国家自然科学基金资助项目

基于[illegible]及其在环境系统优化中的应用

张宏伟　牛志广　编著

天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容提要

[illegible]是由美国[illegible]公司开发的系列最优化软件之一。该软件具有强大的模型表达和求解能力,操作简便,界面友好,深受广大科研工作者的喜爱。本书首先介绍了[illegible]模型语言的基本知识,包括集合、变量、域、运算符和函数等,然后对[illegible]软件的窗口命令和命令行命令作了详细的说明,接着又介绍了[illegible]软件的一些外部接口技术,包括与外部文件、电子数据表、数据库以及其他应用程序等的接口,最后利用[illegible]建立和求解了一些环境系统优化方面的模型,为这方面的研究开拓了一条新的思路。

本书可作为高等院校环境工程专业、系统工程专业以及其他经管、理工类专业的专科生、本科生以及研究生的教材,也可作为广大科研人员的参考书。

图书在版编目([illegible]数据

[illegible]及其在环境系统优化中的应用/张宏伟,牛广志编著.—天津:天津大学出版社,[illegible]

[illegible]

Ⅰ.[illegible] Ⅱ.①张[illegible]②牛[illegible] Ⅲ.[illegible]环境系统—最优化算法—应用软件,[illegible] Ⅳ.[illegible]

中国版本图书馆[illegible]数据核字([illegible]第[illegible]号

出版发行　天津大学出版社
出 版 人　杨欢
地　　址　天津市卫津路[illegible]号天津大学内(邮编:[illegible]
电　　话　发行部:[illegible] 邮购部:[illegible]
网　　址　[illegible]
印　　刷　昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经　　销　全国各地新华书店
开　　本　[illegible]
印　　张　[illegible]
字　　数　[illegible]千
版　　次　[illegible]年[illegible]月第[illegible]版
印　　次　[illegible]年[illegible]月第[illegible]次
印　　数　[illegible]
定　　价　[illegible]元

前　言

[illegible]软件是由美国 [illegible]公司出品的科学计算软件，主要用于求解非线性规划数学模型，在社会的各个领域都有广泛的使用。该软件从 [illegible]世纪 [illegible]年代发展到现在，已经逐步走向成熟，使用起来非常方便，和其他软件的配合能力也日益加强。对于使用者来说，[illegible]的模型语言规则简单，只要具备基本的计算机语言能力便可使用该软件。

运用 [illegible]软件建立和求解像环境系统优化模型这样复杂的模型，可以大大减轻科研工作者研究数学方法的负担。以往，当一个成熟的模型问世以后，往往由于变量、关系式以及约束条件类型众多或形式复杂，使得一般的数学手段不能奏效，所以模型的求解仍需要花费大量的精力和时间，而 [illegible]软件能够很好地协助科研工作者完成模型求解的工作。

本书共有 [illegible]章，可划分为三大部分。第一部分（第 [illegible]章～第 [illegible]章）主要介绍 [illegible]模型语言的基本概念以及 [illegible]软件的基本使用方法，包括 [illegible]的概述，[illegible]模型中集合、变量、数据域和初始化域等组成部分的概念、定义方法等，使用 [illegible]版本的 [illegible]软件时需要用到的窗口命令，其他操作系统下 [illegible]软件以及书写 [illegible]脚本文件时用到的命令行命令。第二部分（第 [illegible]章～第 [illegible]章）主要介绍建立和求解 [illegible]模型以及开发用户自己的应用程序时所需的必备知识，其中包括 [illegible]模型中的运算符，函数的类型和使用方法，[illegible]与外部文件、电子数据表、数据库的接口技术，还特别介绍了开发用户在用自己的应用程序时需要用到的 [illegible]与其他应用软件（如 [illegible]）的接口技术，最后简单介绍了数学模型的类型以及在 [illegible]中相应求解方法的特点，帮助用户建立最为适用的模型。第三部分（第 [illegible]章）主要收集了一些在环境系统优化领域中较为经典的例子，并使用 [illegible]建立和求解相应的模型，证明了 [illegible]软件的有效性和实用性。

本书内容全面，涉及 [illegible]模型语言和软件的所有知识，且阐述细致入微，在叙述每一部分内容时均考虑到不同层次用户的需要，力争做到通俗易懂，深入浅出，在环境系统优化方面的应用，不仅能够为环境方面的科研工作者提供新思路，还能为解决其他领域的最优化问题提供参考。

本书可作为高等院校环境工程专业、系统工程专业以及其他经管、理工类专业的专科生、本科生以及研究生的教材，也可作为广大科研人员的参考书。

在本书的编写过程中，得到了美国 [illegible]公司的大力支持，得到了使用其电子帮助文档的许可（试用版本和相应的电子帮助文档可在其网站 [illegible]下载），在此对该公司表示衷心感谢。

在这里需要特别感谢王亮、郭祎萍、孙亚梅、岳琳、李蕾、张永举，他们在文稿翻译、例题验证、模型编写以及成书过程中做了大量的工作，还需要感谢天津大学学报编辑部的王新英老师对我们的指导。

如果本书能够对读者有所帮助，将是我们的荣幸。由于水平有限、经验不足，错误和不当之处在所难免，诚请读者批评指正。

编者

[illegible]年 [illegible]月于北洋园

目摇摇录

第 员章摇缉撮最韵概述 …… (员
摇员员摇宰蜜蝶碧版本的 缉撮最韵使用简介 …… (员
摇摇员员员摇安装 缉撮最韵 …… (员
摇摇员员圆摇运行 缉撮最韵 …… (员
摇摇员员猿摇缉撮最韵模型实例 …… (猿
摇摇员员源摇模型的求解 …… (源
摇摇员员缘摇求解状态窗口 …… (缘
摇摇员员远摇模型结果报告 …… (员园
摇摇员员苑摇保存 …… (员园
摇员圆摇在其他操作系统中使用 缉撮最韵 …… (员园
摇摇员圆员摇命令行提示 …… (员园
摇摇员圆圆摇在命令行中输入模型 …… (员员
摇摇员圆猿摇在命令行中求解模型 …… (员员
摇摇员圆源摇在命令行中打印和保存 …… (员园
摇员猿摇研究模型的结果报告 …… (员园
摇摇员猿员摇介绍 …… (员园
摇摇员猿圆摇减少问题的规模(降低的成本) …… (员园
摇摇员猿猿摇杂乘数(松弛变量值) 爆炸规模(剩余变量值) …… (员猿
摇摇员猿源摇阅读整个报告(对偶变量值) …… (员猿
摇员源摇缉撮最韵模型语言介绍 …… (员猿
摇摇员源员摇缉撮最韵模型语言的特点 …… (员猿
摇摇员源圆摇运输模型 …… (员源
摇员缘摇缉撮最韵语言的其他特征 …… (圆园
摇摇员缘员摇约束条件的命名 …… (圆员
摇摇员缘圆摇模型的标题 …… (圆园
摇员远摇问题的最大规模 …… (圆猿
第 圆章摇集合的使用 …… (圆源
摇圆员摇使用集合的目的 …… (圆源
摇圆圆摇集合简介 …… (圆源
摇圆猿摇模型的集合域 …… (圆缘
摇摇圆猿员摇基本集合的定义 …… (圆缘
摇摇圆猿圆摇衍生集合的定义 …… (圆远
摇摇圆猿猿摇总结 …… (圆源
摇圆源摇模型的数据域 …… (圆源

摇圆缘摇集合循环函数 …… ⑶圆
摇摇圆缘员摇岳杂越函数 …… ⑶员
摇摇圆缘圆摇岳配月和岳配粤载函数 …… ⑶员
摇摇圆缘猿摇岳云的砸函数 …… ⑶猿
摇摇圆缘源摇嵌套的集合循环函数 …… ⑶苑
摇摇圆缘缘摇总结 …… ⑶苑
摇圆员摇基于集合的模型举例 …… ⑶苑
摇摇圆员员摇基本集合模型举例——员工安排模型 …… ⑶苑
摇摇圆员圆摇稠密衍生集合模型举例——配比模型 …… ⑶愿
摇摇圆员猿摇稀疏衍生集合模型举例——直接列表 …… ⑷圆
摇摇圆员源摇稀疏衍生集合模型举例——元素过滤器 …… ⑷源
摇圆员缘摇总结 …… ⑷愿
第 猿章摇变量限定函数的使用 …… ⑷怨
摇猿员摇简介 …… ⑷怨
摇猿圆摇整型变量 …… ⑷怨
摇摇猿圆员摇普通整型变量 …… ⑸圆
摇摇猿圆圆摇二进制整型变量 …… ⑸圆
摇猿猿摇自由变量 …… ⑸员
摇摇猿猿员摇自由变量举例——预测 …… ⑸员
摇摇猿猿圆摇建立模型 …… ⑸猿
摇摇猿猿猿摇结果 …… ⑸苑
摇猿源摇限界变量 …… ⑸缘
第 源章摇数据域和初始化域 …… ⑸远
摇源员摇模型的数据域 …… ⑸远
摇摇源员员摇数据域简介 …… ⑸远
摇摇源员圆摇参数 …… ⑸愿
摇摇源员猿摇估值分析 …… ⑸愿
摇摇源员源摇把属性初始化为同一个固定值 …… ⑸怨
摇摇源员缘摇在数据域中省略值 …… ⑸怨
摇源圆摇模型的初始化域 …… ⑸怨
第 缘章摇窗口命令 …… ⑹员
摇缘员摇窗口命令的使用 …… ⑹员
摇摇缘员员摇菜单 …… ⑹员
摇摇缘员圆摇工具栏 …… ⑹员
摇摇缘员猿摇快捷键 …… ⑹圆
摇缘圆摇主要窗口命令 …… ⑹圆
摇缘猿摇窗口命令详细介绍 …… ⑹源
摇摇缘猿员摇云窗菜单 …… ⑹源
圆

摇员题摇用户定义函数 …… (圆慕
摇摇员题员摇在 宰蛮缴赠系统下安装岳哉祥砸函数 …… (圆慕
摇摇员题员摇宾蛮缴赠垣垣例子 …… (圆慕
第 员园章 数学模型 …… (圆藏
摇员题员摇缉最韵内部算法的使用 …… (圆藏
摇员题员摇约束条件的类型 …… (圆藏
摇摇员题员摇线性约束 …… (圆源
摇摇员题员摇非线性约束 …… (圆源
摇员题藏摇局部最优和全局最优 …… (圆缘
摇员题阅摇函数的凹凸性 …… (圆缘
摇员题缘摇平滑和非平滑函数 …… (圆苑
摇员题苑摇非线性模型的解决方法 …… (圆苑
摇摇员题员园摇为变量定界 …… (圆苑
摇摇员题员员摇为变量指定初值 …… (圆苑
摇摇员题员员藏摇确定模型的合理数量级范围 …… (圆苑
摇摇员题员园阅摇简化关系 …… (圆苑
摇摇员题员园缘摇减少整型限制 …… (圆慕
第 员藏章 摇缉最韵在环境系统优化中的应用 …… (圆慕
摇员藏员摇污染企业的生产安排问题 …… (圆慕
摇摇员藏员员摇问题描述 …… (圆慕
摇摇员藏员员员摇缉最韵模型 …… (圆愿
摇摇员藏员员藏摇求解结果 …… (圆愿
摇员藏员摇水处理最优方案问题 …… (圆怨
摇摇员藏员员摇问题描述 …… (圆怨
摇摇员藏员员员摇缉最韵模型 …… (圆怨
摇摇员藏员员藏摇求解结果 …… (圆愿
摇员藏藏摇成本—效益问题 …… (圆缘
摇摇员藏藏员摇问题描述 …… (圆缘
摇摇员藏藏员员摇缉最韵模型 …… (圆源
摇摇员藏藏员藏摇求解结果 …… (圆源
摇员藏阅摇工业废水处理问题 …… (圆缘
摇摇员藏阅员摇问题描述 …… (圆缘
摇摇员藏阅员员摇缉最韵模型 …… (圆缘
摇摇员藏阅员藏摇求解结果 …… (圆缘
摇员藏缘摇河流污染控制问题 …… (圆苑
摇摇员藏缘员摇问题描述 …… (圆苑
摇摇员藏缘员员摇缉最韵模型 …… (圆苑
摇摇员藏缘员藏摇求解结果 …… (圆慕

摇摇员工摇摇水资源开发利用问题 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇问题描述 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇摇摇模型 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇求解结果 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇水资源分配问题 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇问题描述 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇摇摇模型 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇求解结果 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇水库群最优调度问题 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇问题描述 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇摇摇模型 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇求解结果 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇多目标土地规划问题 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇问题描述 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇摇摇模型 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇求解结果 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇用地规划问题 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇问题描述 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇摇摇模型 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇求解结果 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇大气污染物排放的控制问题 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇问题描述 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇摇摇模型 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇求解结果 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇固体废弃物处置问题 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇问题描述 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇摇摇模型 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇求解结果 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇肥料贮存问题 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇问题描述 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇摇摇模型 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇求解结果 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇农业面源污染控制问题 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇问题描述 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇摇摇模型 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇求解结果 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇摇摇应用 阅读器建立模型界面 …… 摇摇摇
摇摇员工摇摇农药管理问题 …… 摇摇摇
运

摇摇晃晃的数学问题描述 …… (1)
摇摇晃晃的数学模型 …… (1)
摇摇晃晃的求解结果 …… (3)
参考文献 …… (5)

第 员章　缮疆颤鹘概述

由美国 缮疆颤鹘公司开发的 缮疆颤鹘软件是一个利用线性和非线性最优化方法将复杂的大型规划问题转化为简明公式的工具，具有简单、实用的特点。它可以建立、求解最优化模型并分析所得结果。缮疆颤鹘的最优化功能可以帮助用户找到可行解中的最佳结果，从而获得最大的利润、最高的产量、最大的满足等。换句话说，就是以最低的投入、最少的浪费或者最小的不满达到预期的最佳效果。通常利用最优化技术可以使时间、金钱、设备、人力、库存等资源得到最有效的利用。最优化问题分为线性问题和非线性问题，这取决于变量和变量之间的关系是线性的还是非线性的。

在本章中，将首先对 缮疆颤鹘软件的功能和用法进行全面而简要的介绍，使用户对 缮疆颤鹘软件有大概的认识，能够胜任简单的编程工作。在以后的章节中，对 缮疆颤鹘软件的各个部分作详细介绍，从而为高级用户提供使用指导，为建立复杂的 缮疆颤鹘模型并以最佳方式进行求解创造条件。

员.员　宰蜜蝶驿版本的 缮疆颤鹘使用简介

员.员.员　安装 缮疆颤鹘

这一部分内容将介绍如何在 宰蜜蝶驿环境下安装 缮疆颤鹘软件。若要在 宰蜜蝶驿以外的平台上安装 缮疆颤鹘，请参照软件中的安装说明。

安装 缮疆颤鹘软件非常简单，运行 缮疆颤鹘文件夹中的安装程序 [illegible] 缮疆颤鹘的安装程序就启动了，并且会指导用户一步一步地将 缮疆颤鹘安装在硬盘中。

缮疆颤鹘的一些版本要求用户在安装程序完成后输入密码，并且密码只需要在首次启动缮疆颤鹘时输入一次，以后再运行将不再输入。若不知道密码，一般可以在光盘盒上找到。

如果所使用的 缮疆颤鹘版本要求输入密码，会在启动 缮疆颤鹘时出现图 员.员所示的对话框。

在编辑框中输入密码（包括连字符，并且注意密码是区分大小写的），然后点击 韵运按钮进行确认，缮疆颤鹘就启动了。

如果没有密码，还可以点击 阅览模按钮，在试用模式下运行 缮疆颤鹘。在试用模式下，缮疆颤鹘几乎具有标准版本的所有功能，只是对问题的规模进行了限制。

员.员.圆　运行 缮疆颤鹘

这部分内容将简要介绍如何在 宰蜜蝶驿环境中建立并求解一个小模型。因为模型的结构与操作系统无关，所以如果使用的不是 宰蜜蝶驿系统，仍然需要阅读这一部分内容。但是，值得注意的是，建立模型的方法在不同的操作系统下会略有不同，这将在后面介绍。在 宰蜜蝶驿环境下启动 缮疆颤鹘时，将会看到类似图 员.猿所示的 缮疆颤鹘初始界面。

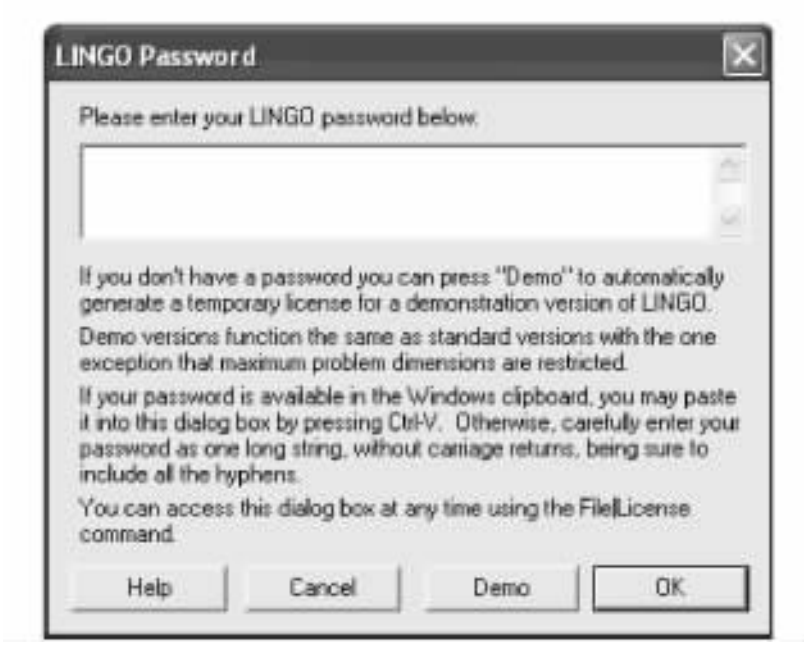


图 2.1 密码输入界面

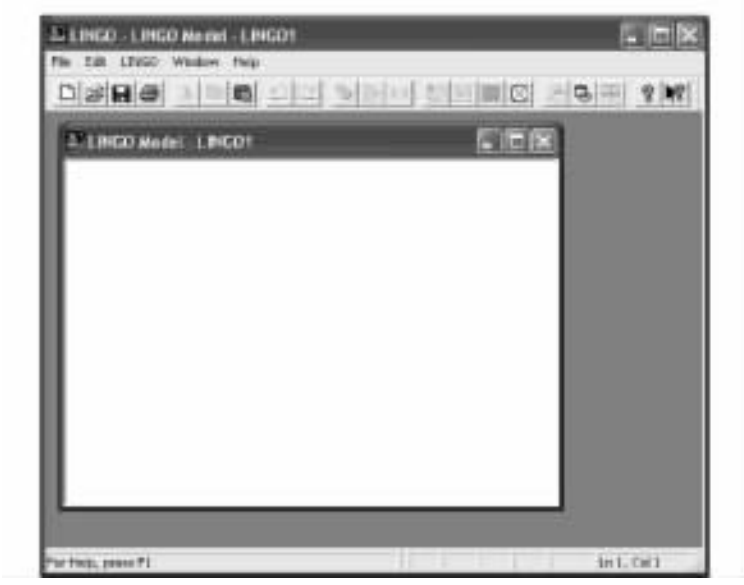


图 2.2 LINGO初始界面

图 2.2的最外层窗口是主窗口。主窗口的顶部包括所有的命令菜单和工具栏。主窗口的底部有一个状态栏，它提供 LINGO当前运行状态的各种即时信息。工具栏和状态栏均可以通过使用 LINGO菜单命令显示或隐藏。

标有 LINGO的灰色区域是MDI客户窗口。LINGO的子窗口是一个新建的、空白的模型窗口。LINGO的模型都是在这样的子窗口中输入的。

圆

员额题表 结题题的模型实例

假设 悦美贵短题题公司生产 杂题题题和 栽观题两种类型的电脑，并且每出售一台 杂题题题电脑能够获利 员匝美元，而出售一台 栽观题电脑获利 员匀美元。杂题题题和 栽观题电脑生产线的生产能力分别为 员匝台蛹和 员匝台蛹。悦美贵短题题公司所有工人每天所能提供的劳动时间是 员园小时。每生产一台 杂题题题电脑需要一个工时，而每生产一台 栽观题电脑需要两个工时。现在的问题是在不超过生产能力和劳动力限制的条件下，如何安排 杂题题题和 栽观题两种电脑的生产可使 悦美贵短题题公司获利最大。

一般说来，一个最优化模型由以下三个部分构成。

员目标函数。目标函数是用来表示优化对象的函数式。在 结题题的中，通常表示为利润最大或成本最低等。一个模型最多只能有一个目标函数。在上述 悦美贵短题题公司的实例中，目标函数就是以一定比例生产 杂题题题和 栽观题两种电脑所获得的利润。

圆变量。变量也称为决策变量，是可以控制的量。最优化的目的就是在满足一切约束条件的前提下确定变量的值，以获得目标函数的最优解。在这个实例中有两个变量，它们分别是 杂题题题电脑的生产数量 杂栽暑诗剖阅和 栽观题电脑的生产数量 栽灾匝韵。

猿约束条件。大多数模型对变量的取值都有一定的限制，至少包括一种资源的限制（例如时间、原材料、部门预算等）。这些限制由变量构成的一些表达式组成，因为它们约束了变量的取值范围，所以这些表达式就是约束条件。在 悦美贵短题题实例中，每一条生产线的生产能力和劳动力的可使用量均有一个约束条件。

现在就这一实例建立目标函数，分别用 杂栽暑诗剖阅和 栽灾匝韵代表 杂题题题和 栽观题两种计算机的产量。悦美贵短题题公司的目标是总利润最大，在公式之前加上“配葬越”表示求最大值。因此，下列目标函数可以写进模型窗口的第一行：

```
MAX = 100 * STANDARD + 150 * TURBO;
```

注意 结题题的模型中的每一行必须以分号结束，否则，模型将无法求解。接下来，在目标函数的下面输入生产能力和劳动力这两个约束条件。

```
STANDARD < = 100;
TURBO < = 120;
```

注意 在 结题题的中，可以用两个符号“约越”来代替“≤”，或者甚至可以简单地输入“约”来代替“≤”。同样，“跃越”或者“跃”可以代替“≥”。最后一个约束条件是劳动力数量，由下式表示：

```
STANDARD + 2 * TURBO < = 160;
```

也就是说，工时总数（杂栽暑诗剖阅加圆* 栽灾匝韵）不得大于（约越）所提供劳动时间的总量（员园）。

将上述表达式输入完毕后，还可以增加一些注释以提高模型的可读性。这样就得到如图 员猿所示的模型窗口。

根据用户需要，一个表达式可以分成任意多行书写，但是每个表达式必须以分号结束。例如，用一个表达式表示的目标函数可以写为两行。

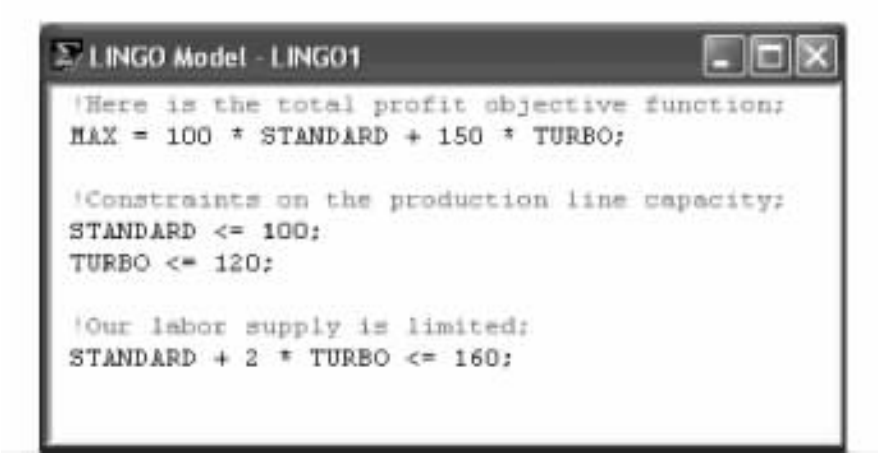


图 模型窗口

```
MAX = 100 * STANDARD
 + 150 * TURBO;
```

注释部分以感叹号（!）开始，以分号（;）结束。在 中，感叹号和分号中间的内容将被忽略而不予执行。注释部分可以占用多行，也可以插入到其他的 表达式中。例如：

```
X = 1.5 * Y + Z / 2 * Y; ! This is a comment;
X = 1.5 * ! This is a comment in the middle of a constraint;
Y + Z / 2 * Y;
```

由于 并不区分变量中字母的大小写，所以下列变量名在 中是一样的。

```
TURBO
Turbo
turbo
```

但是所有的变量名都必须由字母 ~ 在开始，之后可以是字母、数字（~）或者下画线（_），并且变量名的长度限制在 个字符内。另外，值得注意的是，编辑器能够对语法进行识别，当遇到 的关键字时，文本会自动显示为蓝色，注释行则用绿色显示，其他文本用黑色显示。当把光标紧贴一个括号并放到其后时，与之相匹配的另一个括号将会用红色突出显示。这些语法识别功能是非常有用的，可以帮助检查模型中的语法错误。

模型的求解

模型建立完成之后就可以求解。选择 菜单中的 命令，或者按下工具栏中的 按钮（），就开始对模型进行编译。在这一过程中，会进行语法校验，检验是否有语法错误。如果 不能通过这一检验，将会出现错误信息提示。例如少用了乘号，将会出现图 所示的错误信息。

图 表示这是一个语法错误，并列出了错误的第二行。

源



图 源 错误信息

求解状态窗口

如果在编译过程中没用出现语法错误，缘最韵将调用适当的内部算法对模型进行求解。在算法开始执行时，会出现图 所示的求解状态窗口。



图 求解状态窗口

缘

求解状态窗口用于监控求解的进度和模型的维数。

在求解状态窗口中有一个中断求解的按钮“[illegible]”。点击这个按钮将使求解过程中断，即导致 [illegible] 在下一次迭代前停止算法的运行。在大部分情况下，[illegible] 可以回到原来的状态，并且报告到此为止得到的最优解。但是如果在求解不含整型变量的线性模型时被中断，所得解会因为毫无意义而不被采纳。一般情况下，求解线性模型都十分迅速，被中断的可能性非常小。

当算法被中断时所得出的解有如下特点：

员 一定不是最优解；

圆 可能不满足所有约束条件；

猿 如果模型是线性的，则此结果毫无价值。

点击 [illegible] 按钮旁边的 [illegible] 按钮可关闭求解状态窗口。这个窗口又可通过选择 [illegible] 菜单中的 [illegible] 命令辐随时被打开。

在求解状态窗口的左下方有一个 [illegible] 文本框。通过自由设置 [illegible] 的值，可以控制 [illegible] 自动刷新求解状态窗口的时间。若该值被设置为 [illegible] 将会花费大量的时间来更新求解状态窗口，但是在求解大型模型时，[illegible] 并不会以相同的时间间隔来更新求解状态窗口。

[illegible] 变量框 ([illegible])

变量框显示了模型中变量的总数，也显示了非线性变量的数目。如果一个变量存在于模型的非线性约束中，那么它被认为是非线性变量。例如，约束条件 [illegible] 是线性的，而 [illegible] 是非线性的，则代表变量 [illegible] 和 [illegible] 在这个模型中是非线性变量。考察下面的约束式：

```
X * X + Y = 100;
```

式中，[illegible] 是非线性的，而 [illegible] 是线性的，不能将 [illegible] 看成是非线性变量。

求解状态窗口的变量框中还给出了模型中整型变量的数目。一般说来，模型中非线性变量和整型变量越多，在一定的时间内求解最优解就越困难。没有整型变量的纯线性模型求解最快。

变量的数目不包括 [illegible] 中值已经确定的变量。例如，在约束条件

```
X = 1;
X + Y = 3;
```

中，[illegible] 的取值固定为 [illegible]，[illegible] 的取值固定为 [illegible]，则在模型中 [illegible] 和 [illegible] 分别用 [illegible] 和 [illegible] 代替，不计入变量的总数。

[illegible] 约束框 ([illegible])

约束框显示的是完全展开的模型中约束条件的总数和非线性约束的总数。如果一个约束条件中有一个以上的非线性变量，则此约束条件就是非线性约束。如果一个约束条件中的所有变量均取定值，则此约束条件为固定约束。固定约束不计入约束总数。

远

员工可以根据需要选择 非零框 (最大程度地减少)

非零框显示的是模型中所有非零系数的总数以及非线性变量的非零系数的总数。在一个约束条件中一般只出现一小部分变量,那些没有出现的变量的隐含系数均为零,而出现的变量的系数都是非零的。因此,所有非零系数的总数是约束条件中所有变量出现的次数。

员工可以根据需要选择 内存使用框 (例如,在内存不足的情况下,可以选择)

内存使用框显示正在使用的模型占用内存的大小,也可以用 组织可以根据需要选择命令改变分配内存的大小。

员工可以根据需要选择 运行时间框 (特别是在处理大型问题时)

运行时间框显示了当前生成和求解模型所耗用的总时间,它可能会受系统中其他运行程序的影响。

员工可以根据需要选择 求解状态框 (例如,在解决问题时)

求解状态框显示了算法运行的当前状态。表 员工可以进一步解释了这一部分的各项内容。

表 员工可以 求解状态框字段描述

字段	描述
可以根据需要选择(模型类别)	显示模型的类别,包括 组织 LP、组织 QP、可以 QP、可以 LP、组织 QCP、可以 MIP 和 组织 MIP
状态(状态)	显示当前结果的状态,可能的状态包括 员工可以找到(全局最优)、组织找到(局部最优)、已经找到(可行)、可以证明(不可行)、或者证明(无界)、可以中断(中断) 和 或者未知(未确定)
当前目标(目标值)	目标函数当前取值
可以(不可行)	不能满足的约束的数目
可以迭代(迭代)	算法迭代的次数

下面对求解状态框中的各项内容进行详细解释。

员工模型类别字段 (可以根据需要选择)

模型类别字段概括了模型的特征,表 员工列举了由简单到复杂的所有模型的类别。

表 员工 模型的类别

类别缩写	类别	描述
组织	组织可以根据需要选择 (线性规划)	所有表达式均为线性的,并且模型中无整型变量
可以	可以根据需要选择 (二次规划)	所有表达式都是线性的或二次型的,模型是凸的且无整型变量
可以	可以根据需要选择 (整数线性规划)	所有表达式均是线性的且部分变量为整型变量