

关于高程面积曲线及其应用问题*

毋 河 海

广义的高程面积曲线¹⁾不仅是指陆地上高程与面积分布的函数曲线,它往往也包括着大洋盆地的深度与面积分布的关系,即忽略地表的水体而把陆上地貌与海底地貌看为一个整体——地球岩石圈地貌。如果,为了更明确起见,在把整个岩石圈地貌分为陆上地貌与海底地貌的基础上,可有狭义的适用于陆地上的“高程面积曲线”及适用于海洋的“深度面积曲线”。这样,也可把包括大陆与海洋两大地貌范畴的广义的“高程面积曲线”叫做“陆高海深面积曲线”。

高程面积曲线就其本质来说乃是地貌高程分布的累积曲线。其制作范围可以是整个地球(如上述广义的“高程面积曲线”)、大洲或更小的地理区域单元。在实践中,高程面积曲线的制作也往往按某一政区为单位而进行。

高程面积的制作方法如下:

首先量测各个高程层(即每两条相邻等高线间)的面积,如果要求精度极为概略,可根据地貌的主要高程转折点 1 参考地图高度表中的高程带(在变距高度表中每个等高距重复的高程范围)的界限等高线量测高程带的面积,这样得到一系列对应数值如下表。

高 程 层 (带)	图 上 (投影) 面 积
H_0	$S_1 = \overline{X_0 X_1}$
H_1	$S_2 = \overline{X_1 X_2}$
H_2	$S_3 = \overline{X_2 X_3}$
H_3	\vdots
\vdots	\vdots
H_n	$S_n = \overline{X_n O}$
H_{max}	
总计 $H_{max} - H_0$	$\sum_1^n S = \overline{OX_0}$

注:表中符号见图 1。

为了便于作图及确定图表上纵横坐标轴的比例尺需要求出总的高差(即上表中的 $H_{max} - H_0$) 及总面积(即上表中的 $\sum_1^n S = \overline{OX_0}$)。

* 编者注:高程面积曲线是地形数学分析方法之一。这种方法的应用,决定于地图及其量测方法的精度,也决定于取样的典型性和高程分带的选择。对全球或大地区而言,需要付出较大的劳动和经费,才能达到概念性的论证的目的。而且数量毕竟只是地理现象的属性的一个方面,应用上可能有一定的局限性。关于以高程与面积函数关系来反映,以及用假定的高程面积曲线来表达古地理学的问题,还有待于讨论。

1) 俄文术语“Гипсографическая кривая”和英文术语“Hypsographic Curve (英)”的译法很多,如“海陆曲线”,“海陆起伏曲线”,“陆高海深曲线”,“测高曲线”,“高度分配曲线”,“分层面积曲线”等,最后一个译法比较正确。但就其本质来说这种曲线是反映高程与面积的函数关系及在制作方法上坐标轴分别代表高程与面积,所以我们认为把这种曲线叫做“高程面积曲线”较为合适。

当量好这些数值及选好纵横坐标轴的比例尺以后,在 X 轴上(见图1)的适中位置截取等于整个区域面积的线段 OX_0 ,其次从点 X_0 起向左截取等于第一个高程层(带)的投影面积 $S_1 = \overline{X_0X_1}$,并过点 X_1 作等于第一个高程层(带)的高差 $(H_1 - H_0)$ 的垂线 $\overline{X_1M_1}$;此后,再从点 X_1 起向左截取等于第二个高程层(带)的投影面积 $S_2 = \overline{X_1X_2}$,并过点 X_2 作等于第二个高程层(带)的高差 $(H_2 - H_1)$ 的垂线 $\overline{X_2M_2}$ 。这样辗转下去,直到在 Y 轴上得到 H_{\max} 为止。把点列 $X_0, M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ 及 H_{\max} 连成光滑曲线即为该地区的高程面积曲线(图1)。

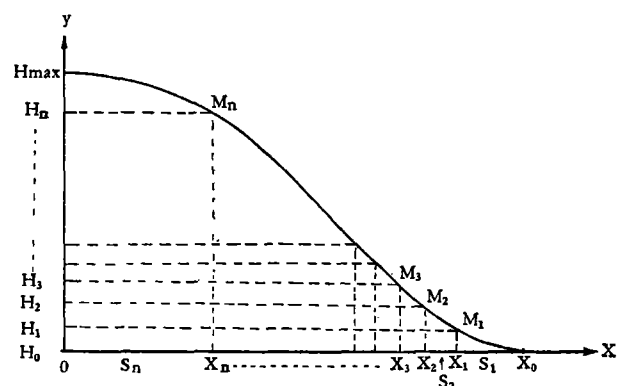


图 1

制作高程面积曲线的工作量几乎全部集中在高程层(带)投影面积的量测上,这就要求根据具体情况选择适当的量测方法。当需要按高程层进行量测时,使用权重法(用分析天秤)较为合宜;当需要按高程带进行量测时,由于面积加宽,使用求积法较为合宜。

不管用什么方法进行高程层(带)面积的量测,在量测之前都

必需把同名等高线在谷地中上伸的部分同在相邻分水岭上同高的小山包或同名等高线外突的部分进行目估抵消,并在图上以明显的颜色标出。当然,这种处理会带来一些误差;但从另一方面看,它使得量测区域规则化,从而可以减少一些量测误差。所以,这两方面有一定程度的抵消。但更重要的是地图图形本身(尤其是中小比例尺地图)由于制图综合而具有相应的误差,这往往大于目估误差或量测误差。这就说明,用目估处理可以满足要求。如果再考虑到高程面积曲线本身具有很大的概括性(它把位于同一高程带中的不同地貌形态的分布面积合并起来),在不影响所需量测精度的情况下、在很大的程度上简化了量测工作。

高程面积曲线的制作是一个相当繁杂的过程,尤其是当等高距很小时,不管用求积仪法、权重法或透明网片法来确定各个高程层(带)的窄狭曲折的面积都是相当困难的事。而且费用是相当昂贵的。

为了合理而又充分地使用高程面积曲线,我们首先需要研究高程面积曲线及其派生者——高程体积曲线和它们所反映的正负地貌形态有着怎样的关系。为了简单明了起见,我们先看看几个典型几何形体的高程面积曲线与几何形体的纵剖面线——母线之关系。

一、简单几何形体的高程面积曲线

1. 圆锥体的高程面积曲线

由图2知,圆锥体的水平截面可用下式表示:

$$S = \pi X^2,$$

式中

$$-R \leq X \leq +R,$$

由图 2 也可得出

$$X = \pm R \left(1 - \frac{Y}{H} \right),$$

式中 $0 \leq Y \leq H$ 。

这样,圆锥体高程面积曲线的函数式为

$$Y = H \left(1 - \sqrt{\frac{S}{\pi R^2}} \right).$$

设 $\frac{1}{\sqrt{\pi R^2}} = K$, 则得

$$Y = H(1 - K\sqrt{S}) \quad (1)$$

式中

$$0 \leq S \leq \pi R^2.$$

为了进一步研究圆锥体高程面积曲线的性质与特征,我们将其函数式(1)取第一阶与第二阶导数:

$$\begin{aligned} \frac{dY}{dS} &= \frac{-KH}{2\sqrt{S}} \\ \frac{d^2Y}{dS^2} &= \frac{HK}{4S\sqrt{S}}. \end{aligned}$$

第一阶导数得负值,这说明函数式(1)是递减函数。事实上,随着面积的增加,其对应的高程在减小;反之,随着高程的增加,其对应的面积在减小。

第二阶导数得正值,这说明该函数的曲线图形是向下弯曲或其凹形指向上方。

根据上述两个特性,我们可知圆锥体高程面积曲线具有下图的形式(图 3):

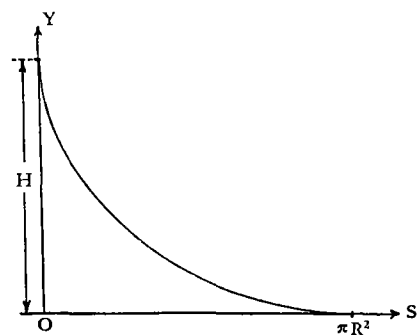


图 3

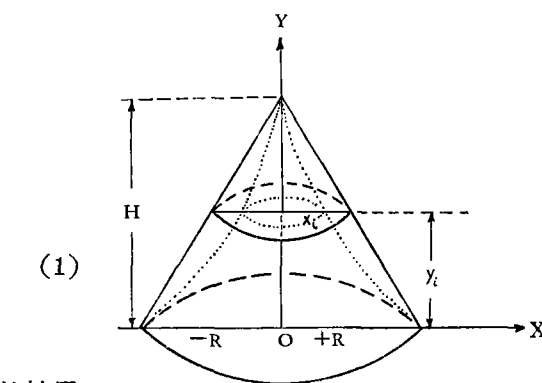


图 2

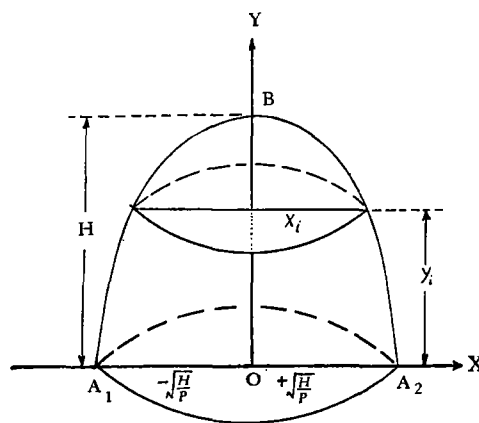


图 4

2. 旋轉拋物綫体的高程面积曲綫

图 4 拋物綫 A_1BA_2 可用下式表示

$$H - Y = PX^2,$$

或

$$X^2 = \frac{H - Y}{P}.$$

旋轉拋物綫体水平截面的面积可表示为

$$S = \pi X^2 = \pi \left(\frac{H - Y}{P} \right),$$

或

$$Y = H - \frac{P}{\pi} S. \quad (2)$$

很明显, (2) 式是一直线方程式, 故旋轉拋物綫体的高程面积曲綫乃是一条直线 (图 5)。

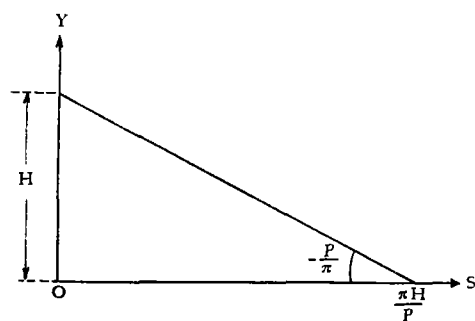


图 5

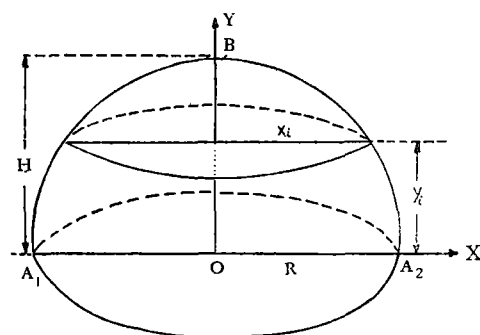


图 6

3. 半旋轉橢圓体及半球体的高程面积曲綫

根据图 6 半橢圓 A_1BA_2 可用下式表示:

$$\frac{X^2}{R^2} + \frac{Y^2}{H^2} = 1,$$

式中

$$\begin{aligned} -R &\leq X \leq +R, \\ 0 &\leq Y \leq H. \end{aligned}$$

当 $H = R$ 时, 則曲綫 A_1BA_2 为半圓。

由上式得

$$X^2 = \left(1 - \frac{Y^2}{H^2} \right) R^2,$$

則水平截面的面积为:

$$S = \pi X^2 = \left(1 - \frac{Y^2}{H^2} \right) \pi R^2,$$

或

$$Y = H \sqrt{1 - K^2 S}, \quad (3)$$

$$0 \leq S \leq \pi R^2.$$

(3)式为旋轉半椭圆体的高程面积曲线函数式,当 $H = R$ 时,则它为半球体的高程面积曲线函数式。我们同样地取其第一阶及第二阶导数:

$$\frac{dY}{dS} = \frac{-K^2 H}{2\sqrt{1 - K^2 S}},$$

$$\frac{d^2 Y}{dS^2} = \frac{-K^4 H}{4(1 - K^2 S)\sqrt{1 - K^2 S}}.$$

根据第一阶、第二阶导数的特征,知其函数曲线是凸向上方或其凹形指向下方(图7)。

在研究了上述几个典型几何形体的高程面积曲线以后,我们发现,虽然不同的剖面图形对应着不同的高程面积曲线图形,但这种对应是很不严格的。如圆锥体(或具有均匀斜坡的孤立地貌形态)的高程面积曲线是一条向下弯曲的曲线,但绝不是所有的向下弯曲的高程面积曲线对应的都是具有均匀斜坡的孤立地貌形态;用不着证明,我们可以说具有凹形坡的锥体

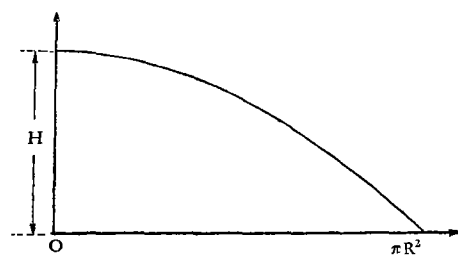


图 7

(如图1点线所示)的高程面积曲线是一条更向下弯曲的曲线。另外,由图4和图6看出,同样都是凸形剖面(抛物线形、半椭圆或半圆形)但却有着不同形状的高程面积曲线(图5及图7)。所以,我们不能直接从高程面积曲线的图形判断它所反映的地貌形态剖面的特征,尤其是当它所反映的地貌形态不是孤立的而是形状不同、大小不等的不规则的形体组成的综合体时,这种情况更为明显。但是,这并不意味着不能利用已有的高程面积曲线来间接地研究它所反映的地貌形态概括性特征。

现在我们来研究一下在地理学中及地图学中(尤其在地图量测中)高程面积曲线的几个应用问题。

二、高程面积曲线在自然地理学中的意义

1. 岩圈高程面积曲线的地貌学意义(图8)

岩石圈地貌的高程面积曲线具有图8所表示的形状。它除了反映岩石圈地貌的基本起伏(陆地、海洋两大正负地貌范畴)与其面积分布的关系以外,还表明着^[1]下列意义:

(1)在整个岩石圈地貌中存在着两个互相对立的部分——大陆正向地貌形态与海底负向地貌形态。从外营力形成地貌过程来看,这两个互相对立的地貌范畴所固有的基本外营力形成地貌过程是不一样的。在大陆上各种外营力的破坏过程占支配地位,而在海底各种外营力(海水作用、河口堆积过程等)的建造过程占支配地位。

(2)在这两个对立面之间存在着过渡类型地带(滨海平原、陆棚及大陆斜坡)。这里不仅可以看到破坏过程,而且也可以看到建造过程。但这里的地貌形成过程主要是物质的搬运。同时这里在不同的地史时期常常进行着海相和陆相物质的混杂与交替。

(3) 在研究这种曲线时,我们发现有两个尖峰,一个是正向地貌的极峰,另一个是负向地貌的极峰;前者是极高山地貌,后者是海渊。在极高山地貌地区外营力的破坏过程占绝对优势,然而,在海渊与前者完全相反。

此外,这两大地貌范畴的分界点不在现代的海平面,而在大陆斜坡某处;根据不少学者之假设,这里可能是大陆部分的硅铝层与洋底部分之硅镁层之交接地带。

2. 山区高程面积曲线的自然地理意义

当地区范围不大时,各种自然现象(温度、植被及垂直景观带等)地貌的绝对高程起着主导的作用。在一定程度下,该地区的高程面积曲线就可用来反映垂直景观带分布的面积(在已知高程界限的条件下)或景观带分布的上下界限(在已知分布面积的条件下)。同样地,也可用高程面积曲线来反映其他受高程支配的自然现象的分布。

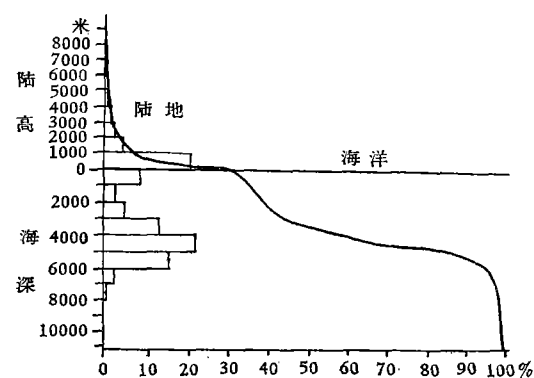


图 8 地球岩石圈地貌高程面积曲线

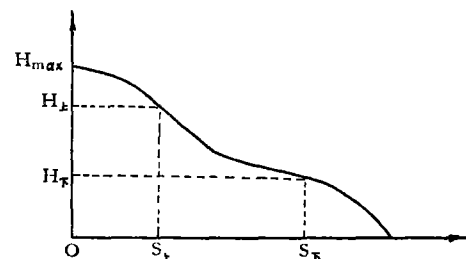


图 9

例如,当我们知道某地区某垂直景观带或其他受高程支配的自然现象分布的上界 H_+ 与下界 H_- , 则我们可利用该区高程面积曲线很快地确定它们分布的面积 $\Delta S = S_- - S_+$ (图 9)。

相反地,如果我们知道某垂直景观带或其他受高程支配的自然现象(例如森林)分布的面积(图 10 打量线的部分),则可以大致推断其分布的上下界: 我们首先量测其上界所围地段之面积 S_+ 及下界所围之面积 S_- , 然后在该区高程面积曲线(图 11)之横轴分别截取 S_+ 及 S_- 。并过点 S_+ 、 S_- 作垂线与高程面积曲线交于 M_+ 及 M_- ; 最后过 M_+ 、 M_- 点作

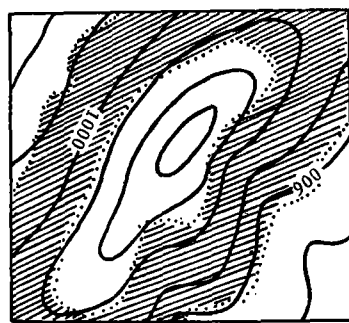


图 10

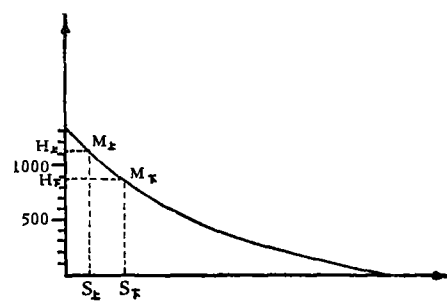


图 11

平行于横轴的直线并与纵轴分别相交于 H_L 及 H_F 两点, H_L 及 H_F 之高程数值即为所求的自然现象分布的上界与下界。

三、高程面积曲线在古地理学中的应用

历史地质资料确凿地表明, 地球表面发展的最初阶段占主要地位的是浅海与不高的大陆, 山的高度原来是较小的。进一步的发展使得在垂直与水平方向上大陆花岗岩基础的增大, 莫霍洛维奇契 (Мохоровичич) 分界面的降低, 陆地面积的扩大, 大陆分离程度的减小, 海洋面积的缩小, 海洋容积的加深与加大以及整个岩石圈地貌起伏对比的普遍增强。

如果在地球发展的各个历史时期能有其相应的高程面积曲线, 它们就能简明地反映出这一变化历程。然而这一理想资料是没有的, 只能根据古地理学资料及历史地质学资料提出地球高程面积曲线变化的假设性示意图 (图 12)^[2]。

高程面积曲线也可用来反映河流流域地貌发育的阶段。为此首先作出该流域的高程面积曲线并求其积分 (即高程面积曲线与两坐标轴间所夹之面积) $V_{原}$, 它是流域现今阶段地貌之体积。设原生地貌之体积为过该流域最高点及最低点两个平面在流域范围所夹之河间地体积 $V_{原}$, 则可得出在流域地貌发展阶段中, 流水的冲刷与搬运量, 它大体等于 $\Delta V = V_{原} - V_{现}$ 。为了表明流域地貌发育阶段, 使用 $\frac{\Delta V}{V_{原}}$ 的相对

指标更易于说明问题。数值 $\frac{\Delta V}{V_{原}}$ 的大小在

一定程度上反映着流域地貌的发育阶段。

笔者认为, 这种方法只能近似地用于高原地貌及受新构造运动而上升的准平原地

区。因为在这两种情况下, 其原生地表大体上是水平的或作微弱起伏及倾斜。只有在这个前提下, 上述“原生地貌的体积为过该流域最高点及最低点两平面在流域范围所夹之平台体积 $V_{原}$ ”的说法才可成立。这种方法对水平产状的黄土高原地区的地貌形态发育阶段的研究有着明显的意义, 可用这种相对指标更确切地确定黄土地区水力侵蚀程度, 尤其当下伏古老地形起伏不大、黄土堆积极为雄厚时, 黄土的地貌形态的形成就直接受到侵蚀程度的支配。如有些地区由“塬”侵蚀成“梁”, 由“梁”再进一步破碎成“峁”。当然, 这里所提的只是笔者的看法, 还有待进一步的研究。

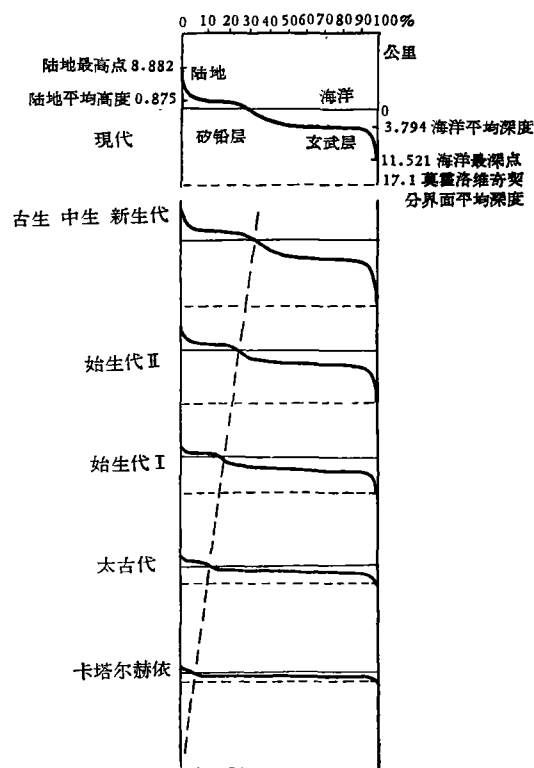


图 12 在不同地史时期陆高海深、高程曲线及莫霍洛维奇契分界面深度变化示意图

四、高程面积曲线在地图学中的应用

1. 在地势图高度表选择中的作用

编制地势图高度表的选择是一个很重要的问题,如果选择不当,则不能正确反映该地区地势的起伏。例如,欧洲地形约 98% 低于 2000 米。如该地区的高度表不能表现 2000 米以下地形结构的等高线,则就很难表达欧洲地形的真正起伏。这一点对于包括全欧洲的小比例尺地势图就更为重要。此外,欧洲地形还有约 56% 位于 200 米以下,因而在小比例尺地势图上就有采用 100 米等高线之必要性。否则,如果不看高程注记,这 56% 地区的地形将无所表现,这个问题,如有了该地区的高程面积曲线,则就可以帮助我们比较正确地选择高度表。

2. 在评价地势图变距高度表的视觉变形数值中的作用

作者曾对变距高度表的视觉变形公式作了推导。为了对此变形进行估算需要在图上量测每个高程带的投影面积。若知上下界(如高程带的上下界,这在地势图的高度表中是一望而知的),这种面积可在已有高程面积曲线上求出。所以,如果在已有高程面积曲线的条件下,对变距高度表视觉变形的估算将容易得多。

(1) 坡度视觉变形公式:

$$F_{\#} = \frac{\sum_1^B \beta_i}{\sum_1^B \alpha_i} = \left[1 - \frac{\sum_1^B \arctg \frac{H_i}{K_i(\sqrt{S_{i-1}} - \sqrt{S_i})}}{\sum_1^B \arctg \frac{H_i}{\sqrt{S_{i-1}} - \sqrt{S_i}}} \right];$$

(2) 体积视觉变形公式:

$$F_{\#} = \frac{\sum_1^B \Delta V_i}{\sum_1^B V} = \left[1 - \frac{\sum_1^B \frac{H_i}{K_i} (S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i S_{i+1}})}{\sum_1^B H_i (S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i S_{i+1}})} \right].$$

式中, F 为全图所有高程带的相对变形数值。

β ——在每个高程带中因等高距增大而引起的斜坡角度视觉减小的数值。

α ——每个高程带的真实斜坡角度。

H ——高程带的高差。

K ——等高距增长系数, $K_i = \frac{h_i}{h_1}$ 。

S ——作为高程带界限的等高线所围的面积。

V ——每个高程带的真实体积。

ΔV ——在每个高程带中因等高距增大而引起的视觉体积扁平影响数值。

i ——高程带号数。

标记 B ——山岳顶部的锥体部分。

3. 在地图上量测地貌形态指标中的应用

(1) 利用高程面积曲线确定正向地貌的体积和负向地貌的容积。

确定正向地貌的体积或负向地貌的容积有很多方法(如棱柱体法、正截锥体法、平截台法、辛普森法、高程面积曲线法等)。但经验证明,把量测数据绘成高程面积曲线,利用它来求体积不但简便而且更为精确。为了简单明了起见,这里利用上述几个典型几何形体的高程面积曲线函数式(公式(1),(2),(3))来求其几何形体的体积。前面曾说过,高程面积曲线的两个坐标轴分别是高程与面积。所以,如将该曲线函数进行积分则得出相应的体积(或容积)。

i. 利用圆锥体的高程面积曲线求圆锥体的体积:

$$V = \int_{s=0}^{s=\pi R^2} Y dS = \int_{s=0}^{s=\pi R^2} H \left(1 - \sqrt{\frac{S}{\pi R^2}}\right) dS = \frac{1}{3} H \pi R^2.$$

这与立体几何中圆锥体的体积公式是完全一致的。

ii. 利用旋转抛物线体的高程面积曲线求旋转抛物线体的体积:

$$V = \int_{s=0}^{s=\frac{\pi H}{P}} Y dS = \int_{s=0}^{s=\frac{\pi H}{P}} \left(H - \frac{P}{\pi} S\right) dS = \frac{1}{2} \frac{\pi H^2}{P}.$$

这可用图 5 上直角三角形之面积值来检验。

iii. 利用旋转半椭圆体及半球体的高程面积曲线求旋转半椭圆体及半球体的体积:

$$V = \int_{s=0}^{s=\pi R^2} Y dS = \int_{s=0}^{s=\pi R^2} \left(H \sqrt{1 - \frac{S}{\pi R^2}}\right) dS = \frac{2}{3} H \pi R^2.$$

当 $H = R$ 时,我们得半球体之体积:

$$V = \frac{2}{3} \pi R^3.$$

虽然,在一般情况下我们难以知道给定地区范围高程面积曲线的方程式,从而无法用上述解析法求其定积分;但只要把量测数据绘成高程面积曲线,则用图解法(即量测曲线与两坐标轴所夹之面积)求其定积分是极为简便的。因此,利用高程面积曲线求体积(或容积)是比较精确的一种方法。

根据涅曼(Neumann)的试验,用高程面积曲线法所得到的体积均小于用上述其他方法所得到的体积。在此,沃尔科夫也认为用高程面积曲线所得到的体积应该比较正确的^[4]。这就意味着用其他公式估算体积时均带有偏大的系统误差。

(2) 关于高程面积曲线的派生曲线——高程体积曲线的应用问题

在不少文献中(如文献[4]等)往往也提到高程体积曲线,但大都没有对它进行分析,也很少提出在实践中如何应用它们的问题。尤其是高程体积曲线与其所反映的形体的纵剖面线有何关系,更未加以说明。

在研究这个问题之前,我们先把函数式(1),(2),(3)的函数与自变量的位置互换一下,因为高程或深度是很多自然现象(如湖水温度等)变化的主要因素,这样,我们可把上述几个几何形体的高程面积曲线的积分改写如下:

i. 圆锥体高程面积曲线的积分函数——圆锥体的体积与其高度变化的关系式:

$$F(Y) = \int S dY = \int \frac{1}{K^2} \left(1 - \frac{1}{H} Y\right)^2 dY = \frac{1}{K^2} \left(Y - \frac{1}{H} Y^2 + \frac{1}{3H^2} Y^3\right).$$

为了研究这一函数的性质,我们仍取其第一阶及第二阶导数。显然积分函数的第一

阶导数乃是积分原函数,即

$$\frac{dF(Y)}{dY} = S = \frac{1}{K^2} \left(1 - \frac{1}{H} Y\right)^2 \cdots \cdots \text{正值},$$

而第二阶导数为

$$\frac{d^2F(Y)}{dY^2} = \frac{dS}{dY} = -\frac{2}{HK^2} \left(1 - \frac{1}{H} Y\right) \cdots \cdots \text{负值}.$$

根据第一、二阶导数的特征,我们可知圆锥体高程体积曲线的图形如下:

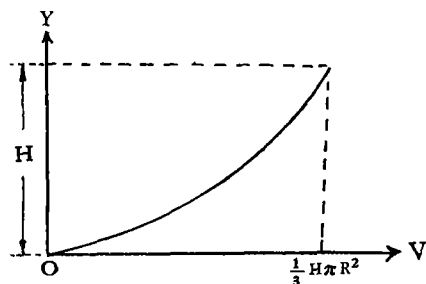


图 13

ii. 旋转抛物线体的高程体积曲线函数如下:

$$F(Y) = \int S dY = \int \frac{\pi}{P} (H - Y) dY = \frac{\pi}{P} \left(HY - \frac{1}{2} Y^2 \right).$$

同样地有

$$\frac{dF(Y)}{dY} = S = \frac{\pi}{P} (H - Y) \cdots \cdots \text{正值},$$

$$\frac{d^2F(Y)}{dY^2} = \frac{dS}{dY} = -\frac{\pi}{P} \cdots \cdots \text{负值}.$$

因此,旋转抛物线体的高程体积曲线的图形如图 14。

iii. 半旋转椭圆体及半球体的高程体积曲线函数为

$$F(Y) = \frac{1}{K^2} \left(Y - \frac{Y^3}{3H^2} \right)$$

$$\frac{dF(Y)}{dY} = \frac{1}{K^2} \left(1 - \frac{Y^2}{H^2} \right); \quad \frac{d^2F(Y)}{dY^2} = -\frac{2Y}{K^2 H^2}$$

所以,半旋转椭圆体及半球体的高程体积曲线的图形如图 15。

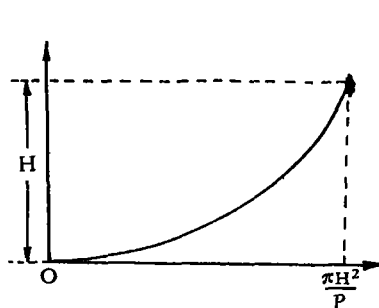


图 14

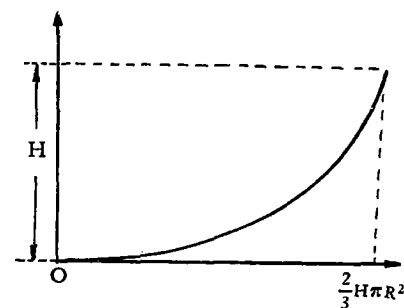


图 15

虽然图 13、14、15 的曲线图形在变化速度上有不同之处,但它的基本特征(由第一、二阶导数所定出的图形特点)却是相同的。前面我们说过,高程面积曲线与其所反映的形体剖面特征间没有严格、明确的对应关系;这里就更看不出高程体积曲线与其所反映的形体剖面特征之间有何关系,因为上述几个不同的几何形体在这里有着大体上相同的高程体积曲线图形。这说明,我们更不能利用高程体积曲线来直接研究它所反映的形体的形态特征。

然而,高程体积曲线还是有着重要的用途的。它主要用于与高程及体积有直接关系的现象中。例如,对湖盆来说利用深度容积曲线来确定湖水的含热量、溶解氧量等。经验证明,利用此方法既简单又较准确^[5]。

现在我们介绍一下利用深度容积曲线推算湖水的含热量及溶解氧量的方法。

因为湖水的温度及单位体积所含的溶解氧主要是取决于湖水深度,但湖水的含热量或所含的溶解氧总量却同时取决于两个因素:深度与对应的体积。因此,为了便于应用起见,要把深度容积曲线转换为深度容积表,即把两个坐标值(深度和容积)对应于一个坐标轴上(图 16)。

我们把深度容积表作为纵坐标及把温度和湖水含氧百分比作为横坐标。我们把随深度变化的温度点列连成曲线,则此曲线与两坐标轴之间所围的面积即为该湖湖水的含热量。求湖水所包含的溶解氧总量的方法与求湖水含热量方法完全相同(图 17)。

(3) 利用高程面积曲线求平均高程(或利用深度面积曲线求平均深度)

平均高度(或平均深度)是地貌(或湖泊)的一个很重要的概括性指标。平均高程对面积量测的改正很重要,因为从地图所量得的是投影在椭圆体上的面积,而陆地面积一般都在椭圆体表面之上,所以要用平均高程来进行改正。

$$P_0 = P \left(1 + \frac{2\bar{H}}{R} \right),$$

式中 P_0 ——与平均高程对应的面积数值,

\bar{H} ——平均高程,

P ——从图上量得的面积数值,

R ——量测区中心点处椭圆体的平均半径。

不管平均高程或者平均深度均可用算法与图解算法求得。前者显然复杂,且其精度不见得高;后者简单,且其计算结果直观,从而易于检核。

利用高程面积曲线求其平均高程或利用深度面积曲线求其平均深度的方法是极其简

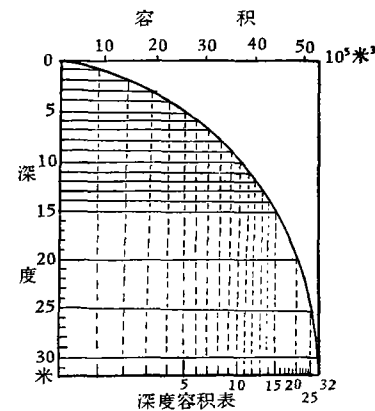


图 16

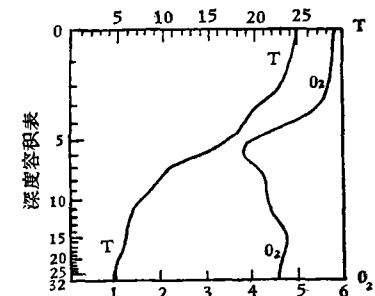


图 17 TT 曲线为温度变化曲线;
O₂O₂ 为溶解氧变化曲线

单的: 先量出高程面积曲线(或深度面积曲线)与两坐标轴所围之面积,然后除以该曲线在横轴上的投影长度。

现在,我们用此法求上述几个简单几何形体的平均高程:

i. 圆锥体的平均高程:

$$\bar{H} = \frac{V}{S} = \frac{\frac{1}{3}\pi R^2 H}{\pi R^2} = \frac{1}{3}H;$$

ii. 旋转抛物线体的平均高度:

$$\bar{H} = \frac{\frac{\pi H^2}{2P}}{\frac{\pi H}{P}} = \frac{H}{2};$$

iii. 半旋转椭圆体及半球体的平均高度:

$$\bar{H} = \frac{\frac{2}{3}\pi R^2 H}{\pi R^2} = \frac{2}{3}H.$$

这与几何学中的结论是一致的。

五、制作高程面积曲线应注意的几个问题

1. 资料比例尺的选择

合理地选择资料比例尺的目的在于,在满足制作目的和所需精度的基础上尽量减少工作量,不能认为比例尺愈大愈好,任何时候不应忘记高程面积曲线具有很大的概括性。

2. 资料图应是等面积投影。这一点对于制作大范围内的高程面积曲线尤为重要。范围愈大,资料比例尺的选择就应当愈小;与此同时,地图投影变形亦随之增大。因为各个高程层(带)的面积分布与投影变形分布毫不相干,所以实际上无法对所量测的各高程层(带)的面积(如果在非等面积投影上进行量测)进行投影改正。因此,当使用小比例尺地图时,不管用什么方法(求积仪法,权重法等),地图的投影应为等面积投影。

当高程面积曲线的制作范围不大,从而需要在大中比例尺地图上进行面积量测时,可利用国家基本比例尺地图(1:500000 及更大者)。这里虽不是等面积投影,但面积变形是很小的,尤其在 1:200000 及更大比例尺地图上有公里网,量算更方便。如果再考虑到图面处理、面积量测过程均有一定的误差及高程面积曲线本身具有很大的概括性,就完全可以忽略大中比例尺地图投影对制作高程面积曲线的影响。

3. 在量测之前必须进行图面处理。

4. 面积的量测按一般面积量测规定进行。这里仅只强调两点:

(1) 用经纬线把测区分为数块,以便分块进行量测和成果检核。在边缘地区没有经纬线时,可用加密的方法(内插法)补充绘出。

(2) 在每块中量测成果的检核办法如下:

i. 每块中各高程层(带)的量测值的和应等于整块量测值。

ii. 由制图用表中查取每块面积理论值。

iii. 把各高程层(带)的量测值(这里仅是求积仪的读数或权重法的重量)化算为面积数值。

iv. 每块中各高程层(带)面积的和应等于此块面积的理論数值。

六、高程面积曲线本身固有的缺点

高程面积曲线虽有着重要的用途,但也存在着很多缺点:

1. 它有着很大的概略性,只能反映不同高程层(带)的分布关系,而无法反映同一高程层(带)中的内在差异。如前所述,它把位于同一高程带中的不同地貌形态的分布面积合并起来。

2. 在范围上有很大的局限性。这表现在只有当地区界限完全一致时,才能对已有的高程面积曲线加以运用。

3. 在一般情况下,高程面积曲线的形状与地貌形态特点没有明显的对应关系,从而只能用它来研究地貌形态的概括性特征。

(收稿日期: 1964 年 1 月)

参 考 文 献

- [1] Пиотровский, В. В., К вопросу о создании общей классификации форм рельефа литосферы, МИИГАИК, 1959.
- [2] Каттерфельд, Г. Н., Лик Земли и его происхождения, Москва, 1962.
- [3] Волков, Н. М., Принципы и методы картометрии, АН СССР, 1950.
- [4] Муравейский, С. Д., Морфометрия Глубокого озера, в кн. "Реки и Озера", стр. 202—218, 1960.