

绘制透视立体图的一种方法

黄培之

(西南交通大学)

摘 要

本文对利用以规则格网表示的地面数字高程模型绘制透视立体图的方法进行了讨论,以透视原理为基础计算出模型点对应的变换点坐标。在分析过去采用的单方向处理隐藏线的方法基础上,提出了双方向处理隐藏线的方法,并应用该方法绘制出了透视立体图。

【关键词】 透视图; 单方向; 双方向; 模型

1 绘制透视立体图的基本思想

透视立体图是将三维的空间模型按透视变换原理变换至二维平面上,其特点是直观、易懂、视觉效果好。地形透视立体图绘制的基本思想是:将用矩形格网表示的高程数据场中的每一个模型点 P ,按照透视投影的原理变换成二维平面上的对应点 P' ,然后根据一定的规则对隐藏线进行处理,最后将所有处理过的透视变换点连成网状,即可得该地形模型的透视立体图。

2 透视投影的坐标变换原理

图1为透视平面示意图,其中 $T-xy$ 为透视平面坐标系,将此坐标系平移至透视点 S ,取主光轴的反方向 \overline{OS} 为 Z' 轴得透视空间坐标系 $S-x'y'z'$ 。

模型坐标系(该坐标系与DEM矩形格网方向相平行)为 $M-X_M Y_M Z_M$ (Z_M 铅直向上),将此坐标系平移至透视点 S ,得透视空间辅助坐标系 $S'-X'_M Y'_M Z'_M$ 。

任一模型点 P 在模型坐标系中的坐标为 $P(X_{MP}, Y_{MP}, Z_{MP})$, 模型点 P 在透视空间辅助坐标系中的坐标为 $P(X'_{MP}, Y'_{MP}, Z'_{MP})$ 。该点的透视点 P' 在透视空间坐标系中的坐标为 $P'(x'_{P'}, y'_{P'}, z'_{P'})$, 在透视平面坐标系中的坐标为 $P'(x_{P'}, y_{P'})$ 。

$$\begin{pmatrix} x'_{P'} \\ y'_{P'} \\ z'_{P'} \end{pmatrix} = \lambda R^T \begin{pmatrix} X_{MP} - X_{MS} \\ Y_{MP} - Y_{MS} \\ Z_{MP} - Z_{MS} \end{pmatrix}$$

其中 $[X_{MS}, Y_{MS}, Z_{MS}]^T$ 是视点 S 在模型坐标系中的坐标

$$R^T = \begin{pmatrix} \cos x' X_M & \cos x' Y_M & \cos x' Z_M \\ \cos y' X_M & \cos y' Y_M & \cos y' Z_M \\ \cos z' X_M & \cos z' Y_M & \cos z' Z_M \end{pmatrix}$$

$$= R_{-\alpha} R_{\theta} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \cos \alpha \sin \theta & \cos \alpha \cos \theta & \sin \alpha \\ -\sin \alpha \sin \theta & -\sin \alpha \cos \theta & \cos \alpha \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x'_{P'} \\ y'_{P'} + (Z_{MS} - |OS| \cos \alpha) / \sin \alpha \end{pmatrix} \quad (2)$$

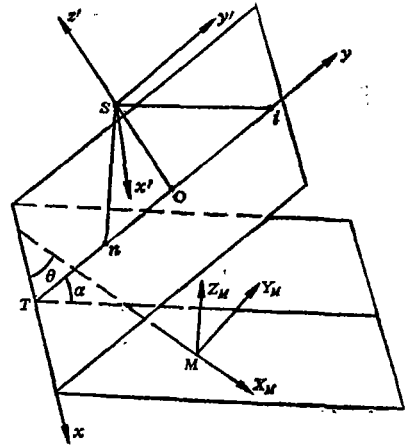


图 1

3 隐藏线的处理

通过视点 S 观看某一模型点 P , 如果在通过视线 \overline{SP} 的垂直断面上, 有一位于 S 、 P 之间的点 P_1 , 其高程可由内插法获得^[1], 高于视线 \overline{SP} 在该点处的高程, 则 P 点为不可视点^[4], 在绘制透视立体图中将该点称为隐藏点。沿某一方向相邻隐藏点的连线(集合)称为隐藏线。

在绘制透视立体图中, 如果对隐藏线不加处理, 则其立体效果甚差(见图 2)。

过去绘制透视立体图, 一般采用垂直透视投影, 即 $\alpha = 90^\circ$, 在隐藏线处理方法上, 采用

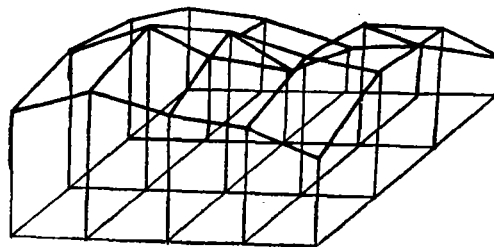


图 2

3.1 单方向隐藏线处理方法

该方法是将模型看成某一格网方向排列的一组断面。如果所绘断面的上边沿的透视坐标的 y 值小于已经断面中的相同 x 的 y 值的最大值 y_{max} ，则该点为隐藏点，否则为可见点。实时地将所绘断面的 y 最大值的 x, y 记录下来，组成一组遮挡指标线。在绘制后续断时修改该指标线， y 值大于指标线上相同 y_{max} 时，修改指标线，绘出此点，否则，反之。

图 3 中，当绘完断面 II 时，其指标线为 $\overline{a_2b_2}$ 、 $\overline{b_2c_2}$ 、 $\overline{c_2d_2}$ 、 $\overline{d_2e_2}$ 。在绘断面 III 时 $\overline{a_3M_3}$ 在指标线上应绘出， $\overline{M_3b_3}$ 、 $\overline{b_3c_3}$ 、 $\overline{c_3N_3}$ 在指标线下，则为隐藏线，不应绘出。 $\overline{N_3d_3}$ 、 $\overline{d_3e_3}$ 在指标线上，则应绘出。绘完断面 III 时，修改后的指标线为 $\overline{a_3M_3}$ 、 $\overline{M_3c_2}$ 、 $\overline{c_2d_2}$ 、 $\overline{d_2N_3}$ 、 $\overline{N_3d_3}$ 、 $\overline{d_3e_3}$ 。

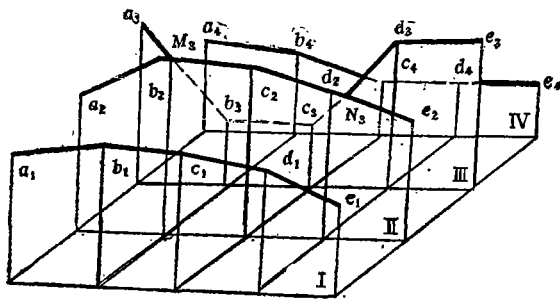


图 3

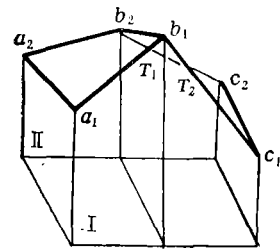


图 4

绘完一个方向上的所有断面后，再从另一个格网方向上以相同的方法绘出所有的断面，最后可得透视立体图。

此种方法在处理隐藏线时，是以一个断面为一个单元来考虑的，其效果还不是很好，在某些情况下，就显出其不足了。如图 4 所示，在绘制断面 II 时， T_1T_2 是隐藏线，而实际上 b_2T_1 受 b_1b_2 的遮挡，但此种处理隐藏线的方法对这种现象未加以考虑。

3.2 双方向隐藏线处理方法

此法是以一个格网边为一个遮挡单元，其基本思想是：将整个模型表面看成一些四边形的组合，由于这些四边形（见图 5）有可能不在同一平面上，因此，将每个四边形看成有四

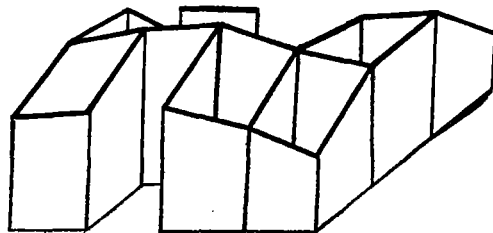
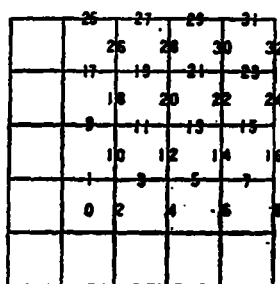


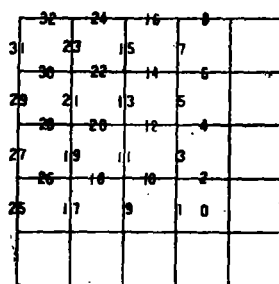
图 5

个竖直四边形的顶边所组成，然后按照离透视点 S 由近及远的顺序来排放这些竖直四边 (见图 6)，从而得到该模型。

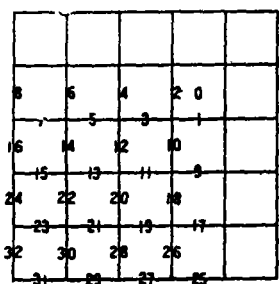
竖直四边形的排列顺序如图 6，它是模型在水平面上的垂直投影， O 为透视点在水平面上的投影。



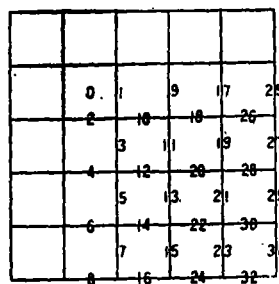
(a) 透视点在模型左下方时



(b) 透视点在模型右下方时



(c) 透视点在模型右上方时



(d) 透视点在模型左上方时

图 6

按照图 6 的秩序，依次计算出每一模型点在透视平面上投影点的坐标值，该坐标的 y 值大于相应的指标线时，则为可见点，并修改遮挡指标线；否则，为不可视点，遮挡指标线不变 (见图 7)。解析关系推导见图 8。

修改前指标线

修改后指标线

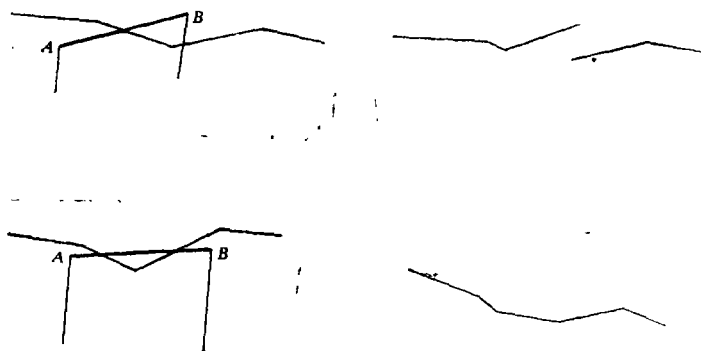


图 7

由矢量代数可知，点 $P(x_P, y_P)$ 与以点 (x_1, y_1) 为起始点及点 (x_2, y_2) 为终点的有向线段的关系为：

$$\begin{cases} \begin{vmatrix} x_P & x_2 & x_1 \\ y_P & y_2 & y_1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = 0 & \text{之上} \\ \begin{vmatrix} x_P & x_2 & x_1 \\ y_P & y_2 & y_1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} > 0 & \text{右侧} \\ \begin{vmatrix} x_P & x_2 & x_1 \\ y_P & y_2 & y_1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} < 0 & \text{左侧} \end{cases} \quad (3)$$

应用式(3)可得 A 点在 (C, D) 区间的判别式为：

$$\begin{cases} \begin{vmatrix} x_A & x_n & x_C \\ y_A & y_n & y_C \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \geq 0 \\ \begin{vmatrix} x_A & x_n & x_D \\ y_A & y_n & y_D \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} < 0 \end{cases} \quad (4)$$

及 A 点在 \overline{CD} 直线下的判别式为：

$$\begin{vmatrix} x_A & x_D & x_C \\ y_A & y_D & y_C \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} > 0 \quad (5)$$

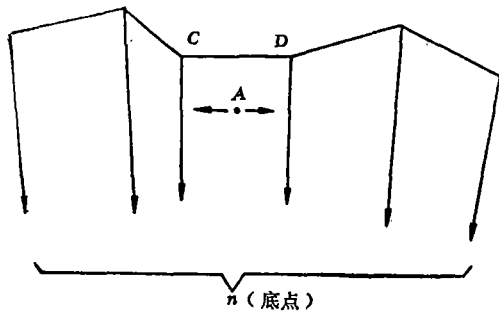


图 8

4 透视立体图的绘制

图9是一个透视立体图，其投影中心在模型的右前方，所以将格网边的排列顺序按图6(b)进行排列。

首先绘出 \overline{ab} 、 \overline{bc} ，得指标线 \overline{ab} 、 \overline{bc} ，然后绘 \overline{ad} ，得指标线 \overline{da} 、 \overline{ab} 、 \overline{bc} ；再绘 \overline{de} 、 \overline{eb} 得指标线 \overline{de} 、 \overline{eb} 、 \overline{bc} ，绘 \overline{ef} 、 \overline{fc} 得指标线 \overline{de} 、 \overline{ef} 、 \overline{fc} ；绘 \overline{gd} ，得指标线 \overline{gd} 、 \overline{de} 、 \overline{ef} 、 \overline{fc} ；绘 \overline{gh} 、 \overline{he} ，得指标线 \overline{gh} 、 \overline{he} 、 \overline{ef} 、 \overline{fc} ；当绘 \overline{hi} 、 \overline{if} 时，由于它们在当前指标线下，则为隐藏线，不应绘出。

按以上步骤，我们编制了自动绘制透视立体图的程序，并进行了实验。实验地区的地形图见图10。图11是其透视立体图，其中 $\alpha = 60^\circ$ ， $\theta = 30^\circ$ 。

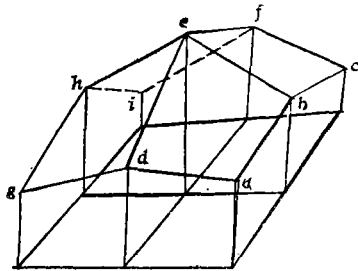


图 9

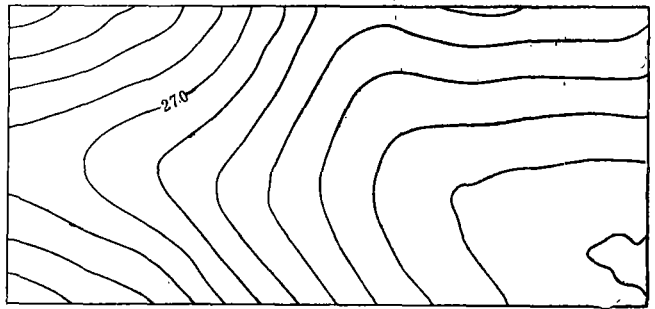


图 10

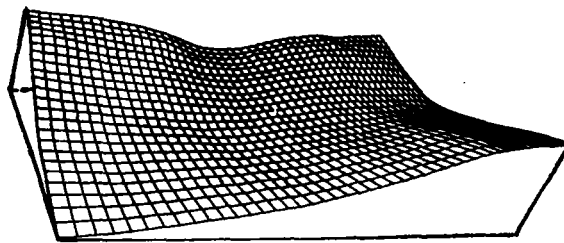


图 11

5 结束语

通过一个实例，对本文所提出的双方向处理隐藏线的方法进行了实验，并绘制了透视立体图。实验证明：该方法克服了过去采用的单方向处理隐藏线在绘制透视立体图中存在的一些缺陷，用该法绘制的透视立体图有立体感强、视觉效果好等优点。

本文是在李德仁教授指导下完成的，谨致鸣谢！

参 考 文 献

- [1] 王之卓. 摄影测量原理. 测绘出版社, 1979.
- [2] 黄伟. 三维地图的机助制图试验. 武汉测绘学院学报, No. 1, 1982.
- [3] 刘岳, 梁启章. 专题地图制图自动化. 测绘出版社, 1981.
- [4] Pinas Yoeli. The Making of Intervisibility Maps with Computer and Plotter. CARTOGRAPHICA Vol. 22, No. 3, 1985.

A Method of Drawing Perspective Maps

Huang Peizhi

Abstract

This paper discusses a method of drawing perspective maps from DEM with regular grids. The translated coordinates of model points are obtained according to the perspective principles. The method of processing hidden lines in two directions is put forward after analyzing the method of that in one direction and a perspective map is drawn by this method.

[Key words] perspective map; one direction; two-directions; model