1、系统思想的发展三个阶段：“只见森林”（朴素的系统思想）“只见树木”“先见森林，后见树木”（科学的系统思想）阶段。

2、整体思想和联系思想是科学系统思想的核心与实质。

I	1940年	美国实施彩电开发计划	采用系统方法，并取得巨大成功
		美国Bell电话公司开发微波通讯系统	正式使用系统工程（Systems Engineering）一词

	1957年	H.Good和R.E.Machol发表第一部名为《系统工程》的著作	系统工程学科形成的标志

阶段	年代（份）	重大工程实践或事件	重要理论与方法贡献
V	1972年	国际应用系统分析研究所（IIASA）在维也纳成立	SE的应用开始从工程领域进入到社会经济领域，并发展到了一个重要的新阶段。

3、系统工程在中国的发展及应用

1978 年 9 月 27 日，钱学森、许国志、王寿云在 《文汇报》发表题为《组织管理的技术——系统工程》的长篇文章；（在中国应用起来）

4、系统工程的研究对象是组织化的大规模复杂系统。特点有：规模庞大、结构复杂、属性及目标多样、一般为人-机系统、经济性突出等。

5、系统定义：是由两个以上相互联系的要素所构成，且具有特定功能、结构、环境的整体。

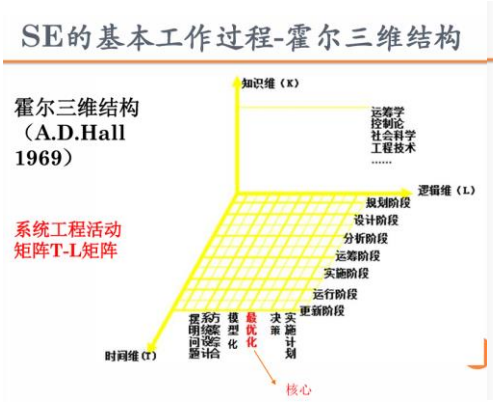
6、系统的属性：整体性、关联性、环境适应性

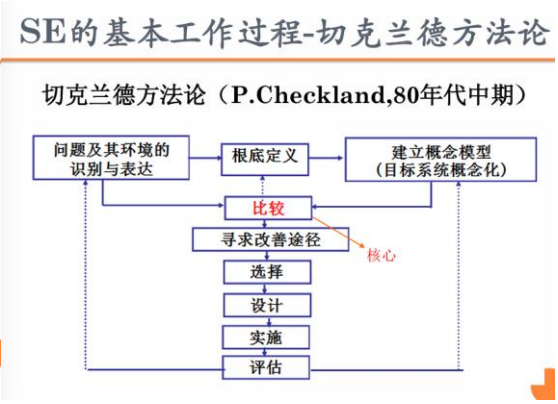
7、系统的类型：自然和人造系统、实体和概念系统、动态和静态系统、封闭和开放系统

8、系统工程：是用来开发、运行和革新一个大规模复杂系统所需思想、程序、方法的总称。

9、系统工程强调：整体性和系统化（前提）、总体最优或平衡协调（目的）、多种方法综合运用的（手段）、问题导向及反馈控制（保障）

10、系统工程方法论：是分析和解决系统开发、运作及管理实践中的问题所应遵循的工作程序、逻辑步骤和基本方法。是系统工程思考问题和处理问题的一般方法与总体框架。





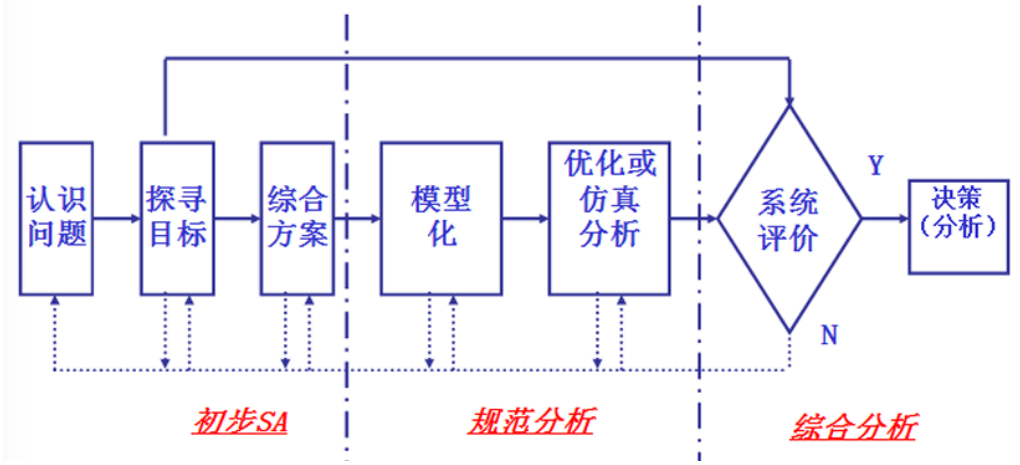
11、相同点：问题导向；注重程序及阶段；不同点：研究对象或应用领域、基本方法、核心内容或关键点、反馈机制。霍尔方法论主要以工程系统为研究对象，而切克兰德方法更适合于对社会经济和经营管理等"软"系统问题的研究。前者的核心内容是优化分析，而后者的核心内容是比较学习。

12、系统分析（SA）是在对系统问题现状及目标充分挖掘的基础上，运用建模及预测、优化、仿真、评价等方法，对系统的有关方面进行定性与定量相结合的分析，为决策者选择满意的系统方案提供决策依据的分析研究过程。

13、系统分析（SA）是系统工程（SE）的核心内容、分析过程和基本方法。

14、系统分析要素：问题；目的及目标；方案；模型（结构、数学、仿真）；评价；决策者

系统分析（SA）程序框图：



15、SA 程序图是 SA 的一般过程，提供了基本的逻辑框架。在对其理解和应用上应注意以下各点：①重视做好初步 SA。5W1H(What/Why/Who/Where/When/How)是做好这段工作的基本线索。

②在规范分析中一般需建立结构模型、数学模型或仿真模型。

③每段结束后系统方案的变化轨迹:可行方案-非劣方案-经排序的非劣方案(选择性方案)。

④环境分析贯穿 SA 全过程，在 SA 中是十分重要和必不可少的。

⑤在管理应用 SA 过程中，并不一定要遍历并完成每一个具体过程，但认识问题、综合方案、系统评价必不可少。

16、应用系统分析的原则：问题导向、以整体为目标、多方案模型分析和选优、定量分析与定性分析相结合、多次反复进行

17、模型：对现实系统抽象表达的结果。应能反映（抽象或模仿）出系统某个方面的组成部分（要素）及其相互关系。

模型化：构建系统模型的过程及方法。要注意兼顾到现（真）实性和易处理性。

18、模型的意义及特点：对系统问题进行规范研究的基础和标志；经济、方便、快速、可重复，“思想”或“政策”试验；经过了分析人员对客体的抽象，因而必须再拿到现实中去检验

19、系统结构模型化概念：结构→结构模型→结构模型化→结构分析

结构，是指事物自身各种要素之间的相互关联和相互作用的方式

结构模型是定性表示系统构成要素以及它们之间存在着的本质上相互依赖、相互制约和关联情况的模型。

结构模型化即建立系统结构模型的过程。

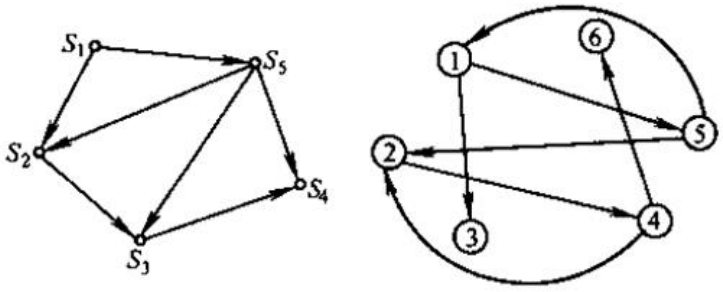
结构分析是一个实现系统结构模型化并加以解释的过程。其具体内容包括:对系统目的-功能的认识;系统构成要素的选取;对要素间的联系及其层次关系的分析;系统整体结构的确定及其解释。系统结构模型化是结构分析的基本内容。

20、系统结构表达及分析方法理解系统结构的概念（构成系统诸要素间的关联方式或关系）及其有向图（节点与有向弧）和矩阵（可达矩阵等）这两种常用的表达方式。

21. 给定描述系统基本结构的有向图，如图 3-16a、b 所示。要求：

（1）写出系统要素集合 S 及 S 上的二元关系集合 R_b。

（2）建立邻接矩阵 A、可达矩阵 M 及缩减矩阵 M'。



a)　　b)

图 3-16　题 21 图

b）（1）$S=\{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}$

$R_b=\{(S_1, S_3), (S_1, S_5), (S_2, S_4), (S_4, S_2), (S_4, S_6), (S_5, S_2), (S_5, S_1)\}$

（2）$A=\begin{bmatrix}0&0&1&0&1&0\\0&0&0&1&0&0\\0&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&1\\1&1&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}$，$M=\begin{bmatrix}1&1&1&1&1&1\\0&1&0&1&0&1\\0&0&1&0&0&0\\0&1&0&1&0&1\\1&1&1&1&1&1\\0&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$

$$M'=\begin{array}{c}\\1\\2\\3\\6\end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{cccc}1&2&3&6\end{array}\\\begin{bmatrix}1&1&1&1\\0&1&0&1\\0&0&1&0\\0&0&0&1\end{bmatrix}\end{array}$$

22. 请依据图 3-17 建立可达矩阵。

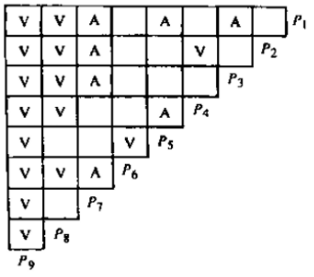


图 3-17　题 22 图

21、$M=\begin{array}{c}\\1\\2\\3\\4\\5\\6\\7\\8\\9\end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{ccccccccc}1&2&3&4&5&6&7&8&9\end{array}\\\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0&0&1&1\\0&1&0&1&0&0&0&1&1\\1&0&1&0&0&0&0&1&1\\0&0&0&1&0&0&0&1&1\\1&0&0&1&1&1&0&1&1\\0&0&0&0&0&1&0&1&1\\1&1&1&1&0&1&1&1&1\\0&0&0&0&0&0&0&1&1\\0&0&0&0&0&0&0&0&1\end{bmatrix}\end{array}$

23. 已知下面的系统可达矩阵，分别用规范方法与实用方法建立其递阶结构模型。

(1)

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0	0	0	1	0	1
2	0	1	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	1	1	0
4	0	1	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	1	0	1	1	0
7	0	0	0	0	1	0	1

(2)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	0	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	0	0	0	0
4	0	1	0	1	0	0	0	0
5	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	0	1	1	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	1

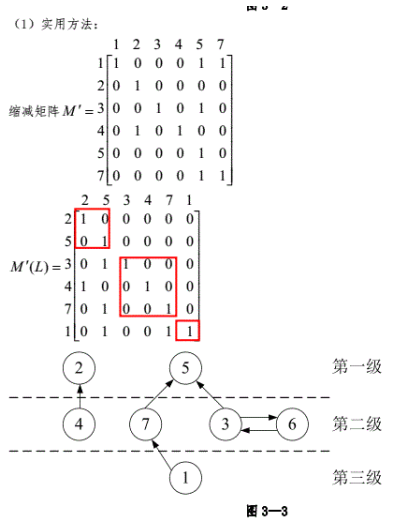


图 3—3

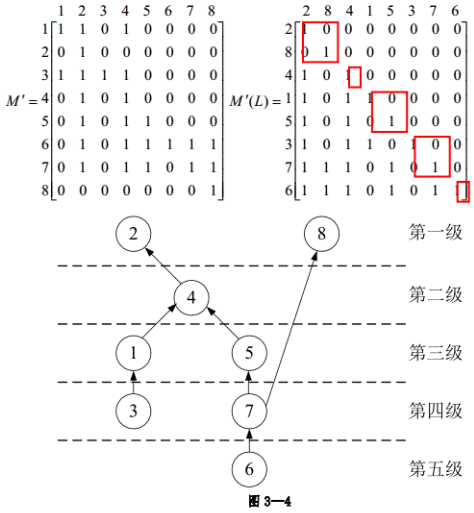


图 3—4

21、系统仿真方法

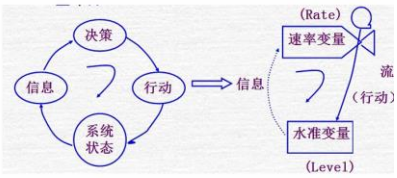
系统仿真的基本方法是建立系统的结构模型和量化分析模型，并将其转换为(或作为)适合在计算机上编程的仿真模型，然后对模型进行仿真实验。

系统动力学方法通过建立系统动力学模型(流图等)、利用 DYNAMO 仿真语言在计算机上实现对真实系统的仿真实验，从而研究系统结构、功能和行为之间的动态关系。

22、系统动力学的研究对象-社会系统；

23、社会系统的结构特点：抉择性具有决策环节(人、信息)；自律性具有反馈环节；非线性具有延迟环节

24、系统动力学将社会系统当作非线性(多重)信息反馈系统来研究。



四个基本要素——状态、信息、决策、行动
两个基本变量——水准变量（L）、速率变量（R）
一个基本思想——反馈控制

水准方程（L方程） L L1·K=L1·J+DT*(RI·JK-RO·JK)

速率方程（R方程） R R1·KL=f (L1·K,A1·K,...)

辅助方程（A方程） A A1·K=g(L1·K,A2·K,R1·JK,...)

常量方程 （C方程） C C1=数值

赋初值方程（N方程） N L1=数值
或 “ L1=L10 , L10=数值”

8. 假设每月招工人数 MHM 和实际需要人数 RM 成比例，招工人员的速率方程是：

MHM · KL = P * RM · K

请回答以下问题：

（1）K 和 KL 的含义是什么？

（2）RM 是什么变量？

（3）MHM、P、RM 的量纲是什么？

（4）P 的实际意义是什么？

8、（1）K 指现在的时刻，KL 指从现在时刻 K 到未来时刻 L

（2）水准变量

（3）MHM-人/月，P-比例，RM-人

（4）每月招工人数占实际需要人数的比例

9. 已知如下的部分 DYNAMO 方程：

MT · K = MT · J + DT * (MH · JK − MCT · JK)

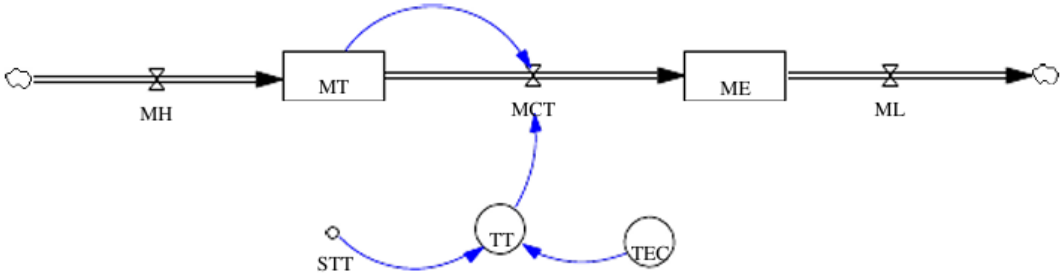
MCT · KL = MT · K/TT · K

TT · K = STT * TEC · K

ME · K = ME · J + DT * (MCT · JK − ML · JK)

其中：MT 表示培训中的人员（人）、MH 表示招聘人员速率（人/月）、MCT 表示人员培训速率（人/月）、TT 表示培训时间、STT 表示标准培训时间、TEC 表示培训有效度、ME 表示熟练人员（人），ML 表示人员脱离速率（人/月）。

请画出对应的 SD 流（程）图。



10. 教学型高校的在校本科生和教师人数（S 和 T）是按一定的比例而相互增长的。已知某高校现有本科生 10000 名，且每年以 SR 的幅度增加，每一名教师可引起本科生人数增加的速率是 18 人/年。学校现有教师 1500 名，每个本科生可引起教师增加的速率（TR）是 0.05 人/年。请用 SD 模型分析该校未来几年的发展规模，要求：

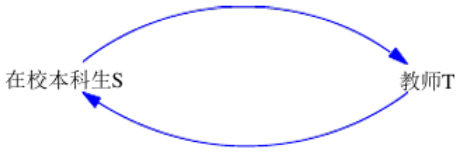
（1）画出因果关系图和流（程）图。

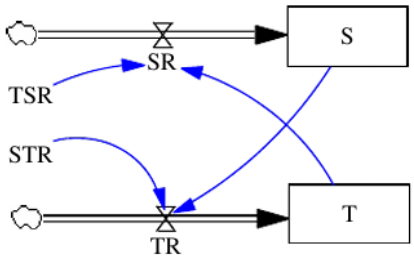
（2）写出相应的 DYNAMO 方程。

（3）列表对该校未来 3～5 年的在校本科生和教师人数进行仿真计算。

（4）请问该问题能否用其他模型方法来分析？如何分析？

10、（1）





（2）方程

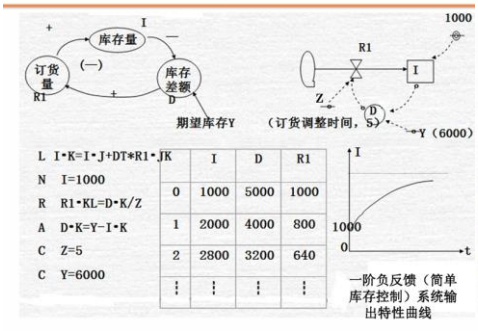
```
L   S.K=S.J+SR.JK*DT
N    S=10000
R   SR.KL=T.K*TSR
C   TSR=1
L   T.K=T.J+TR.JK*DT
N    T=1500
R   TR.KL=S.K*STR
C   STR=0.05
```

（3）计算

表 4—1

TIME	0	1	2	3	4	5
S	10,000	11,500	13,500	16,075	19,325	23,378
T	1,500	2,000	2,575	3,250	4,053	5,020

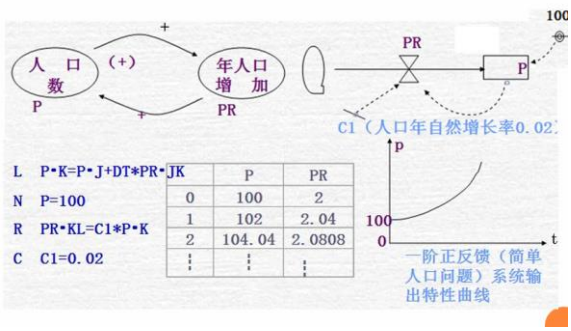
3、一阶负反馈回路




```
L  I·K=I·J+DT*R1·JK
N   I=1000
R   R1·KL=D·K/Z
A   D·K=Y-I·K
C   Z=5
C   Y=6000
```

	I	D	R1
0	1000	5000	1000
1	2000	4000	800
2	2800	3200	640
⋮	⋮	⋮	⋮

2、一阶正反馈回路




```
L   P·K=P·J+DT*PR·JK
N   P=100
R   PR·KL=C1*P·K
C   C1=0.02
```

	P	PR
0	100	2
1	102	2.04
2	104.04	2.0808
⋮	⋮	⋮

25、系统评价：对系统方案满足系统目标程度的综合分析及判定（评价-价值）。

评价对象（what）

评价主体（who）效用：某主体对某种利益和损失所独有的感觉及反应。

评价目的（why）

评价时期（when）期初评价、期中评价、期末评价、跟踪评价

评价地点（where）

评价方法（how）

系统评价是多方面要素（5W1H）所构成的问题复合体。

26、AHP 步骤:

（1）分析评价系统中各基本要素之间的关系，建立系统的递阶层次结构（分解法、ISM 法）；

（2）对同一层次的各要素关于上一层次中某一准则 的重要性进行两两比较，构造判断矩阵（专家调查法），并进行一致性检验；

（3）由判断矩阵计算被比较要素对于该准则的相对权重（方根法）；

（4）计算各层要素相对于系统目的（总目标）的合成（总）权重，并据此对方案等排序（关联矩阵表及加权和法）

27、模糊综合评判法步骤:

（1）确定因素集(评价项目)和评定集(评价等级)；

（2）统计、确定单因素评价隶属度向量，并形成隶属度矩阵 R；

（3）确定权重向量 W；

(4)按某种运算法则，计算综合评定向量 S(综合隶属度向量)及综合评定值 μ(综合得分)。

12. 今有一项目建设决策评价问题，已经建立起如图 5-7、表 5-23 所示的层次结构和判断矩阵，试用层次分析法确定五个方案的优先顺序。

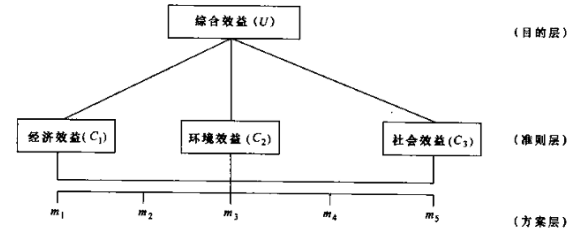


图 5-7　层次结构

表 5-23　判断矩阵

U	C_1	C_2	C_3
C_1	1	3	5
C_2	$\frac{1}{3}$	1	3
C_3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	1

C_1	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
m_1	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	2	5
m_2	5	1	$\frac{1}{2}$	6	8
m_3	7	2	1	7	9
m_4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	1	4
m_5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	1

C_2	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
m_1	1	$\frac{1}{3}$	2	$\frac{1}{5}$	3
m_2	3	1	4	$\frac{1}{7}$	7
m_3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{9}$	2
m_4	5	7	9	1	9
m_5	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{9}$	1

C_3	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
m_1	1	2	4	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{2}$
m_2	$\frac{1}{2}$	1	3	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$
m_3	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
m_4	9	6	9	1	3
m_5	2	3	7	$\frac{1}{3}$	1

解：由判断矩阵可得出以下结论：

U	C_1	C_2	C_3	W_i	W_i^0	λ mi	λ max=3.039
C_1	1	3	5	2.466	0.637	3.038	C.I.= (λ max-n)/(n-1)
C_2	1/3	1	3	1	0.258	3.037	=0.02
C_3	1/5	1/3	1	0.405	0.105	3.041	R.I.=0.52
							C.R.=0.038＜0.1

C_1	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	W_i	W_i^0	λ mi	λ max=5.299
m_1	1	1/5	1/7	2	5	0.778	0.097	5.285	C.I.= (λ max-n)
m_2	5	1	1/2	6	8	2.605	0.324	5.210	/(n-1) =0.07
m_3	7	2	1	7	9	3.882	0.482	5.268	R.I.=1.12
m_4	1/2	1/6	1/7	1	4	0.544	0.068	5.253	C.R.=0.06＜0.1
m_5	1/5	1/8	1/9	1/4	1	0.231	0.029	5.481	

C_2	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	W_i	W_i^0	λ mi	λ max=5.303
m_1	1	1/3	2	1/5	3	0.833	0.102	5.105	C.I.= (λ max-n)
m_2	3	1	4	1/7	7	1.644	0.201	5.432	/(n-1) =0.08
m_3	1/2	1/4	1	1/9	2	0.448	0.060	5.062	R.I.=1.12
m_4	5	7	9	1	9	4.904	0.600	5.651	C.R.=0.07＜0.1
m_5	1/3	1/7	1/2	1/9	1	0.305	0.037	5.267	

C_3	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	W_i	W_i^0	λ mi	λ max=5.204
m_1	1	2	4	1/9	1/2	0.850	0.110	5.241	C.I.= (λ max-n)
m_2	1/2	1	3	1/6	1/3	0.608	0.079	5.118	/(n-1) =0.05
m_3	1/4	1/3	1	1/9	1/7	0.266	0.034	5.264	R.I.=1.12
m_4	9	6	9	1	3	4.293	0.557	5.374	C.R.=0.045＜0.1
m_5	2	3	7	1/3	1	1.695	0.220	5.022	

方案总重要度计算表如下：

	C_1	C_2	C_3	m_j
	0.637	0.258	0.105	
m_1	0.097	0.102	0.110	0.100
m_2	0.324	0.201	0.079	0.267
m_3	0.408	0.060	0.034	0.326
m_4	0.068	0.600	0.557	0.257
m_5	0.029	0.037	0.220	0.051

所以 $m_3 \rangle m_2 \rangle m_4 \rangle m_1 \rangle m_5$