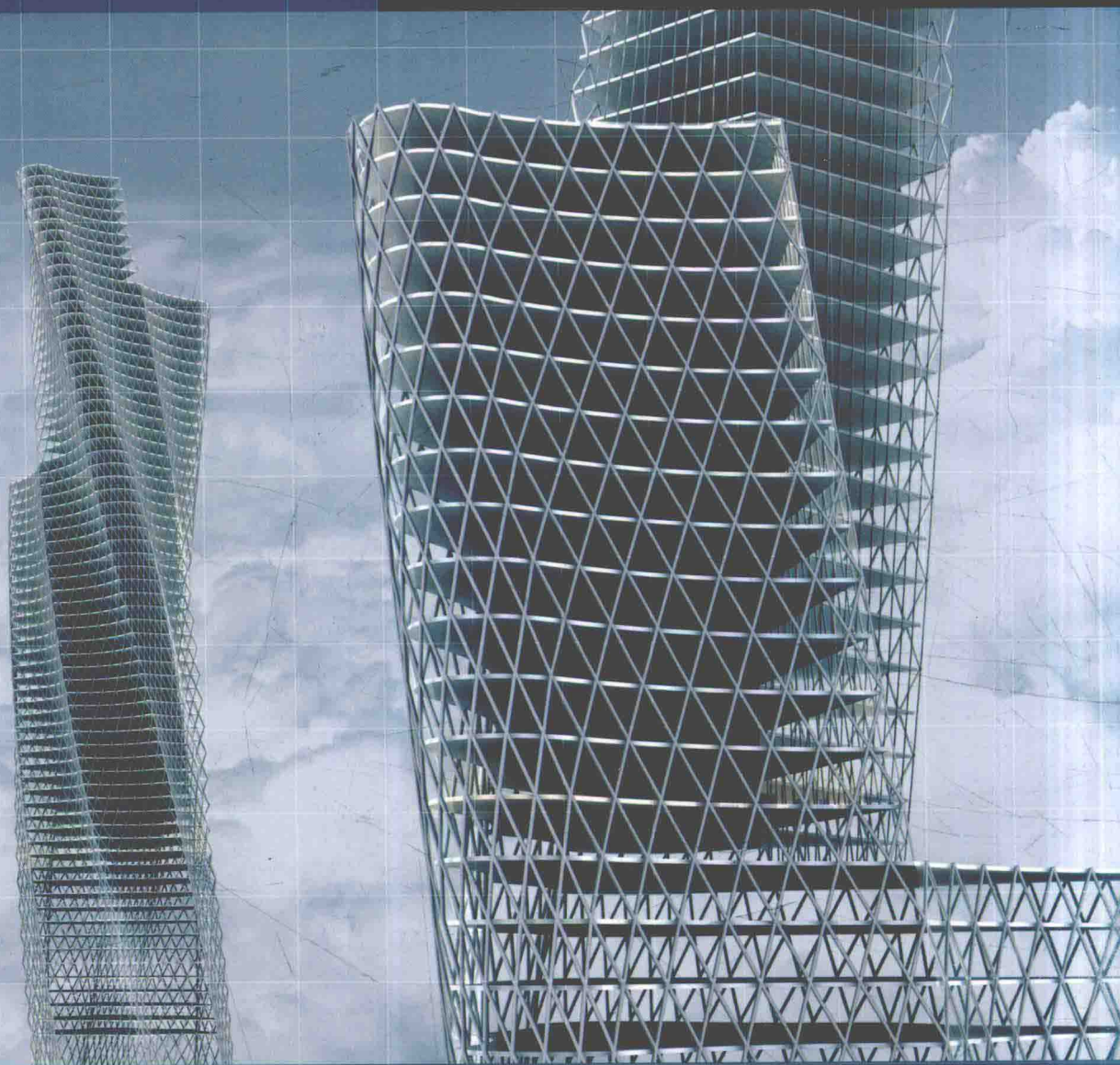


国内外GH前沿技术成果

程 罡 编著

Grasshopper 参数化建模技术

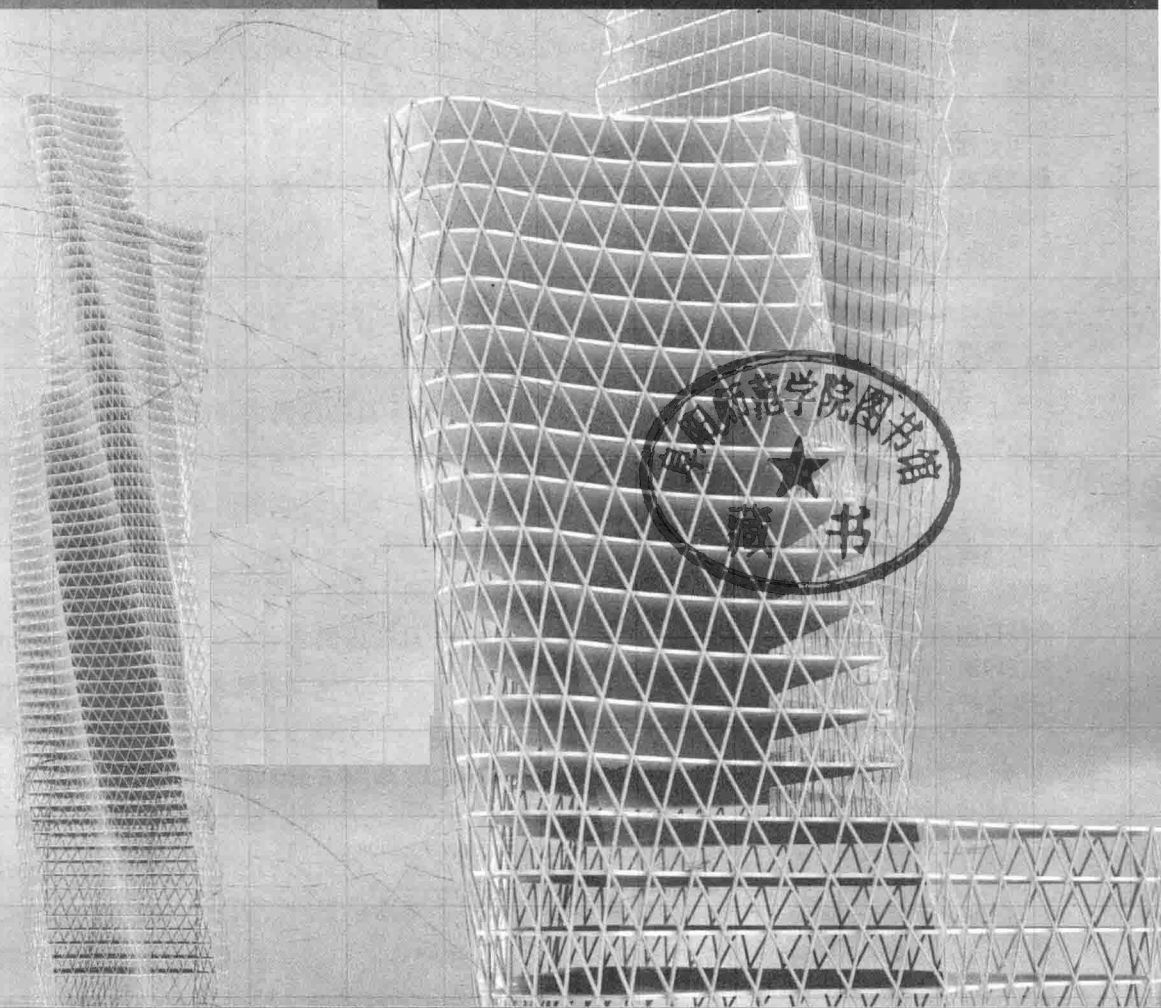


- 零基础由浅入深全面讲解
- 国内外GH前沿技术成果
- 精选国外大型建筑真实案例
- 国际先进制作流程全揭秘

清华大学出版社

程 罡 编著

Grasshopper 参数化建模技术



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是一本讲解参数化建模软件 Grasshopper 的技术专著,参考国内外最新研究成果,对 Grasshopper 做了深入浅出的讲解,同时配有大量独具特色的案例,使读者能在较短的时间内掌握该软件的主要理念和重要的制作技法,从而能较快地运用该软件解决工作、设计中遇到的各种建模问题。

本书分为上下两篇,上篇为基础篇,包括第1~7章,主要讲解 Grasshopper 的基本操作和常用运算器。下篇为案例篇,包括第8~11章,详细讲解了一个综合性案例——摩天大楼的建模。

本书适合从事建筑设计、机械设计、艺术设计、工业设计的人士和 CG 爱好者参阅,也可以作为高职类院校相关课程的教材和教参使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

Grasshopper 参数化建模技术/程罡编著. —北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-46842-4

I. ①G… II. ①程… III. ①三维动画软件 IV. ①TP391.414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 064132 号

责任编辑:魏莹 李玉萍

装帧设计:杨玉兰

责任校对:吴春华

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18 字 数:435千字

版 次:2017年5月第1版 印 次:2017年5月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:49.00元

产品编号:070406-01

前 言

自从有了计算机以来,设计师们就梦想着实现设计的自动化。到了20世纪60—70年代,计算机开始协助设计师完成复杂的计算,或者绘制规则的工程图纸。但是通过计算机将产品的设计要求和工程师的设计思想,直接变成可用的工程图纸或者数控加工指令,在当时是不可能办到的。

20世纪80年代初,AutoCAD软件问世,标志着计算机辅助设计大众化时代的到来,到了20世纪90年代中期,随着个人计算机的普及,特别是Windows操作系统的出现,大量原来只能在工作站上运行的计算机辅助设计软件纷纷向PC上移植。1997年,CAD历史上一个重要的版本AutoCAD R14推出,所见即所得的操作方式,可以使没有多少计算机基础的人士快速掌握计算机绘图技术,使计算机辅助设计很快成为行业标准,彻底替代了传统的手工绘图,引领了一次设计方法上的革命。

进入21世纪,计算机辅助设计继续向智能化、多元化的方向发展。机械和建筑设计的复杂性、多样性和灵活性要求设计自动化必须走参数化的路子。自从以Pro/Engineer(机械)和Revit Building(建筑)等为代表的基于特征造型的参数化设计系统问世以来,在此基础上实现设计的自动化已经变得切实可行。参数化设计技术是计算机辅助设计技术的又一次巨大的飞跃,目前先进的计算机辅助设计软件大部分实现了参数化。

本书讲解的是参数化设计软件的一枝奇葩——Grasshopper。Grasshopper并非一个独立的软件,而是一款在Rhino环境下运行的采用参数化方式生成模型的插件。不同于Rhino Script,Grasshopper不需要太多任何的程序语言知识,就可以通过一些简单的流程方法达到设计师所想要的模型。

不同于Pro/Engineer和Revit Building这样用途鲜明的参数化软件,Grasshopper更加全能!无论机械设计、艺术设计还是建筑设计,Grasshopper都游刃有余、运用自如。Grasshopper强大的逻辑建模功能可以在短时间内生产大量结果,并以此进行对比分析,优化设计结果。

Grasshopper的学习也应当秉承由浅入深、循序渐进的原则,掌握基础操作的同时建立起Grasshopper的基本思维模式。根据笔者多年研究和自身用户的总结,要学好Grasshopper必须把握好以下3个关键环节。

- 熟练掌握数据类型、数据结构和相关运算器。
- 熟练掌握各种建模的运算器。
- 熟练掌握内部编程语言和可以调用的函数。

其中的第一条是关键之关键,务必优先掌握。

本书对基础命令和运算器做了详细的讲解和运用,希望能为学习Grasshopper的读者提供一个入门的基石。



本书在写作过程中参考了国内外专家高手的一些制作方法，并使用了一些相关图片资料，并尽量地在书中做出了标注，但是由于条件所限，不能一一告知，在此一并表示衷心感谢！

由于作者水平所限，本书错漏之处在所难免，也恳请国内外专家高手不吝赐教，多多交流沟通。

编者

目 录

上篇 基础篇

第 1 章 Grasshopper 概述..... 1	2.3 数据匹配..... 32
1.1 参数化设计和 Grasshopper..... 2	2.3.1 如何用两个滑块控制一个 属性..... 32
1.1.1 什么是参数化设计..... 2	2.3.2 创建 Panel 运算器..... 33
1.1.2 参数化建模与手工建模..... 2	2.3.3 Shortest List 运算器..... 36
1.1.3 什么是 Grasshopper..... 5	2.3.4 Longest List 运算器..... 38
1.1.4 Grasshopper 的运用..... 6	2.3.5 Cross Reference 运算器..... 39
1.2 Grasshopper 的下载和安装..... 10	2.4 一个简单的案例——水波纹的制作 41
1.2.1 Grasshopper 的下载..... 10	本章小结..... 44
1.2.2 Grasshopper 的安装..... 11	第 3 章 功能和控制..... 45
1.3 打开 Grasshopper 和 Grasshopper 的 界面..... 12	3.1 在表格中创建多重物体..... 46
1.3.1 Grasshopper 的加载..... 12	3.1.1 创建系列圆..... 46
1.3.2 Grasshopper 的界面..... 13	3.1.2 改变系列圆的起点..... 47
1.4 运算器详解..... 17	3.1.3 显示系列圆的信息..... 48
1.4.1 运算器的构成..... 17	3.1.4 动态改变系列圆的半径..... 48
1.4.2 运算器信息..... 17	3.2 创建系列直线段..... 49
1.4.3 运算器和参数..... 18	3.2.1 直线的创建..... 49
1.4.4 运算器图标显示..... 19	3.2.2 创建系列直线..... 50
1.4.5 运算器的数据管理..... 20	3.2.3 Range 运算器的功用..... 51
本章小结..... 22	3.2.4 动态系列线的设置..... 53
第 2 章 Grasshopper 初步..... 23	3.2.5 Addition 运算器..... 54
2.1 从点的绘制开始..... 24	3.2.6 设置扭曲效果..... 56
2.1.1 点的创建..... 24	3.3 使用数学功能绘制曲线..... 57
2.1.2 创建滑块运算器..... 25	3.3.1 创建曲线分布顶点..... 57
2.1.3 滑块运算器的复制..... 26	3.3.2 创建正弦曲线..... 58
2.1.4 编辑滑块运算器的属性..... 28	3.4 控制和表格..... 59
2.2 曲线和样条线的绘制..... 30	3.4.1 创建系列圆..... 59
2.2.1 绘制另一个点..... 30	3.4.2 圆圈的挤压..... 61
2.2.2 创建 Line 运算器..... 31	3.4.3 设置挤压高度..... 62
2.2.3 创建样条线..... 31	3.4.4 Item 运算器..... 62
	3.4.5 Cull 运算器..... 65

3.5 变换操作	67	5.2.2 创建系列轮廓线	96
3.5.1 Box 运算器	67	5.2.3 创建群组	96
3.5.2 Move 运算器	68	5.2.4 另一组运算器	98
3.6 形状图表	69	5.2.5 加法运算器	100
3.6.1 Graph 运算器	69	5.3 创建核心	101
3.6.2 Scale 运算器	71	5.3.1 挤压中心圆	101
3.6.3 减法运算器	72	5.3.2 加法和乘法运算器	102
3.6.4 控制系列 Box 的外轮廓	72	5.4 扭转楼板轮廓曲线	103
本章小结	74	5.4.1 在 Rhino 中创建四棱锥	103
第 4 章 在曲面上做造型	75	5.4.2 扭转轴的设置	104
4.1 导入几何体	76	5.4.3 控制轮廓曲线的扭转	105
4.1.1 打开 Rhino 模型	76	5.4.4 除法运算器	105
4.1.2 Surface 运算器	76	5.4.5 弧度运算器	106
4.1.3 显示效果的设置	77	5.4.6 Range 运算器的使用	107
4.2 次表面细分	80	5.4.7 表达式的运用	107
4.2.1 细分运算器	80	5.4.8 移动核心	109
4.2.2 细分参数的设置	80	5.5 设置楼板的厚度	109
4.3 扭曲长方体	81	5.5.1 创建 4 个运算器	109
4.3.1 创建表面长方体	81	5.5.2 运算器的连接	110
4.3.2 曲面的细分	82	5.6 外立面的生成	111
4.3.3 细分长方体的厚度控制	83	5.6.1 放样运算器的运用	111
4.4 变形参照几何体	84	5.6.2 Sub List 运算器	113
4.4.1 在 Rhino 中创建四棱锥	84	5.6.3 多个局部的立面生成	114
4.4.2 Geometry 运算器	85	5.7 高效率地使用范围和序列运算器	116
4.4.3 Morph 运算器	86	5.7.1 Integer 运算器	116
4.5 完成多次变形操作	87	5.7.2 整数运算器的连接	117
4.5.1 在 Rhino 中创建变形参照 对象	87	5.7.3 删除单独的 Dom 运算器	117
4.5.2 拾取多个对象	88	5.8 总结和反思	118
4.5.3 使用 Longest 运算器	89	5.8.1 简单的材质设置	118
本章小结	90	5.8.2 遥控参数设置	121
第 5 章 案例——螺旋塔的建模	91	本章小结	122
5.1 项目简介	92	第 6 章 数据树详解	123
5.1.1 旋转中心简介	92	6.1 数据树介绍	124
5.1.2 横截面的绘制	93	6.1.1 什么是数据树	124
5.2 扭转楼板的轮廓曲线	95	6.1.2 数据的行为	125
5.2.1 转换 GH 曲线	95	6.2 展平、融合与移植	127
		6.2.1 展平数据树	127
		6.2.2 融合数据树	128

6.2.3	移植数据树	129
6.3	连接曲线上对应的点	129
6.3.1	创建曲线	129
6.3.2	细分曲线	130
6.3.3	查看顶点数据	131
6.3.4	Path Mapper 运算器	132
6.3.5	圆圈的复制	133
6.4	桁架曲面的构建	134
6.4.1	创建 GH 曲面	134
6.4.2	曲面的细分	135
6.4.3	图层的设置	135
6.4.4	收集顶点	136
6.4.5	分支顶点	137
6.4.6	构建立体网格模型	139
6.5	制作桁架的另一种方法	141
6.5.1	GH 创建系列圆圈	142
6.5.2	改变系列圆圈的轮廓	143
6.5.3	顶点的连线	145
6.5.4	扭转曲线	146
6.5.5	双螺旋曲线的构建	148

6.5.6	构建立体网格	149
	本章小结	150

第 7 章 使用 Galapagos 进行优化和提升

7.1	什么是 Galapagos	152
7.1.1	Galapagos 概述	152
7.1.2	关于进化求解程序	152
7.1.3	Galapagos 的运行特点	153
7.2	一个简单的案例——如何设置 Galapagos	156
7.2.1	求差值的运算器设置	156
7.2.2	加载 Galapagos	157
7.2.3	Galapagos 的解算	158
7.3	第二个案例——优化参数达到目标面积	160
7.3.1	加载 GH 场景	160
7.3.2	楼层面积的设定	161
7.3.3	解算	163
	本章小结	165

下篇 案例篇

第 8 章 初始化设置

8.1	构建初始平面和等分角	168
8.1.1	搜索框的运用	168
8.1.2	初始平面的构建	169
8.1.3	等分角的设置	170
8.2	初始计算和第二个角度	172
8.2.1	等分角度的优化	172
8.2.2	等分 120°角	173
8.3	计算第三个角度	175
8.3.1	乘法运算器的运用	175
8.3.2	角度范围的再次调整	176
8.3.3	SDL 曲线运算器	177
8.4	生成驱动线	178
8.4.1	旋转平面运算器的使用	178
8.4.2	在直线上标记顶点	180
8.4.3	完成全部放射状直线	181

8.5	完成驱动图解定义	185
8.5.1	继续添加点	185
8.5.2	以点为圆心画圆	186
8.5.3	另一个圆的绘制	187
8.5.4	二等分圆	189
8.5.5	设置任意起始角度	191
8.6	定义摩天大楼参数	192
8.6.1	楼层的设置	192
8.6.2	添加网格平面	193
8.6.3	阵列截面曲线	194
	本章小结	196

第 9 章 弧度和扭曲

9.1	规划几何体和初始弧度	198
9.1.1	复制 Project 运算器	198
9.1.2	点的选择	199
9.1.3	重命名运算器	201

9.1.4 绘制弧形	202	10.3 外立面格栅的创建	239
9.2 如何划分数据树	204	10.3.1 重命名运算器	239
9.2.1 绘制另外 3 组圆弧	204	10.3.2 格栅化处理轮廓曲线	240
9.2.2 Split 运算器的运用	205	10.4 独立划分点	242
9.2.3 清理数据树	206	10.4.1 清理数据	242
9.3 创建截面弧形	207	10.4.2 生成网格	243
9.3.1 点的生成	207	10.4.3 连线的优化	245
9.3.2 清理预览	209	10.5 完成外立面格栅	247
9.3.3 创建圆弧	210	10.5.1 表达式运算器	247
9.4 扭曲截面曲线	213	10.5.2 另外两组直线的选择	249
9.4.1 清理场景	213	10.6 完成外立面系统和放样表面	252
9.4.2 表达式运算器的使用	215	10.6.1 创建三组直线之间的点	252
9.4.3 扭转轮廓曲线	217	10.6.2 格栅的创建	254
9.5 修改轮廓曲线	219	10.6.3 一组直线的放样	256
9.5.1 准备工作	219	10.6.4 完成全部外立面的放样	258
9.5.2 余弦运算器的使用	221	本章小结	262
9.5.3 圆弧的关联	224	第 11 章 楼板的设计	263
9.5.4 另一组轮廓的渐变设置	226	11.1 创建楼板	264
本章小结	230	11.1.1 整理文件	264
第 10 章 摩天大楼外表面的创建	231	11.1.2 收缩轮廓曲线	265
10.1 分割弧度并创建底板轮廓	232	11.1.3 挤压楼板厚度	266
10.1.1 分割运算器的使用	232	11.1.4 修正挤压方向	268
10.1.2 分割另外两组轮廓曲线	234	11.2 完成楼塔并烘焙到 Rhino	270
10.2 改变轮廓曲线的层数	235	11.2.1 线条管状化	270
10.2.1 改变一组轮廓的高度	235	11.2.2 保存状态	272
10.2.2 表达式运算器	236	11.2.3 烘焙到 Rhino	274
10.2.3 表达式的输入	237	本章小结	278

上篇 基础篇

第 1 章

Grasshopper 概述

内容提要：

- 什么是参数化设计
- 什么是 Grasshopper
- Grasshopper 的下载和安装
- Grasshopper 的界面认识



本章将详细讲解参数化设计的基本概念、参数化设计的特点、参数化设计的应用范围，以及参数化建模软件的安装等相关知识。

1.1 参数化设计和 Grasshopper

1.1.1 什么是参数化设计

参数化设计是建筑设计的一个重要思想，其分为两个部分：参数化图元和参数化修改引擎。建筑设计中的图元都是以构件的形式出现，这些构件之间的不同，是通过参数的调整反映出来的，参数保存了图元作为数字化建筑构件的所有信息。

参数化修改引擎提供的参数更改技术，使用户对建筑设计或文档部分做的任何改动都可以自动在其他相关联的部分反映出来，采用智能建筑构件、视图和注释符号，使每一个构件都通过一个变更传播引擎互相关联。

构件的移动、删除和尺寸的改动所引起的参数变化，会引起相关构件的参数产生关联的变化，任一视图下所发生的变更都能参数化地、双向地传播到所有视图，以保证所有图纸的一致性，无须逐一对所有视图进行修改，从而提高了工作效率和工作质量。如图 1-1 所示为参数化设计的复杂曲面模型。

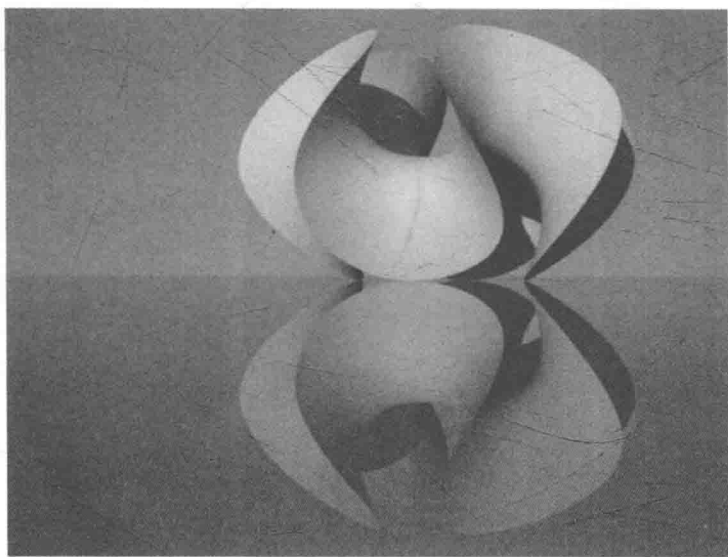


图 1-1 参数化设计的复杂曲面

1.1.2 参数化建模与手工建模

目前三维手工建模软件品种繁多，功能强大，几乎到了无所不能的程度。由于其建模方法的局限(基本都是基于网格)，仍然存在着精度不高、后期修改不便等难以克服的缺陷，不

能做到“包打天下”，在某些领域无法胜任。

如图 1-2 所示的圆圈阵列，其中包含复杂但有规律的半径比例变化。这样的图形采用手工建模软件几乎无法制作，即使能做也费时费力，而且无法编辑修改。而采用 Grasshopper 之类的参数化建模软件绘制这样的图形则十分便捷，且事后的修改编辑十分灵活方便。

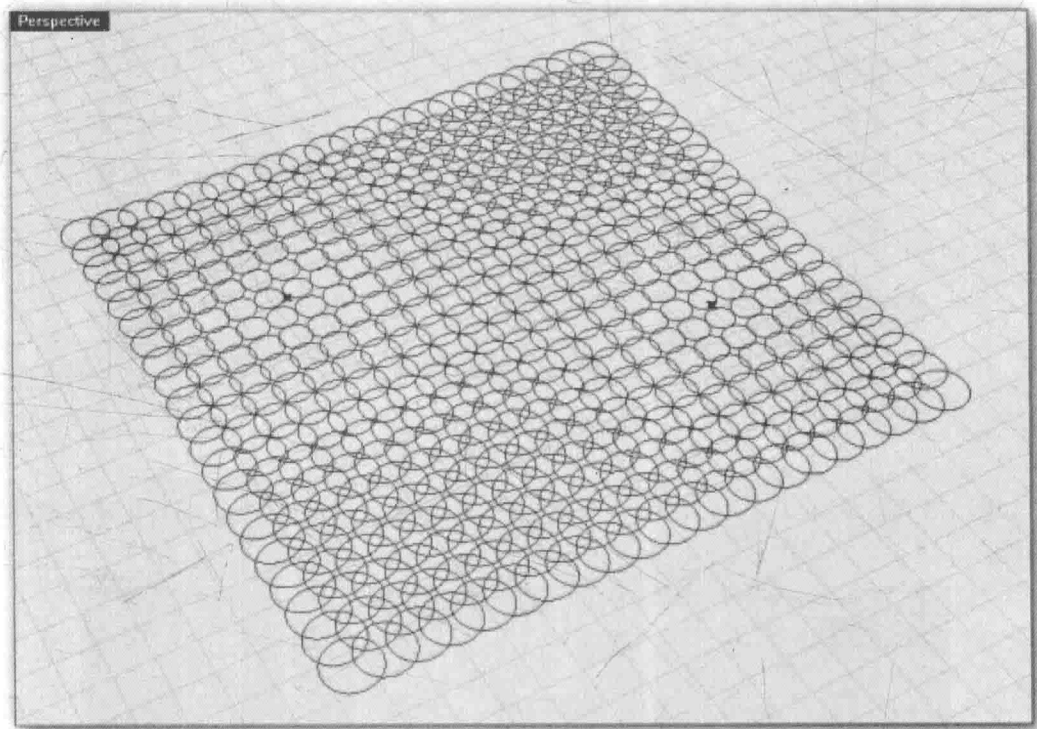


图 1-2 Grasshopper 制作的圆圈阵列

如图 1-3 所示为上述圆圈阵列的 Grasshopper 编辑界面，只使用了十几个运算器即可实现复杂的阵列效果，而且很多运算器都是可调的，因此后期的编辑将极为方便且变化丰富。

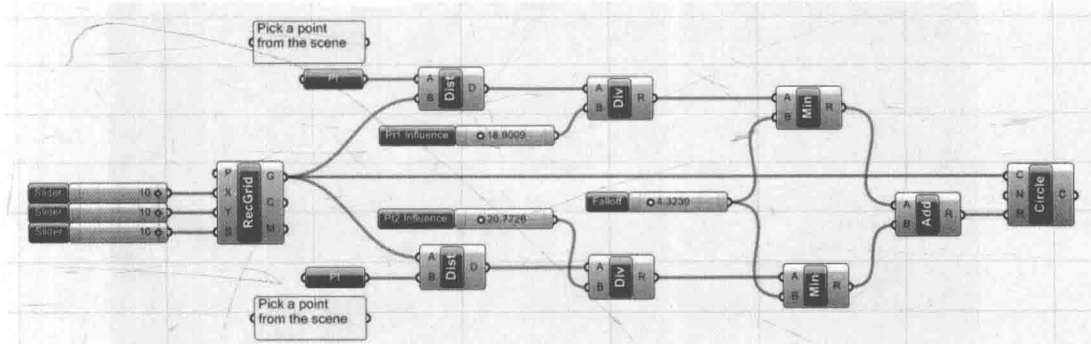


图 1-3 圆圈阵列的 Grasshopper 文件

上面的例子还是平面的，如图 1-4 所示为王奕修先生采用 Grasshopper 所做的球面上的相切圆镶嵌模型，如采用手工建模软件实现会更加困难。

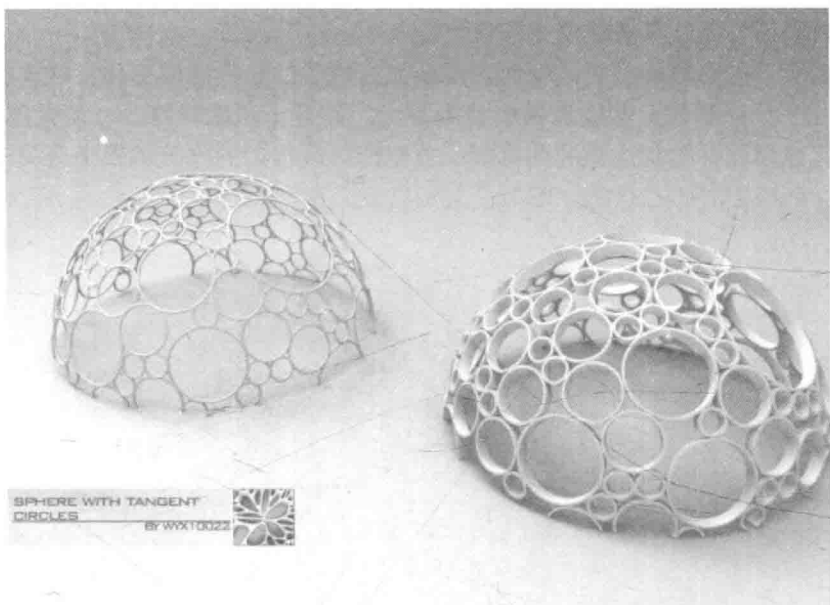


图 1-4 相切圆球面拼嵌(王奕修创作)

如图 1-5 所示为王奕修先生的另一件 Grasshopper 作品,充分体现了参数化建模软件的强大功能。

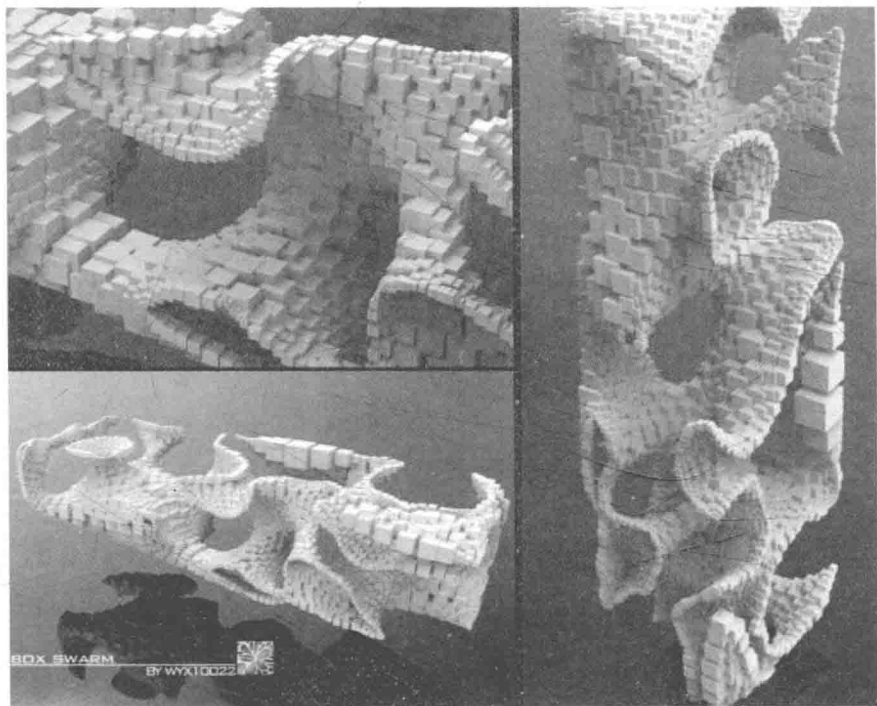


图 1-5 立方体复杂阵列(王奕修创作)

凡是涉及规律性复杂阵列、扭曲、变形的图形或模型制作,通常都是参数化大显身手的领域。如图 1-6 和图 1-7 所示为另外两个典型参数化建模案例。

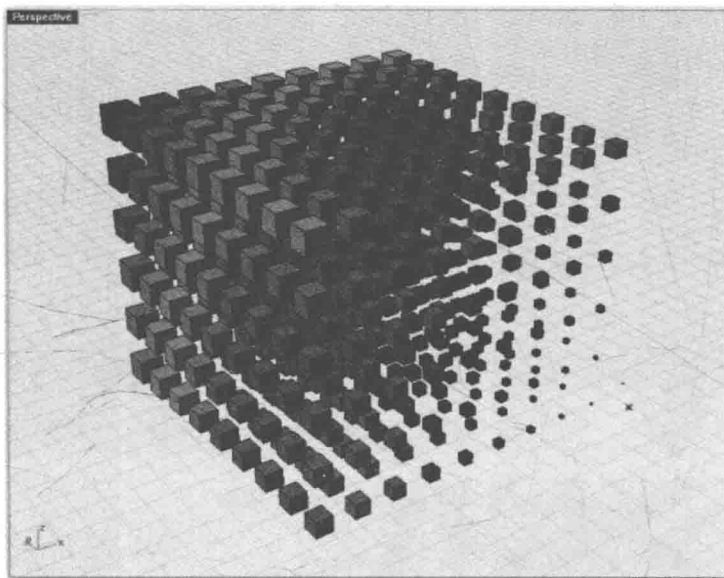


图 1-6 参数化建模案例(1)

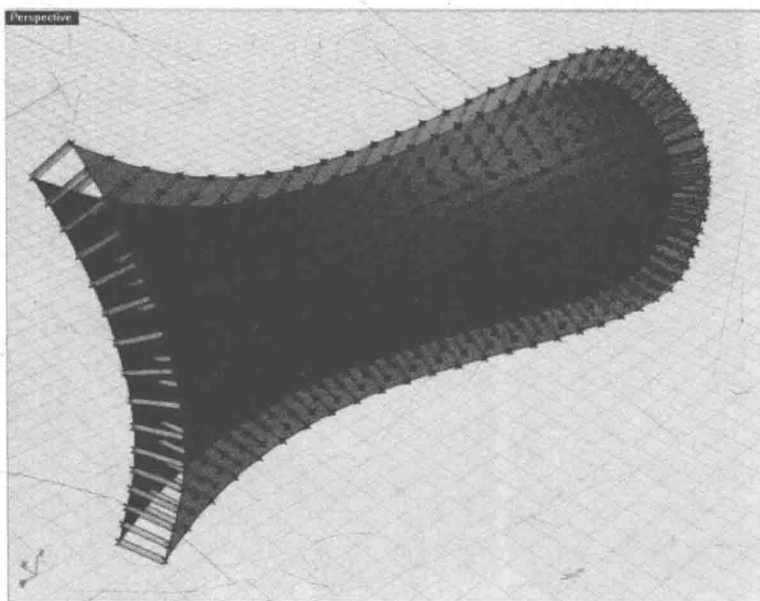


图 1-7 参数化建模案例(2)

1.1.3 什么是 Grasshopper

Grasshopper(简称 GH)是一款在 Rhino 环境下运行的参数化建模插件。它可以完整记录起始模型和最终模型的建模过程,从而达到通过简单改变起始模型或相关变量就能改变模型最终形态的效果。当方案逻辑与建模过程联系起来时,Grasshopper 可以通过参数的调整直接改变模型形态。如图 1-8 所示为 Grasshopper 创作的作品。

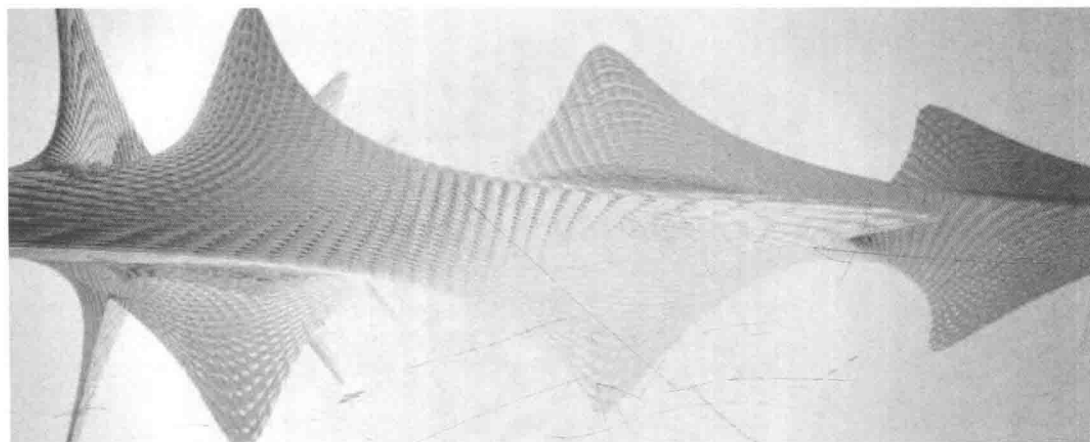


图 1-8 Grasshopper 作品

1.1.4 Grasshopper 的运用

Grasshopper 目前主要被运用于建筑外观设计、家具设计、工业产品设计、艺术品设计等领域。如图 1-9 至图 1-12 所示为 Grasshopper 在建筑设计和工业设计领域的一些应用案例。

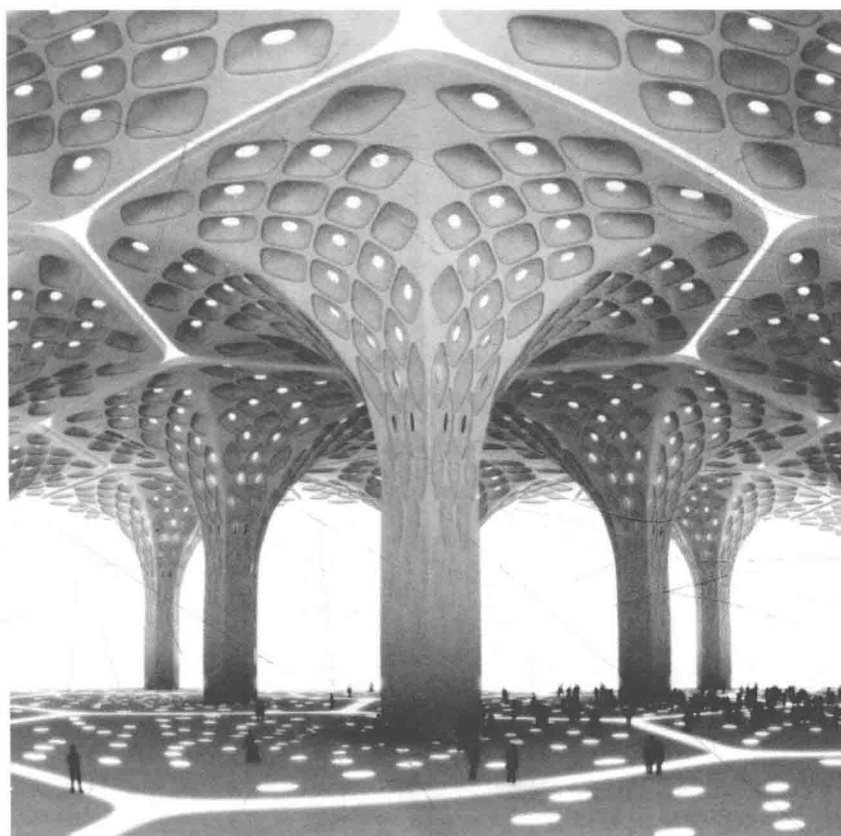


图 1-9 Grasshopper 建筑设计

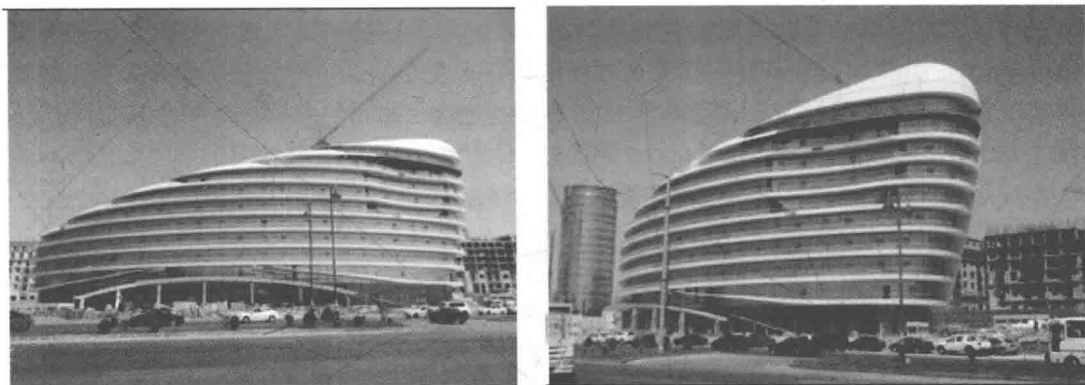


图 1-10 Grasshopper 建筑外观设计

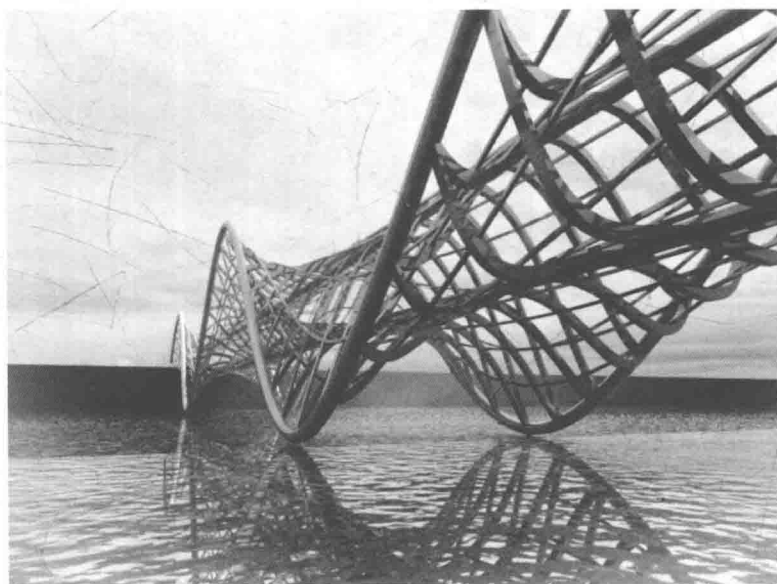


图 1-11 Grasshopper 创建的桥梁

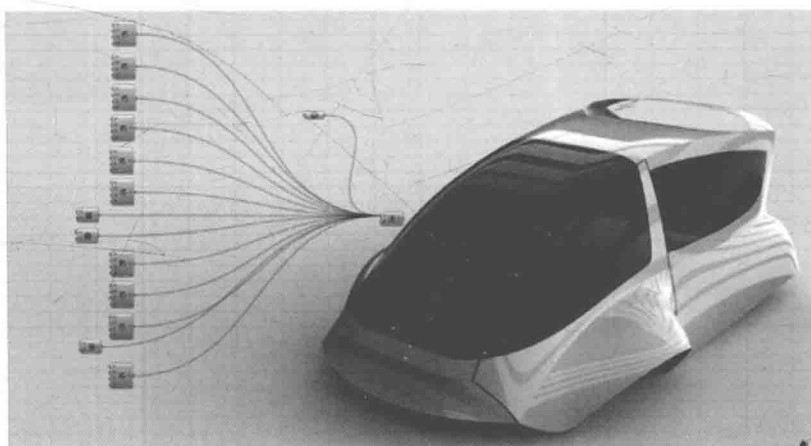


图 1-12 Grasshopper 汽车设计



当今，3D 打印技术的发展如火如荼，3D 打印对于三维建模技术具有极高的依存度。Grasshopper 是参数化设计软件，能更加方便地创作出复杂曲面，而且便于修改，它已经受到了很多三维艺术家的青睐。三维艺术家使用 Grasshopper 创作出了大量优秀的 3D 打印作品。如图 1-13 和图 1-14 所示为 Grasshopper 建模并 3D 打印的作品。

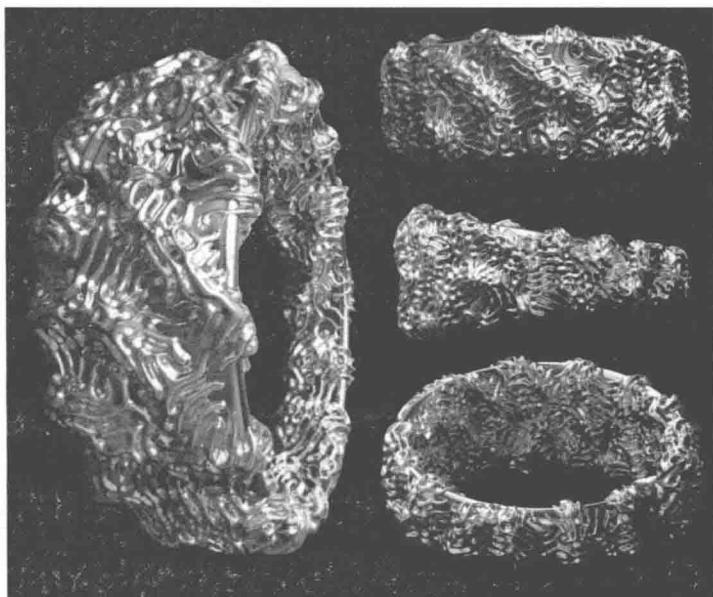


图 1-13 Grasshopper 建模的 3D 打印作品

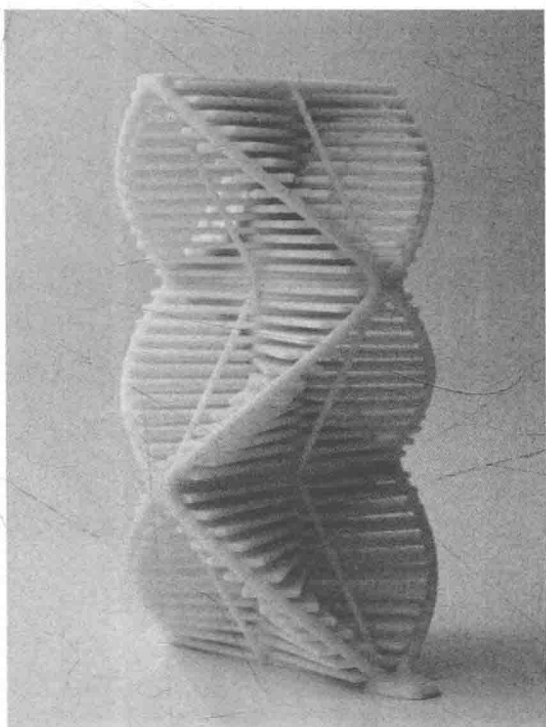


图 1-14 Grasshopper 建模的 3D 打印作品