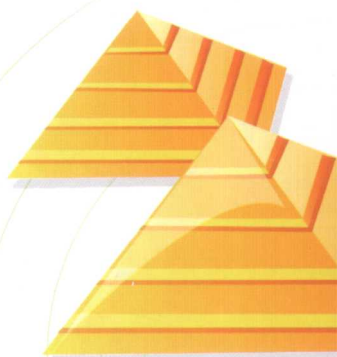


GAMS



通用建模软件技术丛书

GAMS

用户指南

魏传江 王浩 谢新民 孙秀芬 等编译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利部“948”计划项目 (200701)

国家科技支撑计划项目 (2007BAB28B02)

资助

国家水体污染控制与治理科技重大专项 (2008ZX07208-010)

通用建模软件技术丛书

GAMS

用户指南

魏传江 王浩 谢新民 孙秀芬 等编译

GAMS



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

GAMS 软件是建立和求解大型数学规划问题的优秀软件包之一, 在各领域有着广泛的应用。本书是 GAMS 软件用户指南, 全书分两篇, 第一篇为 Windows GAMS 2. 50 用户指南, 详细地介绍了 GAMS 语言的各个组成部分, 并对一些高级主题进行了专门讨论; 第二篇讨论几个常用的求解器, 包括 BARON、Cplex10、DICOPT、MINOS、MOSEK、PATH4. 6、SBB、MPSGE。

本书是建立和求解大型数学规划问题的高级计算机软件参考手册, 可供各领域从事规划设计和管理人员参考使用, 也可作为高等院校师生的参考工具。

图书在版编目 (C I P) 数据

GAMS用户指南 / 魏传江等编译. — 北京: 中国水利水电出版社, 2009. 11

(通用建模软件技术丛书)

ISBN 978-7-5084-6977-5

I. ①G… II. ①魏… III. ①数学模型—建立模型—应用软件, GAMS—指南 IV. ①022-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第208573号

书 名	通用建模软件技术丛书 GAMS 用户指南
作 者	魏传江 王浩 谢新民 孙秀芬 等 编译
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 32.25印张 765千字
版 次	2009年11月第1版 2009年11月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	98.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《GAMS 用户指南》编译校人员名单

主要编译校人员：

魏传江 王 浩 谢新民 孙秀芬

参加编译校人员（按章节顺序）：

杨舒媛 俞 烜 郝春泮 苟 思 陈 宁

叶 勇 李云鹤 郭海丹 高 辉 孙笑微

王成丽 王志璋 柴福鑫 张海涛 李玉科

杨丽丽

前言



数学世界是对物理世界的抽象。物理世界是个大千世界，包括声、光、热、电、机械等。尽管物理规律各异、物理现象千差万别，但是物理世界有三类最基本的关系：一是物理量之间的逻辑关系；二是物理量的量值；三是物理量的量值的动态依存关系。GAMS (General Algebraic Modeling System)，即通用数学模型系统，是世界银行与美国 GAMS 公司在 20 世纪 90 年代初开发的一种旨在建立和求解大型复杂数学规划问题的高级计算机软件。作为 GAMS 语言则对应着这些物理量、这些最基本的关系、这些数学描述以及物理量的量值之间的逻辑关系。

GAMS 语言提出了集合的描述工具，用集合来表示物理量之间的逻辑关系。对于物理量的量值，GAMS 语言分已知值和未知值进行处理，已知值用参数来表示，未知值用变量来表示。对于物理量之间的动态依存关系，GAMS 语言用方程来表示。在这三种基本的表示下，首先定义物理量之间的逻辑关系，在逻辑关系的基础上定义物理量的量值或者变量的上下界，在集合和变量的基础上定义方程，在方程的基础上定义目标函数和约束条件，在目标函数和约束条件的基础上定义模型，在模型的基础上定义模型库，在模型库的基础上定义决策支持系统，这样就完成了整个数学描述的任务。因此，GAMS 软件不仅是一个数学工具，更是一个逻辑分析工具，对于理清思维、进行系统分析，都是非常得力的工具。

与其他计算机语言相比，GAMS 语言更加面向分析解决综合问题的计算机用户。由于它能够用一种用户和计算机都易读懂的语言来描述现实世界中精确的数学问题，因而可以灵活有效地建立各种类型的模型，进行多种数学优化问题的计算，极大地扩展了数学规划在策略研究和决策分析领域里的应用。用户只需要使用简单的 GAMS 语句，便可建立各种线性规划、非线性规划、混合整数规划、混合整数非线性规划、二次约束规划等问题的数学模型，然后由 GAMS 系统运行求解。GAMS 是专门为线性、非线性、混合整数等优化问题而设计的，在大型复杂问题中表现得更为突出。

GAMS 语言在形式上和通常使用的程序语言相似，任何有编程经验的人

都会觉得熟悉且易上手。它具有很强的灵活性和通用性,可以简便安全地改变模型中的细节,允许模型的描述不依赖解题的算法,因为 GAMS 的设计把关系数据库的思想与数学规划巧妙地结合起来,并且将这个思想融入模型的总体设计,问题的最优解可以表示为不依赖于其使用的数据形式。

GAMS 软件也是建立和求解水资源配置模型的优秀软件包,通过二次开发可构建水资源配置模型和基于运筹学原理的其他水利模型,这为开发拥有自主知识产权的模型软件提供了技术平台。GAMS 软件是基础软件,使用周期长、应用范围广、灵活方便是其主要优点。我国水资源严重短缺,水资源供需矛盾突出,与水有关的生态环境问题严重,长期以来非常重视水资源的开发利用与保护,尤其是在水资源配置理论研究和应用方面保持了一定的优势,取得了一系列重要成果。开发基于优化技术的水资源配置模型,首先要对水资源系统、经济系统、生态系统进行概化,建立它们之间的逻辑关系,然后将水文长系列数据、各类需求以及各种参数作为模型的输入项。另外,水资源配置方案的求解是多目标问题,需要一个能够较好地解决上述计算问题的数学规划软件包作为支持。GAMS 软件正是解决水资源问题的理想软件工具之一。

GAMS 语言没有专门的编辑器,用户可以自选编辑器。任何一个 GAMS 程序都由集合、数据、模型、求解和报告 5 个部分构成。GAMS 不断地在原来基础上进行更新和提高,从早期的 DOS 版本已经发展至 Windows 版本。Windows GAMS 2.50 是为 Windows 平台(95/98/ME 和 NT/2K/XP)设计的基于综合开发环境的界面,它可以在个人计算机、工作站、大型计算机上运行。

本书分为两篇。第一篇为 Windows GAMS 2.50 用户指南,第 1 章是概述;第 2 章是一个独立的指南,通过一个小的运输模型例子进行详细的指导;第 3~17 章构成了第一部分的主干,有序地介绍了 GAMS 语言的各个组成部分,并伴随着一些详细的例子,即那些经常从模型库调出的例子;附录 A~K 是对高级主题的专门讨论。

第二篇讨论几个常用的求解器,即 BARON、Cplex10、DICOPT、MINOS、MOSEK、PATH4.6、SBB、MPSGE 求解器。主要描述的选项为:用于控制求解器;GAMS 求解器如何分析这些选项;如何分析求解器返回的模型和求解器状态代码。BARON(分枝减小最优化导航)是整体求解非线性(NLP)和混合整数非线性规划(MINLP)的 GAMS 求解程序;Cplex 优化求解器的设计理念是在最少的用户介入下快速求解大型的复杂问题,针对线性、

二次约束混合整数规划问题, 提供访问 (合法授权的) Cplex 的求解算法; DICOPT 是一个求解混合整数非线性规划 (MINLP) 问题的程序, 涉及到线性二进制变量、整数变量和线性、非线性连续变量; MINOS 是一个通用的非线性规划求解程序; MOSEK 是求解线性、混合整数线性、二次、混合整数二次、二次约束和凸非线性数学优化问题的软件包; PATH 求解非线性问题, 通过互补性把组合方法增加到经典的非线性方程组, 能扩大建模的适用范围; SBB 是求解混合整数非线性规划 (MINLP) 模型的新的 GAMS 求解器, 它基于著名的混合整数线性规划标准的分枝定界法 (B&B) 和一些 GAMS 支持的标准 NLP 求解器的组合; MPSGE 是 GAMS 数学规划语言的子系统, 它是一个函数库和便于 AGE 模型表达和分析的雅可比计算程序。

本书由水利部“948”计划项目“通用数学模型系统 (Windows GAMS 2.50)” (合同编号 200701)、国家科技支撑计划项目“流域/区域水资源全要素优化配置关键技术研究” (2007BAB28B02)、国家水体污染控制与治理科技重大专项“辽河流域水质水量优化调配技术及示范研究课题” (2008ZX07208-010) 资助。本书的顺利完成与项目组翻译人员的共同努力是分不开的, 在此对参加翻译的所有工作人员表示真诚的感谢。

由于译者水平有限, 难免会有疏忽或错误, 在此恳请诸位专家、读者批评指正。

译者

2009 年 9 月于北京

目 录

前言

第一篇 Windows GAMS 2.50 用户指南

1 概述	3
1.1 开发研究 GAMS 的动因	3
1.2 GAMS 的基本特征	3
1.2.1 一般原理	3
1.2.2 文件	4
1.2.3 可移植性	4
1.2.4 用户界面	4
1.2.5 模型库	4
1.3 本书的组成	4
2 GAMS 指南	6
2.1 简介	6
2.2 GAMS 模型的结构	8
2.3 集合	9
2.4 数据	10
2.4.1 列表数据输入	10
2.4.2 表格数据输入	11
2.4.3 直接赋值数据输入	12
2.5 变量	13
2.6 方程	13
2.6.1 方程声明	14
2.6.2 GAMS 求和（和求积）符号	14
2.6.3 方程定义	15
2.7 目标函数	16
2.8 模型和求解语句	16
2.9 显示语句	17
2.10 ‘.lo, .l, .up, .m’ 数据库	17
2.10.1 变量的边界和初值的赋值	17

2.10.2	最优值的转换和显示	18
2.11	GAMS 输出	19
2.11.1	返回输出	19
2.11.2	错误信息	21
2.11.3	引用映射	23
2.11.4	方程列表	24
2.11.5	模型统计	25
2.11.6	状态报告	25
2.11.7	求解报告	26
2.12	小结	27
3	GAMS 程序	29
3.1	简介	29
3.2	GAMS 程序的结构	29
3.2.1	GAMS 输入的格式	29
3.2.2	GAMS 语句的分类	30
3.2.3	GAMS 程序的组织	30
3.3	数据类型和定义	31
3.4	语言条目	32
3.4.1	字符	32
3.4.2	保留字	33
3.4.3	标识符	33
3.4.4	标签	33
3.4.5	文本	34
3.4.6	数字	34
3.4.7	分隔符	35
3.4.8	注释	35
3.5	小结	36
4	集合定义	37
4.1	简介	37
4.2	简单集合	37
4.2.1	语法	37
4.2.2	集合名称	37
4.2.3	集合元素	38
4.2.4	关联的文本	38
4.2.5	集合元素的顺序	39
4.2.6	多重集合的声明	39
4.3	alias 语句; 集合的多重命名	40

4.4	子集和范围检查	41
4.5	多维集合	41
4.5.1	一对一映射	41
4.5.2	多对多映射	42
4.6	小结	43
5	数据输入：参数、标量和表格	44
5.1	简介	44
5.2	标量	44
5.2.1	语法	44
5.2.2	实例	44
5.3	参数	45
5.3.1	语法	45
5.3.2	实例	45
5.3.3	更高维数的参数数据	46
5.4	表格	46
5.4.1	语法	47
5.4.2	实例	47
5.4.3	连续表格	48
5.4.4	二维以上的表格	48
5.4.5	压缩表格	49
5.4.6	处理长行标签	49
5.5	缩写	50
5.5.1	语法	50
5.5.2	实例	50
5.6	小结	50
6	带参数的数据处理	51
6.1	简介	51
6.2	赋值语句	51
6.2.1	scalar 赋值	51
6.2.2	带索引赋值	51
6.2.3	显式标签赋值	52
6.2.4	子集赋值	52
6.2.5	控制索引问题	52
6.2.6	赋值中的扩展范围标识符	53
6.2.7	赋值中的缩写	53
6.3	表达式	53
6.3.1	标准的算术操作符	53

6.3.2	带索引操作	54
6.3.3	函数	55
6.3.4	扩展范围的算法和错误处理	56
6.4	小结	57
7	变量	58
7.1	简介	58
7.2	变量声明	58
7.2.1	语法	58
7.2.2	变量类型	59
7.2.3	变量声明的方式	59
7.3	变量的属性	60
7.3.1	变量的边界	60
7.3.2	固定变量	60
7.3.3	变量的活动水平	60
7.4	显示和赋值语句中的变量	61
7.4.1	变量属性的赋值	61
7.4.2	赋值中的变量属性	61
7.4.3	显示变量的属性	62
7.5	小结	62
8	方程	63
8.1	简介	63
8.2	方程声明	63
8.2.1	语法	63
8.2.2	实例	63
8.3	方程定义	64
8.3.1	语法	64
8.3.2	实例	64
8.3.3	标量方程	64
8.3.4	带索引的方程	65
8.3.5	方程中明确使用标签	65
8.4	方程定义中的表达式	65
8.4.1	方程定义中的算术操作符	65
8.4.2	方程定义中的函数	66
8.4.3	方程中防止未定义操作	67
8.5	方程的数据处理方面	67
9	模型和求解语句	69
9.1	简介	69

9.2	model 语句	69
9.2.1	语法	69
9.2.2	模型分类	70
9.2.3	模型属性	70
9.3	solve 语句	71
9.3.1	语法	72
9.3.2	有效 solve 语句的必要条件	72
9.3.3	solve 语句触发的操作	72
9.4	有多个 solve 语句的程序	73
9.4.1	几个模型	73
9.4.2	灵敏性或情景分析	73
9.4.3	非标准算法的迭代	74
9.5	利用 GAMS 新求解器	75
10	GAMS 输出	76
10.1	简介	76
10.2	实例模型	76
10.3	编译输出	77
10.3.1	输入文件的返回打印	77
10.3.2	符号引用映射	79
10.3.3	符号列表映射	80
10.3.4	唯一的元素列表——映射	81
10.3.5	用途广泛的 \$ 控制指令	81
10.4	执行输出	82
10.5	求解语句产生的输出	82
10.5.1	方程列表	82
10.5.2	列列表	84
10.5.3	模型统计	84
10.5.4	求解摘要	85
10.5.5	求解器报告	88
10.5.6	求解列表	89
10.5.7	报告摘要	90
10.5.8	文件摘要	90
10.6	错误报告	90
10.6.1	编译错误	91
10.6.2	编译时间错误	92
10.6.3	执行错误	93
10.6.4	求解错误	93

10.7	小结	94
11	条件表达式、赋值和方程	95
11.1	简介	95
11.2	逻辑条件	95
11.2.1	数值表达式作为逻辑条件	95
11.2.2	数值关系运算符	95
11.2.3	逻辑运算符	96
11.2.4	集合成员	96
11.2.5	首字母缩写词的逻辑条件	96
11.2.6	逻辑条件的数值	96
11.2.7	混合逻辑条件: 运算符的优先顺序	97
11.2.8	混合逻辑条件: 实例	97
11.3	\$ 条件	98
11.3.1	实例	98
11.3.2	嵌套的 \$ 条件	98
11.4	条件赋值	98
11.4.1	赋值语句左边 \$ 条件	99
11.4.2	赋值语句右边 \$ 条件	99
11.4.3	索引操作中过滤控制索引	100
11.4.4	赋值语句过滤集合	100
11.5	条件索引操作	101
11.5.1	索引操作中过滤控制索引	102
11.6	条件方程	103
11.6.1	代数式内的 \$ 运算符	103
11.6.2	定义域上的 \$ 控制	103
11.6.3	过滤定义域	103
12	动态集合	105
12.1	简介	105
12.2	指定动态集合的元素	105
12.2.1	语法	105
12.2.2	实例	105
12.2.3	多重索引的动态集合	106
12.2.4	动态集合域上的赋值	106
12.2.5	动态集合域上定义的方程	106
12.3	在动态集合内使用 \$ 控制	107
12.3.1	赋值	107
12.3.2	索引操作	107

12.3.3	方程	108
12.3.4	通过动态集合过滤	108
12.4	集合运算	108
12.4.1	并集	108
12.4.2	交集	109
12.4.3	补集	109
12.4.4	差集	109
12.5	小结	109
13	集合顺序：有序集合	110
13.1	简介	110
13.2	有序集合和无序集合	110
13.3	ord 和 card	111
13.3.1	ord 运算符	111
13.3.2	card 运算符	112
13.4	lag 和 lead 运算符	112
13.5	赋值中的 lag 和 lead	113
13.5.1	线性 lag 和 lead 运算符——引用	113
13.5.2	线性 lag 和 lead 运算符——赋值	113
13.5.3	循环 lag 和 lead 运算符	114
13.6	方程中的 lag 和 lead	115
13.6.1	线性 lag 和 lead 运算符——域控制	115
13.6.2	线性 lag 和 lead 运算符——引用	116
13.6.3	循环 lag 和 lead 运算符	116
13.7	小结	116
14	display 语句	117
14.1	简介	117
14.2	语法	117
14.3	实例	117
14.4	display 中的索引顺序	118
14.4.1	实例	119
14.5	display 控制	120
14.5.1	全局 display 控制	120
14.5.2	局部 display 控制	120
14.5.3	用列表格式产生数据的 display 语句	121
15	put 输出工具	123
15.1	简介	123
15.2	语法	123

15.3	实例	123
15.4	输出文件	125
15.4.1	定义文件	125
15.4.2	指定文件	126
15.4.3	关闭文件	126
15.4.4	追加到文件	126
15.5	页面格式	126
15.6	页面区域	127
15.6.1	访问各页面区	128
15.6.2	分页	128
15.7	页面上定位光标	129
15.8	系统后缀	129
15.9	输出项	129
15.9.1	文本项	130
15.9.2	数字项	131
15.9.3	集合值项	131
15.10	全局项格式化	131
15.10.1	字段调整	131
15.10.2	字段宽度	132
15.11	局部项格式化	132
15.12	附加数字显示控制	133
15.13	光标控制	134
15.13.1	当前光标列	134
15.13.2	当前光标行	135
15.13.3	末行控制	135
15.14	分页控制	136
15.15	异常处理	136
15.16	与 put 语句有关的错误的来源	136
15.16.1	语法错误	136
15.16.2	put 错误	137
15.17	简单的电子数据表/数据库应用	137
15.17.1	实例	137
16	程序流控制特性	139
16.1	简介	139
16.2	loop 语句	139
16.2.1	语法	139
16.2.2	实例	139

16.3	if—elseif—else 语句	140
16.3.1	语法	141
16.3.2	实例	141
16.4	while 语句	142
16.4.1	语法	142
16.4.2	实例	142
16.5	for 语句	143
16.5.1	语法	143
16.5.2	实例	143
17	专用语言的特点	145
17.1	简介	145
17.2	专用 MIP 的特点	145
17.2.1	离散变量的类型	145
17.2.2	类型 1 特殊排序集合 (SOS1)	145
17.2.3	类型 2 特殊排序集合 (SOS2)	146
17.2.4	半连续型变量	147
17.2.5	半整数型变量	147
17.2.6	设置分支优先级	148
17.3	模型比例缩放——比例选项	148
17.3.1	比例选项	148
17.3.2	变量比例缩放	149
17.3.3	方程比例缩放	149
17.3.4	导数比例缩放	150
	附录	151
A	术语表	151
B	GAMS 模型库	156
B.1	模型	157
C	GAMS 调用	168
C.1	一般“直接的”GAMS 调用	168
C.1.1	通过命令行指定选项	168
C.2	命令行参数列表	168
C.3	命令行参数的详细描述	169
D	\$ 控制选项	189
D.1	简介	189
D.1.1	语法	189
D.2	\$ 控制选项列表	189

D.3	\$ 控制选项的详细描述	191
E	选项语句	219
E.1	概述	219
E.1.1	语法	219
E.2	选项列表	220
E.3	选项的详细描述	221
F	保存和重新开始特性	224
F.1	简介	224
F.2	保存和重新开始特性	224
F.2.1	保存工作文件	225
F.2.2	从工作文件重新开始	225
F.3	工作文件使用的方式	226
F.3.1	模型和数据分离	226
F.3.2	渐进式程序开发	227
F.3.3	跟踪复杂问题的求解过程	227
F.3.4	多种方案	227
G	GDX 工具	229
G.1	简介	229
G.2	在 GAMS 中使用 GDX 工具	229
G.2.1	编译阶段	229
G.2.2	执行阶段	231
G.3	检查 GDX 文件	233
G.4	GDX 的用途	233
G.5	GDXXRW	233
G.5.1	GDXXRW 参数和选项	234
G.5.2	GDXXRW 警告	239
G.5.3	GDXXRW 例子	239
G.6	GDXDUMP	245
G.6.1	GDXDUMP 例子	246
G.7	GDXDIFF	246
G.7.1	GDXDIFF 例子	247
G.8	GDXMERGE	248
G.8.1	GDXMERGE 例子	248
G.9	GDXRANK	249
G.9.1	GDXRANK 例子	249
G.10	GDXCOPY	250
G.10.1	GDXCOPY 例子	250