

低次趋势面描述云南地势宏观特征的探讨

蒋 忠 信

(铁道部第二勘测设计院科学技术研究所)

提 要: 作为趋势面分析方法的一个试例, 本文用海拔高度与局部地势二个参数表征地势特征, 将云南省按经纬方格划分为214个区域, 讨论了对地势和局部地势的宏观特征。

主题词: 趋势面分析 地势 云南

近年来, 随着电算技术的迅猛发展, 趋势面分析在地学领域具有广泛应用的前景。较规则的地势面用低次趋势面分析, 可揭示其形态的宏观特征。一次趋势面是一个平面, 可用以描述平原和高原地势; 二次趋势面是一个规则曲面, 可用以描述扇地、穹丘以及规则变形的地势面。

云南系云贵高原的主体, 高原面由西北向东南倾斜, 地貌上一般划分为滇西北高山峡谷、滇东高原和滇西横断山区。由于云南地势变化较为规律、本文采用低次趋势面对云南地势进行定量描述, 作为应用趋势面分析方法的一个试例, 同时也深化对云南地势宏观特征的认识。

根据当前地貌基本形态分类的趋向^[1], 本文采用海拔高度与局部地势这两个参数表征地势特征。分析中, 以经度 $30'$ \times 纬度 $20'$ 为一个区, 将云南全省划分为214个区域。以区内最高点海拔高度作为绝对地势, 近似代表山顶面; 以区内最高点与最低点之高差作为局部地势, 近似代表区域切割深度。由于每个区的面积较大, 区内最高点及其与最低点之高差尚与山顶面、切割深度有一定区别, 因而代表山顶面、切割深度只能是近似的, 但尚不会对分析方法和分析结果产生根本影响。当一座高峰绵延于两个相邻区时, 只在一个区取值; 不足一个区面积的边缘带, 酌情归併取值。

一、绝对地势的宏观特征

(一) 经、纬向变化趋势

以 $30'$ 经度带或 $20'$ 纬度带内各个区绝对地势的平均值 \bar{H} 为例, 分析其沿经、纬向的变化趋势。由于云南不是矩形, 边缘带的 \bar{H} 不一定具代表性, 故分析所得变化趋势仅是近似的, 但作为趋势面分析的基础还是必要的。

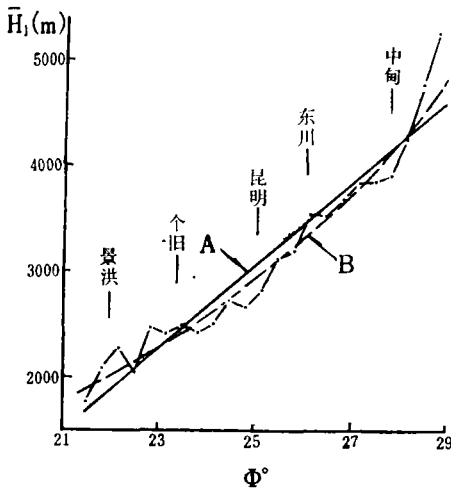


图 1 绝对地势均值 \bar{H}_1 随纬度 Φ 的变化
The change of \bar{H}_1 with latitude Φ

对 20' 纬度带内各区绝对地势的平均值 \bar{H}_1 (m) 与纬度 Φ (度) 进行回归, 结果表明绝对地势南北向变化趋势近似为上升直线 (图 1A)。直线方程为:

$$\bar{H}_1 = 387.2\Phi - 6628$$

样本数 $n = 23$, 相关系数 $r = 0.961$ 。

表明山顶面由北向南降低, 下降率约每一纬度 387m, 即每 km 下降约 3.5m。这种趋势与横断山系高度向南降低的现象一致。

进一步分析, \bar{H}_1 与 Φ 更近于指数曲线关系。拟合的最佳方程为 (图 1B):

$$\bar{H}_1 = 132.8e^{0.1286\Phi} \quad \text{相关系数 } R = 0.979$$

上式反映 \bar{H}_1 向南以一定减速度下降, 即南北向山顶面略呈下凹曲线形, 与均衡调整期的河流纵剖面相类似^[2]。

对 30' 经度带内各个区绝对地势的平均值 \bar{H}_2 (m) 与经度 L (度) 进行回归, 结果近似为下降直线 (图 2A)。直线方程为:

$$\bar{H}_2 = 21265 - 181.8L \quad r = 0.753, n = 17.$$

表明山顶面由西向东降低的变化趋势, 变化率约每一经度 182m, 即每 km 内 1.8m。东西向变化率仅为南北向的一半, 表明绝对地势南北向变化是主要的。

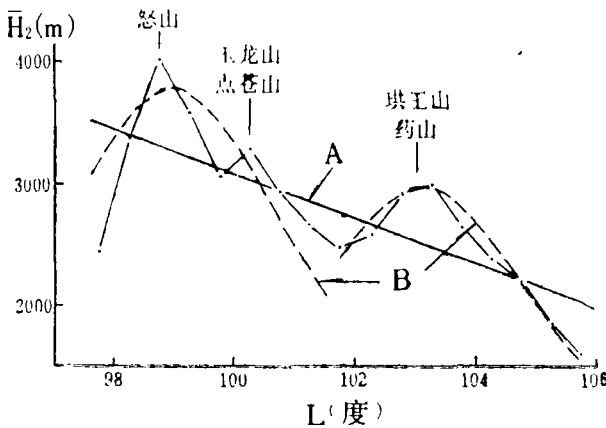


图 2 绝对地势均值 \bar{H}_2 随经度 L 的变化
The change of \bar{H}_2 with longitude L

由于云南山系多南北走向, 故上述相关系数较小。从图 2B 可见, \bar{H}_2 与 L 更近于双峰曲线关系。用变态抛物线进行拟合, 以 L/\bar{H}_2 步长为 5×10^{-4} 、 L 步长为 0.25, 得拟合式为:

$$\text{西段 } \bar{H}_2 = L(32.13 - 0.649L + 0.00328L^2)^{-1}$$

$$\text{东段 } \bar{H}_2 = L(49.17 - 0.954L + 0.00463L^2)^{-1}$$

R 提高到 0.890。双峰曲线反映出横断山系南北走向的特征, 西峰高于东峰则反映向西向东降低的趋势。西峰与滇西横断山系相当, 东峰与滇东北山地对应, 其间为滇中高原。

(二) 平面型变化规律

一次趋势面反映平面型变化规律。将 214 个区的绝对地势 H (m) 与各区中心的经、纬度 (L° 、 Φ°) 进行一次趋势面分析, 结果为 (图 3):

$$H = 13572 - 186.1L + 330.9\Phi$$

拟合度 $C = 68.4\%$ 。

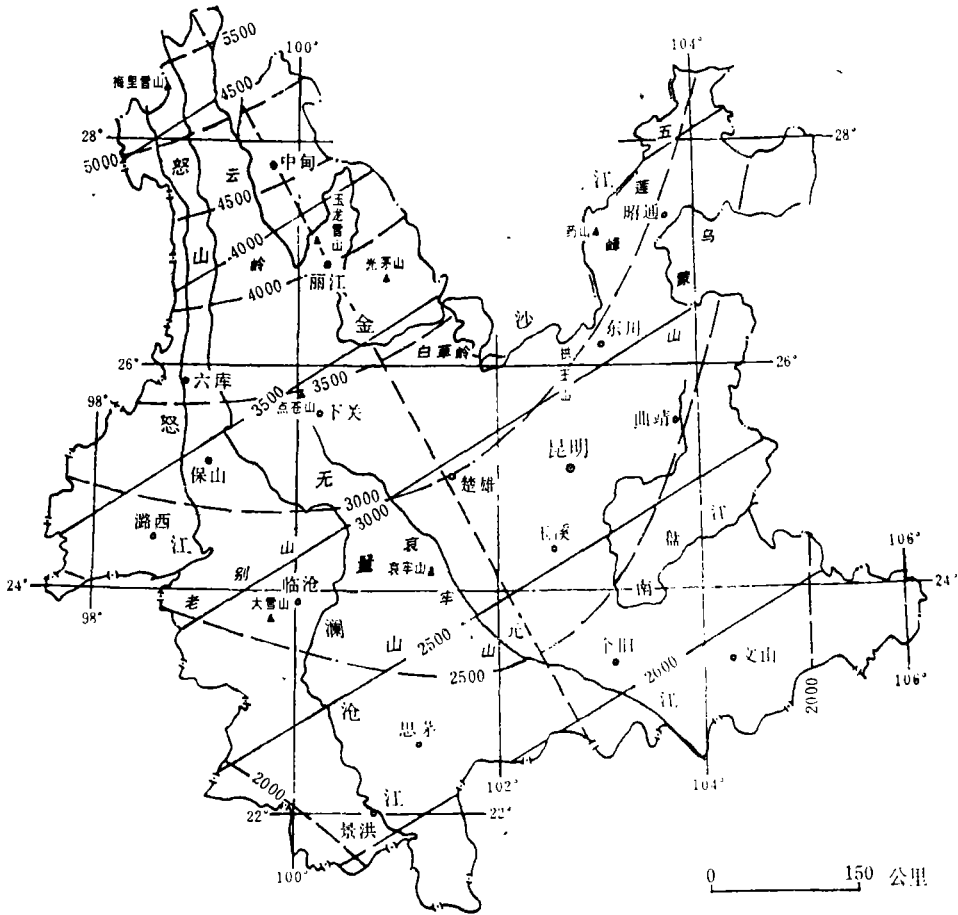


图 3 绝对地势 H 的一次 (实线) 二次、(长虚线) 趋势面等值线及二次趋势面轴线 (短虚线)
Isopleths of the first order (real line) and the second order trend surfaces
(long dotted line) and axis line (short dotted line) of absolute relief H

趋势平面的特征值为:

(1) 平面倾向 $\Phi = \text{tg}^{-1}(186.1/330.9) = 31^{\circ}41'SE$, 即山顶面由 NNW 倾向 SSE , 综合反映了绝对地势由北向南、由西向东降低的规律。

(2) 平面倾角 $\alpha = \text{tg}^{-1}(186.1/\sin\Phi) = 12'4''$, 换算为每 km 降低 3.51m , 代表绝对地势向 SSE 方向降低的平均速度。

(3) 平面向南降低的速率 $V_1 = 2.99\text{m}/\text{km}$, 向东降低的速率 $V_2 = 1.84\text{m}/\text{km}$ 。
 $V_1 > V_2$, 仍反映绝对地势向南降低比向东降低得快。

可见, 云南绝对地势宏观特征近似为以 $12'4''$ 倾角向 $SE31^{\circ}41'$ 倾斜的平面。

(三) 空间变化规律

二次趋势面是一个规则的空间曲面, 可综合反映地势的空间变化规律。云南绝对地势的二次趋势面分析的结果为(图3):

$$H = 9389L + 7963.6\Phi - 36.419L^2 - 85.795L\Phi + 21.298\Phi^2 - 569485$$

拟合度 $C = 81.26\%$, 比一次趋势面有较大提高, 其剩余标准差仅379m, F 值达457.5, 复相关系数 $R = 0.901$, 较真实地反映了山顶面高度的空间分布规律。

二次趋势面的特征为:

(1) 曲面形态类型 据 $I_2 = (-36.419) \times 21.298 - (85.795)^2/4 = -2616 < 0$, 故二次趋势面属双曲面型。

(2) 曲面对称轴线 轴线方位角 $\theta = \frac{1}{2} \text{tg}^{-1}(-85.795/(-36.419 - 21.298)) = 28^\circ 02' \text{SE}$ 。故云南绝对地势二次趋势面为向SSE突出并倾伏的双曲面。

(3) 曲面对称中心 中心点坐标值 $L_0 = 103^\circ 31'$ 东经, $\Phi_0 = 21^\circ 33'$ 北纬。曲面轴线通过对称中心, 位于梅里雪山、云岭、玉龙雪山、点苍山、哀牢山一线附近、构成云南高原的脊柱。

(4) 对称轴线形状 经计算得 $H = 12030X^1 - 59.262X^{1^2} - 608249$, 为一条二次抛物线。式中 $X' = X \cos \theta + Y \sin \theta$ 。

可见, 云南绝对地势的宏观特征最接近于一个向SE $28^\circ 02'$ 突出并倾伏、轴线呈下凹形二次抛物线的双曲面。既显示了一次趋势平面向SSE倾斜的变化趋势, 又反映出山顶面向SSE不是匀速而是减速度降低的特点。 $H = 3500\text{m}$ 的趋势等值线为通过六库南、大理、华坪的弧线, $H = 2500\text{m}$ 的趋势等值线为通过耿马、普洱、红河、弥勒、曲靖、镇雄西的弧线。对照云南的地貌区划, 两条等值线将云南划分成的三大区域, 基本上分别与滇西北高山区、滇中高原与高中山区、滇东南低中山区相吻合。

二、局部地势的宏观特性

(一) 局部地势与绝对地势的关系

点绘214个区的区域切割深度 $h(\text{m})$ 与海拔高度 $H(\text{m})$ 的散点图(图4), 可见 h 与 H 成简单的正比直线关系。直线方程为:

$$h = 0.6634H \quad r = 0.834$$

即区域切割深度约为山顶海拔高度的2/3。

这一正比关系具有两方面的地貌涵意:

(1) 绝对地势表征地壳抬升的内营力强度, 区域切割深度代表流水侵蚀的外营力大小, 因而其间正比关系表明内、外营力同时起作用且强度成正比。这是因为抬升愈剧烈, 地势愈高, 其蕴藏的重力势能则愈大, 致使外营力侵蚀愈强烈, 内、外营力的对抗愈盛。云南自上新世以来一直处于持续、强烈的抬升中, 河流下切在时间上有滞后表现、在强度上有积聚过程, 因而下切深度又小于抬升高度。

(2) 局部地势与绝对地势成正比, 表明二者具有类似的空间变化规律; 相关系数不太

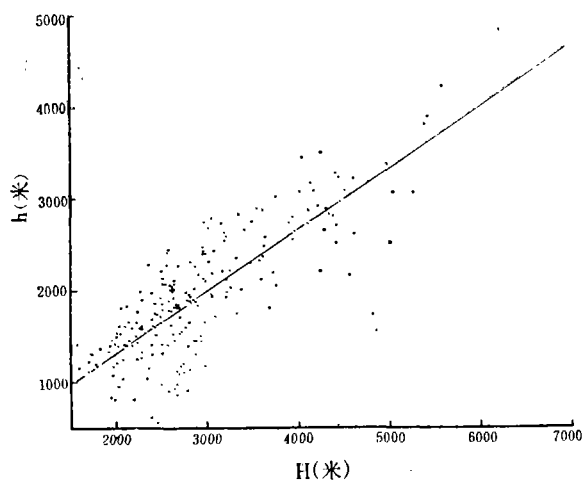
图 4 局部地势 h 与绝对地势 H 的关系

Fig.4 Relationship between local relief
absolute relief H

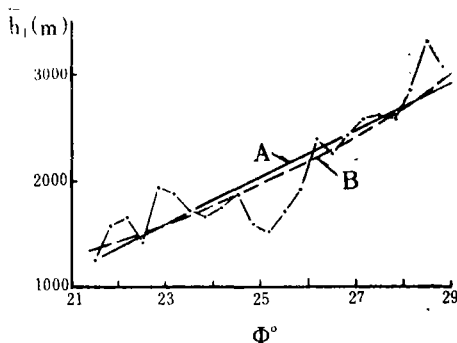


图 5 局部地趋均值 \bar{h}_1
随纬度 Φ 的变化

Fig.5 The change of \bar{h}_1
with latitude Φ

大,又表明还有岩性、构造、水系、气候等诸多因素影响地形发育,局部地势与绝对地势的宏观特征又有一定差异,有必要对局部地势的变化趋势另行分析。

(二) 局部地势的经、纬向变化趋势

与绝对地势类似,20'纬度带内局部地势的平均值 \bar{h}_1 也与纬度 Φ 成正比直线关系(图5A):

$$\bar{h}_1 = 220.2\Phi - 3481 \quad \gamma = 0.889 \quad n = 23$$

\bar{h}_1 由北向南的下降率,为每一纬度220m,即每km为1.99m,仅为绝对地势均值变化率的57%,表明河谷向南变低比山顶面来得慢。

用指数函数拟合 \bar{h}_1 与 Φ 的关系,结果更佳(图5B):

$$\bar{h}_1 = 146.0e^{0.1038\Phi} \quad R = 0.913$$

即区域切割深度与绝对地势类似,也以一定减速度向南减小。

30'经度带内局部地势的平均值 \bar{h}_2 亦与绝对地势相似,与经度 L 成反比直线关系:

$$\bar{h}_2 = 15548 - 134.3L \quad \gamma = 0.778 \quad n = 17$$

\bar{h}_2 由西向东的下降率为每一经度134m,即每km为1.33m,为绝对地势变化率的74%,表明区域切割深度向东变低也比山顶面要慢。进一步分析可见, \bar{h}_2 与 L 也呈双峰曲线状变化,峰、谷位置与绝对地势一致,峰、谷的值也与绝对地势对应。

可见,局部地势的经、纬向变化趋势均与绝对地势相似,仅变化速率较小。

(三) 局部地势的平面型变化

局部地势 h 的平面型变化可用其一次趋势面方程来描述:

$$h = 13427 - 155.3L + 171.7\Phi \quad c = 41.6\%$$

趋势平面的特征值为:

$\theta = SE44^\circ 27'$, $\alpha = 7' 30''$ (每km为2.18m), $V_1 = 1.70m/km$, $V_2 = 1.54m/km$ 。

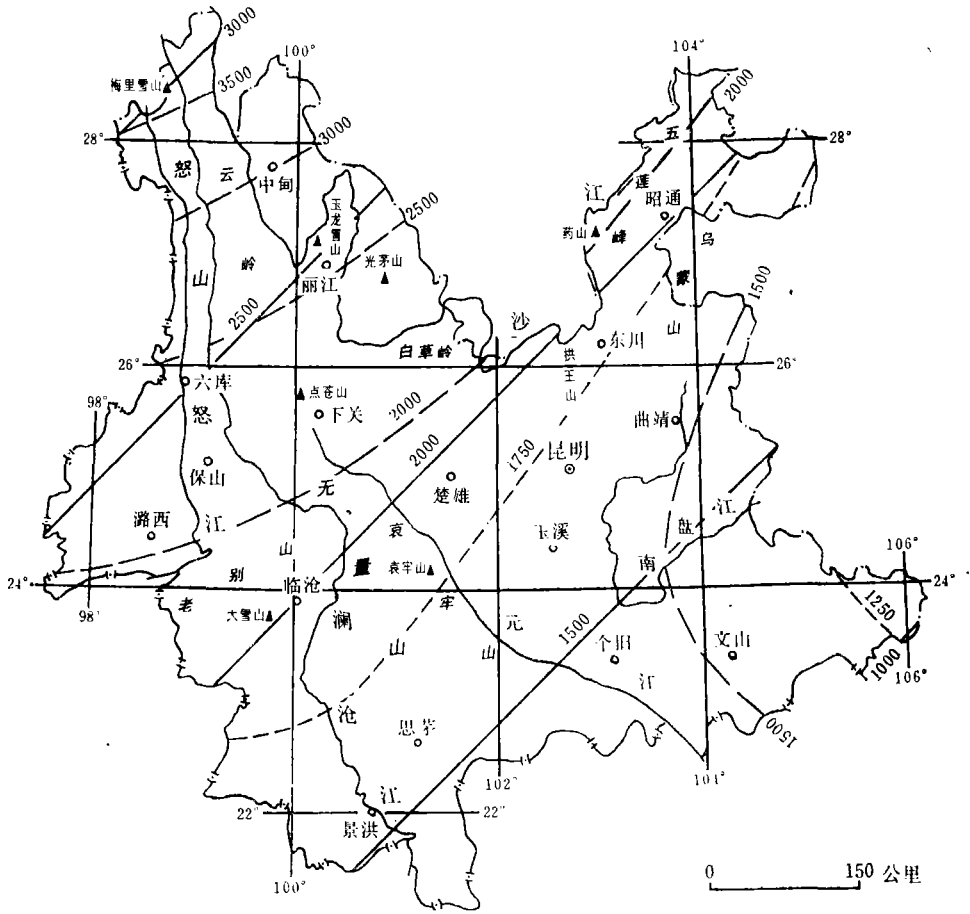


图 6 局部地势的一次（实线）、二次（虚线）趋势面等值线
Isopleths of the first order (real line) and the second order
trend surfaces (dotted line) of local relief

与绝对地势趋势平面比较，变化规律相似，变化速率较小。平面倾向SE，较绝对地势趋势平面倾向向东扭转了 $13^{\circ}6'$ ；沿倾向的下降率为绝对地势的62%；向南与向东的下降率相接近，且分别相当于绝对地势的57%与84%。

C值较小，表明用平面描述局部地势的变化趋势较粗糙，即除经纬度位置之外，尚有诸多因素影响局部地势，使其平面变化的规律性比绝对地势差。

（四）局部地势的空间变化

云南局部地势的空间变化规律可用以下二次趋势面方程近似描述（图6）：

$$h = 2714.4L + 2582.6\Phi - 8.6627L^2 - 43.696L\Phi + 40.118\Phi^2 - 163165$$

$C = 50.04\%$ ，比一次趋势面有一定提高。但剩余标准差仍达500.7m，F值仅105.7，规律性比绝对地势差。

局部地势二次趋势面的特征为：

(1) 曲面形态类型 据 $I_2 = (-8.6627) \times 40.118 - (-43.696)^2/4 = -824.9 < 0$, 属双曲面型。

(2) 曲面对称轴线 其方位角 $\theta = \frac{1}{2} \text{tg}^{-1}(-43.696/(-8.6627 - 40.118)) = 20^\circ 56' \text{SE}$ 。故此二次趋势面向SSE突出并倾伏。

(3) 曲面对称中心 其坐标值 $L_0 = 100^\circ 13'$ 东经, $\Phi_0 = 22^\circ 23'$ 北纬, 双曲面对称轴线通过此点。

(4) 对称轴线形状: 计算得 $H = -173897 + 3457.9X' - 17.006X'^2$, 为下凹型二次抛物线。

因此, 云南局部地势宏观特征近似于一个向SE $20^\circ 56'$ 突出并倾伏、轴线呈下凹形二次抛物线的双曲面。特点与绝对地势相似, 但规律性较差。仅大致反映出滇西北为深切割区、滇东边缘为浅中等切割区、其余地区为深中等切割区的概念。由于取值分区较粗, 所取局部地势值有的与切割深度差异较大, 故滇中高原的特点在趋势面中反映不够。

根据上述分析, 可以认为:

1. 云南地势这一试例说明, 用低次趋势面描述地势的宏观特征是值得进一步探索的。一次趋势面可给出空间平面的产状, 二次趋势面可勾绘规则曲面的类型, 对称轴方位、对称中心点座标和轴线形状, 从而可借以描述宏观地势特征。

2. 当地势较破碎时, 低次趋势面分析结果将有较大误差; 采用高次趋势面则会突出细部地势特征, 难以描绘总的趋势, 且可能产生畸变, 也不宜使用。当用趋势面描述较大范围的地势特征时, 取值网点不宜过粗, 否则影响地势参数的代表性和地貌涵义。本文以云南省作为讨论范围, 划分为214个区取值仍嫌较粗, 造成地貌分析中的一些困难。

3. 地势分析以绝对地势(海拔高度)和局部地势(区域高差)作为参数是可行的。它们分别表征山顶面高度和切割程度, 有利于对区域地貌特征和发育过程的分析。本文中这两个参数近于成正比关系, 因而二者的变化趋势相类似。

4. 云南绝对地势宏观上近似为以 $12'4''$ 倾角向SE $31^\circ 41'$ 倾斜的平面, 更接近于向SE $28^\circ 02'$ 突出并倾伏、轴线呈下凹二次抛物线的双曲面, 轴线位于梅里雪山至哀牢山一线。局部地势宏观特征相类似, 近似为向SE $20^\circ 56'$ 突出并倾伏、轴线呈下凹二次抛物线的双曲面。但因其制约因素甚多, 规律性较差。

5. 根据二次趋势面分析结果; 结合云南地貌区划, 可从宏观上将云南地势划分为五个大区: (1) 六库南-大理-华坪弧线以北的滇西北深切割高山区; (2) 滇东北(昭通地区、东川市和滇西(红河以西、耿马-普洱以北)深中等切割高中山区; (3) 红河以东, 开远-泸西-富源以西的滇中滇东中等切割高原区; (4) 耿马-普洱-开远以南的深南深中等切割区; (5) 滇东南(文山州)浅中等切割低中山区。

参 考 文 献

- (1) 李钜章: 中国地貌基本形态划分的探讨。地理研究, 6(2), 1987年。
- (2) 蒋忠信: 滇西北三江河谷纵剖面的发育图式与演化规律。地理学报, 42(1), 1987年。

AN APPROACH TO THE DESCRIPTION OF SURFACE RELIEF IN YUNNAN WITH LOW ORDER TREND FACE

Jiang Zhongxin

(The Second Surveying and Designing Institute, Ministry of Railway)

Subject terms: surface relief in Yunnan, trend surface analysis

Abstract

The paper describes macrocharacteristic of surface relief with low order trend face in Yunnan as an example. The result of the first and second order trend surface analysis of absolute and local reliefs in Yunnan indicates that change tendencies of peak surface and dissected deep in a region are approximately a plane to SSE and are more similar to a hyperboloid inlined and protruded to SSE. The analysis provides an occurrence of the plane and type, azimuth and from of Symmetric axis Line, coordinate Values of symmetric centre point of the hyperboloid. Thus the description is suitable.