

1

面向设计师的编程设计知识系统PADKS  
Programming Aided Design Knowledge System(PADKS)

Grasshopper

# 参数模型构建

Algorithmic Modelling Manual

包瑞清 著

江苏凤凰科学技术出版社

面向设计师的编程设计知识系统PADKS  
Programming Aided Design Knowledge System(PADKS)

# Grasshopper

# 参数模型构建

## Algorithmic Modelling Manual

包瑞清 著



江苏凤凰科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

参数模型构建 / 包瑞清著. — 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2015. 7

(面向设计师的编程设计知识系统 PADKS)

ISBN 978-7-5537-4535-0

I. ①参… II. ①包… III. ①程序设计 IV.

①TP311.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第101994号

面向设计师的编程设计知识系统PADKS

参数模型构建

---

著 者 包瑞清  
项目策划 凤凰空间/郑亚男  
责任编辑 刘屹立  
特约编辑 郑亚男 田 静

---

出版发行 凤凰出版传媒股份有限公司  
江苏凤凰科学技术出版社  
出版社地址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009  
出版社网址 <http://www.pspress.cn>  
总 经 销 天津凤凰空间文化传媒有限公司  
总经销网址 <http://www.ifengspace.cn>  
经 销 全国新华书店  
印 刷 深圳市新视线印务有限公司

---

开 本 710 mm×1000 mm 1/16  
印 张 25  
字 数 200 000  
版 次 2015年7月第1版  
印 次 2015年7月第1次印刷

---

标准书号 ISBN 978-7-5537-4535-0  
定 价 188.00元

---

图书如有印装质量问题, 可随时向销售部调换(电话: 022-87893668)。

# CONTENTS 目录

## 篇章索引

9	■ 基础	235	● 5 Field: 磁场
10	● 1 Grasshopper 的安装	245	■ 曲线
10	● 2 Grasshopper 的界面	246	● 1 Spline: 曲线
12	● 3 Grasshopper 的组件	256	● 2 Primitive: 基本曲线
15	● 4 数据流匹配	262	● 3 Division: 曲线分段方法
17	● 5 基本操作流程	278	● 4 Analysis: 曲线分析
27	■ 基本参数	284	● 5 Util: 曲线工具
28	● 1 Geometry: 几何体类型	289	■ 曲面
30	● 2 Primitive: 数据类型	290	● 1 Freeform: 自由曲面
31	● 3 Input: 输入类	302	● 2 Primitive: 基本几何体
50	● 4 Util: 基本参数下的工具类	305	● 3 Analysis: 曲面分析
73	■ 数学	320	● 4 Util: 曲面工具
74	● 1 Domain: 区间	325	■ 格网
93	● 2 Operators: 运算符	326	● 1 Add-ons: 扩展模块
101	● 3 Polynomials: 多项式	327	● 2 Mesh: Mesh 格网建立的方法
102	● 4 Trig: 三角函数	352	● 3 Triangulation: 三角剖分
106	● 5 Time: 时间	361	● 4 Analysis: Mesh 分析
112	● 6 Matrix: 矩阵	368	● 5 Util: Mesh 工具
113	● 7 Util: 数学下的工具类	371	■ 相交
120	● 8 Script: 脚本	372	● 1 Mathematical: 数学计算
129	■ 数据处理	372	● 2 Physical: 物理计算
130	● 1 List: 列表	373	● 3 Region: 区域计算
149	● 2 Sequence: 数列	373	● 4 Shape: 几何计算
162	● 3 Tree: 树型数据	379	■ 变形
183	● 4 Text: 字符串(文本)	380	● 1 Affine: 仿射
192	● 5 Sets: 数据集	380	● 2 Array: 阵列
199	■ 向量	381	● 3 Euclidean: 欧几里得
200	● 1 Point: 点	381	● 4 Morph: 变体
214	● 2 Vector: 向量	385	● 5 Util: 变形工具
227	● 3 Plane: 参考平面		
234	● 4 Grid: 格栅		

..... 387	■ 显示	..... 389	● 3 Preview: 预览
..... 388	● 1 Colour: 色彩	..... 389	● 4 Graphs: 图表统计
..... 388	● 2 Dimensions: 尺寸标注	..... 389	● 5 Vector: 显示向量

## 自定义封装组件 +Python 程序索引

..... 58	● 正垂直曲线参考平面	..... 204	● 相对坐标 (高程)
..... 62	● 去除列表首尾项值	..... 269	● .kml 路径调入
..... 65	● 去除树型数据尾路径	..... 270	● UTM 与经纬度转换
..... 68	● 提取列表首尾项值	..... 276	● 分段路径
..... 107	● asctime 时间	..... 285	● 道路设计
..... 111	● CurrentTime	..... 309	● 截面扫描
..... 127	● 展平表皮	..... 338	● 点组织模式 (MTL)
..... 147	● 提取列表首尾项 (树型数据)	..... 339	● 点组织模式 (MT)
..... 147	● 去除树型数据首尾路径	..... 352	● 地形构建
..... 153	● 方格网土方计算		

## 案例索引

..... 13	● 组件显示	..... 80	● 区间常用使用方法 _2_ 几何体的输入条件
..... 14	● 组件连线类型	..... 84	● 区间常用使用方法 _3_ 重设区间
..... 15	● 匹配数据流	..... 85	● 逐时气象数据可视化处理的方法
..... 18	● Microstructure	..... 93	● 运算符
..... 35	● 调入高程地理信息数据的方法	..... 95	● 布尔
..... 38	● 林地提取	..... 96	● 计算满足建筑间距的建筑点位
..... 40	● 图像采样	..... 101	● 对数螺线
..... 44	● 蛋白质数据库	..... 102	● 三角函数
..... 46	● .shp 地理信息数据的调入	..... 106	● 时间
..... 52	● 虹桥结构解算 -Galapagos	..... 108	● 随时间生成的树
..... 75	● 区间常用使用方法 _1_ 区间列表与随机数据	..... 112	● 矩阵
..... 76	● 区间	..... 113	● 数学下的工具类

.....115	● 适宜性评价程序编写的方法	.....292	● 发芽的树
.....118	● 复数	.....298	● 扭转的条带筒
.....121	● Expression	.....302	● 变化的体块
.....124	● 用 Python 编写连续展开程序	.....306	● 建筑主体结构的建立流程
.....130	● 列表	.....320	● Copy Trim
.....133	● 空心折柱	.....330	● Mesh 格网建立的方法 _A_Mesh Surface 曲面格网
.....138	● 支撑下张系统	.....336	● Mesh 格网建立的方法 _B_Construct Mesh 面构格网_A_ 折叠的过程
.....149	● 数列	.....341	● Mesh 格网建立的方法 _B_Construct Mesh 面构格网_B_ 建筑表皮 的点组织
.....150	● 方格网土方计算方法	.....347	● Mesh 格网建立的方法 _C_Mesh From Points 点格网
.....156	● 图形函数变化	.....349	● Mesh 格网建立的方法 _D_Mesh Brep Brep 格网
.....162	● 树型数据	.....350	● Mesh 格网建立的方法 _E_Delaunay Mesh 三角剖分算法格网
.....165	● 折线形	.....353	● Voronoi 森林的感觉
.....171	● Path Mapper	.....356	● Voronoi Groups
.....176	● 特征分组	.....357	● Voronoi 3D
.....183	● 字符串(文本)	.....358	● OcTree+Proximity 3D
.....186	● 定时器	.....359	● QuadTree+Proximity 2D
.....192	● 数据集	.....360	● MetaBall 变形球(元球)
.....194	● 群落集聚	.....362	● 内核与表皮
.....200	● 点	.....369	● 日影分析
.....204	● 相对坐标转换(高程)	.....373	● “十”字
.....207	● 适宜路径与最适点位	.....382	● 箱体变形
.....214	● 向量	.....384	● Map to Surface
.....217	● 弧形桥_概念	.....385	● 变形矩阵
.....228	● 截面的方向	.....390	● 变化体块
.....235	● 磁场		
.....238	● 磁场地形		
.....246	● 曲线		
.....251	● 鱼帆		
.....258	● 变化的圆表皮		
.....263	● 最短路径		
.....280	● 辐射		
.....285	● 道路建立的方法		

面向设计师的编程设计知识系统PADKS  
Programming Aided Design Knowledge System(PADKS)


# Grasshopper

# 参数模型构建

## Algorithmic Modelling Manual

包瑞清 著



 江苏凤凰科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

参数模型构建 / 包瑞清著. — 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2015. 7

(面向设计师的编程设计知识系统 PADKS)

ISBN 978-7-5537-4535-0

I. ①参… II. ①包… III. ①程序设计 IV.

① TP311.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第101994号

面向设计师的编程设计知识系统PADKS

参数模型构建

---

著 者 包瑞清  
项目策划 凤凰空间/郑亚男  
责任编辑 刘屹立  
特约编辑 郑亚男 田 静

---

出版发行 凤凰出版传媒股份有限公司  
江苏凤凰科学技术出版社  
出版社地址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009  
出版社网址 <http://www.pspress.cn>  
总 经 销 天津凤凰空间文化传媒有限公司  
总经销网址 <http://www.ifengspace.cn>  
经 销 全国新华书店  
印 刷 深圳市新视线印务有限公司

---

开 本 710 mm×1000 mm 1/16  
印 张 25  
字 数 200 000  
版 次 2015年7月第1版  
印 次 2015年7月第1次印刷

---

标准书号 ISBN 978-7-5537-4535-0  
定 价 188.00元

---

图书如有印装质量问题, 可随时向销售部调换(电话: 022-87893668)。





# Foreword

## 前言

面向设计师的编程设计知识系统旨在建立面向设计师（建筑、风景园林、城乡规划）编程辅助设计方法的知识体系，使之能够辅助设计者步入编程设计领域，实现设计方法的创造性改变和设计的创造性。编程设计强调以编程的思维方式处理设计，探索未来设计的手段，并不限制编程语言的种类，但是以面向设计者，具有设计应用价值和发展潜力的语言为切入点，包括节点可视化编程语言 Grasshopper，面向对象、解释型计算机程序设计语言 Python 和多智能体系统 NetLogo 等。

编程设计知识系统具有无限扩展的能力，从参数化设计、基于地理信息系统 ArcGIS 的 Python 脚本、生态分析技术，到多智能体自下而上涌现宏观形式复杂系统的研究，都是以编程的思维方式切入问题与解决问题。

编程设计知识系统不断发展与完善，发布和出版课程与研究内容，逐步深入探索与研究编程设计方法。

---

# Right and wrong of Parametric Design

## 参数化设计的是与非

---

编程设计是以程序编写的方法辅助设计过程的方式，参数化是以编程设计为基础，强调设计过程的逻辑性、关联性，建立参数控制互相联动有机体的过程。因此编程设计才是学习的核心，即应该以学习程序语言的方法来学习编程设计的方法，并理解参数化是作为编程设计方法探索设计过程的一个分支。

参数化的设计方法是在计算机出现之后产生的，因此一般具有参数化性质的手绘以及实际模型方案构思推敲的案例不会是一种真实的参数化设计。虽然过往未采用计算机处理数据逻辑，但是辅助设计所使用的各种数学关系，例如矩阵、折叠、三角函数及各种几何关系变化，任何能够转化为数学关系的设计方法，其几何构建逻辑与参数化设计方式均具有一致性。编程设计的本质是数据，是将纯粹的设计形式转化为一种数据操作。世间万物甚至不存在的形态都可以按照数学的逻辑进行构建，例如使用 L-System 系统在计算机中模拟树木。编程设计可以构建传统的设计内容以及未知的设计形式，其前提是基于数据的管理。

参数化设计进入国内以来，似乎误导了国内设计师，将参数化“玄虚”化、过分强调“生成”概念，以及多代理系统、元胞自动机、遗传算法等让人一开始就摸不着头脑还有将参数化设计“高难度”化的数学程序概念，无形中必然为参数化在国内的推行设置了障碍，并将参数化设计直接等同于扎哈·哈迪德、鸟巢加水立方，成为仅仅是对形式探索的工具。参数化的方法基础是程序编写，从编程设计的角度辅助设计过程可以获得过去不能够涉猎的领域，也能够诠释传统的设计，并可以达到各专业协同设计的目的。例如在建几何结构的优化，生态分析中采光系数分析、太阳辐射分析、风环境分析、热环境分析，以及各种能够转化为数据的分析条件，都可以被调入到参数化设计平台协同设计；同时可以编写不同软件平台的接口数据，以及进行诸如寻找最短路径、视线遮挡分析等，之所以编程设计能够涉猎如此广的领域，是因为程序编写面对的不再是几何形体本身，而是它背后所关联的数据。

编程设计的本质是数据的组织，这与使用直接三维推敲，按照软件提供的命令直接构型的方法具有本质上的区别。例如直接手绘或者通过拖动曲线控制点来调节代表水岸线的曲线，而基于编程设计的参数化方法并不是直接的形式拖曳，更倾向于一种几何构建的逻辑，这个逻辑也并不唯一，它最大的特点是可以根据初始设定的条件来自动完成水岸线的设计，而设

计的结果同样不唯一，达到这一目的的途径就是对数据的管理。

学习编程设计的平台推荐首选基于 Rhinoceros 的 Grasshopper，该工具已经在各大国际性的公司——SOM、ARUP 等设计企业得以运用并付诸实践，目前哈佛大学、AA 建筑学院、清华大学也在教授此类课程。编程设计的关键是处理数据，软件只是处理数据的平台，因此编程设计更应该是一门学科，而不是软件操作，如同了解一个民族，必须先学会他们的语言。这个认识是必须的，也是看待基于编程设计参数化方法的正确态度，以能够引导参数化的学习。

Grasshopper 软件平台是可视化的节点式编程，这与 Python 等语言编程不同，其数据连接的方式可以系统地处理数据流程，操作方法也并不难。其核心是各个单独的组件，各种数据管理的方法，例如数学三角函数、布尔运算、泰森多变形、列表管理、树型数据的管理、颜色值、参考平面、向量等。因此学习可视化节点式编程操作的软件平台，需要熟悉每个组件的数据处理方法，并加以综合运用。除了 Grasshopper 本身提供的组件外，其 Add-ons（Grasshopper 的扩展模块）涉及更多不同的领域，例如基于动力学的 Kangaroo、静力结构分析的 Karamba、表面划分处理的 PanelingTools、气象数据可视化与生态分析的 Ladybug 和 Honeybee 等，并在不断增加中。试图一次性掌握所有的组件很困难，会感觉到无休止，而且新的设计分析和模型构建模块不断地出现，所以应该在掌握 Grasshopper 本身的组件后，有针对性地研习 Add-ons 部分。

本书编写的逻辑按照 Grasshopper 组件面板分组进行，穿插案例，解释组件及其相关知识，重视组件在实际中的运用。这种阐述的方法需要运用数学中的三角函数、微积分等基本知识，它们是用于解决实际问题的基础。需要思考如何使用这些基本的组件来解决实际问题的多样性、不确定性，另外，参数化的设计方法是基于编程设计，核心仍然是学习一门语言。

本书对于编程设计的研习仍旧处于探索阶段，编程设计的学科性也并不能被一本书所囊括，不妥之处在所难免，敬请指正。

Ridue

# CONTENTS 目录

## 篇章索引

9	■ 基础	235	● 5 Field: 磁场
10	● 1 Grasshopper 的安装	245	■ 曲线
10	● 2 Grasshopper 的界面	246	● 1 Spline: 曲线
12	● 3 Grasshopper 的组件	256	● 2 Primitive: 基本曲线
15	● 4 数据流匹配	262	● 3 Division: 曲线分段方法
17	● 5 基本操作流程	278	● 4 Analysis: 曲线分析
27	■ 基本参数	284	● 5 Util: 曲线工具
28	● 1 Geometry: 几何体类型	289	■ 曲面
30	● 2 Primitive: 数据类型	290	● 1 Freeform: 自由曲面
31	● 3 Input: 输入类	302	● 2 Primitive: 基本几何体
50	● 4 Util: 基本参数下的工具类	305	● 3 Analysis: 曲面分析
73	■ 数学	320	● 4 Util: 曲面工具
74	● 1 Domain: 区间	325	■ 格网
93	● 2 Operators: 运算符	326	● 1 Add-ons: 扩展模块
101	● 3 Polynomials: 多项式	327	● 2 Mesh: Mesh 格网建立的方法
102	● 4 Trig: 三角函数	352	● 3 Triangulation: 三角剖分
106	● 5 Time: 时间	361	● 4 Analysis: Mesh 分析
112	● 6 Matrix: 矩阵	368	● 5 Util: Mesh 工具
113	● 7 Util: 数学下的工具类	371	■ 相交
120	● 8 Script: 脚本	372	● 1 Mathematical: 数学计算
129	■ 数据处理	372	● 2 Physical: 物理计算
130	● 1 List: 列表	373	● 3 Region: 区域计算
149	● 2 Sequence: 数列	373	● 4 Shape: 几何计算
162	● 3 Tree: 树型数据	379	■ 变形
183	● 4 Text: 字符串(文本)	380	● 1 Affine: 仿射
192	● 5 Sets: 数据集	380	● 2 Array: 阵列
199	■ 向量	381	● 3 Euclidean: 欧几里得
200	● 1 Point: 点	381	● 4 Morph: 变体
214	● 2 Vector: 向量	385	● 5 Util: 变形工具
227	● 3 Plane: 参考平面		
234	● 4 Grid: 格栅		

..... 387	■ 显示	..... 389	● 3 Preview: 预览
..... 388	● 1 Colour: 色彩	..... 389	● 4 Graphs: 图表统计
..... 388	● 2 Dimensions: 尺寸标注	..... 389	● 5 Vector: 显示向量

## 自定义封装组件 +Python 程序索引

..... 58	● 正垂直曲线参考平面	..... 204	● 相对坐标 (高程)
..... 62	● 去除列表首尾项值	..... 269	● .kml 路径调入
..... 65	● 去除树型数据尾路径	..... 270	● UTM 与经纬度转换
..... 68	● 提取列表首尾项值	..... 276	● 分段路径
..... 107	● asctime 时间	..... 285	● 道路设计
..... 111	● CurrentTime	..... 309	● 截面扫描
..... 127	● 展平表皮	..... 338	● 点组织模式 (MTL)
..... 147	● 提取列表首尾项 (树型数据)	..... 339	● 点组织模式 (MT)
..... 147	● 去除树型数据首尾路径	..... 352	● 地形构建
..... 153	● 方格网土方计算		

## 案例索引

..... 13	● 组件显示	..... 80	● 区间常用使用方法 _2_ 几何体的输入条件
..... 14	● 组件连线类型	..... 84	● 区间常用使用方法 _3_ 重设区间
..... 15	● 匹配数据流	..... 85	● 逐时气象数据可视化处理的方法
..... 18	● Microstructure	..... 93	● 运算符
..... 35	● 调入高程地理信息数据的方法	..... 95	● 布尔
..... 38	● 林地提取	..... 96	● 计算满足建筑间距的建筑点位
..... 40	● 图像采样	..... 101	● 对数螺线
..... 44	● 蛋白质数据库	..... 102	● 三角函数
..... 46	● .shp 地理信息数据的调入	..... 106	● 时间
..... 52	● 虹桥结构解算 -Galapagos	..... 108	● 随时间生成的树
..... 75	● 区间常用使用方法 _1_ 区间列表与随机数据	..... 112	● 矩阵
..... 76	● 区间	..... 113	● 数学下的工具类

.....115	● 适宜性评价程序编写的方法	.....292	● 发芽的树
.....118	● 复数	.....298	● 扭转的条带筒
.....121	● Expression	.....302	● 变化的体块
.....124	● 用 Python 编写连续展开程序	.....306	● 建筑主体结构的建立流程
.....130	● 列表	.....320	● Copy Trim
.....133	● 空心折柱	.....330	● Mesh 格网建立的方法 _A_Mesh Surface 曲面格网
.....138	● 支撑下张系统	.....336	● Mesh 格网建立的方法 _B_Construct Mesh 面构格网 _A_ 折叠的过程
.....149	● 数列	.....341	● Mesh 格网建立的方法 _B_Construct Mesh 面构格网 _B_ 建筑表皮 的点组织
.....150	● 方格网土方计算方法	.....347	● Mesh 格网建立的方法 _C_Mesh From Points 点格网
.....156	● 图形函数变化	.....349	● Mesh 格网建立的方法 _D_Mesh Brep Brep 格网
.....162	● 树型数据	.....350	● Mesh 格网建立的方法 _E_Delaunay Mesh 三角剖分算法格网
.....165	● 折线形	.....353	● Voronoi 森林的感觉
.....171	● Path Mapper	.....356	● Voronoi Groups
.....176	● 特征分组	.....357	● Voronoi 3D
.....183	● 字符串(文本)	.....358	● OcTree+Proximity 3D
.....186	● 定时器	.....359	● QuadTree+Proximity 2D
.....192	● 数据集	.....360	● MetaBall 变形球(元球)
.....194	● 群落集聚	.....362	● 内核与表皮
.....200	● 点	.....369	● 日影分析
.....204	● 相对坐标转换(高程)	.....373	● “十”字
.....207	● 适宜路径与最适点位	.....382	● 箱体变形
.....214	● 向量	.....384	● Map to Surface
.....217	● 弧形桥_概念	.....385	● 变形矩阵
.....228	● 截面的方向	.....390	● 变化体块
.....235	● 磁场		
.....238	● 磁场地形		
.....246	● 曲线		
.....251	● 鱼帆		
.....258	● 变化的圆表皮		
.....263	● 最短路径		
.....280	● 辐射		
.....285	● 道路建立的方法		



**Basics**  
**基础**

1

## 1 Grasshopper的安装

1- 在安装 Grasshopper 之前，需要安装 Rhinoceros，目前最新版本为 Rhinoceros5。

注：Rhino5 较之 Rhino4 有非常大的改进，有超过 3500 多个改进项，在建模、编辑、界面、显示、渲染、制图和打印、数字外设、网络工具、3-D 采集、分析、大型项目、兼容性、开发工具管理等方面都做出了改进，使之更易于互动操作，并消除设计生产作业流程中所遇到的瓶颈。



官方下载地址：<http://www.rhino3d.com/>

2- 直接双击安装即可。



**Grasshopper**

官方下载地址：<http://www.grasshopper3d.com/>

3-Grasshopper 的 Add-ons 扩展模块部分可直接双击安装。另外，可以打开 Grasshopper/File/Special Folders/Components Folder，将 Add-ons 文件拷贝到该文件下，有些则需要拷贝到 UserObjects 文件夹下，需要依据扩展模块的说明。

## Add-ons

部分 Add-ons 下载地址：<http://www.grasshopper3d.com/page/addons-for-grasshopper>

## 2 Grasshopper的界面

在 Rhinoceros 命令行敲入 Grasshopper，调入





A-The Main Bar: 主菜单工具栏

B-File Browser Control: 文件浏览控制器

C-Component Panels: 组件面板

D-The Window Title Bar: 窗口标题栏

E-The Canvas Toolbar: 工作区工具栏

F-The Canvas: 工作区

G-UI Widgets: 用户界面工具

H-The Status Bar: 状态栏



1 - 打开 .gh(ghx) 文件

2 - 保存当前文件

3 - 显示比例缩放

4 - 显示适应工作区

5 - 添加显示视图

6 - 草图绘制工具



7 - 在 RH 平台下不预览任何 GH 对象

8 - 在 RH 平台下线框预览 GH 对象

9 - 在 RH 平台下渲染预览 GH 对象

10 - 在 RH 平台下仅预览选择的 GH 对象

11 - 在 RH 平台下预览模式设置

12 - GH 对象显示质量控制