

文章编号: 1001-2486(2001)04-0073-05

建设项目施工组织设计的辅助决策和设计系统*

李昌友, 周继祖

(中南大学铁道校区土木建筑学院, 湖南长沙 410075)

摘要:介绍了铁路建设项目施工组织方案选优和图形文件辅助设计系统的功能、结构、特点和运行环境,给出了应用多层次多目标决策方法进行铁路施工组织设计方案选优的算法。

关键词:铁路建设项目;施工组织设计;辅助决策;辅助设计;系统

中图分类号: TP391.72 **文献标识码:** A

Auxiliary Decision and Designing System of the Design of Construction Project Organization

LI Chang-you, ZHOU Ji-zu

(Civil and Architecture College, Railway District, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: The optimizing of the railway construction project organization variant, and the auxiliary designing system of picture format files are introduced. Relative calculation method used to optimize variant of the railway construction organization design with multi-level and multi-object decision making method is provided.

Key words: railway construction project; construction organization design; auxiliary making-decision; auxiliary design; system

铁路建设项目施工组织设计是组织施工,指导施工活动,保证铁路建设工作顺利进行的重要技术经济文件。根据铁路施工组织编制办法的要求,必须进行施工组织方案选优,择其最优方案编制施工组织设计文件,并绘制相关设计图。在铁路建设项目施工组织设计中,长期以来没有一套比较科学和合理的方法进行方案选优,也未能实现施工组织设计图形文件的电算化和自动化,这个问题一直有碍于铁路施工组织设计水平的提高以及对施工工期和投资的有效控制。我们在南昆铁路《应用层次分析法进行施工组织设计方案选优》科研课题研究中,建立了用一般层次分析法、模糊层次分析法和多层次多目标决策分析方法进行铁路施工组织设计方案选优的数学模型,编制了相应的计算机程序,同时我们还研制开发了施工组织设计图形文件的计算机辅助设计系统,首次实现了铁路施工组织设计图形文件的电算化和自动化。该系统已应用到多条铁路施工组织设计中,取得了良好的效果,为铁路施工组织设计部门提供了一个科学、高效、实用的辅助决策和设计的工具。

1 系统组成及功能

本系统由以下两个子系统组成。

(1) 施工组织设计方案选优辅助决策子系统

该子系统可利用一般层次分析法、模糊层次分析法和多层次多目标决策分析方法进行铁路工程项目施工组织设计方案选优,选择最优方案进行施工组织设计。

(2) 施工组织设计图形文件辅助设计子系统

该子系统以网络计划技术为基础,编制施工进度计划,可对网络计划进行工期和资源均衡优化,并由计算机自动生成和绘制施工组织设计图形文件。

2 系统结构

系统功能模块结构如图 1 所示。

* 收稿日期: 2001-05-03
基金项目: 铁道部科技攻关项目(铁建工科字 N12 号)
作者简介: 李昌友(1970-),男,讲师。

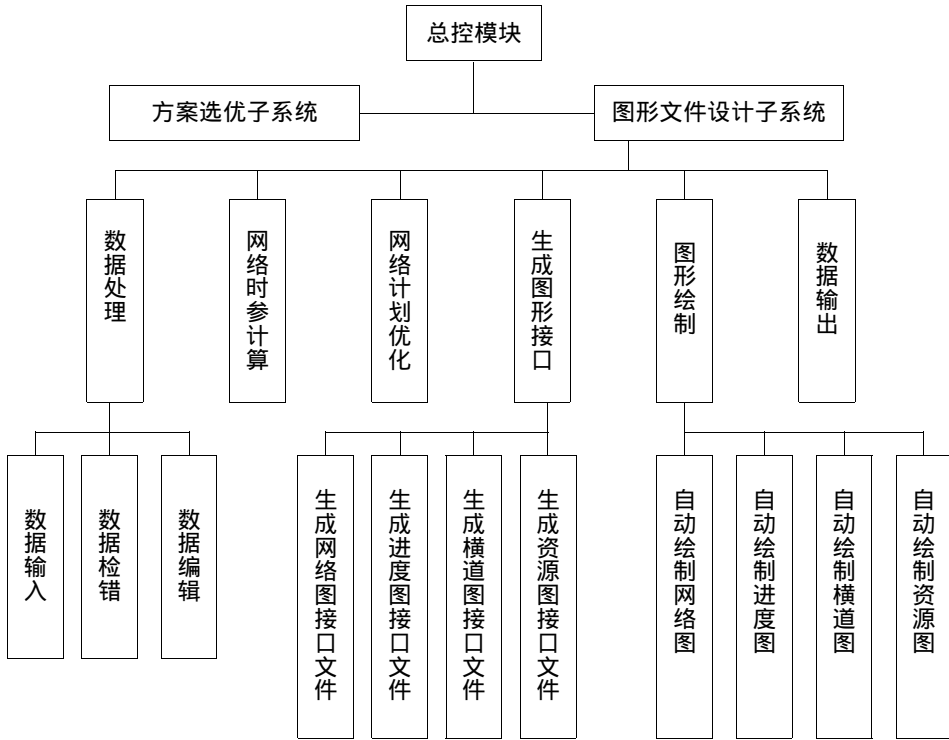


图 1 系统功能模块结构图

Fig.1 The modal structure of system function

3 施工组织方案选优多层次多目标决策方法的步骤及内容

施工组织方案选优是个典型的多目标决策问题，我们采用的是两两对比分层递进矩阵法，该方法客观、准确、简捷，且便于利用计算机求解。该方法的具体步骤和工作内容如下。

3.1 影响施工组织方案各因素及层次结构

铁路施工组织方案受诸多因素的影响和制约，各因素依其隶属关系的层次结构如图 2 所示，应用中可根据实际情况对图 2 进行调整。

3.2 构造判断矩阵

为便于应用计算机对施工组织设计方案选优，我们采用两两比较分层递进矩阵法来求解。该方法把一个错综复杂的多目标决策问题分解为目标之间的两两比较，所有目标的比较是利用复式循环进行。比如目标 1 (用 M_1 表示) 与 M_2, M_3, \dots, M_n 进行比较；目标 2 (用 M_2 表示) 与 M_1, M_3, \dots, M_n 进行比较；目标 n (用 M_n 表示) 与 M_1, M_2, \dots, M_{n-1} 比较。根据 1—9 标度 (见表 1) 构造两两比较判断矩阵 (也可以采用简化的三标度法进行)。例如第 i 个目标与第 j 个目标相比较，第 j 个目标重要程度是第 i 个目标的 k 倍，用 λ_{ij} 表示比较以后第 i 个目标所占的比重值，用 λ_{ji} 表示比较以后第 j 个目标所占的比重值，于是有下面等式成立：

$$\lambda_{ij} + \lambda_{ji} = 1$$

$$\lambda_{ij} + k\lambda_{ij} = 1$$

$$(k + 1)\lambda_{ij} = 1$$

$$\lambda_{ij} = 1/(k + 1)$$

则

$$\lambda_{ji} = 1 - \lambda_{ij} = 1 - 1/(k + 1) = k/(k + 1)$$

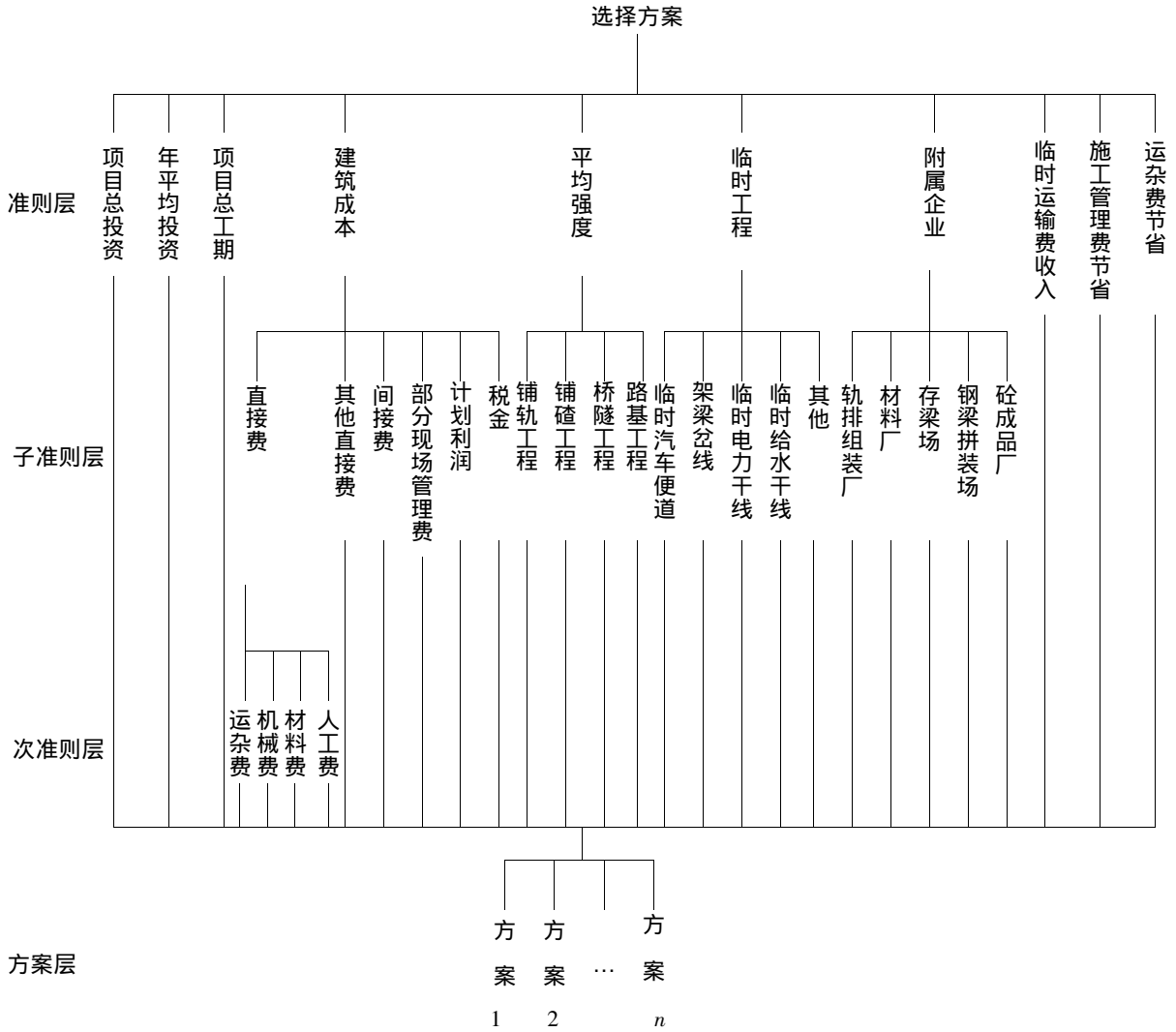


图 2 影响施工组织方案各因素的层次结构图

Fig.2 The gradational structure of several factor affecting construction scheme

由于两两比较，缩小考虑问题的范围，因此无论是定性目标还是定量目标，就比较容易作出判断，各个击破。而比重值的确定也并不像传统方法直接确定权数那样复杂，需要考虑的因素没有那样繁琐。又由于每对目标比较两次， λ_{ij} 的个数为

$$C_n^2 = \frac{N!}{(N-1)!2} = \frac{N(N-1)}{2}$$

如果将 λ_{ij} 排成如下判断矩阵：

$$U = \begin{vmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{n1} & \lambda_{n2} & \dots & \lambda_{nn} \end{vmatrix}$$

这样的矩阵共有 C_n^2 个。判断矩阵 U 的每一行对应某一目标 $M_i (i = 1, 2, \dots, n)$ ，其顺序按自然数排列。也就是说第 1 行对应第 1 个目标的比重值分别为 $\lambda_{11}, \lambda_{12}, \dots, \lambda_{1n}$ ，依此类推。

表 1 1—9 标度含义

Tab.1 The meaning of mark1—9

| 标度 | 含义 |
|---------|---|
| 1 | 表示两元素相比，具有同样重要性 |
| 3 | 表示两元素相比，前者比后者稍重要 |
| 5 | 表示两元素相比，前者比后者明显重要 |
| 7 | 表示两元素相比，前者比后者强烈重要 |
| 9 | 表示两元素相比，前者比后者极重要 |
| 2、4、6、8 | 表示上述相邻判断的中间值 若元素 i 与元素 j 的重要性之比为 a_{ij} ， 那么元素 j 与元素 i 重要性之比为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$ |

3.3 确定权数 W_i 值,并根据 W_i 值将目标分层

各行目标所对应的权数值为:

$$W_i = \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} / C_n^2, \quad \text{且} \quad \sum W_i = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

由此确定的权数,综合兼顾了各个目标进行比较后不同结果的影响因素,方法简单直观。矩阵 U 是一个典型的方阵,其主对角线右上方与左下方相对称的位置 λ_{ij} 之和为 1。

根据权数 $W_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 大小,将目标分为不同的层次。 W_i 数值越大,层次越高,则重要性越大;反之 W_i 数值越小,层次越低,则重要性越小。假设将 n 个目标分为 m 层次,用 $L_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 表示。 L_1 表示层次最高的一组目标, L_m 表示层次最低的一组目标。

3.4 确定各目标层之间的关系

任何两个目标层次之间的关系用 $R_i (i = 1, 2, \dots, m-1)$ 表示,可以用相应的比重值比较确定,直到最低层目标 L_m 。比如 L_1 层有两个目标 M_2, M_3 ,而 L_2 层有 3 个目标 M_1, M_5, M_6 ,其间关系 R_1 用矩阵表示如下:

$$\begin{array}{c}
 L_2 \text{ 层} \\
 \begin{array}{ccc}
 M_1 & M_5 & M_6 \\
 \hline
 L_1 \text{ 层} \quad M_2 & \left| \begin{array}{ccc} \lambda'_{21} & \lambda'_{25} & \lambda'_{26} \\ M_3 & \left| \begin{array}{ccc} \lambda'_{31} & \lambda'_{35} & \lambda'_{36} \end{array} \right. \\ \hline
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

式中 $\lambda'_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_{ji}}$

类似地,便有 L_2 层与 L_3 层, ..., L_{m-1} 层与 L_m 层之间的关系,分别记为 R_1, R_2, \dots, R_{m-1} 。

3.5 计算备选方案权数矩阵的 E 值进行决策

对目标分层以后,就可以利用最低层目标对所有备选方案采用复式循环比较,得到不同目标下备选方案所对应的权数。按下式计算 E 值:

$$E = R_1 * R_2 * \dots * R_{m-1}$$

E 值反映了各目标之间、目标与方案之间这种制约递进的关系,反映了各方案对于总目标来说可取性的兼容大小。 E 是行矩阵,每一列对应一个方案,最终即可按照数值大小来判断被选方案的优劣。 E 值大者为相对最优方案。

上述计算过程可归纳为如下的步骤:

- (1) 利用复式循环法对所有目标两两比较得 λ_{ij} ,确定权数 W_i 值。
- (2) 根据 W_i 值将目标分层,利用 λ_{ij} 来确定各层关系。
- (3) 就最低层目标 L_m 层对所有备选方案采用复式循环。
- (4) 计算权数矩阵的 E 值进行决策。

4 施工组织设计图形文件辅助设计子系统的特点

(1) 系统以网络计划技术为基础,通过对网络计划时间参数分析确定网络中的关键工作、关键线路,以便于在各个非关键工作上挖掘潜力、缩短工期、降低费用。通过对网络计划进行工期优化,使得在确定的约束条件下求得合理的工期;通过对网络计划进行资源均衡优化,达到合理利用资源的目的。本系统巧妙地将网络计划技术与传统的铁路施工组织设计进度图的关系连接起来,从而把工程部门所沿用的传统的施工组织进度图建立在工程网络计划的基础上,使工程进度计划的编制更科学、合理。又可以通过网络图自动转换成现场工作人员习惯的横道图,并使横道图的编制更科学、合理。

(2) 系统可对施工组织设计中的进度计划实施动态控制。根据工程实际情况的变化,通过系统计算和绘图,可及时发现施工组织进度计划中的不合理之处,通过修改网络计划从而实现工程进度计划

的动态控制。

(3) 系统可自动绘制施工组织设计文件的图纸, 提高了设计文件质量和工作效率, 大大节省了人力和时间。生成的图形可在 AutoCAD 下进行各种修改, 可通过绘图仪或打印机出图。

(4) 系统采用结构化设计方法, 各模块间相互独立, 增强了系统的可读性、可维护性和可扩充性。

(5) 系统运行于 Windows95/98 平台上, 整个系统界面清晰、层次分明, 操作简单快捷。系统用户界面友好, 采用人机对话方式, 易学易用。

5 系统运行环境

5.1 硬件环境

(1) 主机: 586 及其以上型号主机; (2) 内存: 64MB 及以上; (3) 硬盘: 4.3GB 以上; (4) 显示器: 600×800 及以上分辨率彩色显示器; (5) 绘图仪或打印机: 绘图仪应为 AutoCAD 所支持, 打印机应能打印 A3 图纸;

5.2 软件环境

- (1) Windows95/98 操作系统;
- (2) AutoCAD R14 系统。

6 系统应用情况

我们用上述方案选优数学模型和算法对南昆铁路百威段 286 千米施工组织设计方案进行了编制和计算。根据南昆铁路全线工期的要求, 在保证该段工期的前提下设计了五年工期, 四年半工期, 四年工期和三年半工期, 共四个方案, 然后对影响方案选优的诸多因素进行分析研究, 经过计算, 排序结果四年半工期方案为优选方案, 其工期较合理, 可节约投资 2000 万元左右。我们还用该方法对原达成铁路方案选优资料进行了核算, 所得结果也与原设计优选方案一致。同时我们还利用本系统结合南昆铁路百威段的施组接轨方案调整、达万铁路初步施工组织设计方案意见、西安康铁路招投标前施工组织设计进度计划安排及内昆铁路初步设计施工组织方案意见进行了实际应用, 取得了良好的效果。直接绘制了该四条铁路的工程网络图、传统铁路全线工程纵横坐标进度图、横道图和劳动力资源图。对南昆铁路百威段, 在优化的基础上输出施工组织设计图形文件。

7 结束语

本系统在原有的 DOS 版基础上全面升级到 Windows 平台上, 并根据近年来情况变化和需要进行了改进, 可以进行铁路建设项目施工组织设计方案选优并实现图形文件的电算化和自动化, 能满足勘测设计部门编制铁路施工组织设计文件的需要。稍作改进后, 也能满足铁路施工企业在铁路工程投标中编制进度计划和在施工管理过程中进行进度控制的需要。

参考文献:

- [1] 胡疏达. 实用多目标最优化 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990.
- [2] 陈铤. 决策分析 [M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [3] 宜家骥. 多目标决策 [M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1989.
- [4] 路仲希. 铁路工程施工组织设计 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1985.
- [5] 周继祖, 刘邦兴. 铁路施工组织方案比选方法问题的研究 [J]. 长沙铁道学院学报, 1987 (1).
- [6] 陈铤. 多目标决策方法 [J]. 系统工程理论与实践, 1985 (2).
- [7] 易进先. 多目标决策的一个新方法 [J]. 系统工程, 1986 (4).

