斜拉桥的影响綫

〔日本〕渡边昇　著
廖顺庠
吴在辉　译

人民交通出版社

斜拉桥的影响线

〔日本〕 渡边昇 著
廖顺庠
吴在辉 译

人民交通出版社

斜拉桥的影响线

〔日本〕 渡边昇 著
廖 顺 庠
吴 在 辉 译

人民交通出版社出版
（北京市安定门外和平里）
北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号
新华书店北京发行所发行
各 地 新 华 书 店 经 售
人民交通出版社印刷厂印
开本：787×1092 1/32 印张：4.5 字数：90 千
1 9 8 0 年 7 月 第 1 版
1 9 8 0 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷
印数：0001— 4,400册 定价：0.37元

译者前言

斜拉桥由于经济、美观以及构造的合理性，成为一种有广阔前景的现代桥梁形式，其经济跨径为200～500米，甚至也适合更大跨径的梁桥。作为大跨度桥梁，刚性比吊桥大。

国外斜拉桥最近20～30年内进展较快，国内斜拉桥近年来也正在迅速发展。

日本渡边昇氏所著《桥梁影响线的理论和计算方法》一书，其中第7章《斜拉桥的影响线》，详细叙述了斜拉桥的理论，并列举了算例，提供了实用的计算方法。我们特将其译出，供我国从事桥梁工程的同志们参考。

由于水平有限，译文中一定会存在不妥和错误之处，欢迎读者批评指正。

译文承李明昭同志协助校核，在此表示感谢。

目　　录

§1. 斜拉桥的理论（著者的方法）

图1(a)所示的斜拉桥，是由塔与斜索吊起的三跨连续梁结构，塔的底部与地基固定，顶端系自由端。在塔的自由端上的滚轴支承部位，有一根斜索连续通到左右两边，可视为在塔的中部有两根斜索靠铰分别与梁连接的构造而进行分析。

图1(a)的连续梁本身为3次，斜索部分为6次，共计为9次超静定。本文乃按使用如图所示的尺寸及断面左右对称的结构而进行分析。

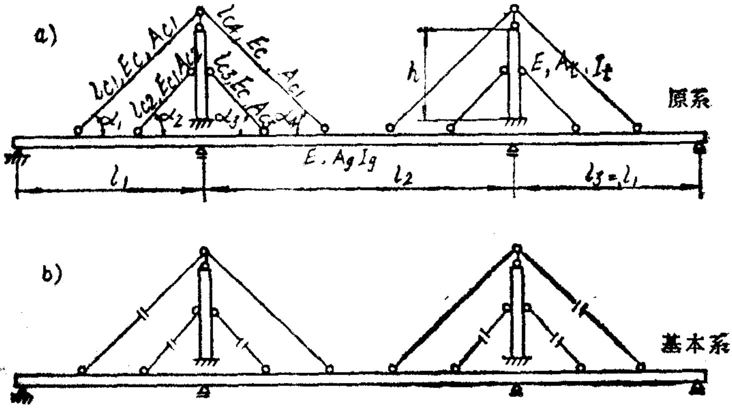


图 1

图中： l——连续梁的跨径，

h——塔的高度，

l_c——斜索的长度，

α——斜索与连续梁之间的角度，

I_g——连续梁断面的惯性矩，

I_t——塔断面的惯性矩，

A_g——连续梁的断面积，

A_t——塔的断面积，

A_c——斜索的断面积，

E——连续梁及塔的弹性模量，

E_c——斜索的弹性模量。

由于图1(a)系9次超静定，所以必须解出以9个超静定力作为未知量的9元联立方程式。可是，如果选择三跨连续梁作为基本体系，将结构看作如图1(b)所示，选6根斜索的轴向力作为超静定力，就能按6次超静定来处理，计算将会非常迅速。这样只要解出以6根斜索的轴向力为未知量的6元联立方程式即可。但，为此必须事先完全求出三跨连续梁基本体系本身的应力及垂直变位的影响线等数值。也就是说，可利用事先已经做好的表25及表26进行计算。

此外，在本文的计算中，对连续梁及塔中产生的剪力能，因其影响较小而忽略。

并且对连续梁及塔中所产生的轴向力能，也认为影响较小，原则上忽略不计。

图1(a)所示的构造，在尺寸及断面值方面，左右对称于桥中，只是连续梁的四个支承条件，使连续梁内的轴向力不成为对称，因此，严格地说不能认为这个图的斜拉桥是左右对称的。但是，现在忽略连续梁内的轴向力能，就可视为左右对称的结构。因而，在此情况下，可用组合荷载的力学方法计算出来，所以对图1(b)所示的基本体系，以6组超静定斜索轴向力作为超静定力插入而进行解析。

首先，如图2到图7所示，将6组超静定组斜索的轴向力插入基本体系，把它叫做状态 $X_{(1)}=1$ ……到状态 $X_{(6)}=1$，于是，在状态 $X_{(1)}=1$ 到状态 $X_{(6)}=1$ 基本体系的连续梁的垂直变位曲线“$\delta_{(1)(0)}$”，……，“$\delta_{(6)(0)}$”，就

成为如图2（b）至图7（b）所示。然后，如图2（a）至图7（a）中那样，用δ表示超静定力插入点斜索的缩短或伸长。例如，用$\delta_{K(i)}$表示在超静定力$X_{K(i)}=1$的插入点的δ。

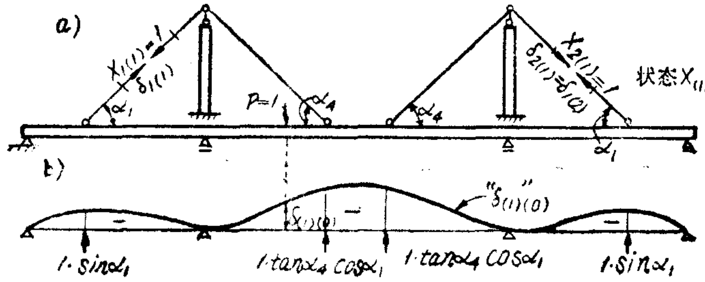


图　2

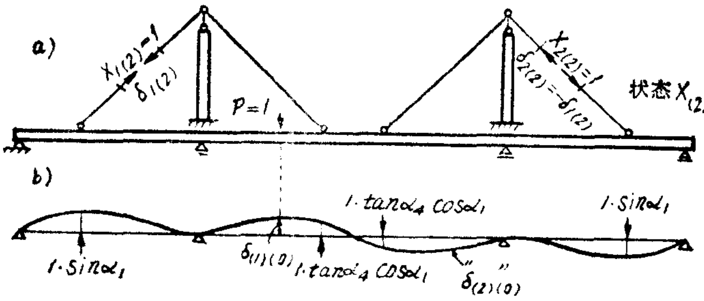


图　3

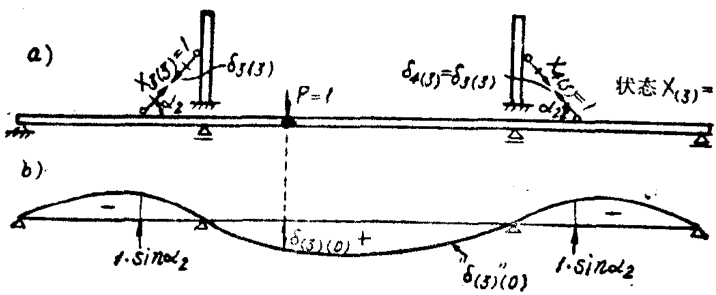


图　4

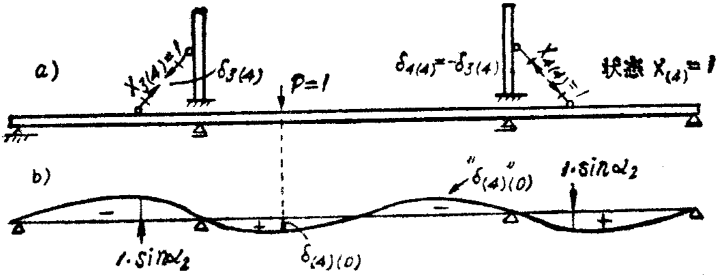

a)
P=1
状态 X(4)=1
b)
1·sinα2
1·sinα2

图 5

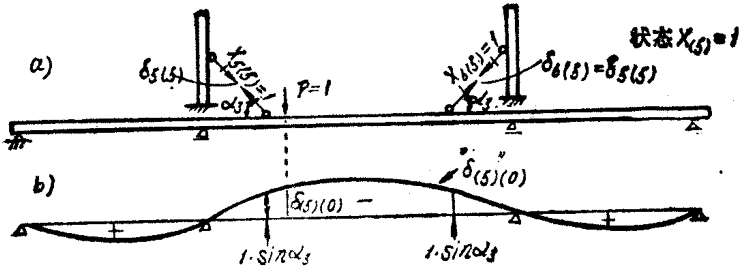

状态 X(5)=1
a)
P=1
b)
1·sinα3
1·sinα3

图 6

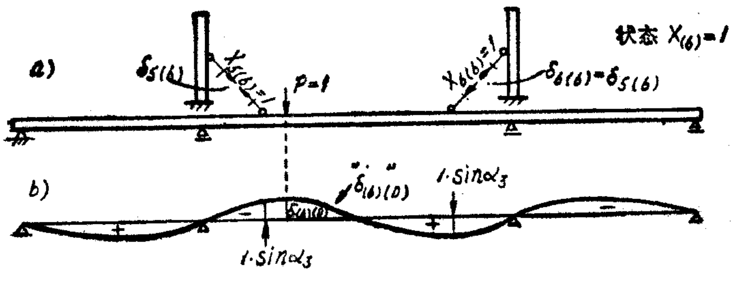

状态 X(6)=1
a)
P=1
b)
1·sinα3
1·sinα3

图 7

其次，在从状态 $X_{(1)}=1$ 至 $X_{(6)}=1$ 基本体系的轴力图、弯矩图、剪力图，就成为如图 8 至图13所示。

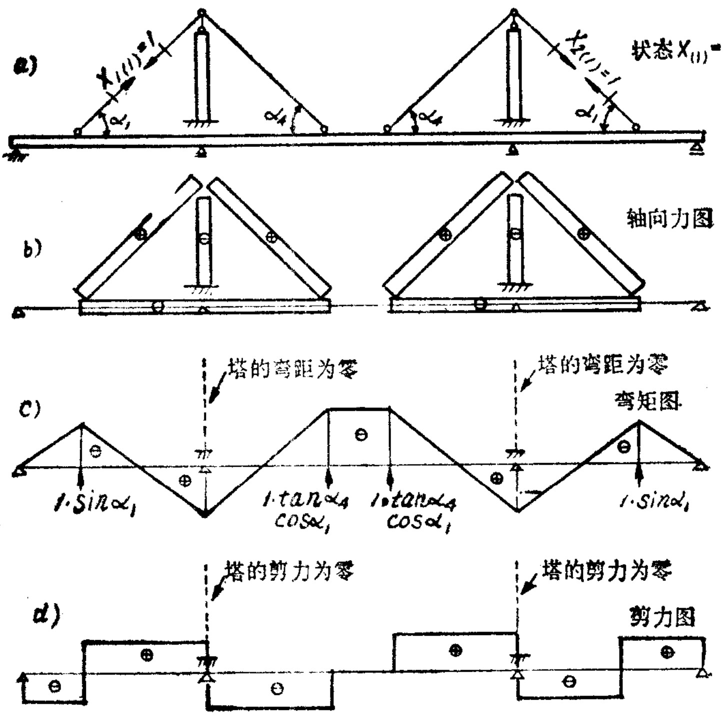
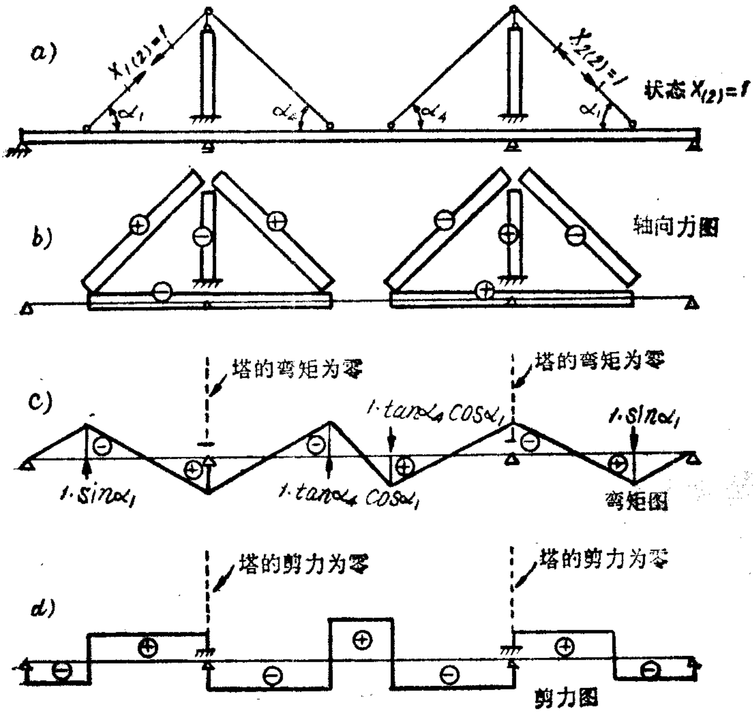


图 8



a)
$X_{1(2)}=1$
$X_{2(2)}=1$
状态 $X_{(2)}=1$
α_1
α_4
b)
轴向力图
c)
塔的弯矩为零
塔的弯矩为零
$1\cdot\tan\alpha_4\cos\alpha_1$
$1\cdot\sin\alpha_1$
$1\cdot\sin\alpha_1$
$1\cdot\tan\alpha_4\cos\alpha_1$
弯矩图
d)
塔的剪力为零
塔的剪力为零
剪力图

图 9

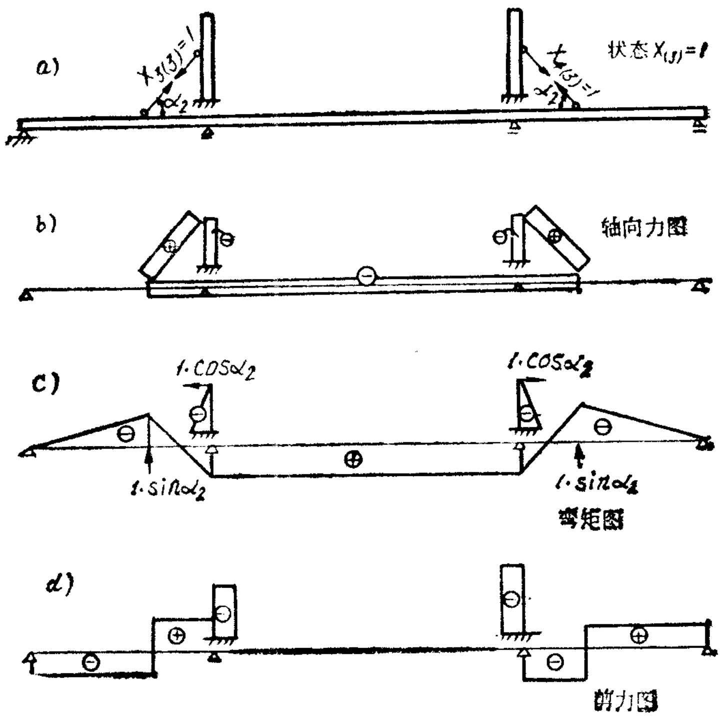

a)
$X_{3(3)}=1$
α_2
$X_{3(3)}=1$
α_2
状态 $X_{(3)}=1$
b)
轴向力图
c)
$1\cdot\cos\alpha_2$
$1\cdot\cos\alpha_2$
$1\cdot\sin\alpha_2$
$1\cdot\sin\alpha_2$
弯矩图
d)
剪力图

图 10

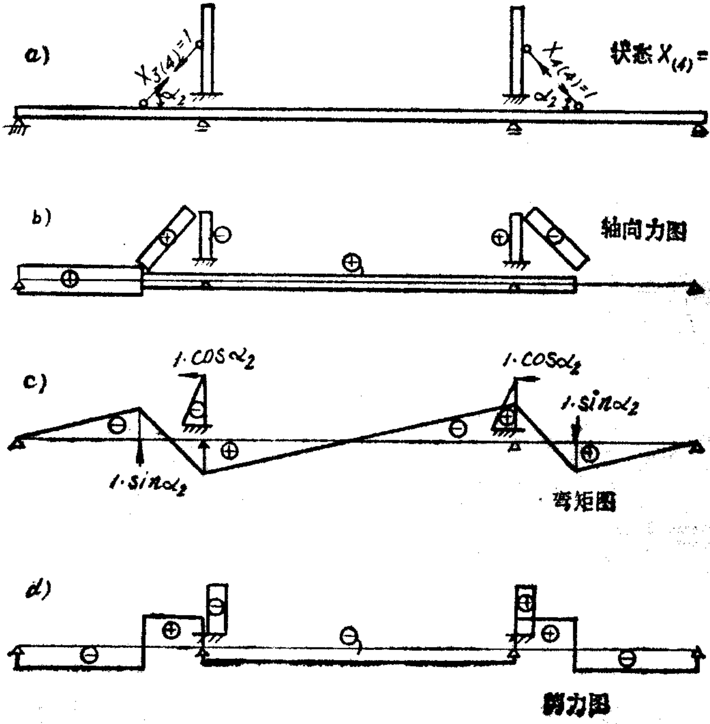

a)
状态 $X_{(4)}=1$
$X_{3(4)}=1$
$X_{4(4)}=1$
α_2
b)
轴向力图
c)
$1\cdot\cos\alpha_2$
$1\cdot\sin\alpha_2$
弯矩图
d)
剪力图

图 11

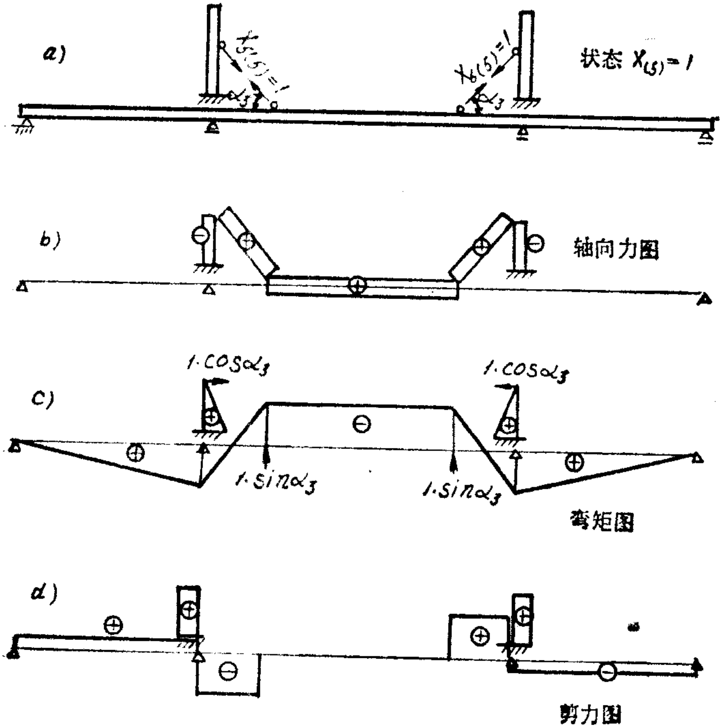

a)
$X_{5(5)}=1$
$X_{6(5)}=1$
α_3
状态 $X_{(5)}=1$
b)
轴向力图
c)
$1\cdot\cos\alpha_3$
$1\cdot\sin\alpha_3$
弯矩图
d)
剪力图

图 12

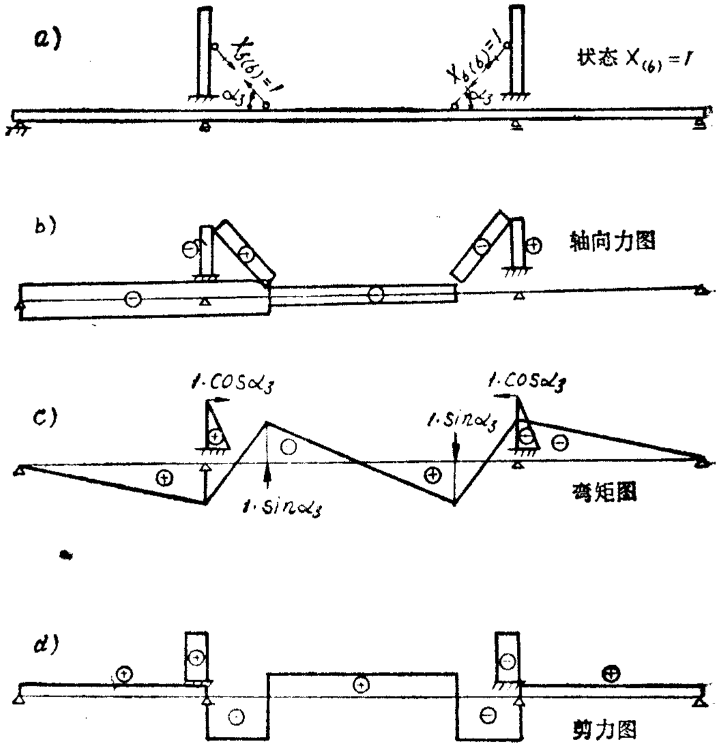


图 13

因此，现在假定 $P=1$ 在梁上移动，$X_{(i)}$ 的影响线"$X_{(i)}$"，解下列6元联立方程式即得。

$$
\left.\begin{array}{cccccc|c}
 & & \text{(左边)} & & & & \text{(右边)} \\
\text{“}X_{(1)}\text{”} & \text{“}X_{(2)}\text{”} & \text{“}X_{(3)}\text{”} & \text{“}X_{(4)}\text{”} & \text{“}X_{(5)}\text{”} & \text{“}X_{(6)}\text{”} & -1 \\
\hline
\delta_{(1)(1)} & \delta_{(1)(2)} & \delta_{(1)(3)} & \delta_{(1)(4)} & \delta_{(1)(5)} & \delta_{(1)(6)} & \text{“}\delta_{(1)(0)}\text{”} \\
\delta_{(2)(1)} & \delta_{(2)(2)} & \delta_{(2)(3)} & \delta_{(2)(4)} & \delta_{(2)(5)} & \delta_{(2)(6)} & \text{“}\delta_{(2)(0)}\text{”} \\
\delta_{(3)(1)} & \delta_{(3)(2)} & \delta_{(3)(3)} & \delta_{(3)(4)} & \delta_{(3)(5)} & \delta_{(3)(6)} & \text{“}\delta_{(3)(0)}\text{”} \\
\delta_{(4)(1)} & \delta_{(4)(2)} & \delta_{(4)(3)} & \delta_{(4)(4)} & \delta_{(4)(5)} & \delta_{(4)(6)} & \text{“}\delta_{(4)(0)}\text{”} \\
\delta_{(5)(1)} & \delta_{(5)(2)} & \delta_{(5)(3)} & \delta_{(5)(4)} & \delta_{(5)(5)} & \delta_{(5)(6)} & \text{“}\delta_{(5)(0)}\text{”} \\
\delta_{(6)(1)} & \delta_{(6)(2)} & \delta_{(6)(3)} & \delta_{(6)(4)} & \delta_{(6)(5)} & \delta_{(6)(6)} & \text{“}\delta_{(6)(0)}\text{”}
\end{array}\right\} \quad (1)
$$

式中，$\delta_{(i)(j)}$系状态$X_{(i)}=1$的力与状态$X_{(j)}=1$的变位所做的功，根据互等定理，$\delta_{(i)(j)}=\delta_{(j)(i)}$，并且$\delta_{(i)(i)}$通常为正。

如最初的假定那样，如果从$\delta_{(i)(j)}$中，忽略连续梁及塔中所产生的轴力能，则其组合荷载力学的性质有如下的关系。

$$\left.\begin{array}{ll}\delta_{(1)(2)}=\delta_{(2)(1)}=0, & \delta_{(1)(4)}=\delta_{(4)(1)}=0,\\ \delta_{(2)(3)}=\delta_{(3)(2)}=0, & \delta_{(2)(5)}=\delta_{(5)(2)}=0,\\ \delta_{(3)(4)}=\delta_{(4)(3)}=0, & \delta_{(3)(6)}=\delta_{(6)(3)}=0,\\ \delta_{(4)(5)}=\delta_{(5)(4)}=0, & \delta_{(5)(6)}=\delta_{(6)(5)}=0。\\ \delta_{(1)(6)}=\delta_{(6)(1)}=0。 & \end{array}\right\}\quad(2)$$

因此，式(1)可简化为下列2组3元联立方程式。

$$\left.\begin{array}{ccc|c}``X_{(1)}" & ``X_{(3)}" & ``X_{(5)}" & -1\\ \hline \delta_{(1)(1)} & \delta_{(1)(3)} & \delta_{(1)(5)} & ``\delta_{(1)(0)}",\\ \delta_{(3)(1)} & \delta_{(3)(3)} & \delta_{(3)(5)} & ``\delta_{(3)(0)}",\\ \delta_{(5)(1)} & \delta_{(5)(3)} & \delta_{(5)(5)} & ``\delta_{(5)(0)}",\end{array}\right\}\quad(3)$$

$$\left.\begin{array}{ccc|c}``X_{(2)}" & ``X_{(4)}" & ``X_{(6)}" & -1\\ \hline \delta_{(2)(2)} & \delta_{(2)(4)} & \delta_{(2)(6)} & ``\delta_{(2)(0)}",\\ \delta_{(4)(2)} & \delta_{(4)(4)} & \delta_{(4)(6)} & ``\delta_{(4)(0)}",\\ \delta_{(6)(2)} & \delta_{(6)(4)} & \delta_{(6)(6)} & ``\delta_{(6)(0)}"。\end{array}\right\}\quad(4)$$

如以式(3)左边的系数行列式为$D_{(1)}$，式(4)左边的系数行列式为$D_{(2)}$，则从“$X_{(1)}$”至“$X_{(6)}$”的影响线可用下列公式计算。

$$``X_{(1)}"=\frac{1}{D_{(1)}}\begin{vmatrix}-``\delta_{(1)(0)}" & \delta_{(1)(3)} & \delta_{(1)(5)}\\ -``\delta_{(3)(0)}" & \delta_{(3)(3)} & \delta_{(3)(5)}\\ -``\delta_{(5)(0)}" & \delta_{(5)(3)} & \delta_{(5)(5)}\end{vmatrix},$$