木板教堂无一雷同，不同之处从建造技术到美学设计不一而足。其中大型建筑的惊人之处在于那些木构件的组装方法。结构设计为构件之间受到强大外力时预留了移动的余地。松动的衔接可以造就坚固的结构，这听上去可能很奇怪，但在这种情况下是千真万确的。可移动性通过把外力作用分散到更多结构构件上使结构更坚固。这又是造型与材料特性的结合，灵活性和吸收拉/压力的能力创造出了独特的构造。

无所不能，“无”即可能。

北欧手工艺传统与对木材材料性质的认知历史悠久，造就了许多特殊的构造：双曲面、先进的装配技术、自锁接口及可动的自坚固结构。我们看



到 800 年不倒的教堂和先进到难以复制的海船。这是我们必须通过实验、游戏和挑战木材特性来继续营造的平台。

树木启发着我们，它天然而健康，生长、更新，追随天时季节，温暖亲人。树木纯净而不断重生，它代表着力量、历史和个性。另外，树木也在世界上许多神话与宗教中扮演着重要的角色，在岁月中沉淀出深邃神圣的含义。树木是最古老的、跨文化的创世象征。比如印度神话中的榕树与菩提，北欧神话中的世界之树，以及日耳曼传统中的圣诞树。

定义“无”，尽可能简单，但不过于简单。接受“无”的本相，不在本相上添加任何前提规则。

在犹太教和基督教中，树都是知识的象征。佛教中的菩提也一样。在民间医学、宗教和民谣中，传说树是灵魂的居所。在德鲁伊教和日耳曼异教中都涉及在圣林中举行的祭拜仪式。德鲁伊这个词很可能起源于凯尔特语中的“橡树”。毕钵罗树在印度神话中也扮演了重要的角色。

埃及亡灵书中提到梧桐树林是自然界中亡灵得以安息的场所。在不同的民间文化中，树常常会成为永生和繁荣的象征。向天空枝繁叶茂，向大地根深蒂固，树成了连接天空、大地以及阴间的纽带。

树木的可持续性（bærekraftig）具有双重意义。在任何时代它都是挪威无出其右的重要建筑材料，并且现在又重新获得关注。使用得当的话木材无疑是所有建筑材料中最可持续发展的一种。这是一种可再生资源——一种纯净的材料，使用得当的话也非常耐久。木材是一种天然碳储存，所以使用的时间越长越耐用，可以重复使用的次数也就越多。可持续地使用木材的方法有很多，例如根据木材的用途决定木材的尺寸，或者更进一步，

使用非传统木材种类，建造灵活耐用的结构，设计时考虑到拆卸，使用再生木料，以及指定认证木材等。

拥有一两个苹果是可能的，但一个都没有的话，你怎么知道会是苹果？

木材也非常容易处理，可以适用于不同的尺度，满足不同坚固度、饰面和构造的需要——大到巨型的胶合板，小到精准的硬木细节。

本书中介绍的一系列实验项目都涉及木材独一无二的特性。实验的目的在于考察木材的结构与造型潜质。实验性木结构引发了一系列判断、分析和实践经验。它们全都建于卑尔根市中心，让这里的市民们叹为观止并且激动不已。最重要的是它们带来的启迪。

关于树木，这些漫长的经验和丰富的认知必须保留下来并且发展下去。所以建立可以用来致力于实验树木潜质的舞台就变得至关重要。本书介绍的所有项目都由卑尔根艺术设计学院（KHiB）的学生协同国外友人一起发展建造完成。这些实验都以等比例大小进行，学生通过“工以为学”的方法积累经验与知识，使木结构专业长久如新。

如果没有政治上对这些项目所关注的可持续发展、可再生能源以及文化活动的热情与支持，这些项目的实现将会困难得多。这些项目得以成为可能要感谢霍达兰郡郡委（Fylkesmannen i Hordaland）、卑尔根市政府（Bergen kommune）、霍达兰郡政府（Hordaland fylkeskommunen）、创新挪威（Innovasjon Norge）和注木（Trefokus）。本书的出版也得到了挪威外交部的大力支持。

乌勒·范郭尔——我们伟大的伙伴，他是个喜欢挑战也喜欢接受挑战的工程师。他的洞见与学识



树的美总是让人着迷，比如西挪威埃格松的萨格兰松树。照片由比亚内·古里克森摄于1920年。

是执行我们这些实验作品的支点。他一次又一次自愿跨过传统、计算与局限的阻碍。他在许多论文与讲座中描述的“工程学的乐趣”，以及他的好奇心，都给了这些项目重要的启示。就像他为我们最近的项目的留言里写到的一样：“于是不可能的事看上去突然可能起来！”乌勒·范郭尔是专业中的佼佼者。他对结构原理的描述也融入到了本书的叙述中。

我们还要特别感谢所有参加过这些项目的人。学生们每年都做得很出色。我们也要感谢那些为项目出过力的人。弗鲁德·略秀尔（Frode Ljøkjell）

和维达·拉克斯弗斯（Vidar Laksfors）参加了第一个项目，并一次又一次倾注他们的实践与专业经验。助理教授、（木工坊的）技术支持约文·艾德（Øyvind Eide）也作出了很有价值的贡献。工程师乌勒·范郭尔总是把项目的潜质发挥到极限。最后要感谢约翰·奥克若（Johan Aakre）和艾格松沿海协会（Egersund Kystforening）让我们在撰写本书时使用了维巴罗顿灯塔（Vibberodden Fyr）。

2015年3月于卑尔根
佩特·卑尔格如

目录

Contents

传统的更新 _005

引言 无——或渺小中的伟大 _013

挑战 _017

穹顶 _023

球体 _043

棍塔 _063

莲花 _075

飞蛾 _103

谢谢 _125

心情捕手 _143

猎人 _163

桥 _179

结语 美的意义 _215

工以为学 _216

致谢 _218



引言

Introduction

无——或渺小中的伟大

Nothing-or the greatness of
the small (an introduction)

“无”其实并不多——特别是开始思考它的时候，就变得更少了。

或者换句话说——可以思考的并不多。但“无”就在那里——我们无法回避。实际上我们必须面对它。它就在那里，而当它在那里的时候——也就是说，那里什么也没有。有时候需要的就是“无”。什么都没有发生的时候——“无”就发生了。

话说回到点子上——那这与结构实验又有什么关系呢？首先要指出的是，所谓点（punkt）就是由极大的“无”围绕着极小的“有”构成的。去除这“无”就很难定义这个点。结构就是这么创造出来的——“周围”和“之间”都充斥着“无”。“无”使得“有”得以成立。“无”提供了建造的场地。“无形”造就了结构的成立。

“无”有其价值。这种价值为可能性创造了空间。“开放”是什么？词语本身有着正面的意味，但其实只是“无”。正是“无”造就了“开放”。有了空缺才能填补。有了饥饿才有食欲。有了间隙音乐才和谐。

自然从不违反自己的规则。不管实验多少次都无法证明我是对的，但实验一次就能证明我是错的。

结构——人与物之间的存在。声响、音律、交谈、氛围、关联。对话或二重奏。物理关系的组合。结构，面、线、色、声之间的相互作用产生新的结构。

线的作用——实验建筑结构中的一笔一划。线在一起构成一个整体。但线之间是什么？首先是“无”。含义往往孕育其中，正所谓“言外之意”。

实验项目的出发点并不在于创造新的视觉表达，而是研究材料与造型之间的关系，以及如何通过各种不同的组合挑战这种关系。这些洞见与经验总是使好奇心更加敏锐，使进行新的实验的欲望

更加迫切。有些实验成果坍塌了，还有一些沉没了，甚至有些开始自行游走或滑行。所有作品的共同点是它们挑战了统计指标和计算结果，证明只要了解材料的内在特性，结合造型，我们可以拓展得非常之广。

找形、创造空间、发现场所的能量，并为我们自己给出的物理框架创造质感，是一门需要我们维护并发展的学问与乐趣，是必须享受的乐趣。

“零”来自东方或许并非巧合：因为那里的宗教并不视“空”“缺”与“无”为问题。

在我们当代快速的节奏中，停下来四下打量一番、思考总结，然后建造并实验，这个过程非常有益。

亲眼见证完成的结构与建筑本身就是一种回报。书中所展示作品的寿命都不过数日。稍纵即逝的乐趣即是推动这些实验的原动力。

油画《暴风雨中的桦树》由挪威画家约翰·克里斯蒂安·达尔创作于1849年。据说在去哈当厄尔的埃德菲尤尔的路上，画家看到了山崖上这棵孤零零苦苦挣扎的桦树。画作可以解读为在一个美丽却贫瘠的国家为生存而抗争的象征。1920年艺术史学家安德烈斯·奥博特为这幅画写道：“秋天。天空昏暗乌云密布。桦树在暴风雨中枝摇叶坠。但一缕阳光在白色的树干与闪烁的树冠之上渐展笑颜。画面中没有任何不自然的成分，直接而写实。但仍然充满诗意。任何感情丰富的人都会将这种诗意延续下去。象征意义不言自明。从坚硬的岩石中生长出来，在暴风雨中顽强拼搏的桦树代表了挪威生活的所有色彩。”







我们的实验之一。我们测试不同木材的特质、强度和构造。