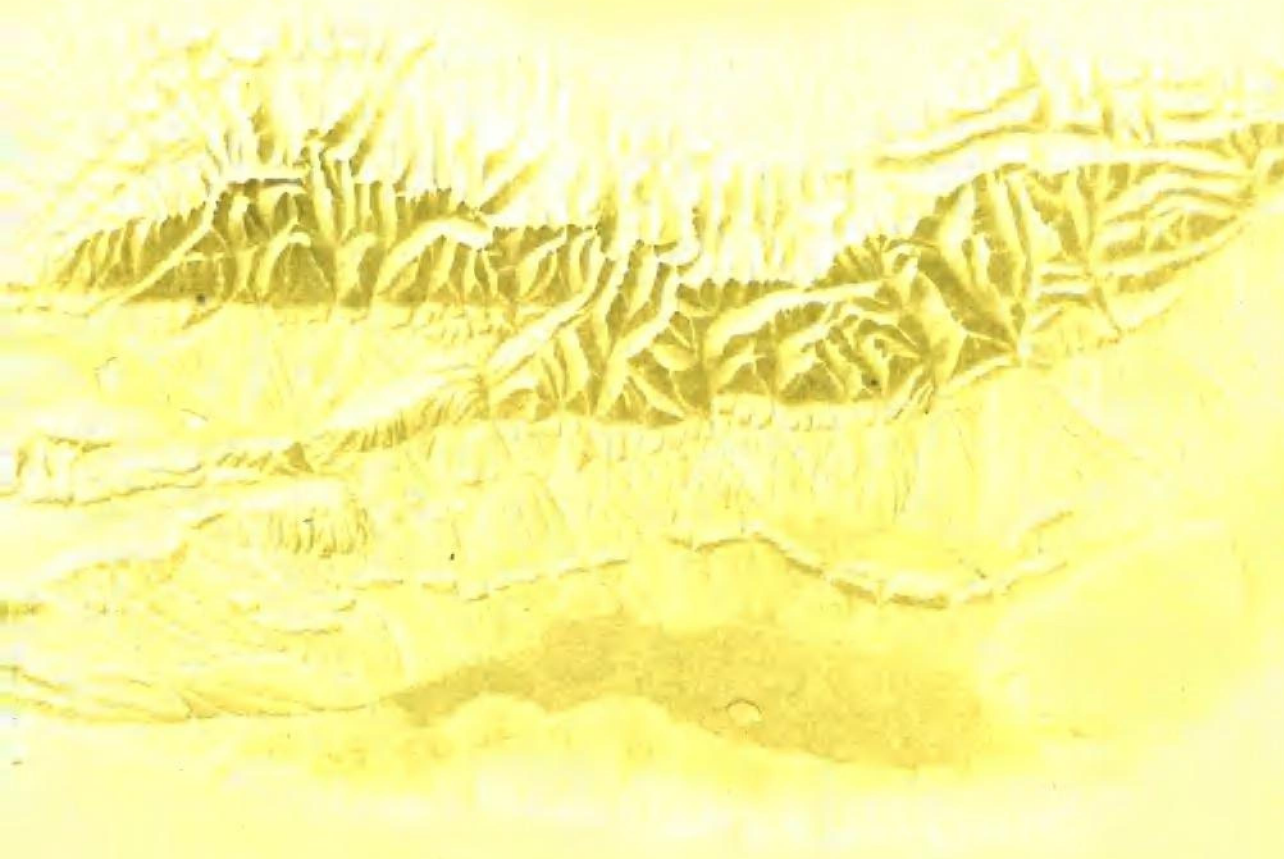


地貌晕渲法

施 祖 辉



测绘出版社

地 貌 晕 渲 法

施 祖 辉

测 绘 出 版 社

内 容 简 介

地貌晕渲法是地图上表示立体地貌的一种制图方法。由于它所表示的地貌非常直观、形象、易读，在地图上得到广泛应用。本书系统地阐述了地貌晕渲的原理和绘制方法，同时根据作者长期的实践经验，对地貌晕渲原图的绘制、怎样塑造各种地貌的立体形态以及在不同地图上的应用等有关问题作了必要的论述。本书附有大量精制的插图，图文结合，通俗易懂，可供学习晕渲法使用，也可供地图科研、生产和教育工作者参考。

地 貌 晕 渲 法

施 祖 辉

*

测绘出版社出版

国防科工委印刷厂印刷正文

中国科学院地理研究所印刷厂印刷插图

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/16·印张43·插页22·字数119千字

1983年3月第一版·1983年3月第一次印刷

印数1—4,000册·定价1.95元

统一书号：15039·新225

序 言

地球的表面是个凸凹不平的曲面。怎样在一张平面的地图上表现这种起伏不平的地貌，使之既能定位、定量，又有立体感，这是个比较复杂的制图问题。历代制图学家从不同角度、不同原理出发创造了不少表示方法。沿革到现在，常用的有等高线法、分层设色法、符号法和晕渲法等。另外，还有透视写景法、明暗等高线法、互补色法、倾斜曲线法等。这些表示方法各有优缺点，几乎每一种方法都不能十分完美地满足各方面的要求。其中等高线法是最主要的一种，它严格地建立在地形测量的基础上，能定位、定量地表示地貌，主要的不足是不够直观，因而常常需要有别的表示方法加以配合。其他的表示方法大多是在等高线的基础上制作的，它们有的作为等高线的补充，有的可以独立使用。分层设色法，是运用色彩的“远近”感，让色彩在不同的高程带上作有规律的变化，以使地貌产生立体感，尤其是大范围的地势起伏，效果更好。符号法是一种补充方法，用来表示那些不能按比例表示的地貌形态和重要的地貌目标。晕渲法是应用阴影的原理，在等高线图的基础上进行立体造型，它的主要特点是：①所表示的地貌立体感强，直观易读；②对地貌形态的表达能力强，绝大多数的地貌形态都能形象地反映出来；③用晕渲所表示的地貌没有数量概念（这是它的主要缺陷）；④在方法上有一定的艺术性。

地貌晕渲法出现于十八世纪初叶，在等高线发明以前，晕渲法已广泛地出现在小比例尺地图上，而且在描绘的技术上已相当成熟。后来由于地图雕刻铜版盛行，晕渲法受到印刷技术的限制，晕渲法在生产上占了优势，但晕渲法吸取了晕渲法的基本原则。到十九世纪后半叶，等高线法成为地貌表示方法的主流，而晕渲和晕渲只作为辅助方法。这一时期地图制印技术又有了新的发展，多色平版印刷逐渐代替了雕刻铜版，使晕渲的制印比晕渲经济便利得多，于是晕渲法又得到了普遍采用，到二十世纪中叶就基本上取代了晕渲法，成为等高线法的最主要的辅助方法*。由于晕渲法绘制技术简便，具有无可置疑的直观效果，它同其他地貌立体表示方法比较具有显著的特色，所以逐渐成为一种重要的地貌现图法。晕渲法在它漫长的道路上经历了不断发展的过程：

晕渲的光源，从直照光源改为斜照光源（局部地应用综合照光源），从而更加强了晕渲的立体感，增加了方法上的艺术性，并减少了阴影面积，结果使晕渲可以应用在多种地图上：

在绘制材料上，从炭粉画演进到水墨画，从单色画前进到彩色画，从而不断地改进了表达能力及美观效果；

在晕渲表达的内容上，从开始单纯地显示山脉的立体感前进到已开始用不同的技法塑造陆上和海底地貌的各种立体形态，将晕渲法建立在地貌学和区域地貌学的科学基础之上。

由于地貌晕渲法的技术上的不断提高，效果也越来越好。目前，或同等高线法、分层设色法联合运用于普通地图上，或作为衬托出现在专题地图上，特别是近来出现了单独用晕渲法（或以晕渲为主）表示地貌的一些地图，诸如地貌图、地势图、海底地貌图、旅游图等等，不但在直观性方面，而且在显示地貌的规律性方面都发挥了它的特长，取得了很大的成功，因而受到广泛的欢迎和重视。

* 陈述彭：论地图晕渲。测绘通报第三卷，第六期，1957年。

晕渲法现在面临普及与提高的双重任务。那种仅由少数人冷冷清清搞的局面已经结束。多一些人掌握就能为晕渲的提高打下良好的基础,方法的不断提高和改进反过来又可促进它的普及。笔者认为,无论从提高还是普及的角度来看,都还有不少问题有待进一步解决。例如:怎样塑造各种地貌的立体形态及地貌的区域特征,还有待进一步研究,这是这种方法能否有强大生命力的根本所在:提高制印质量,并不断改进同其他地图表示方法在色彩及内容上的配合,以期进一步改善图面效果;引进美术喷笔,以加快绘制速度;应用立体雕刻仪制作地形模型,再经照相所得到的晕渲图,有其特色;开展自动化晕渲的研究将为晕渲法开辟新的前景。

应全国许多制图单位的迫切要求,1975年在郑州举办了地貌晕渲学习班,本书的雏形就是为学习班编写的讲义。经过教学实践,进一步总结了经验,吸取了许多有益的意见和建议,对原材料作了较大的扩充和修改,方成此书。

本书的主要意图是阐明地貌晕渲法的基本原理、绘制方法以及在晕渲生产过程中可能碰到的一些问题,同时也试图对地貌晕渲法中一些现实而又值得研究的问题作些必要的讨论,以便使这种方法能表现更多的科学内容,适应各种地图的不同要求。

读者学习晕渲的基本原理部分时,可能会感到抽象,这不要紧,你可在阅读第二章时,一面看书,一面顺序临摹晕渲插图(也可找别的图形),边练边体会其中的道理,就会较快地理解它了。单色晕渲入门后,再练彩色晕渲。本书的四、五、六章也会对你承担任务及提高晕渲技艺有所帮助。

地貌晕渲法有一定的艺术性,各人会有不同的经验和风格。希望读者着重掌握晕渲法的基本原理和方法,运用正确的思想方法和工作方法,创作出更多更好的晕渲作品,总结出丰富多彩的新鲜经验。

在本书写作过程中得到廖克等同志的热情帮助,吕人伟、苏时雨、段体学、黄衍其等同志审阅了文稿,提出了宝贵意见,刘兵、张庆臻、赵映岗、刘继荣等同志绘制了部分插图,一并致以深切的谢意。写书过程中还参考了一些文献资料,恕不一一列举。

由于本人水平有限,书中难免有差错或不当之处,敬希读者批评指正。

作者 1979年9月于北京

目 录

序言

第一章 地貌晕渲的基本原理	1
第一节 几何光学原理	1
第二节 晕渲的半色调变化原则	4
第三节 空中透视原理	6
第二章 地貌晕渲的基础训练	8
第一节 晕渲用的工具和材料	8
第二节 等高线图的阅读	9
第三节 阴、阳坡面的确定, 阴影范围和浓度变化的掌握	12
第四节 主要地貌形态要素和基本地貌形态的画法	15
第五节 全晕渲和半晕渲的画法	21
第三章 彩色晕渲法	24
第一节 色彩的基本知识	24
第二节 斜照光源下地貌各部位色调的变化规律	27
第三节 彩色晕渲的画法	28
第四节 彩色晕渲的色彩设计	30
第四章 晕渲原图的绘制	35
第一节 准备工作	35
第二节 晕渲原图的绘制过程	37
第三节 地貌的概括和取舍	38
第四节 双色晕渲原图的绘制	40
第五节 拼幅地图晕渲原图的绘制	41
第六节 晕渲原图的绘制同制印的相互配合	42
第五章 各种地貌形态的塑造	45
第一节 用不同的画法塑造不同的地貌形态	45
第二节 构造地貌的表示	46
第三节 外营力作用下的地貌形态特征的表示	49
第四节 一些特殊地貌的表示	53
第五节 平原地貌的表示	58
第六节 地貌组合和区域地貌特征的表示	59
第七节 海底地貌的表示	60
第六章 地貌晕渲在各种地图上的应用	65
第一节 晕渲法在普通地图上的应用	65
第二节 晕渲法在专题地图上的应用	67
第三节 晕渲法应用的评述	69

第一章 地貌晕渲法的基本原理

太阳光线照射到高低起伏的地物上,产生光辉和暗影,这是最常见的自然现象之一。一张普通照片(风景照、人物照),通过其光辉和暗影的明暗对比,真实地反映了一个物体或一个人的立体形态。同样,一张从空中拍摄的地面像片(航空像片、卫星像片),由于地貌阴、阳坡面的明暗对比,会使我们得到立体的感觉。地貌晕渲法就是应用阴影的原理在平面图上建立地貌立体形态的。

光照是产生阴影的必要条件。太阳是地球的光源。但由于地貌同光源的位置处于不断运动的状态,地面的明暗程度又受大气层和地面物质的影响,情况复杂,不便于研究,所以晕渲法所采用的是处在固定位置的假定光源,即假设这个光源发出的是强度不变的平行光线。大气层和地面物质的因素也不予考虑。这样,地貌各部位的明暗程度就只决定于地面的坡向及坡度与平行光线的关系,我们就可以应用几何光学原理来探讨平行光线条件下地貌各部位的明暗变化情况,从中找出规律性的东西来。

第一节 几何光学原理

地貌晕渲法所采用的光源有三种:直照光源、斜照光源、综合照光源。

现在我们具体探讨一下,在这三种光源下地貌各部位明暗变化的规律。

一、直照光源

假设平行光线从天顶垂直地照射到地面,这种光源称为“直照光源”。这是晕渲法最初采用的一种光源。在直照光源下,地面的受光量同该地面倾斜角的余弦成正比地变化。

假设平面AB上单位面积的受光量为1,倾斜面AB'的坡度角为 α , (图1-1),则该倾斜面上单位面积的受光量H可以用下面的公式表达:

$$H = 1 \times \cos \alpha = \cos \alpha$$

这一公式表明:在水平面上受光量最大,等于1;坡度逐渐增大时,受光量逐渐减小;坡度增加到 90° 时,受光量等于0。黑度则相反,水平面上为0, 90° 的坡面为1。这就得出了在直照光源下坡度越陡阴影越暗的规律。按照这个规律,我们只要根据地图上等高线的疏密变化判断出坡度的陡缓,相应地画上浓淡色彩(等高线越密的坡面着色越浓),结果就得到了直照晕渲图。

二、斜照光源

如果光线倾斜照射到地面,则称“斜照光源”。这是

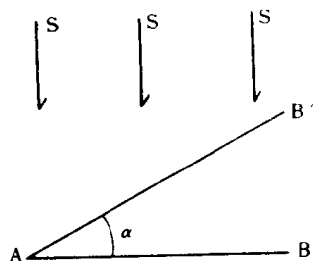


图 1-1

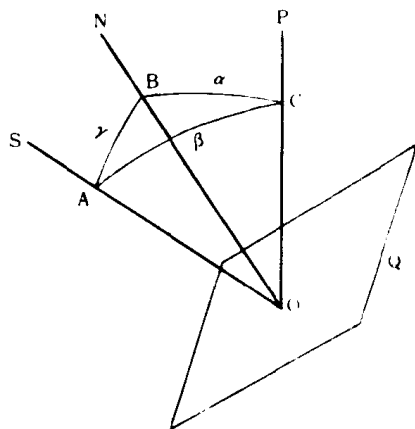


图 1-2

目前普遍采用的一种光源。这里着重讨论斜照光源下地貌各部位的明暗变化规律。

地貌各部位的受光量取决于地面同光源方向的夹角。

假设有一束平行光线以 45° 的倾斜角照射到地面上，则地貌各部位的受光量可以用如下方法计算。

如图1-2所示，设：O点为Q面上的一点；OP为铅垂线；ON为Q面的法线；SO为光线方向；角 α 为铅垂线OP同法线ON之间的夹角，等于Q面的坡度角；角 β 为铅垂线OP同光线方向SO的夹角，它是光线倾角的余角；角 γ 为法线ON同光线SO的夹角。延长OS、ON、OP到一球面，得球面三角形ABC，角C称为方向角，它表示Q面对光源方向的位置。

Q面上O点的受光量与光线SO同Q面的法线ON的夹角的余弦成正比例。由球面三角形ABC得知：

$$\cos\gamma = \cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta\cos C \quad (1)$$

因为光线的倾斜角 α 假定为 45° ，所以其余角 β 也是 45° ，所以 $\cos\beta = \sin\beta = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$ 。故

$$\cos\gamma = 0.707 (\cos\alpha + \sin\alpha\cos C) \quad (2)$$

因Q面的受光量 H' 等于单位面积的受光量 H 和角 γ 的余弦的乘积，

$$H' = H \cos\gamma$$

设单位面积的受光量为1，则 $H' = \cos\gamma$ ，所以Q面上O点的受光量为

$$H' = 0.707 (\cos\alpha + \sin\alpha \cdot \cos C) \quad (3)$$

根据公式(3)，我们可以计算出任何坡面的受光量。

晕渲习惯上是用不同的黑度来表示的。我们假设地面各部位的受光量 H' 同黑度 B 的总和为1，则

$$B = 1 - H' \quad (4)$$

根据公式(4)就可以求出地貌任何坡面的黑度。现把一些主要坡度、坡向的黑度列表如下：

高度为 45° 的平行光线下，地面一些主要坡度、坡向的理论黑度表

表1-1

黑度 B		坡度 α		0°	5°	15°	30°	45°	60°	90°
坡向										
半地面				0.293						
阳坡面	0°				0.234	0.134	0.034	0	0.034	0.293
	15°				0.237	0.140	0.047	0.017	0.055	0.317
	30°				0.242	0.159	0.082	0.067	0.117	0.388
	60°				0.265	0.225	0.211	0.250	0.340	0.616
	90°				0.296	0.317	0.388	0.500	0.646	1
阴坡面	120°				0.327	0.408	0.565	0.750	0.952	1.353
	150°				0.350	0.475	0.694	0.933	1.176	1.612
	180°				0.358	0.500	0.742	1	1.258	1.707

图1-3(见图版1)是一幅模型照片,它比较真实地反映了一些主要坡度、坡向的坡面在斜照光源下的明暗变化情况。

如果我们在等高线图上仔细地量测每个坡面的坡度和坡向,用公式(4)一一计算,并画出它们的黑度,那么就得到了完全客观的斜照晕渲图。但是这样的计算非常繁杂,用人工计算甚至是不可能的,在绘制晕渲时也没有必要这样做。

通过对上述理论的探讨,我们可以得到在斜照光源下地貌各部位黑度变化的一些基本规律,再根据晕渲的条件加以必要的修正,就成为晕渲法的基础。这些基本规律是:

1. 在斜照光源下,地表面可划分为阴坡面、阳坡面和平地面三种性质的坡面

坡度大于 0° 、坡向小于 90° 的斜坡面朝向光源,称为**阳坡面**。在阳坡面上,随着坡度的增大,受光量也相应增加,因而黑度变小。在坡度为 45° 且正对着光源方向的坡面上,黑度为0,但坡度超过 45° 时黑度复又增加。由于超过 45° 的斜坡在实地上不多,我们暂可忽略不计,从而得到了在阳坡面越陡越亮的规律。

坡向大于 90° 的斜坡面称为**阴坡面**。可以明显地看出,在阴坡面上随着坡向的增加(从 90° 到 180°)和坡度的增加,黑度迅速增加。在坡向为 180° 、坡度为 45° 时,黑度最大,等于1(坡度超过 45° 的情况在这里暂时忽略不计)。

坡度为 0° 的地面叫做**平地**面。根据上述理论计算,平地上有0.293的黑度。这是斜照光源的一个重要现象。一切阳坡面和阴坡面的黑度都是从平地面的这个黑度开始的,随着坡面坡度的增大,阳坡面黑度逐渐变小,阴坡面黑度逐渐变大。所以平地面对显示地貌立体感起着重要作用。

2. 在斜照光源下,坡向与黑度的变化关系极大。首先,坡向决定了阴、阳坡面的划分;其次,即使在阳坡(或阴坡)的范围内,由于坡向的变化,黑度也随之变化。所以走向不同的数列山脉,其阴、阳坡面的黑度变化呈现着复杂的情况(图1-4,见图版1)。

斜照光源下的这种复杂情况给地貌晕渲带来了很大的困难。晕渲时只有使山脉两坡具有相当大的黑白反差才能得到鲜明的立体感,但按照图1-4,东西走向或南北走向的山岭,其阴、阳坡面的反差减弱了很多,尤其是同光源方向平行的山岭,两坡黑度相等,立体感就很小了。因此,有必要对上述复杂情况进行简化和修正,即按光源方向确定山脉的阴、阳坡面——朝向光源的为阳坡,背向光源的是阴坡;当山脉走向同光源方向一致时,应局部地改变光源方向,使这个山脉仍有一个是阳坡,一个是阴坡,而阳坡面的亮度和阴坡面的黑度则主要由坡度来决定——阳坡面越陡越亮,阴坡面越陡越暗,坡向变化这个因素在这里可以较少考虑。

经过这样的简化和修正,既能使地貌晕渲有相当强的立体感,又能较好地反映坡形特征,也能适应晕渲的技术条件。

3. 斜照晕渲的光源,通常假定置于地图的左上方,即西北 45° 方向射来。这样,山脉的东坡、东南坡、南坡为阴坡;西坡、西北坡、北坡为阳坡。人们在工作学习和看图时都习惯于把光源放在左上方,地图上西北方向的光源能使人们在看地貌晕渲图时得到习惯的光源方向。当然,把斜照光源下的几何光学原理作了必要的简化和修正后,其光源的高度和方向实际上就成了假定的象征性的东西了。

西北 45° 的光源是斜照晕渲的理想光源,但并不是唯一可取的光源,如北方和西方的光源也可以。在特殊情况下,采用西南方或北东方向的光源也是行得通的。因此,我们可以根

据表示地貌的需要适当地选择光源的位置，或者局部地改变光源方向。

这种人为假定的光源方向，显然同北半球的自然光源——太阳的位置是相反的。但实践证明，如按照自然光源，采用东南方或南方的光源来绘制晕渲，就使读者很不习惯，甚至会得到颠倒的（负的）立体效果。读者只要把图2-4（见图版2）模型照片倒过来看（这时就成了右下方来的光源），就明白这一点了。当我们看航空像片或卫星像片时常常感觉山脊凹下去了，河谷反而凸起来了，也是这个原因。

4. 在斜照光源下，坡度大于光源入射角，即大于 45° 时会产生投影，使被投影的区域内变得很阴暗，同时阳坡面的反射光照到对面的阴坡面上，使之变亮，如图1-5和2-4（见图版2）。这就对几何光学原理产生了干扰。这种现象，晕渲一般不予考虑，因为实地上超过 45° 的坡度不多。但如果要绘制很重要的陡坡、悬崖峭壁、非常陡峻的深切峡谷等地貌，而用一般的几何光学原理又不能很好地表现的时候，运用投影和反射光加以强调，可以丰富晕渲的艺术表现能力。

三、综合照光源

假设用直照光源为主光源，斜照光源为辅助光源，则称为综合照光源。如图1-6所示。

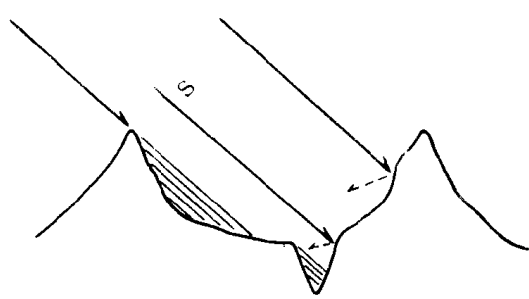


图 1-5 斜照光源下投影和反射光示意图

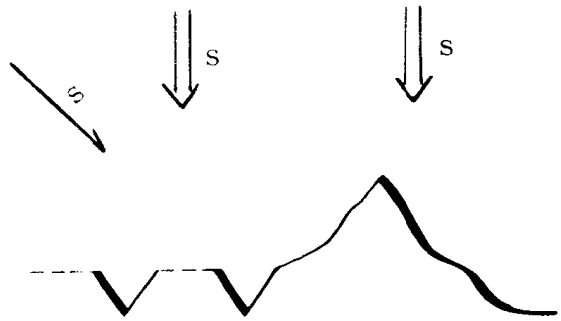


图 1-6 综合照光源示意图

可以看出，在这种光源下，地貌各部位的明暗变化首先受直照光源的影响，遵循坡度越陡越暗的规律；其次受斜照光源的影响，使地貌又区分出阴、阳坡面。同斜照光源相比，在综合照光源下，山脉阴坡黑度变化的规律相同，阳坡部分也是越陡越暗（当然比阴坡部分要亮得多），在平地部分可以认为是最亮的。这就是综合照光源下地貌各部位明暗变化的一般规律。

上述三种光源，比较起来，直照光源的晕渲能较好地表现地貌的坡度及坡形，但地貌立体效果差，阴影面积大，目前已被斜照光源取代了。但有些坡度图仍用这种方法表示。斜照光源的晕渲具有很强的立体感，对塑造地貌立体形态的表现力比较强，阴影面积较小，适用于多种地图，因而得到广泛使用。综合照光源的晕渲，它兼有直照晕渲和斜照晕渲的优点，但阳坡面上越陡越暗的原则在绘制大部分地貌形态时是不能采用的，而对某些河谷等地貌形态，它却有较好的表现力。可以认为，综合照晕渲是对斜照晕渲的补充。

第二节 晕渲的半色调变化原则

地貌晕渲是利用色调的明暗变化来得到地貌立体感的。这种具有连续变化的色调称为半

色调。

那么，半色调的变化有什么规律呢？这是必须搞清的基本问题。现在，我们根据斜照光源的几何光学原理，结合地貌的一些基本形态讨论半色调的变化规律。

一、半色调浓淡变化的原则

第一原则：阴坡面越陡越暗，阳坡面越陡越亮，平地面上有一层浅色调。这是确定晕渲浓度变化的基本原则。根据这个原则，不同的山坡形态有不同的浓度变化规律。山坡形态可以归纳为凹形坡、直线坡、凸形坡、阶梯坡四种，图1 7表示了这四种基本形态在阴坡面和阳坡面的半色调变化规律。

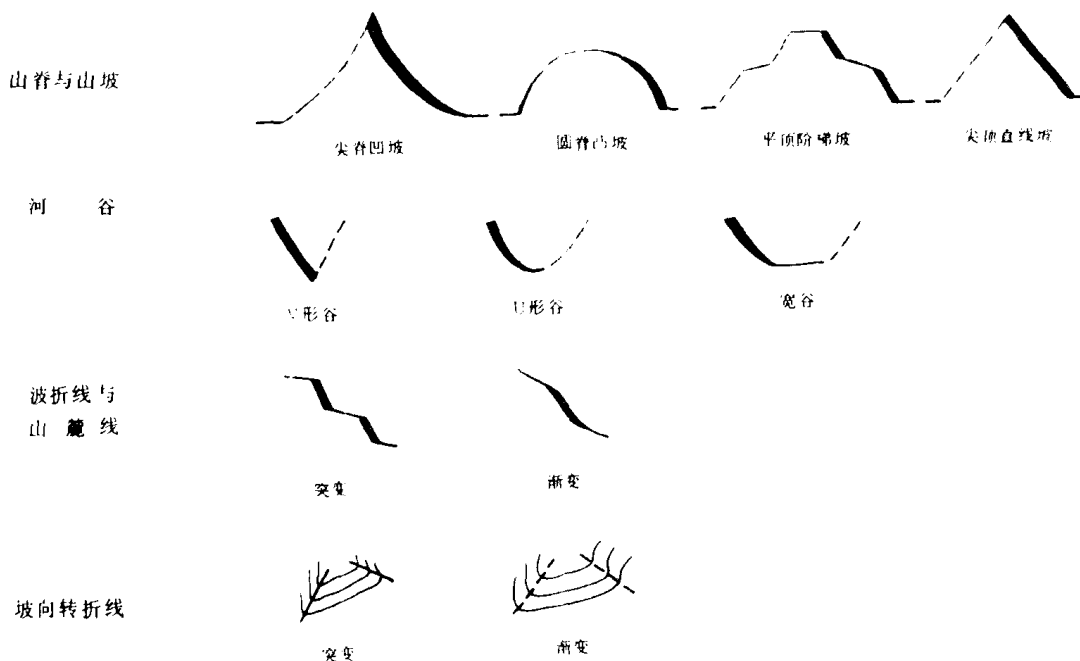


图1 7 各种坡形和地性线半色调变化示意图

第二原则：地势越高，阴坡越暗、阳坡越亮。只用第一原则确定晕渲浓度的变化是不够的，为了表现不同山脉的高度对比，提出了浓度变化的第二原则。地貌晕渲的立体感强度主要取决于山脉阴、阳坡面的明暗对比，反差越强烈，立体感就越强，山脉就显得越高。晕渲往往通过阴坡色调的浓淡变化来体现这个反差的，所以要用越高越浓的方法来表示山脉之间的高度对比。

必须指出，这里所说的阴坡面越高越浓是指不同的山体，它不适用于同一山体的同一个坡面（凹形坡除外）。试想，如果把这个原则搬到同一个坡面上去，那么所有的山坡都成了凹形坡，岂不歪曲了坡形！

在具体运用时，浓度变化的上述两个原则有时一致，有时发生矛盾。例如：一般说来，低山丘陵绝对高程低，坡度也缓；中山较高，坡也较陡；高山最高，坡度也最大。对这一普遍规律而言，两个原则的应用是一致的。在比例尺越小的地图上，晕渲越偏重于只表示普遍性的规律。所以在小比例尺图上，按照丘陵、低山、中山、高山这几类地貌进行浓度分级，

就基本上反映了这几类山脉的高度差别，也反映了这些山脉的坡度差别。但有些山虽然绝对高程低，坡度却比较陡；另一些山虽然绝对高程较大，坡度却较缓。倘若这两条山出现在一幅图上，那么：按第一原则办，低而陡的山要画浓；按第二原则办，高而缓的山要画浓。这就产生了矛盾。又如高原地区，尽管高原边缘的绝对高程可能比高原面上的山脉要低，但由于强烈侵蚀，边缘坡度可能大大超过高原面上的山；高原面上的山虽然海拔很高，但坡度却往往很和缓。在这种情况下两个原则的运用也产生了矛盾。即使绝对高程差不多的山脉，也是有的很陡，有的较缓，如大兴安岭和太行山脉，平均高度相近，但东坡面陡缓程度却相差很大，这时不应把这两个山画得一样浓。

如何解决这些矛盾，这需要作具体分析，针对不同的情况作不同的处理。如相邻的两个山，一个低而陡，一个高而缓，那么这两个山的坡长必定不同。低而陡的山坡短，高而缓的山坡长。我们知道，山坡的长短也是影响晕渲立体感强度的一个重要因素。所以，在这种情况下，只要控制好两个山的坡长，用越陡越浓的原则，把低而陡的山画浓些，高而缓的山画淡些，一般来说就能较正确地反映两山的高度对比。只有在高而缓的山尚不够高时，才能稍稍加浓些，但其浓度不得超过低而陡的山。否则，坡度概念就颠倒了。

同样道理，高度相同而坡度不同的两个山，坡长也一定不同。例如，大兴安岭的东坡缓而长，太行山脉的东坡则陡而较短。用越陡越浓的原则把太行山画浓些，大兴安岭画淡些，仍能得到大致相同的立体感。如果画得一样浓，反而得不到相同高度的感觉，容易歪曲它们的坡度对比。

对于高原的处理，同样也遵循越陡越浓的原则。就是用较浓的色调来表示高原边缘陡峻的山坡和深切的河谷，同时想方设法通过高原边缘区的山和谷的显示来衬托高原面，然后再在已经衬托出的高原面上用较淡的色调表示和缓起伏的山脉，使得这些山脉从高原面上突起。这样就能正确表示出高原边缘与高原面上山脉的坡度、高度的对比。

从以上几个例子可以看出，第一原则是主要的，而第二原则乃是补充性的。应用这两个原则的目的在于：既要能表示出山坡的形态特征和不同山脉的坡度对比，又要能反映出不同山脉的高度对比。为达到这三个目的，应根据具体情况恰当运用上述两个原则，并处理它们之间的矛盾。

二、半色调强度变化的原则

晕渲的半色调变化，哪儿应该反差强烈，哪儿应该对比柔和，哪儿需要突变，哪儿应该渐变呢？显然，在地形起伏剧烈的地方，晕渲的色调对比应当强烈，在地形起伏和缓的地方，色调对比也相应柔和些；在地性线尖锐转折的地方，晕渲的半色调需要突变，而在地性线圆缓转折的地方，半色调也应随之渐变。根据这个原则，就可以确定在山脊线、山麓线、谷底线、坡折线等各种地性线处半色调变化的特点（图1-7）。

总之，在绘制尖锐或狭窄的山脊、陡峻坡面、深切峡谷以及变化剧烈的地貌时，晕渲的半色调变化和反差要强烈，而绘制山顶浑圆、沟谷宽浅以及起伏和缓的地貌时，半色调变化及对比也要柔和些。

第三节 空中透视原理

用透视原理表示物体的立体感和远近感是一个重要的艺术手段。透视原理表现在以下几个方面：

1. 物体的大小变化。同样大小的物体，越远的在画面上显得越小，越近的显得越大。
2. 清晰度变化。越近的物体越清晰，越远的物体轮廓越模糊。
3. 色彩的变化。如由近到远排列的几座青绿色的山，到远处时看上去呈紫蓝色，其色彩也愈远愈淡。

利用这些原理，就能在画面上形象地表现出景深的感觉。

地貌晕渲法若能正确地运用透视原理，可以加强地貌的立体效果。但是，晕渲法中的透视原理与美术中的透视原理有所不同，美术中一般都是斜透视，而地图的数学基础都是正透视，所以地貌晕渲采用的是空中透视。假如我们从空中垂直向下看高低起伏的山脉，则山顶和山坡上部离得近些，轮廓比较清晰，而山坡下部，尤其是幽深的山谷离我们远些，看上去就比较模糊、阴暗。这种现象在相对高差巨大的地区更为明显。相反，在相对高差很小的山区就不那么明显了。

因此，绘制高山深谷地区的晕渲时，要把山脊和山坡上部的轮廓画得很清晰，从山坡下部到山麓和平原，越往下轮廓画得越模糊，在深谷阳坡面的下部也画上一些淡影，使整个山谷有阴暗模糊之感。这样，就形象地表示出了幽深的山谷，同时更衬托出了山峰的高峻。

上面叙述的是地貌晕渲的基本原理和原则。其中斜照光源的几何光学原理以及根据这个原理所得到的晕渲半色调变化的原则是地貌晕渲法最基本的知识。理解并掌握了这些知识，就能画出各种地貌的立体形态来。空中透视和投影反射光的运用是地貌晕渲的一种补充手段，若运用得当，能有效地加强地貌的立体感和艺术表现力。

第二章 地貌晕渲的基础训练

所谓基础训练，就是根据几何光学原理及半色调变化原则，在等高线图形的基础上画出地貌的立体形态。通过训练进一步加深理解地貌晕渲的基本原理及其运用，学会一些简单地貌的画法，初步掌握晕渲的绘画技巧，为承担生产任务和继续提高打好基础。

第一节 晕渲用的工具和材料

晕渲用的工具和材料相当简单，主要是笔、墨、蓝图等，但对它们有一定的要求。

毛笔 晕渲用的毛笔要求笔毛硬一些，要有尖锐的笔锋。我国出产的国画笔如“依纹笔”、“点梅笔”一类狼毫笔就很合适。

一般备有二到三支即可。一支笔蘸墨汁进行渲绘，另一支笔蘸清水用于修饰。还可备一支“小白云”或“中白云”笔，这种笔是狼毛和羊毛合制的，较软，用于渲绘大块和大面积的色调比较合适。选择毛笔的大小要根据所画地貌碎部的粗细程度而定，若图形比较破碎，则用较小的笔画，如“依纹笔”；若图形较粗，则可用较大的笔，如用“点梅笔”来画；若图形十分粗放，则可用“小白云”或“中白云”笔来画。

墨 以松烟墨为好。这种墨黑而不发亮，照相效果好。而一般清绘用的墨胶质多，黑而有反光，要影响网目照相的效果，所以尽量不用。

纸 晕渲用的纸，要求纸色白、质地好，但又不要太紧密，吸水性能好，经反复涂染纸面不发毛，而且纸面胶质要少，使普染色调很均匀。这和清绘线划所用的纸不一样。清绘用的纸质地紧密、纸面光滑、有胶质，这种纸是不适于晕渲的。

在实际挑选纸张时，先看纸色、光滑度和质地紧密度是否合乎要求，然后用淡墨汁进行试验，在纸上快速地普染一定面积，看收干速度如何，干后是否均匀。如果收干较快，干后又很均匀，就符合要求。若是不易收干，干后色调疙疙瘩瘩，就说明吸水性能差，纸面胶质多，不合要求。试验时还可反复多染几遍，检验纸面是否发毛，如不发毛则可用。

国内市场上卖的水彩纸比较适合于画晕渲，但有的纸面嫌粗一些，可能影响网目照相的光洁性。如果纸的其它条件都符合上述要求，唯有纸面胶质多，不易涂匀，可以把纸放在清水里浸泡一小时左右，把胶质溶去。注意浸泡过程中不能擦、刷纸面，以免将纸擦毛。

底图 作为晕渲作业的底图，应该有详尽的等高线和水网要素。作为练习用的图，其它要素应尽量少些。蓝图（中蓝色）线划要清晰，尽量不带蓝底。

晕渲梯尺 自己做一个晕渲梯尺是很有意义的。先用铅笔在白纸上打好连续12个等分的框框，在第三个框框里涂上同纸张的白色相接近的浅色，然后用叠色普染的方法逐级均匀地加深，直到最后一个框里涂上饱和的黑色（图2-1，见图版1）。

制作晕渲梯尺时，要求每一格里的色调涂得很平，从淡到浓十个等级，变化清楚又很均匀。在第二个框里保持纸张本色，在第一框内涂上白粉，那么梯尺表上从白粉到饱和黑色，包括了晕渲图上所能出现的全部半色调色阶。练习制作晕渲梯尺对初学者掌握各种浓度色调的画法是有帮助的，何况梯尺本身也是晕渲作业中很有用的工具。梯尺的作用有：①不仅是初学者，即使是比较有经验的人，往往在晕渲画了几遍后，判别不清画上的浓度到底有多深，

此时若用晕渲梯尺一对照，就清楚了。②晕渲作业开始之前，首先要估计一下这个山、这种地貌应该画到何种浓度，在作业过程中也要随时检查其浓度画得是否合适，这都有赖于晕渲梯尺。③对晕渲原图进行网目照相时，附上晕渲梯尺，便于网目照相及以后的翻版工序检查层次是否反映了原稿。

第二节 等高线图的阅读

等高线图是进行地貌晕渲的依据和基础。了解等高线的基本原理，并根据等高线图形判读出地貌的立体形状，这也是学习地貌晕渲法的一个基本训练，因此有必要谈谈有关等高线的基本知识和阅读方法。

一、等高线的基本原理

所谓等高线就是地上海拔高程相同的点的连线。将此连线按一定的比例缩小并投影到水平面上就成了地图上的等高线。

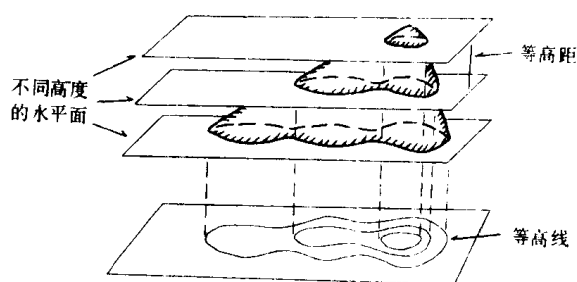


图2-2 等高线原理图解

在我国，等高线的海拔高程是以黄海平均海平面为零米起算的，表示陆地地貌的称等高线，表示水下地貌的叫等深线。

如果每隔一定高度（叫做等高距）画一根等高线，就得到一组等高线，这就把实地上的立体地貌用一组等高线记录到平面图上了（图2-2）。反过来说，图面上的一组等高线表达了实地上的立体地貌。

二、等高线与地貌形态的关系

现在我们要通过阅读一组等高线并由此复原出实地地貌的立体形态。为此，先要弄清楚等高线图形、等高线之间的组合与地貌形态的关系。这种关系表现在以下几个方面（见图2-3）。

1. 不同的山脊形态与等高线形状的关系

- 尖山脊 等高线成尖锐转折
- 圆山脊 等高线成圆形转折
- 平山脊 等高线成方形转折

2. 不同的河谷形态与等高线形状的关系

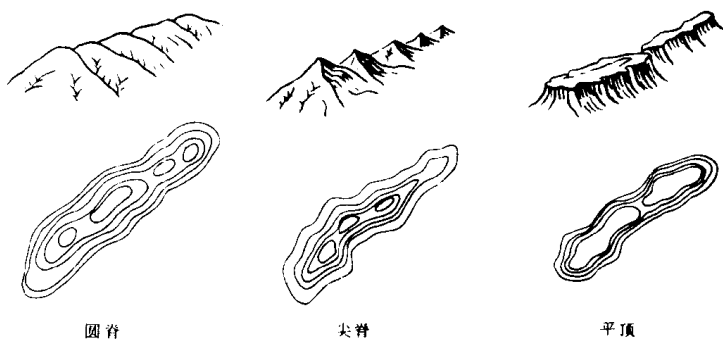
等高线向分水岭方向转折，或者说向河流上游方向转折是表示河谷。不同形态的河谷反映在等高线上的形状是：

- “V”形谷 等高线成尖锐转折
- “U”形谷 等高线成椭圆形转折
- 宽谷 等高线成方形转折

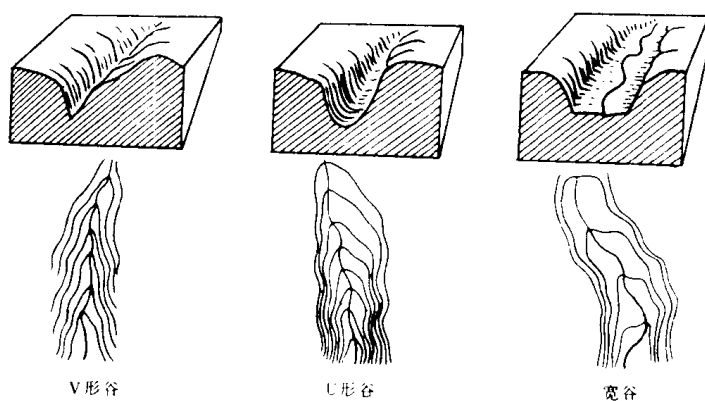
3. 坡度与等高线疏密的关系

坡面越陡，反映在图上的等高线越密，即等高线的间距越小。根据这个特性，我们可以由等高线的疏密来判断斜坡的陡缓，还可以判断不同的山坡形态。如：

- 凹形坡 山坡上部等高线密，下部变疏
- 凸形坡 山坡上部等高线疏，下部变密
- 阶梯坡 阶梯陡坎处等高线密，平台台面上疏。图上呈疏密相间的规律变化



a 山脊与等高线



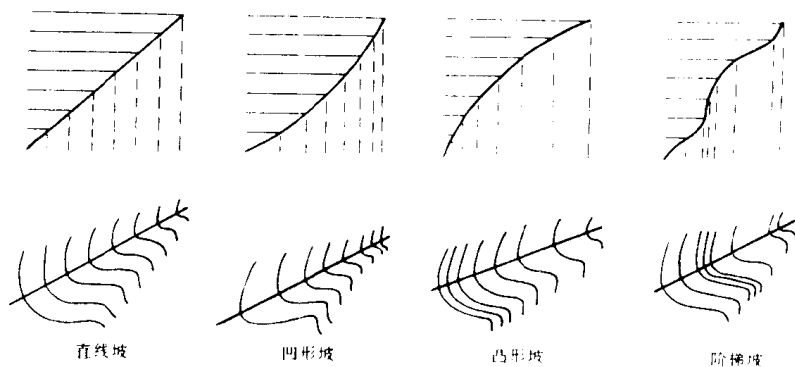
b 河谷与等高线



c 鞍部与等高线



d 洼地与等高线



e 坡形与等高线

图2 3 地貌形态与等高线的关系

直线坡 等高线成等间距排列

斜坡的坡度同等高线的水平距离有一定的函数关系,因而我们可以用三角公式在等高线图上量测斜坡的坡度值。其公式是:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{d}$$

其中: α 是斜坡的坡度角, h 是等高距, d 是等高线的水平距离 (其值等于图上等高线的间距乘以该图比例尺的分母)。

此外,我们还可以根据等高线的疏密变化判断山麓线和坡折线的位置及特征。山麓线是山坡与“平地”的交界线。显然,山坡部分等高线比较密集,山麓线以下等高线显著变疏。如果山麓线 (或坡折线) 非常清楚,则等高线的疏密变化是突变;反之,若山麓线 (或坡折线) 不很明显,则等高线的疏密变化是渐变的。根据这些对应关系,我们就能判断出山麓线、坡折线的位置和特征。

在等高线图上还有一些符号,表示等高线难以反映的一些地貌或地貌要素。如标高点、山峰符号、山口符号、陡崖符号、冲沟或雨裂符号等。还有一些不能按比例表示的特殊地貌。如沙丘符号、岩溶峰林符号等等。这些符号对我们判断地貌形态都是很有用的。

明确了实地地貌的立体形态与等高线图形的对应关系,就可通过阅读等高线图判断它所表示的地貌立体形态。阅读时,要抓住每一根等高线的平面形状特点及等高线之间的组合关系,判断出山脊线的位置和形状,山麓线和坡折线的位置和特征,山坡的陡缓和坡形特征,谷底线的位置和河谷的形态,以及山脉的绝对高程和相对高程等。得到了这几方面的概念,就算读出了等高线所表示的地貌立体形态。

阅读等高线图是地貌晕渲的一个基本功。由于等高线所表示的地貌立体形态毕竟比较抽象,不够直观,所以要通过反复实践而逐步提高阅读能力。为此,还需要理解实地地貌、等高线和晕渲的光辉暗影这三者之间的关系。这可以用同一地区的航空像片与地形图对照起来读,或者拿了地形图进行实地踏勘,观察实地的山和等高线图形的对应关系,观察实地山在太阳光照下光辉暗影的情况。图2-4 (见图版2、3) 是一组地形模型照片。每一个模型照片同相应的等高线图对照起来,可以清楚地说明地形、等高线和晕渲半色调变化这三者之间的关系。

感觉到了的东西,还不一定能深刻地理解它,只有理解了的东西才能更深刻地感觉它。通过阅读等高线图获得地貌形态的基本概念,这只是初步的要求。如果缺乏地貌学的基本知识,包括对地貌的感性认识和理性认识,那么只靠阅读等高线图还不能深刻地判断和理解它所表示的地貌特征。因此,我们还应该学点地貌学,弄清在一定的内营力、外营力和组成物质的条件下所造成的地貌典型形态是什么?再学一点区域地貌的知识,有条件的话最好能进行实地考察。具备了这些知识再来读等高线图,就能更准确、容易地判断出地貌的形态特征。这是提高一步的要求。

此外,在阅读等高线图时,还要考虑到等高线法表示地貌形态的局限性。等高线必须有一定的间距,如果某一重要的地性线 (如山麓线、坡折线) 的高度正好介于两根等高线之间,那么在等高线图上就不能清楚地反映出它们的位置和特征。这种情况是经常发生的,尤其在小比例尺图上,等高距加大,使一些山脉只有一、二根或二、三根等高线通过,往往很难判断出这条山脉的形态,因而更要借助于地貌学和区域地貌学的知识,并参考一些大比例尺的