



国家科学技术学术著作出版基金资助项目

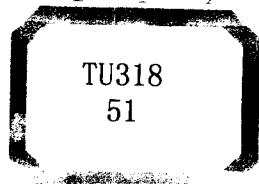
# 结构智能选型

## —理论、方法与应用

■ 王光远 吕大刚 等著

INTELLIGENT FORM SELECTION  
OF STRUCTURES:  
THEORY, METHODS AND APPLICATIONS

中国建筑工业出版社



国家科学技术学术著作出版基金资助项目

# 结构智能选型 ——理论、方法与应用

INTELLIGENT FORM SELECTION OF STRUCTURES:  
THEORY, METHODS AND APPLICATIONS

王光远 吕大刚 等著

国家自然科学基金“九五”重大资助项目(59895410)

国家自然科学基金项目(50378030)

黑龙江省自然科学基金项目(E00-01)

黑龙江省科技攻关项目(GC05A112)

黑龙江省博士后科研启动基金项目

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

结构智能选型——理论、方法与应用 / 王光远  
等著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006  
(国家科学技术学术著作出版基金资助项目)  
ISBN 7-112-07942-X

I. 结... II. 王... III. 建筑结构—结构设计  
IV. TU318

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 152177 号

国家科学技术学术著作出版基金资助项目  
**结构智能选型**  
——理论、方法与应用  
**INTELLIGENT FORM SELECTION OF STRUCTURES:  
THEORY, METHODS AND APPLICATIONS**

王光远 吕大刚 等著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京天成排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 30¼ 字数: 750 千字

2005 年 12 月第一版 2005 年 12 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 68.00 元

ISBN 7-112-07942-X  
(13896)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.ccbp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

## 前 言

工程结构的设计过程一般包括概念设计、初步设计和详细设计三个阶段，概念设计是整个工程设计中最为关键的一步，对整个工程项目的功能和质量起着决定性的作用，直接关系到工程项目的全局和设计的成败，而结构选型则是概念设计阶段最重要的一环，也是建筑设计前期的重要决策工作之一。一个好的建筑设计，必须要有一个好的结构形式才能实现，因为结构形式的好坏，直接关系到建筑物是否安全、适用、经济、美观。若结构形式选择不当，即使进行了合适的结构布置和精确的构件设计，也不能达到令人满意的设计效果。

随着经济全球化和文化需求的迅猛发展，在 20 世纪后半期土木工程和结构工程所取得的巨大成就鼓舞下，世界各国、尤其是发达国家纷纷筹划建造更高、更大、更长的各种超大型复杂结构物。各种大型复杂结构体系和类型的发展，一方面为土木工程师聪明才智的充分发挥提供了更大的余地；但另一方面，由于大型复杂结构设计问题自身的复杂性，选择余地的增大也意味着选择的结构体系和类型不恰当的可能性大大增加。因而，结构选型问题在大型复杂结构设计中的重要性空前凸显，正日益受到土木工程师和广大设计人员越来越多的关注。但是，在结构选型的设计理论和方法方面，目前国内外尚未对其进行充分的研究，也没有成熟的商业化软件供设计人员使用，结构形式的选择主要还是靠少数几个专家凭借他们的经验“拍脑袋”来确定。也就是说，目前的结构选型设计仍然停留在较低级的经验设计阶段。这种状况导致结构选型的理论与方法研究始终是结构设计理论的一个薄弱环节，结构的选型设计也成为制约建筑设计质量与效率的“瓶颈”。这是因为结构选型是一个非常复杂的决策问题，具有高度的综合性，包含大量不确定信息，用传统的力学准则法或者数学规划法对此问题进行建模和求解很难奏效。

我们知道，工程设计属于软科学问题，而软科学所研究和处理的一切问题，必须有人的参与，而传统的工程设计理论是不能考虑“人”这个因素的。结构的选型设计是一个典型的知识密集型劳动，是一个充满着智慧的工作过程，设计过程中需要考虑众多的因素，并综合运用大量的知识、经验、推理、评价与判断。要取得优秀的结构形式方案，设计师必须具有丰富的设计经验和设计知识，掌握众多的设计实例，并要具有很强的创新能力。因此，要想使结构选型建立在科学决策的基础上，必须充分利用人类专家的设计经验，利用越来越丰富的设计实例，建造相应的知识库和实例库，从而辅助设计人员进行选型决策。

半个世纪以来，智能科学和技术取得了长足的进步和发展，被誉为 20 世纪的三大尖端技术之一。人类已经跨入 21 世纪，知识经济初露端倪，信息技术革命迅猛发展，智能科学和技术正在向各个学科和领域渗透。可以毫不夸张地说，21 世纪是一个信息化、数字化和智能化的时代。近年来，随着人工智能和专家系统的发展，特别是计算智能(包括模糊逻辑系统、人工神经网络、进化计算等)的崛起，使得在工程设计中考虑人类专家的经验 and 智能成为可能。全面考虑工程设计中的人类智能、人工智能和计算智能的时代已经到来，智能化是 21 世纪工程设计理论的重要发展趋势。因此，研究土木工程结构、特别是大型复杂结构选型的智能设计理论和方法，建造相应的智能设计系统，对于保证设计质量、缩短设计周期、提高结构的

综合性能具有重要的理论意义和实际意义。同时,对于推动土木工程结构设计全过程的智能化、自动化、集成化、网络化和数字化进程也将具有十分重要的意义。

本书将人工智能、计算智能、专家系统、智能决策支持系统、数据挖掘与知识发现、系统科学、决策科学、不确定性数学和面向对象的软件工程学等最新的学科理论成果应用于结构选型设计问题,建立了一整套系统完整的“结构智能选型”理论与方法,分别建造了专家系统开发工具 C-ADVISOR III 和建筑结构实例库及其管理系统,以此为基础,分别开发了高层建筑结构和大跨空间结构智能选型集成支持系统,可直接应用于实际土木工程结构的选型设计实践。

本书分为六篇,共 15 章。第一篇包括第 1 章和第 2 章,第 1 章是绪论,对结构选型设计的国内外研究状况进行了较全面的综述,并阐述了结构智能选型的研究意义;第 2 章建立了结构智能选型的基本理论框架。第二篇是结构智能选型的理论基础,包括第 3 章和第 4 章,概要介绍了人工智能和计算智能的基本理论和主要内容。第三篇介绍结构智能选型知识处理技术的三个关键环节,包括第 5 章至第 7 章,分别介绍结构智能选型的知识获取技术、知识表示技术和知识推理技术。第四篇重点介绍结构智能选型的问题求解理论与方法,包括第 8 章至第 10 章,分别研究结构智能选型的方案生成理论与方法、方案评价理论与方法以及方案决策理论与方法。第五篇介绍结构智能选型的软件体系形式,包括第 11 章和第 12 章,分别介绍设计型专家系统和智能决策支持系统。第六篇介绍结构智能选型的工程应用系统,包括第 13 章至第 15 章,第 13 章介绍我们开发的建筑结构实例库及其管理系统,第 14 章介绍我们开发的高层建筑结构智能选型集成支持系统,第 15 章介绍我们开发的大跨空间结构智能选型集成支持系统。

本书的研究内容是国家自然科学基金“九五”重大项目“大型复杂结构的关键科学问题及设计理论研究”(项目批准号:59895410)专题 7.2—“大型复杂结构选型与工程系统全局优化的实用方法”有关结构选型部分研究成果的全面总结;同时,本书的研究内容还得到国家自然科学基金项目“结构智能方案设计理论及应用研究”(项目批准号:50378030)、黑龙江省自然科学基金项目“基于软计算技术的结构智能优化设计”(项目批准号:E00-01)、黑龙江省科技攻关项目“结构智能方案设计的软计算理论与方法”(项目批准号:GC05A112)以及黑龙江省博士后科研启动基金项目“结构智能优化设计的软计算理论与方法”的联合资助。另外,本书的出版得到了国家科学技术学术著作出版基金的资助。对上述所有项目的资助,作者们表示衷心的感谢!

本书的研究内容是集体智慧的结晶,几年来,课题组全体成员共同奋斗、团结协作、互相讨论、互相激励,形成了良好的学术氛围,取得了丰硕的研究成果。作者们的研究工作一直得到沈世钊院士、欧进萍院士、梅季魁教授的鼓励和指导,作者们特表由衷的感谢!

应该看到,结构智能选型是一门前沿性的学科,因此本书的研究带有探索和尝试的特点。鉴于所讨论问题的复杂性,随着研究工作的继续深化和所开发软件的进一步成熟,对本书的某些结果将会有进一步的发展和改进。作者们也衷心欢迎读者对本书的内容提出指正和建议,以促其更快成熟,能为我国结构工程的应用和学科的发展作出应有的贡献。

王光远 吕大刚

2005 年 10 月

于哈尔滨工业大学

# 目 录

前言 .....	
----------	--

## 第一篇 结构智能选型的理论框架

<b>第 1 章 绪论</b> .....	3
1.1 结构选型是工程设计前期的重要决策工作之一 .....	3
1.1.1 工程设计前期的决策工作 .....	3
1.1.2 结构选型的重要作用 .....	7
1.2 结构选型的传统设计方法及存在的问题 .....	7
1.2.1 结构选型的传统设计方法 .....	7
1.2.2 传统设计方法存在的主要问题 .....	9
1.3 结构选型的智能设计方法及研究的意义 .....	11
1.3.1 智能设计的基本概念 .....	11
1.3.2 智能设计在结构工程领域的国内外研究概况 .....	12
1.3.3 智能设计在结构选型中的应用情况 .....	19
1.3.4 结构选型智能设计方法研究的意义 .....	20
1.4 本书的研究内容 .....	20
第 1 章参考文献 .....	21
<b>第 2 章 结构智能选型的理论框架</b> .....	29
2.1 结构智能选型的总体研究思路 .....	29
2.2 结构智能选型的主要研究内容 .....	29
2.3 结构智能选型的设计方法学 .....	30
2.3.1 结构选型在工程优化设计中的层次 .....	30
2.3.2 结构选型在结构设计过程中的位置 .....	31
2.3.3 结构选型的内涵及拓广 .....	32
2.3.4 结构选型的影响因素 .....	33
2.3.5 结构选型的软科学性质 .....	35
2.3.6 结构选型的硬科学性质 .....	36
2.3.7 结构选型与其他学科的关系 .....	37
2.4 结构智能选型的知识处理技术 .....	37
2.4.1 结构智能选型的知识获取 .....	37
2.4.2 结构智能选型的知识表示 .....	39

2.4.3 结构智能选型的知识推理 .....	39
2.5 结构智能选型的问题求解原理 .....	41
2.5.1 结构智能选型的问题求解模型 .....	41
2.5.2 结构智能选型的方案生成 .....	42
2.5.3 结构智能选型的方案评价 .....	44
2.5.4 结构智能选型的方案决策 .....	46
2.6 结构智能选型的软件体系结构 .....	47
2.6.1 设计型专家系统 .....	47
2.6.2 智能决策支持系统 .....	48
2.6.3 现代集成设计系统 .....	48
2.7 结构智能选型的工程应用系统 .....	49
2.8 小结 .....	49
第2章参考文献 .....	50

## 第二篇 结构智能选型的理论基础

第3章 人工智能的理论基础 .....	55
3.1 引言 .....	55
3.2 人工智能概述 .....	56
3.2.1 什么是智能 .....	56
3.2.2 什么是人工智能 .....	57
3.2.3 什么是符号智能 .....	57
3.3 人工智能的研究目标及基本内容 .....	58
3.3.1 人工智能的研究目标 .....	58
3.3.2 人工智能研究的基本内容 .....	59
3.4 人工智能的研究途径 .....	60
3.4.1 功能模拟——符号主义 .....	60
3.4.2 结构模拟——连接主义 .....	60
3.4.3 行为模拟——行为主义 .....	61
3.5 问题求解的基本原理 .....	61
3.5.1 问题求解的基本概念 .....	61
3.5.2 状态空间法 .....	61
3.5.3 问题归约法 .....	63
3.6 人工智能的推理技术 .....	65
3.6.1 推理的基本概念 .....	65
3.6.2 推理的类型 .....	65
3.6.3 推理的控制策略 .....	67
3.6.4 模式匹配 .....	67
3.6.5 推理的冲突消解策略 .....	68

3.7 人工智能的搜索技术 .....	69
3.7.1 搜索的基本概念 .....	69
3.7.2 状态空间的搜索策略 .....	69
3.7.3 与或树的搜索策略 .....	74
3.8 人工智能的应用领域 .....	77
3.8.1 专家系统 .....	77
3.8.2 模式识别 .....	77
3.8.3 数据挖掘与知识发现 .....	78
3.8.4 分布式人工智能 .....	79
第3章参考文献 .....	79
<b>第4章 计算智能的理论基础 .....</b>	<b>81</b>
4.1 引言 .....	81
4.2 计算智能概述 .....	81
4.2.1 计算智能的概念 .....	81
4.2.2 计算智能的实现方法——软计算 .....	82
4.2.3 智能科学的 ABC 理论 .....	83
4.3 模糊计算的理论基础 .....	84
4.3.1 模糊计算概述 .....	84
4.3.2 模糊集合的基本概念 .....	85
4.3.3 模糊集合的运算 .....	87
4.3.4 模糊集合的隶属函数 .....	89
4.3.5 模糊集合的水平截集 .....	93
4.3.6 模糊集合的基本定理 .....	94
4.3.7 模糊关系 .....	96
4.4 神经计算的理论基础 .....	99
4.4.1 神经计算概述 .....	99
4.4.2 人工神经元的数学模型 .....	100
4.4.3 人工神经网络的拓扑结构 .....	103
4.4.4 人工神经网络的工作过程 .....	104
4.4.5 人工神经网络的学习规则 .....	106
4.4.6 感知器的基本原理 .....	108
4.4.7 BP 网络的基本原理 .....	110
4.5 进化计算的理论基础 .....	114
4.5.1 进化计算概述 .....	114
4.5.2 遗传算法的基本概念 .....	116
4.5.3 遗传算法的基本操作 .....	117
4.5.4 遗传算法的基本特征 .....	121
4.5.5 遗传算法的理论基础 .....	122



第4章参考文献	126
---------	-----

### 第三篇 结构智能选型的知识处理技术

<b>第5章 结构智能选型的知识获取</b>	133
5.1 引言	133
5.2 结构智能选型的知识源	133
5.2.1 文献资料知识的整理	133
5.2.2 专家经验知识的调查	134
5.2.3 规范规程知识的总结	134
5.2.4 设计实例知识的收集	134
5.2.5 数据形式知识的挖掘	134
5.3 结构智能选型的知识结构	135
5.3.1 结构智能选型设计知识的总体结构	135
5.3.2 结构智能选型的目标级知识	135
5.3.3 结构智能选型的元级知识	136
5.4 结构智能选型的人工知识获取	138
5.4.1 人工知识获取模式	138
5.4.2 人工知识获取策略	138
5.4.3 人工知识获取过程	139
5.5 结构智能选型的自动知识获取	141
5.5.1 机器学习与自动知识获取	141
5.5.2 基于实例学习的自动知识获取	143
5.5.3 基于数据挖掘的自动知识获取	145
5.5.4 基于人工神经网络的自动知识获取	151
5.6 小结	157
第5章参考文献	157
<b>第6章 结构智能选型的知识表示</b>	159
6.1 引言	159
6.2 面向对象技术的基本原理	160
6.2.1 面向对象技术概述	160
6.2.2 面向对象的基本概念	160
6.2.3 面向对象的基本特征	163
6.2.4 面向对象的软件工程学	163
6.3 面向对象知识表示的基本原理	164
6.3.1 面向对象知识表示的基本概念	164
6.3.2 面向对象知识表示的实现形式	165
6.3.3 面向对象表示与语义网络及框架表示的比较	165

6.3.4 设计知识的面向对象表示 .....	166
6.4 结构智能选型的面向对象知识表示 .....	167
6.4.1 结构智能选型的设计对象类 .....	167
6.4.2 设计实例的面向对象表示 .....	169
6.4.3 形式方案的面向对象表示 .....	169
6.5 结构智能选型的面向对象知识构成 .....	170
6.5.1 结构智能选型的设计分解模型 .....	170
6.5.2 结构智能选型的分类表示模型 .....	171
6.6 结构智能选型的面向对象知识库 .....	171
6.6.1 面向对象知识库的组织形式 .....	171
6.6.2 领域模型知识表示的程序实现 .....	172
6.6.3 对象类框架结构的程序实现 .....	172
6.6.4 产生式规则的程序实现 .....	173
6.6.5 方法的程序实现 .....	174
6.6.6 知识库的内部数据结构 .....	175
6.7 小结 .....	175
第6章参考文献 .....	175
<b>第7章 结构智能选型的知识推理 .....</b>	<b>177</b>
7.1 引言 .....	177
7.2 结构智能选型的规则推理 .....	178
7.2.1 产生式系统的基本结构 .....	178
7.2.2 产生式规则的推理网络 .....	179
7.2.3 产生式规则知识的存储 .....	181
7.2.4 产生式规则的推理策略 .....	182
7.2.5 产生式规则的搜索策略 .....	184
7.2.6 结构智能选型的约束推理 .....	184
7.3 结构智能选型的实例推理 .....	185
7.3.1 基于实例推理系统的基本结构 .....	185
7.3.2 实例的表示和组织 .....	186
7.3.3 实例的检索 .....	187
7.3.4 实例的修正 .....	187
7.3.5 实例的存储 .....	188
7.4 结构智能选型的面向对象推理 .....	188
7.4.1 面向对象推理机的基本结构 .....	188
7.4.2 框架推理 .....	189
7.4.3 产生式规则推理 .....	190
7.4.4 方法推理 .....	190
7.4.5 元推理 .....	191

7.5 结构智能选型的不确定性知识推理 .....	192
7.5.1 不确定性推理的基本原理 .....	192
7.5.2 结构智能选型的不确定性信息融合推理 .....	193
7.6 小结 .....	194
第7章参考文献 .....	195

## 第四篇 结构智能选型的问题求解理论与方法

<b>第8章 结构智能选型的方案生成理论与方法 .....</b>	<b>199</b>
8.1 引言 .....	199
8.2 方案生成的问题求解原理 .....	199
8.2.1 功能需求的因素体系模型 .....	199
8.2.2 结构形式的分类组成模型 .....	200
8.2.3 功能需求与结构形式的映射关系 .....	201
8.2.4 方案生成的问题求解策略 .....	202
8.3 基于规则推理的方案生成理论与方法 .....	203
8.3.1 方案生成规则的两类获取途径 .....	203
8.3.2 方案生成经验规则的获取方法 .....	203
8.3.3 基于规则推理的方案生成专家系统 .....	207
8.4 基于实例推理的方案生成理论与方法 .....	208
8.4.1 基于实例推理的方案生成的基本原理 .....	208
8.4.2 基于相对欧氏权距离的实例检索 .....	210
8.4.3 基于模糊识别技术的实例检索 .....	212
8.4.4 基于改进 BP 神经网络的实例检索 .....	213
8.4.5 基于自组织竞争神经网络的实例检索 .....	216
8.5 基于联想推理的方案生成理论与方法 .....	220
8.5.1 模式联想的基本原理 .....	220
8.5.2 类比分析 .....	220
8.5.3 敏度分析 .....	221
8.5.4 关联分析 .....	221
8.5.5 模式联想 .....	222
8.6 基于知识发现的方案生成理论与方法 .....	222
8.6.1 基于实例库的结构选型知识发现 .....	222
8.6.2 结构选型关联规则的知识发现 .....	223
8.6.3 结构选型分类规则的知识发现 .....	229
8.6.4 基于遗传算法的结构选型知识发现 .....	235
8.6.5 基于人工神经网络的结构选型知识发现 .....	241
8.7 基于协同推理的方案生成理论与方法 .....	243
8.7.1 基于 GA 与 RBR、CBR、KDD 融和推理的方案生成原理 .....	243

8.7.2 基于 RBR、CBR、KDD 与 GA 集成推理的方案生成原理 .....	245
8.8 小结 .....	246
第 8 章参考文献 .....	246
<b>第 9 章 结构智能选型的方案评价理论与方法 .....</b>	<b>248</b>
9.1 引言 .....	248
9.2 方案评价的问题求解原理 .....	249
9.2.1 系统评价概述 .....	249
9.2.2 结构智能选型方案评价的目的与基本特征 .....	251
9.2.3 结构智能选型方案评价的问题求解模型 .....	253
9.2.4 结构智能选型方案评价的问题求解策略 .....	254
9.3 结构选型方案评价指标的量化方法 .....	255
9.3.1 方案评价等级的划分 .....	255
9.3.2 基本因素的模糊量化方法 .....	255
9.3.3 因素权重向量的确定方法 .....	255
9.4 结构选型方案的模糊综合评价方法 .....	258
9.4.1 多因素多级模糊综合评价的基本原理 .....	258
9.4.2 结构选型方案的模糊综合评价 .....	261
9.4.3 结构选型方案评价矩阵的确定 .....	263
9.5 结构智能选型方案评价的模糊推理方法 .....	264
9.5.1 模糊推理的基本原理 .....	264
9.5.2 模糊推理系统的基本结构 .....	269
9.5.3 结构智能选型方案评价的 Mamdani 模糊推理方法 .....	273
9.5.4 结构智能选型方案评价的加权模糊推理方法 .....	277
9.5.5 结构智能选型方案评价的模糊推理网络方法 .....	281
9.6 结构智能选型方案评价的人工神经网络方法 .....	283
9.6.1 基于 BP 神经网络的方案评价方法 .....	283
9.6.2 基于集成神经网络的方案评价方法 .....	285
9.7 结构智能选型的方案评价支持系统 .....	285
9.8 小结 .....	285
第 9 章参考文献 .....	286
<b>第 10 章 结构智能选型的方案决策理论与方法 .....</b>	<b>288</b>
10.1 引言 .....	288
10.2 方案决策的问题求解原理 .....	288
10.2.1 系统决策概述 .....	288
10.2.2 结构智能选型方案决策的类型 .....	291
10.2.3 结构智能选型方案决策的过程与方法 .....	292
10.2.4 结构智能选型方案决策的求解策略与基本框架 .....	293

10.3 结构智能选型的模糊多属性决策方法 .....	294
10.3.1 结构形式方案优选的多属性决策模型 .....	294
10.3.2 各种意义下的解集 .....	295
10.3.3 属性模糊满意度的定义与模糊满意度矩阵的确定 .....	296
10.3.4 理想方案和偏好最优方案的确定 .....	297
10.3.5 模糊多属性决策的相对接近度方法 .....	299
10.3.6 模糊多属性决策的模糊贴进度方法 .....	299
10.3.7 模糊多属性决策的灰色关联度方法 .....	300
10.3.8 模糊多属性决策的相似接近度方法 .....	302
10.3.9 算例分析及其比较 .....	303
10.4 带置信因子与变权因子的智能选型模糊决策方法 .....	305
10.4.1 有效评价矩阵及其规范化处理 .....	305
10.4.2 综合变权矩阵的处理 .....	306
10.4.3 基于有效评价矩阵与综合变权矩阵的模糊优选决策方法 .....	307
10.5 基于集成加权模糊推理网络的智能选型决策方法 .....	308
10.5.1 集成加权模糊推理网络的结构 .....	308
10.5.2 集成加权模糊推理网络的决策函数 .....	309
10.6 基于集成 BP 神经网络的智能选型决策方法 .....	309
10.6.1 基于集成 BP 神经网络的决策单元 .....	309
10.6.2 结构智能选型决策的 BP 神经网络及其训练与测试 .....	310
10.7 基于模糊推理网络与 BP 神经网络融合技术的智能选型决策方法 .....	311
10.7.1 模糊推理网络与人工神经网络的结合方式 .....	311
10.7.2 基于 FINS 与 NN 串联方式的选型决策网络结构 .....	312
10.7.3 串联型 FINS 与 NN 选型决策网络的训练与测试 .....	312
10.8 结构智能选型的集成决策支持系统 .....	313
10.8.1 结构智能选型的决策过程模型 .....	313
10.8.2 结构智能选型集成决策支持系统的整体模型 .....	314
10.9 小结 .....	314
第 10 章参考文献 .....	315

## 第五篇 结构智能选型的软件体系形式

<b>第 11 章 结构智能选型的软件体系形式之一——设计型专家系统(DES)</b> .....	319
11.1 引言 .....	319
11.2 专家系统概述 .....	319
11.2.1 专家系统的概念 .....	319
11.2.2 专家系统的类型 .....	321
11.2.3 专家系统的结构 .....	322
11.2.4 专家系统的开发步骤与方法 .....	324

11.2.5	专家系统的开发工具与环境	326
11.2.6	专家系统的发展	328
11.3	设计型专家系统的基本原理	329
11.3.1	设计型专家系统的概念	329
11.3.2	设计型专家系统与分析型专家系统的区别	330
11.3.3	设计型专家系统的特点	330
11.3.4	设计型专家系统的求解策略与系统结构	332
11.3.5	方案设计专家系统的求解策略与系统结构	334
11.3.6	结构设计专家系统的求解策略与系统结构	336
11.4	专家系统开发工具 C-ADVISORⅢ	340
11.4.1	专家系统开发工具 C-ADVISORⅢ的研制背景	340
11.4.2	专家系统开发工具 C-ADVISORⅢ的研制目标	340
11.4.3	专家系统开发工具 C-ADVISORⅢ的系统构成	342
11.4.4	专家系统开发工具 C-ADVISORⅢ的主要算法	344
11.5	结构智能选型设计专家系统的建造	345
11.5.1	结构智能选型设计专家系统的总体结构	345
11.5.2	结构智能选型设计专家系统的建造	346
11.6	小结	348
	第 11 章参考文献	348
<b>第 12 章 结构智能选型的软件体系形式之二——智能决策支持系统 (IDSS)</b>		<b>350</b>
12.1	引言	350
12.2	决策支持系统 (DSS) 概述	350
12.2.1	决策支持系统 (DSS) 的基本概念	350
12.2.2	决策支持系统 (DSS) 的基本结构	352
12.2.3	决策支持系统 (DSS) 的技术层次	355
12.2.4	决策支持系统 (DSS) 的开发	355
12.2.5	决策支持系统 (DSS) 的发展	357
12.3	智能决策支持系统 (IDSS) 的基本原理	358
12.3.1	智能决策支持系统 (IDSS) 的概念	358
12.3.2	智能决策支持系统 (IDSS) 的特点	359
12.3.3	智能决策支持系统 (IDSS) 的研究内容	359
12.3.4	智能决策支持系统 (IDSS) 的集成形式	362
12.3.5	智能决策支持系统 (IDSS) 的新结构体系	363
12.4	结构智能选型决策支持系统的体系结构	366
12.4.1	结构智能选型决策支持系统的总体设计思想	366
12.4.2	结构智能选型决策支持系统的总体结构设计	366
12.4.3	各模块的主要功能	367
12.5	小结	369

第 12 章参考文献 .....	370
<b>第六篇 结构智能选型的工程应用系统</b>	
<b>第 13 章 建筑结构实例库及其管理系统 .....</b>	<b>373</b>
13.1 引言 .....	373
13.2 工程数据库系统 .....	373
13.2.1 工程数据库系统的概念 .....	373
13.2.2 工程数据库系统的特点 .....	374
13.2.3 工程数据库和商用数据库、人工智能数据库的不同 .....	374
13.3 建筑结构实例的集成知识信息模型 .....	374
13.3.1 基于面向对象技术的建筑结构实例集成知识信息模型 .....	375
13.3.2 集成知识信息模型的属性类模型 .....	376
13.3.3 集成知识信息模型的方法类模型 .....	377
13.4 高层建筑结构实例库及其管理系统 .....	378
13.4.1 高层建筑结构实例的获取与统计 .....	378
13.4.2 高层建筑结构实例库表及其结构 .....	380
13.4.3 高层建筑结构实例典型图库的规划 .....	385
13.4.4 值域规范化动态管理方法 .....	386
13.4.5 高层建筑结构实例库及管理系统的建造 .....	388
13.5 大跨空间结构实例库及其管理系统 .....	391
13.5.1 大跨空间结构实例库系统的软件实现 .....	391
13.5.2 大跨空间结构实例库管理系统的软件实现 .....	396
13.6 小结 .....	398
第 13 章参考文献 .....	399
<b>第 14 章 高层建筑结构智能选型集成支持系统 .....</b>	<b>400</b>
14.1 引言 .....	400
14.2 高层建筑结构系统的组成与分类 .....	401
14.2.1 高层建筑整体结构系统组成 .....	401
14.2.2 高层建筑上部结构系统的分类 .....	401
14.3 高层建筑结构选型的集成性能需求与评价模型 .....	403
14.3.1 高层建筑结构选型的综合需求分析 .....	403
14.3.2 高层建筑结构选型的集成性能需求模型 .....	407
14.3.3 高层建筑结构选型的集成性能评价模型与参数化知识模型 .....	408
14.4 高层建筑结构智能选型集成支持系统的组成与实现 .....	409
14.4.1 高层建筑结构智能选型集成支持系统的流程图与整体结构 .....	409
14.4.2 高层建筑结构智能选型集成支持系统的知识分类与处理 .....	411
14.5 高层建筑结构智能选型方案生成支持系统的实现 .....	412

14.5.1	基于专家经验的方案生成	412
14.5.2	基于规则推理的方案生成	413
14.5.3	基于实例推理的方案生成	414
14.5.4	基于知识发现的方案生成	414
14.5.5	基于 GA 与 RBR、KDD、CBR 融合推理的方案生成	416
14.5.6	基于 RBR、KDD、CBR 与 GA 集成推理的方案生成	416
14.6	高层建筑结构智能选型方案评价与决策支持系统的实现	416
14.6.1	方案评价与决策支持系统的整体结构	416
14.6.2	性能指标的评价标准与模糊量化函数	416
14.6.3	基于 C-ADVISORⅢ 的方案评价与决策支持系统的建造	419
14.6.4	高层建筑结构选型方案的目标级评价	420
14.6.5	高层建筑结构智能选型的方案决策	428
14.7	高层建筑结构智能选型的工程应用实例	430
14.8	小结	433
	第 14 章参考文献	434
<b>第 15 章</b>	<b>大跨空间结构智能选型集成支持系统</b>	<b>437</b>
15.1	引言	437
15.2	大跨空间结构系统的组成与分类	438
15.2.1	大跨空间结构的各种形式及其特点	438
15.2.2	大跨空间结构形式的总体分类图	440
15.3	大跨空间结构选型的因素体系模型	441
15.3.1	大跨空间结构智能选型的因素体系	441
15.3.2	大跨空间结构智能选型的集成化因素体系模型	449
15.4	大跨空间结构智能选型方案生成系统的实现	449
15.4.1	大跨空间结构智能选型方案生成系统的总体结构与功能	449
15.4.2	实例推理模块的软件实现	452
15.4.3	知识发现模块的软件实现	454
15.5	大跨空间结构智能选型方案评价与决策系统的实现	457
15.6	大跨空间结构智能选型的工程应用实例	459
15.6.1	黑龙江速滑馆	459
15.6.2	哈尔滨梦幻乐园	460
15.6.3	吉林冰球馆	462
15.7	小结	463
	第 15 章参考文献	464



## 第一篇

---

# 结构智能选型的理论框架