

# 内蒙古地貌的遥感应用研究\*

史培军 林儒耕 刘树人

(北京师范大学) (内蒙古师范大学) (华东师范大学)

## 前言

内蒙古地貌专题研究是“遥感技术在内蒙古草场资源调查中的应用”课题的一个组成部分。地貌组自一九八三年到一九八七年先后完成了 1: 50 万海拉尔幅、1: 25 万达里淖尔幅地貌图, 1: 35 万兴安盟、哲里木盟、赤峰市、乌兰察布盟、伊克昭盟、巴彦淖尔盟、呼和浩特市、包头市、乌海市地貌图, 1: 50 万呼伦贝尔盟、锡林郭勒盟、阿拉善盟地貌图, 1: 75 万赤峰地区地貌图、1: 40 万兴安盟地貌图、1: 25 万乌审旗地貌图、1: 20 万乌海市地貌图。与此同时, 完成了上述图件的说明书和有关文字报告。在这些工作的基础上, 编制成了内蒙古自治区 1: 100 万地貌类型图。在此, 对地貌组几年来所取得的成果及一些新的认识作概要总结, 并着重对全区地貌图及地貌与生产建设的关系给予说明。

### 一、地貌图的性质、目的与内容

内蒙古自治区地貌图是自治区重要的自然条件图之一, 它是 1: 100 万内蒙古草场资源系列图的一种。目的是应用卫星像片的科学性 with 直观性, 根据生产的需求, 划分各种地貌类型与地貌组合类型以及必要的示量指标, 系统地揭示内蒙古自治区地貌组合、结构及发展的基本规律。基本内容有地貌形态成因类型; 主要形态计量; 地表组成物质; 外营力过程等。本图的编制除学术意义外, 并为评价草场、土地等资源提供基础数据, 还为全区经济建设、特别是林、牧、农等大农业生产的合理布局与土地利用结构的调整提供依据。

### 二、地貌遥感分析与制图的原则、方法及过程

不同的地貌类型由于组成物质、营力过程及形态组合的不同, 因此, 所表示出来的光谱特征也就不同。一般来讲, 时间特性主要是反映在不同时期被测地物光谱特性的变化, 而地物间空间特性的明显差异, 主要是由被测各地物的光谱特性不相同所造成的。<sup>[1]</sup>应用遥感技术研究地貌, 就是利用了遥感图像反映的直接或间接的地貌光谱特征进行分析和制图的。

地貌遥感分析的方法主要包括以下几个方面: (1) 综合分析地面常规研究资料; (2) 建立地貌遥感图像目视判读标志与目视判读; (3) 信息相关分析, 即波谱的对比分析、不同波段卫星像片的对比分析、不同类型卫星的对比分析、如 MSS 与 RBV、TM 的对比分析、不同时相卫星影像的对比分析、各自然要素间的地学相关分析等; (4) 信息提取与信息复合, 即在上述目视判读基础和地面资料的基础上, 提取地貌信息并将信息进行复合, 才能实现地貌的遥感制图。对于地貌信息的提取, 有三个突出特点: 一是质量信息、主要依据影像特征 (特别是纹、形特征) 作为判读标志。为了能够较为客观地编制各盟市和部分地区的地貌图件, 分别根据不同的卫星影像资料, 制定了相应制图区的目视解译标志, 并进一步综合提取全区地貌图的目视解译标志 (表 1); 二是提取数量信息, 主要依据影像的色调、相关位置以及一系列地学相关分析的间接指标 (包括地面样方测量数据); 三是提取分布信息。多种方法的配合和多种信息的复合就是地貌遥感制图的基本方法。

地貌遥感分析与制图过程实际上是一系列信息转换过程。以卫星影像作为基本信息源进行区域地貌分析与制图, 其最终成果的表现形式有三, 即地貌图、有关地貌数据和文字

\* 本文是在“遥感在内蒙古草场资源调查中的应用研究”课题“地貌专题研究报告”的基础上, 进一步修改和补充下完成的。参加地貌专题研究的单位和人员有: 内蒙古师范大学: 林儒耕、王静爱; 华东师范大学: 刘树人、王静、尹占娥、宋浩昆、张莹、吴建平; 北京师范大学: 史培军; 南京大学: 陈丙咸、吕国年; 内蒙古林学院: 张秉文。地貌专业组组长: 林儒耕。

报告。这三种形式相辅相成、相互配合、相互补充。要完成这三方面的成果，从地貌遥感分析与制图过程来看，要经过一系列信息转换过程、抽样验证和各专图业条的协调过程。在这一系列过程中，最为重要的工作就是对遥感影象的地貌学分析，建立解译模型（形象模型和抽象模型）。图 1 就是这一系列过程的概括。

### 三、地貌分类原则与分类系统

#### （一）分类原则

我们认为，地貌图的目的和任务决定着地貌图的分类原则。据此，拟定下列分类原则：

##### 1. 卫星影象的可解性原则

卫星影象是我们进行地貌制图的基本材料（信息），卫星影象的分辨率，特别是目视判读的分辨率决定着地貌制图的基本单元。因此地貌遥感制图，必须遵循卫星影象的可解性原则。

##### 2. 地貌形态为主、成因为辅的原则

在我国 1:100 万地貌图制图规范中[2]，以形态成因为原则，制定全国 1:100 万地貌图的分系统、我们认为，根据前面所述及的内蒙古地貌图的目的和任务、我们采用以形态为主、成因为辅的原则，一方面可以突出主题，分出层次，便于生产部门使用，另一方面又可反映地貌的形态成自类型，只不过所显示的等权较低，但不失地貌学中研究地貌的基本内容。

3、生产性原则，这一原则直接由地貌图的目的和任务决定。即在类型基础上，特别注重水热再分配的地貌指标；另外，在类型的归属上、在允许的情况下，按生产习俗划分（例如土默特划为平原，呼伦贝尔划为高原，尽管后者在海拔高度上还低于前者）等。

表 1 内蒙古地貌形态类型目视解译标志

| 地貌类型 | 直接解释标志  | 间接解释标志  |
|------|---|---|
| 山地   | 纹、形、色的结构清晰、山脊形态明显、坡间色调差异显著，坡度与色差成正比，立体感强，整体延伸明确，山纹排列规则。             | 植被的垂直分布、阴坡大多有林地，土地利用的条状延伸的耕地→牧地→林地，规律性较强。                   |
| 丘陵   | 纹、形、色的结构整体性差，分散、色调较暗、深浅交织，无一定方向、纹形结构分散、色斑破碎、坡丘色调差微弱。丘状起伏的平面形态隐约可见。  | 耕地较多，分布高度稳定，耕地呈矩形或弧形弯曲，打草迹地与耕地形似而布局异、草地阴阳坡色调有差异。            |
| 台地   | 边缘轮廓清晰、陡崖立体感强，块体色调均一，台面火山体形态清晰，立体感强                                 | 耕地块大、色调浅而均一、打草场面积大，打草迹地轮廓清楚、灌丛红色影象呈点状、环状分布。                 |
| 高原   | 影象呈块体、色调均一，边界过渡、整体色调较明亮。  | 耕地田块大面积比重小，草地面积大，且色调变化均匀渐变，无林或少林。                           |
| 平原   | 无立体感、直译性强、地面色调重复、人工迹地复盖度高。  | 耕地成片且具方向性，耕地林网化，人工林片小，且分布较多、有人工水系网线、居民地的兰雾状影象呈斑点状散布、放射状的道路。 |
| 沙漠   | 沙丘形态纹影清楚，整体是浅色调。  | 湖泊、绿洲可见。  |
| 沙地   | 色、形、纹独具特色，直观性好，总体呈桔皮或桑蚕结构、色调不均一，色彩较多、同种组合类型的影象重复性强、白色影象的分布具有一定的方向性。 | 耕地插花分布、弃耕地清晰，夏季耕地色红，多湖沼。                                    |

#### （二）地貌分类系统

根据以上讨论的本图的性质、目的、内容及分类原则，采取分析组合的方法，依照分布规模、先宏观后微观、先组合后个体地进行归级归类。

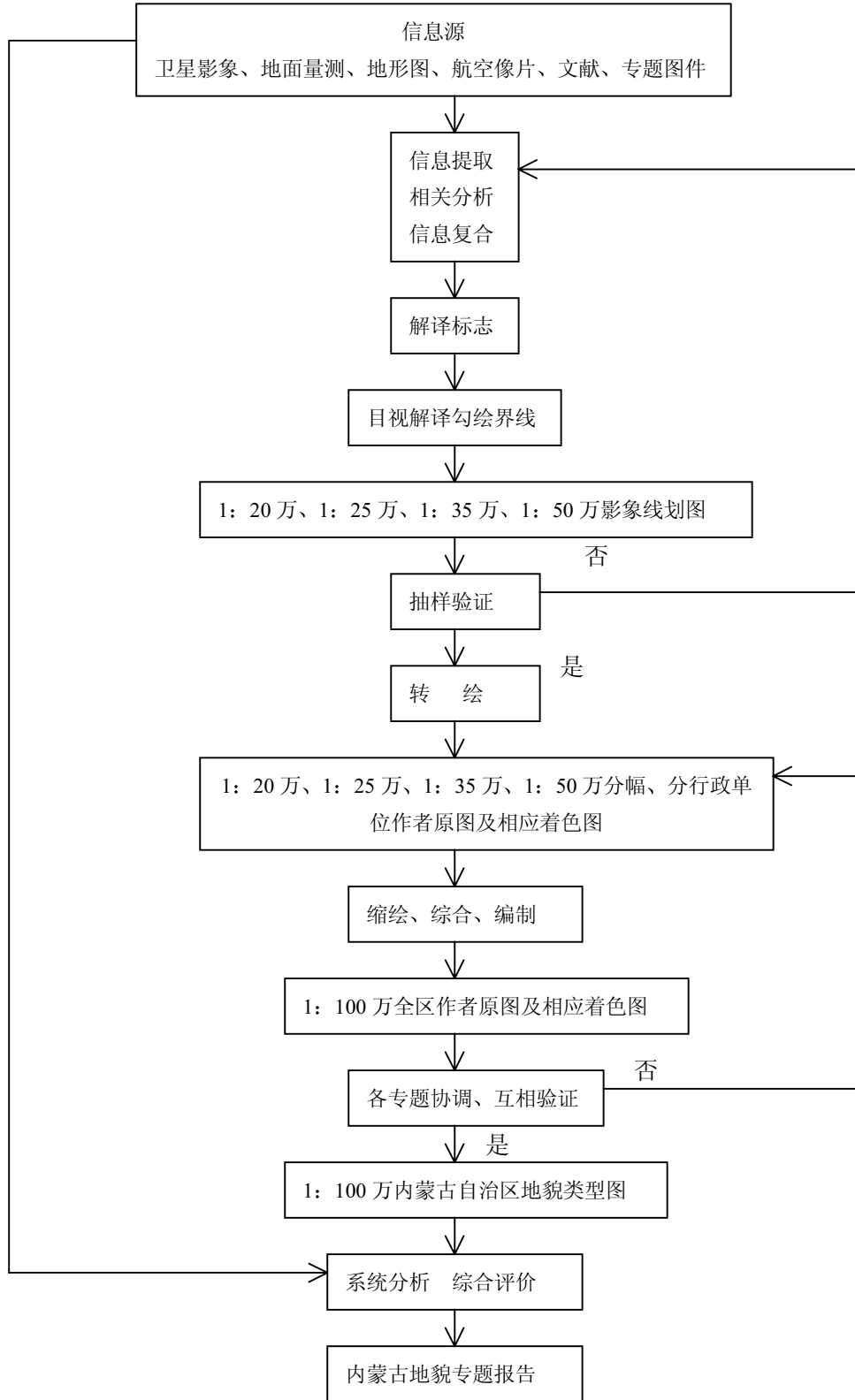
本系统采用《中国 1:100 万地貌图制图规范》（试行）中地貌分类系统第二级与第三级之间的过渡级作为第一级群体组合级，即受大地构造、水热条件控制的大型地貌类型。据此，全区划分为 7 个一级群体基本地貌类型。

1、2、山地和丘陵：指最高点一般不在边缘（图斑最高点与图斑边缘最高点的高差一般大于 30 米），有一定坡度（一般大于  $7^\circ$ ）或最高点在边缘，但有较大坡度（一般大于 10

° ) 的形态。

3、台地：指具有坡度较陡的台坡（一般坡度大于 10°）和坡度较缓的台面（一段坡度小于 7°），台面水平投影面积一般大于台坡投影面积，台坡高度一般大于 30 米的形态。

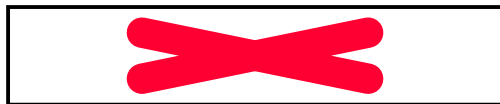
图 1 地貌遥感分析与制图过程概图



4、5、高平原和高原：指地面较平整（一般平均坡度小于 7°），最高点一般在边缘（图

斑最高点与图斑边缘最高点的高差一般小于 30 米), 且一般没有坡度大于  $10^\circ$ 、高差大于 30 米的坡坎形态。其中, 高平原除注重绝对海拔高度外, 还要参照生产上以畜牧业为主的习惯观点而定, 且是隆起和侵蚀为主的地貌单元; 而平原主要是以种植业为主的习俗而定, 且以相对沉降和堆积为主的地貌单元。

6、7、沙漠和沙地: 指由风成床面和物质组成的地貌形态。其中, 以伊万诺夫湿润系数



0.30 作为划分沙漠与沙地的分界线, 小于

0.30 的有关地区为沙漠, 大于 0.30 的有关地区为沙地。

二级地貌类型的划分主要根据一级群体的起伏程度及地表物质和活动程度划分的。具体指标如下:

山地的二级类型有三类:

高山: 海拔 3500—5000 米, 相对高度 (单个地貌实体最高点与其外缘各点的高差) 大于 1000 米;

中山: 海拔 1000—3500 米, 相对高度 500—1000 米;

低山: 海拔小于 1000 米, 相对高度 200—500 米。

丘陵的二级类型有三类:

高丘陵: 相对高度一般在 100—200 米之间;

低丘陵: 相对高度一般在 50—100 米之间;

波丘: 相对高度一般在 50 米以下, 且图斑内比降很小 (坡度一般在  $7^\circ$ — $15^\circ$  之间), 或连续起伏。

台地的二级类型有两类:

高台地: 台坡相对高度一般大于 100 米;

低台地: 台坡相对高度一般小于 100 米。

高平原的二级类型有两类:

层状高平原: 高平原面的平均坡度在  $7^\circ$  以下, 且成层分布, 层间相对高度一般小于 15 米;

波状高平原: 高平原面的平均坡度在  $7^\circ$  以下, 边坡坡度一般在  $7^\circ$ — $10^\circ$  之间, 图斑边缘最高点的高差一般在 15—30 米之间。

平原的二级类型有五类:

干谷平原: 由季节性流水作用沿沟谷形成的狭窄平原, 物质主要为洪积和干燥堆积物, 坡度积较大;

山前倾斜平原: 由山地流出的季节性洪流, 自沟谷口向外, 由于坡度大减, 水流分散且常常改道, 其所搬运的物质大量堆积形成的平原, 物质主要为洪积物;

河谷平原: 由常年性流水沿河两岸冲积而成的平原, 物质主要为冲积和洪积物;

河湖平原: 由河流迁徙和洪水泛滥冲积而成的平原, 物质主要为冲积和洪积物;

湖沼平原: 由入湖泥沙堆积而成, 尔后由于湖面波动、湖水退缩或湖泊迁移等原因使原来的湖底露出水面形成的平原, 物质主要为湖积物和冲积物。

沙漠的二级类型有两类:

流动沙漠: 地被度 (植被与粒径大于 1 毫米的砾被的水平投影面积占图斑面积的百分比) 一般小于 15%, 地表多为各种起伏的沙丘形态;

半流动沙漠: 地被度一般大于 15%, 地表多为平缓的砂砾地。

沙地的二级类型有三类:

流动沙地: 植被度 (植沙水平投影面积占图斑面积的百分比) 一般小于 15%, 地表多

为流动片沙和低矮沙丘；

半流动沙地：植被度一般在 15—50%之间，地表多为低矮的草灌丛沙堆和斑点状片沙；

固定沙地：植被度一般大于 50%，地表多为平缓的或起伏的沙质地表。

三级类型的划分主要是根据外营力的组合划分的。本图外营力的划分主要包括：

寒冻风化（代号 PgL） 干燥剥蚀（d） 侵蚀剥蚀（ed） 湿润侵蚀（W） 风蚀风积（eol）  
残积（pol） 坡积（dl） 洪积（pl） 冲积（al） 湖积（l）

值得指出的是，由于研究区多属水热的过渡地区，因此，各种外营力交替或交织作用，形成典型的多营力（相）地貌[3]，因此，在第三级划分中多采用了复合营力表示。

此外，对一些代表性的地表形态还进行了表示，作为前三级地貌形态的补充。这些地表形态的划分主要有火山口、断层及线性构造、摆动性分水岭、洪积扇、冲积扇、夷平面、新月形沙丘及沙丘链、新月型沙垄、格状沙丘及沙丘链、沙堆、复合型沙垄、复合型沙丘及沙丘链、链状沙山、叠置型链状沙山、星状沙丘、星型链状沙山等。

根据以上的讨论，我们拟定了本图图例系统（亦为分类系统），用阿拉伯数码和英文字母作为代号。

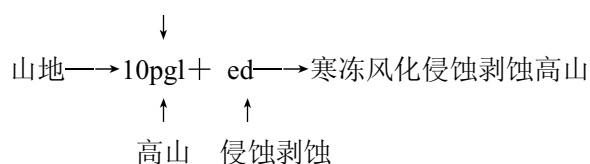
内蒙古自治区地貌图图例系统（1 级——2 级）

|        |            |           |
|--------|------------|-----------|
| 1 山地   | 4 高平原      | 6 沙漠      |
| 10 高山  | 48 波状高平原   | 615 流动沙漠  |
| 11 中山  | 49 层状高平原   | 616 半流动沙漠 |
| 12 低山  | 5 平原       | 7 沙地      |
| 2 丘陵   | 510 干谷平原   | 717 流动沙地  |
| 23 高丘陵 | 151 山前倾斜平原 | 718 半流动沙地 |
| 24 低丘陵 | 512 河谷平原   | 719 固定沙地  |
| 25 波丘  | 513 河湖平原   |           |
| 8 台地   | 514 湖沼平原   |           |
| 36 高台地 |            |           |
| 37 低台地 |            |           |

第三级的图例系统是用在第二级的阿拉伯数字的右下角加外营力英文代码的方法表示的，在此不一一罗列。

每一图斑均用组合代号表示。第一位阿拉伯数字为一级群体组合地貌类型代号，第二位或第二位和第三位为二级地貌类型组合代号；阿拉伯数右下方的英文代码为外营力代号。

举例如下： 寒冻风化



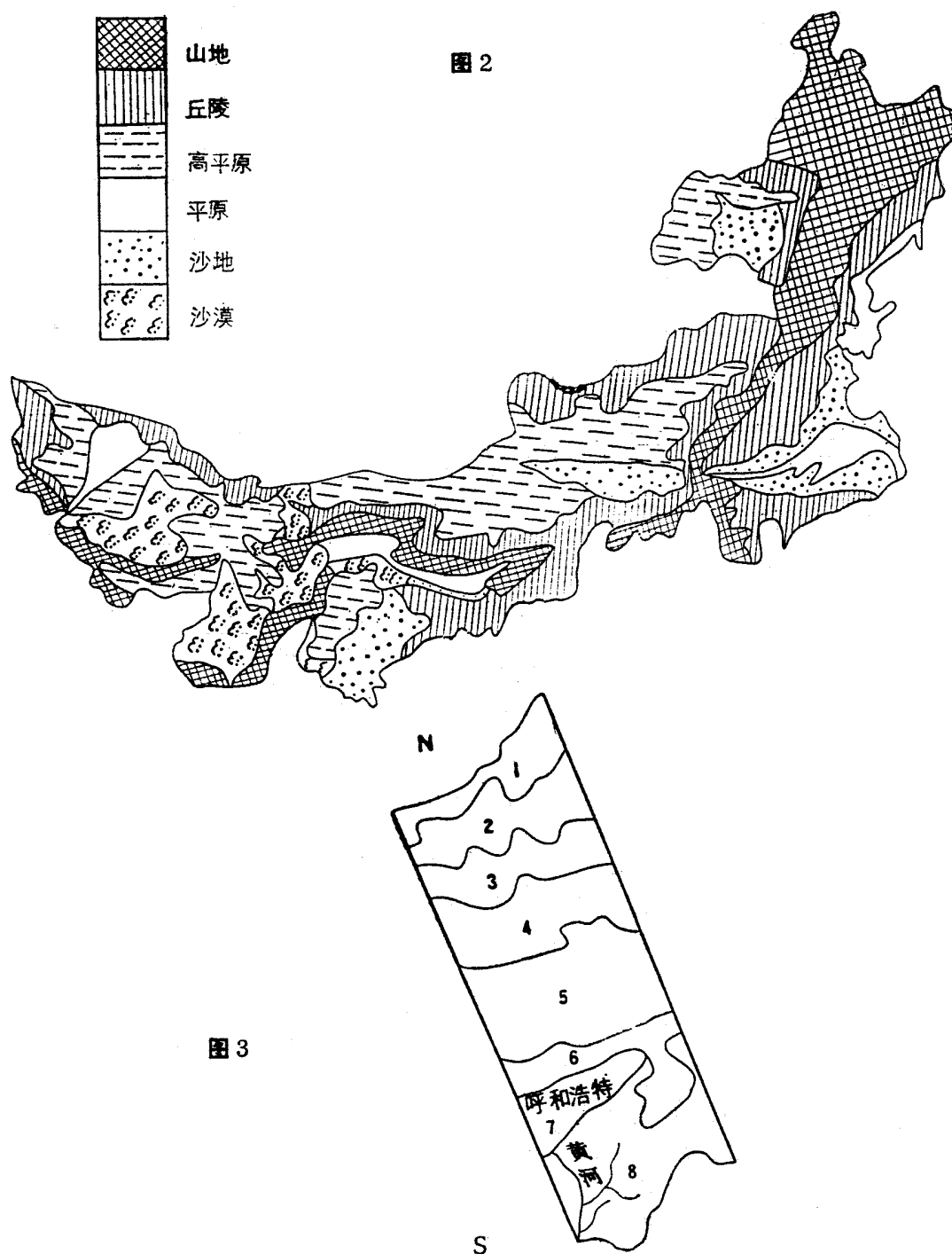
四、地貌结构

中国科学院内蒙古宁夏综合考察队曾对内蒙古的地貌进行了系统的研究<sup>[4]</sup>，尤其是对区域地貌的发育、地貌成因形态类型的特征、地表组成物质进行了详细的分析。然而，由于多种原因，未能实现全区大比例尺地貌制图，这样对全区宏观地貌的特征就没能够进行系统的分析总结。我们根据编绘成各种比例尺的分盟市、旗及地区的地貌类型图、以及全区 1: 100 万地貌类型图，试对全区地貌结构进行了系统分析。就全区而言，可总结出以下六种结构：

（一）带状结构

在一个以高原型为主的地貌区内，形成了明显的地貌带状结构。大兴安岭、阴山、贺

兰山、龙首山等中低山地，由东北向西南延伸 2600 余公里，海拔在 1500—2000 米之间，构成区内的“脊梁”，将全区分为：北部高平原区、中间山地丘陵带，岭东丘陵平原区、山南河套—土默特川及鄂尔多斯高原，构成明显的高原—山地—平原的带状分布规律（图 2），



它在全区水热生物等自然要素的分布规律上显示出很强的制约性。

在这一大的带状结构中，其次一级的地貌类型，带状结构亦很明显。例如：内蒙古中部自北而南依次为：1、中蒙边境干燥剥蚀丘陵带—→2、高平原北部大型干燥剥蚀低地带—→3、中部干燥剥蚀层状高平原带—→4、后山前干燥剥蚀波状高平原带—→5、后山干燥剥蚀低侵蚀剥蚀丘陵带—→6、阴山侵蚀剥蚀中山带—→7、河套—土默特冲积平原带—→8、

和林格尔侵蚀剥蚀黄土丘陵与冲积洪积河谷平原相间带(图3)。

此外,还形成了更次一级的带状结构,如土默特平原自阴山山前到黄河北岸依次为:洪积倾斜平原→冲洪积平原→冲积平原→冲湖积平原。这些不同尺度地貌的带状结构,对合理地布局农业生产等有很大的意义。

#### (二) 层状结构

内蒙古在垂直方向上发育几级平坦面,它记录了研究区地貌发育的阶段性和在宏观地貌结构上形成了明显的层状性。就中部地区来说,发育了五级明显的平坦面,其中四个为不同时期的剥夷面,一个为喷出堆积面,呈阶梯状结构。

白垩纪末期夷平面(古夷平面),保留在阴山峰顶上。第三纪中期的夷平面(蒙古准平面),保留在阴山丘陵、边境丘陵顶部。第三纪末期第四纪初期的玄武岩堆积台地——灰腾梁保存最完整。第四纪的戈壁剥蚀面,是同期异面,包括四级阶梯状的层状高平原台面。现代高平原的风力侵蚀面,是以滂江面为代表的风蚀洼地,但在整个高平原都有这个过程。

#### (三) 块状结构

内蒙古高平原东西长约1500余公里,在地貌发育过程中,由于内外营力的不同,造成高平原内部地貌组合形态上的显著差异,从西向东可分为三大块不同类型的高平原:西部阿拉善—巴彦淖尔干燥剥蚀波状高平原→中部乌兰察布干燥剥蚀、侵蚀剥蚀层状高平原→东部锡林郭勒侵蚀剥蚀、寒冻风化波状高平原。次一级的块状结构表现在全区东西方向上的沙漠与沙地的分异上。自西向东可划分出:

西部阿拉善流动沙漠与半流动沙漠(沙砾地);

中部鄂尔多斯沙漠与沙地;

东部浑善达克、科尔沁、呼伦贝尔沙地。

#### (四) 华夏向结构

系指构造线和受其控制的地貌延伸方向而言,从西向东,构造线的变化是由近东西向→北东向→北北东向的弧形结构。在全区,无论是山地还是平原、无论是高原的延伸方面,还是洼地的展布方向,均无例外地受着上述总体方向的制约。这一特征不仅在认识全区地貌本身的形成与发育,而且对认识其它自然因素和农业生产布局都具有重要意义。

#### (五) 环状结构

系指一些中尺度地貌的全环状或半环状展布的规律。这种环状结构大体可分成两种成因类型:一种是在构造洼地及盆地的基础上,由外管力的作用形成的环状结构,例如岱海盆地自山前到盆地中心依次为:洪积扇状倾斜平原带→洪积、冲积倾斜平原带→冲洪积平原带→冲湖积平原带→湖积、冲积平原带→湖积平原带→湖泊(环心);另一种是直接由于某种构造体所造成的环状结构,例如大兴安岭山地中段偏北(兴安盟西北角),由于环状构造所形成的环状山体;还如锡盟南部由于环状构造所形成环状河谷平原与低山、丘陵相交替的环状地貌结构。此外,在西部干燥剥蚀高平原区,沿残山(岛山)也形成规律较小的环状地貌结构,例如,自岛山(干燥剥蚀中低山)向外依次为:“干燥剥蚀石质低丘陵→干燥剥蚀、风蚀石质倾斜平原(石漠)→洪积、风蚀积砾质倾斜平原(砾漠)→风蚀积、洪冲积沙砾质倾斜平原(沙、砾、洪)等。认识这些环状结构,对分析区域地貌的发育规律、大农业结构的全面布局、甚至矿产资源勘探与开发都有很大的意义。

#### (六) 叠置结构

大面积裂隙奔溢的玄武岩叠置在山地丘陵的蒙古准平面上,反映了内动力活动对地貌发育过程的影响。阴山山前洪积扇2—3的层的叠置,反映了新构造运动的活动方式和方向。阴山内部河谷黄土的高复盖、和林→准格尔黄土丘陵与红色泥岩的叠置结构;库布齐沙带复盖在黄河二级阶地、二连沙地复盖在二级层状高平原、阴山中部以北较密集的干沟水系的风成作用、几条古风成沙带的活化等,均反映了近代外营力的干向变化。全区叠

置地貌结构不仅反映区域构造活动及外营力的变化趋势,而且也反映了各种外营力在同一空间上的交织作用。

内蒙古自治区地貌结构是地质构造与外营大长期相互作用形成的。基于本项研究主要在于为评价草场、土地等资源提供基础图件,故在此仅讨论形成全区地貌的外营力条件。

### 五、外营力条件与现代地貌发育

#### (一) 主要外营力与作用区

风力作用遍及全区,尤以高平原和沙漠、沙地表现明显。由于区内大地貌单元展布与蒙古高压反气旋控制下的冬季风的相互配置在山北和山南形成了两条明显的强风力带,从而使山北高原上发育的至少三条古风成沙带,山南发育的至少两条古风成沙带的现代风成作用得到了加强。这在全区地貌类型图上表现的非常明显。这五条古风成沙带自南而北为:毛乌素古风成沙带,库布齐——和林古风成沙带,阴山北部古风成沙带(伏沙带),二连——小腾格里——科尔沁古风成沙带,西乌——除巴尔虎古风成沙带。这五条古风成沙带基本上都是在晚更新世最盛冰期时全面发育而成的。这些沙带正是全区沙丘活化、沙化最严重的地带,应引起有关单位的高度重视。

干燥剥蚀作用集中分布于西部阿拉善山地丘陵、高平原、中部乌兰察布高原北部丘陵高平原、鄂尔多斯西部高平原、低山丘陵、呼伦贝尔高原西部台地等地。形成了全区干燥剥蚀作用带内的各种干燥地貌。

流水作用集中分布于全区的外流河地区,尤以阴山以南、大兴安岭以东最为突出,形成了全区流水作用带。从土壤侵蚀角度来看,以黄土丘陵地区水力侵蚀作用最强烈,侵蚀模数可达  $1.5-2.5$  万吨 /  $\text{KM}^2 \cdot \text{年}$ ,形成了强烈的水土流失。

洪流作用主要分布在阴山山地前山黄土丘陵区及大兴安岭西坡,形成了面积较为广泛的此前倾斜平原。西部荒漠区山地及山前亦有频率较低、但阵性较强的洪流作用,加之这一地区植被盖度低,造成强烈的洪流冲刷,形成面积可观的山前倾斜平原。

寒冻风化作用集中分布于区大兴安岭年均温在  $0^{\circ}\text{C}$  以下的广大冻土分布区,零星见于阴山、贺兰山中 2000 米以上的山峰。

若从土壤(土被)侵蚀的角度来看,以上五种作用可归并成风力、水力和冻融三种作用,它们造成了全区大面积的土壤(土被)侵蚀,加之人为不合理地利用土地资源。进而直接或间接加速这些营力的作用,从而造成了不少地区严重的土壤加速侵蚀。表 2 是最近应用遥感技术调查的全区各类各级土壤侵蚀按流域统计的面积,从中足见土壤(土被)侵蚀的严重性。以如前述,土壤(土被)侵蚀就是现代地貌过程强度的直接反映。因此,全区土壤(土被)侵蚀的强度恰是全区现代各种地貌过程强度的记录。

此外,就全区所处的地理位置及特殊的水热环境,在空间上形成了一条明显的多营力复合作用带,进而形成了多相作用地貌,大兴安岭冷湿环境下的冻融作用与流水作用相交织,形成冻融——流水复合作用地貌。岭西、山北则形成了风、水两相作用的复合地貌。区内半干旱区河流(谷)两岸风力和流水相互作用,形成了特有的流水相与风成相相交织的“风——水复合相”物质,构成了特有的风、水两相作用地貌。这在黄土丘陵区亦有明显反映。从而在空间上形成了流水与风力相互作用的复合营力(多相营力)作用带。这一复合营力作用带恰是全区土壤侵蚀最严重的地带,亦是我区土地退化(沙化、水土流失、草场退化、盐渍化等)最为严重的地带。这一点应引起更广泛的国土整治等有关方面的重视。

#### (二) 流水与干燥地貌界线划分依据

内蒙古自治区绝大部分地处干旱和半干旱地区,处在季风过渡带,冬长夏短,75—85%的降水集中于夏秋,所以流水作用的差别主要在夏半年才能得到体现。因此,全区地貌类型图以  $K=0.30$  确界线作为划分流水地貌和干燥地貌的外营力区界,该线在空间上大体与草



原与荒漠的分界线相当。实际上在该线两侧，形成一条风、水复合作用的过渡带。大致在此带以西，以干燥地貌过程为主；地带以东，虽属半干旱，但夏季多为半湿润状况，流水作用显著。另外，这一地带，地貌本身的起伏程度对水热再分配的幅度影响较大，利于隐

表 2 内蒙古自治区分流域遥感调查土壤侵蚀面积

| 类型<br>级别<br>行政区 | 水力侵蚀         |              |              |              |             |             |               | 风力侵蚀         |               |     |               |              |    |               | 冻融侵蚀         |              |               | 合计             |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|---------------|--------------|---------------|-----|---------------|--------------|----|---------------|--------------|--------------|---------------|----------------|
|                 | I            | II           | III          | IV           | V           | VI          | 小计            | I            | II            | III | IV            | V            | VI | 小计            | I            | II           | 小计            |                |
| 西辽河流<br>域       | 81524.<br>74 | 67717.<br>96 | 24883.<br>81 | 10560.<br>52 | 2064<br>.37 |             | 186751.<br>42 | 40295.<br>95 | 32131.<br>31  |     | 17911.<br>79  | 4814.<br>86  |    | 128936.<br>41 | 85318.<br>73 | 51061.<br>77 | 136680.<br>50 | 452068.<br>32  |
|                 | 18.03        | 14.98        | 5.50         | 2.34         | 0.46        |             | 41.31         | 8.92         | 7.10          |     | 3.96          | 1.07         |    | 28.52         | 18.83        | 11.29        | 30.17         | 100            |
| 内陆河流            | 10206.<br>23 | 8955.1<br>2  | 975.54       | 314.40       |             |             | 20451.2<br>9  | 56128.<br>33 | 14542<br>6.53 |     | 78054.<br>42  | 3835<br>0.59 |    | 517066.<br>13 |              |              |               | 537517.<br>42  |
|                 | 1.81         | 1.78         | 0.20         | 0.01         |             |             | 3.80          | 10.44        | 27.05         |     | 14.52         | 7.14         |    | 96.20         |              |              |               | 100            |
| 黄河流域            | 21258.<br>76 | 18386.<br>85 | 6438.2<br>9  | 6348.7<br>6  | 4380<br>.59 | 1657.<br>19 | 58480.4<br>7  | 4263.9<br>2  | 30031.<br>01  |     | 12223.<br>77  | 1167<br>7.51 |    | 91463.8<br>0  |              |              |               | 149944.<br>27  |
|                 | 18.52        | 7.93         | 4.30         | 4.23         | 2.92        | 1.10        | 39.00         | 2.84         | 20.03         |     | 8.15          | 7.79         |    | 61.00         |              |              |               | 100            |
| 海河流域            | 1376.9<br>3  | 2381.4<br>8  | 784.71       | 610.85       | 5.00        |             | 8158.97       |              |               |     |               |              |    | 178.16        |              |              |               | 5337.13        |
|                 | 25.80        | 44.70        | 14.70        | 11.50        | 0           |             | 86.70         |              |               |     |               |              |    | 3.30          |              |              |               | 100            |
| 滦河流域            | 130.50       | 739.97       |              |              |             |             | 870.47        | 82.50        | 994.17        |     | 1243.3<br>3   | 905.1<br>4   |    | 5940.17       |              |              |               | 6810.64        |
|                 | 1.92         | 10.86        |              |              |             |             | 12.78         | 1.21         | 14.59         |     | 18.25         | 13.30        |    | 87.21         |              |              |               | 100            |
| 合计              | 12770.<br>83 | 99917.<br>71 | 33082.<br>35 | 17884.<br>53 | 6449<br>.95 | 1657.<br>19 | 274742.<br>62 | 10077.<br>70 | 20858<br>3.02 |     | 1.9433<br>.31 | 5574<br>8.10 |    | 748584.<br>66 | 85318.<br>73 | 51061.<br>77 | 136680.<br>50 | 115167<br>7.18 |
|                 | 9.79         | 8.68         | 2.87         | 1.55         | 0.56        | 0.18        | 83.59         | 8.75         | 18.11         |     | 9.50          | 4.84         |    | 64.57         | 64.57        | 4.43         | 11.84         |                |

(引自：内蒙古自治区土壤侵蚀及土壤侵蚀防治区划 1987.5)

域环境发展, 植被的自然复育能力强。

### (三) 冻融地貌与流水地貌的界线划分依据

区内大兴安岭北部及阴山、贺兰山一些 2000 米以上的山峰, 都进行着程度不等的冻融作用和寒冻风化作用。它们与流水地貌的界线主要体现在水分与温度的配合上。因此, 全区地貌图以年均温  $0^{\circ}\text{C}$  作为冻融作用与流水作用的界线, 在此线南北或山地的上下, 形成一条冻融流水作用的复合带。

鉴于篇幅, 区内降水与流水地貌、干旱与干燥剥蚀地貌、风力与风成地貌、冻融寒冻风化与冰缘地貌等的论述从略。

从以上所述, 可以看出:

内外营力结合对本研究区地貌结构的形成作用, 明显地表现为: (1) 构造上的带状性与各外力因素作用的带状性吻合; (2) 这一规律又因本区地处蒙古高压的东南缘而得到加强, 使降水、气温、风力等外力及其综合作用都具有由东南而西北的带状变化规律, 这在某种程度上加强了东部半湿润、半干旱区的流水作用程度, 也加强了西部干旱和极干旱区的风力作用和干燥作用程度, 使东南与西北的现代地貌过程更具有区域性。(3) 构造上的带状结构与外力作用的带状规律, 可能是偶然的结合, 但对全区地貌带状结构的形成起着极为重要的作用。(4) 内蒙古广泛分布的环形构造, 虽然目前对其成因还不很了解, 但它对区域地貌、乃至地下水的分布规律都有明显的控制作用。此外, 这些环形构造对矿藏的勘探必有其重要的指示意义。(5) 上述因果关系必然要通过地貌结构的水热再分配对植被、土壤、气候、水文等各自然因素起制约作用, 对农、牧、林业生产的方向、布局, 甚至种类、密度、产量等方面给予强烈的影响。

## 六、地貌与生产建设

地貌条件是大农业、工业生产以及第三产业中的旅游业的直接“立地”基础。因此, 地貌的直接的或间接的作用也可概为三个重要的方向: 对大农业的作用, 在于地貌类型及其组合制约着水、热等自然因素的再分配; 工业生产建设要求地貌类型的稳定性能与通过性能; 旅游产业则谋求地貌的鉴赏价值和疗养、体育锻炼价值。现就本研究地区内地貌与生产的关系举例说明如下:

### (一) 阴山剥蚀中山带是一条生产界线

山地海拔 1800—2000 米, 与河套——土默特平原相对高差 1000 米左右, 地处干旱及半干旱地带, 由于山地对水热的再分配作用, 使山体南北两侧的年平均气温相差  $2-4^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温相差 300—1000 $^{\circ}\text{C}$ , 降水量相差 100—300 毫米, 使南部平原区的干旱性质得到大幅度缓解, 有利于农业生产。这个作用并非始于今日, 本地貌图的作用在于明确了这一生产界线并落实了农业区划上的空间位置。

大青山峰顶平齐, 使小农经济的单一种植业得以发展, 但由于高度和风蚀等因素的限制, 多年来保证率不高。地貌图将夷平面范围划定, 成为用地结构变更、生产方向调整的科学依据。目前, 将依此把大青山峰顶逐步调整为山地和农牧业用地, 特别注重发展乳牛综合畜牧业。

### (二) 地貌类型及组合是合理调整土地利用方向的依据

由于大青山的高度较低, 先成河谷发育, 使它的限制性降低, 多年来随着片面以粮为纲的推进, 喜凉作物逐渐冲入到高平原, 产量不稳, 土地资源利用不合理。全区地貌类型图上波状高平原与丘陵的组合界线的划定, 成为近期规划中退耕还林还牧的调整依据。

前山区和林格尔、准格尔黄土丘陵区, 长期以来是以农为主的经营区, 水土流失严重。本区地貌类型图的中间成果即成为改变土地经营方向的依据。当前是以林牧为主, 群众实行小流域承包, 种树种草, 发展多种经营, 生产生活大有改观。

### (三) 设计机具类型的必要参考数据

自治区农牧机械研究和设计单位均可以从本图上获取有关适应自治区地貌条件的各类农牧机械设计参考数据,亦可作为全区机具类型分区的依据。<sup>[5]</sup>

#### (四) 土地植被草场资源图的基础图件

这一点对高平原地区的各类专题界线的圈定更具有重要意义,同时对在同一水热带内的旗县农牧业综合区划界线的圈定乃至盟市、全区综合农业区划的深入研究都有参考价值。

#### (五) 对地下水运动规律的揭存

在制作本图的过程中,曾参考内蒙古水文地质队的不少图件和资料获益良多,其中有些因对地貌类型划分较粗,阴山以北的地下水大体划分为:南部山北基岩裂隙富水带、高原缺水带和北部丘陵贫水带。本图对高平原的层次结构划分后,依据地下与地貌的相关规律,进一步将高原缺水带划分为:南部高原非缺水带、中部高原浅层缺水带、高原北缘非缺水带、北部洼地潜水停滞带、洼地北坡非缺水带等,对进一步揭示平原地下水的运动规律,对发展牧业水利有一定实用价值。

#### (六) 种草种树的隐域环境的现定

干旱地区种草、种树是维护生态环境的最佳途径,然而在本区并非所有地方都有良好的立地条件。因此,非地带性的古河谷、古河道、干河故道等类型的划分,为发展高平原地区人工种草和饲料基地提供空间和量测依据。此外,全区几条古风成沙带的圈定,对在这些地带布局防治风蚀沙化的植物防护体系提供了空间定位的依据;大兴安岭东西南侧坡丘与低丘陵界线的确定,对本区可垦殖耕地的测定提供了依据。就目前来看,该区坡丘的耕作潜力并没有很好地发挥出来。从长远来看,全区粮食布局可考虑在这一地貌类型上发展。

#### (七) 分析新构造运动,划定地震烈度区

包头——呼和浩特活动断裂,东西长约 160 多公里,过去从地质上研究得很多,新构造运动的地貌反映很少被注意。在该区地貌图编制过程中运用大比例尺卫星像片解释的信息,揭示包呼断陷平原两侧冲、洪积扇普遍有 2—3 层叠置的现象,尤其是在乌拉山、大青山前,洪积扇叠置突出,并有规律地扭曲变形。除增添地貌图的动态感外,还在新构造运动方面揭示了下述几个重要问题:(1) 洪积扇叠置结构,不仅证明包呼断裂新生代以来不断活动,特别是中更新统和上更新统地层普遍发生错位,说明该断裂第四纪以来活动增强,山地至少三次被抬升;(2) 哈素海隐伏断裂两侧洪积扇的扭曲,均以该断裂为轴呈对称状,证明主压应力场活动的新趋势——迫使东西向压性断裂向北东压扭性断裂以及伴生的北西向张扭性断裂发展;(3) 通过和林格尔、哈素海和包头的三条隐忧裂与洪积扇的扭曲方向,显示出断陷的包呼平原内部同时进行着次一级的新构造运动,其特点是蠕变变形的升降活动,这些对本区地震烈度的划分可提供较为可靠的依据。

八) 分析沙地中的裸沙、认识人为因素在风蚀沙丘沙丘活化、古沙翻新过程中的作用  
全区裸沙集中分布于西部沙漠地貌类型区,东部沙地裸沙面积较小,表明沙区中裸沙分布的面积与自然条件有很大的关系,这与全区沙化程度和扩展速率的认识密切相关,即全区沙化有其一定的古地理和现代地理环境的背景。东部沙地中裸沙延伸的方向与现在大多数被半固定的古风成沙带的延伸方向有一定的差异,至少相差 5—10°。这也说明沙地中裸沙的形成与其自然条件的关系,同时也反映了区域风场改变,这对进一步分析全区风成沙漠、沙地地貌的演变有很大意义。东部沙地中大面积的半流动沙地,在某种程度上与现代人为活动有很大关系,今日而言防治,应着重于此。

#### (九) 用宏观地貌格局,为土壤侵蚀区和防治区划提供了依据

宏观选貌的组合是土壤侵蚀区划和防治区划制定的基本依据,这正被有关研究者所采用,并起到了积极的作用。土壤侵蚀防治区划对全区土地退化的防治、国土整治提供了空间布局的直接依据,也是土壤区域生产力宏观布局的重要根据。

## 七、内蒙古地貌分区

中国科学院内蒙古宁夏综合考察队曾制定了内蒙古农业地貌区划<sup>[4]</sup>，并提出了区划的原则及各区的特征。我们这次在全区 1:100 万地貌类型图的基础上，拟定了一个新的地貌分区，现提出，供进一步讨论内蒙古地貌区划。

### (一) 分区原则

- 1、宏观地貌类型的一致性原则
- 2、综合地貌过程一致性原则
- 3、地貌组成物质一致性原则
- 4、为生产服务的原则

### (二) 地貌分区

地貌分区采取等级系统，在次分三级，即第一级为地貌区 (geomorphic region)；第二级为地貌亚区 (Sub-geomorphic region)；第三级为地貌小区 (geomorphic district) 无疑，在划分地貌各级分区时都必须有其独特的指标，我们在此提出的全区地貌分区，主要从地貌形态成因类型组合入手，自下而上逐级归并，因此，各区的界线，就是不同地貌成因形态类型的分界线，而各种地貌成因形态类型就是全区 1:100 万地貌类型图的最小图斑界线，它的划分指标已在前述，在此不再重复，需重指出的还有两点：一是在进行分区时，始终贯穿地貌专题制图综合的概念；二是在进行三级分区时，地貌区主要遵循宏观地貌组合一致的原则；地貌亚区主要遵循综合地貌过程（即现代地貌过程）一致性的原则；地貌小区则主要考虑地貌组成物质一致性的原则，至于选择三级分区，主要考虑为生产服务的原则。过细或过粗都不利于生产部门使用，特别是对全区宏观规划来说，更是这样。基于上述，我们把全区划分为广大地貌区，十四个地貌亚区，五十个地貌小区。以下是全区地貌分区方案（图 4）。

#### 一、山地区

- I<sub>1</sub>、寒冻风化，侵蚀剥蚀山地亚区
  - 1、大兴安岭北段中、低山地小区
  - 2、大兴安岭南段中、低山地小区
- I<sub>2</sub>、侵蚀剥蚀山地亚区
  - 3、北中、低山地小区
  - 4、明山东段中、低山地小区
- I<sub>3</sub>、侵蚀剥蚀、干燥剥蚀山地亚区
  - 5、阴山两段中、低山地小区
  - 6、桌子山中、低山地小区
  - 7、贺兰山高、低山地小区
- I<sub>4</sub>、干燥剥蚀山地亚区
  - 8、庆阳山中、低山地小区
  - 9、龙首山北测中低山地小区
  - 10、包尔乌拉山中低山地小区

#### 二、丘陵区

- II<sub>5</sub>、侵蚀剥蚀、寒凉风化丘陵亚区
  - 11、大兴安岭北段东侧残积坡积丘陵小区
  - 12、大兴安岭北段两侧残积覆沙丘陵小区
- II<sub>6</sub>、侵蚀剥蚀丘陵亚区
  - 13、大兴安岭南段东测残积被积丘陵小区
  - 14、大兴安岭南段两测残积、矮沙丘陵小区

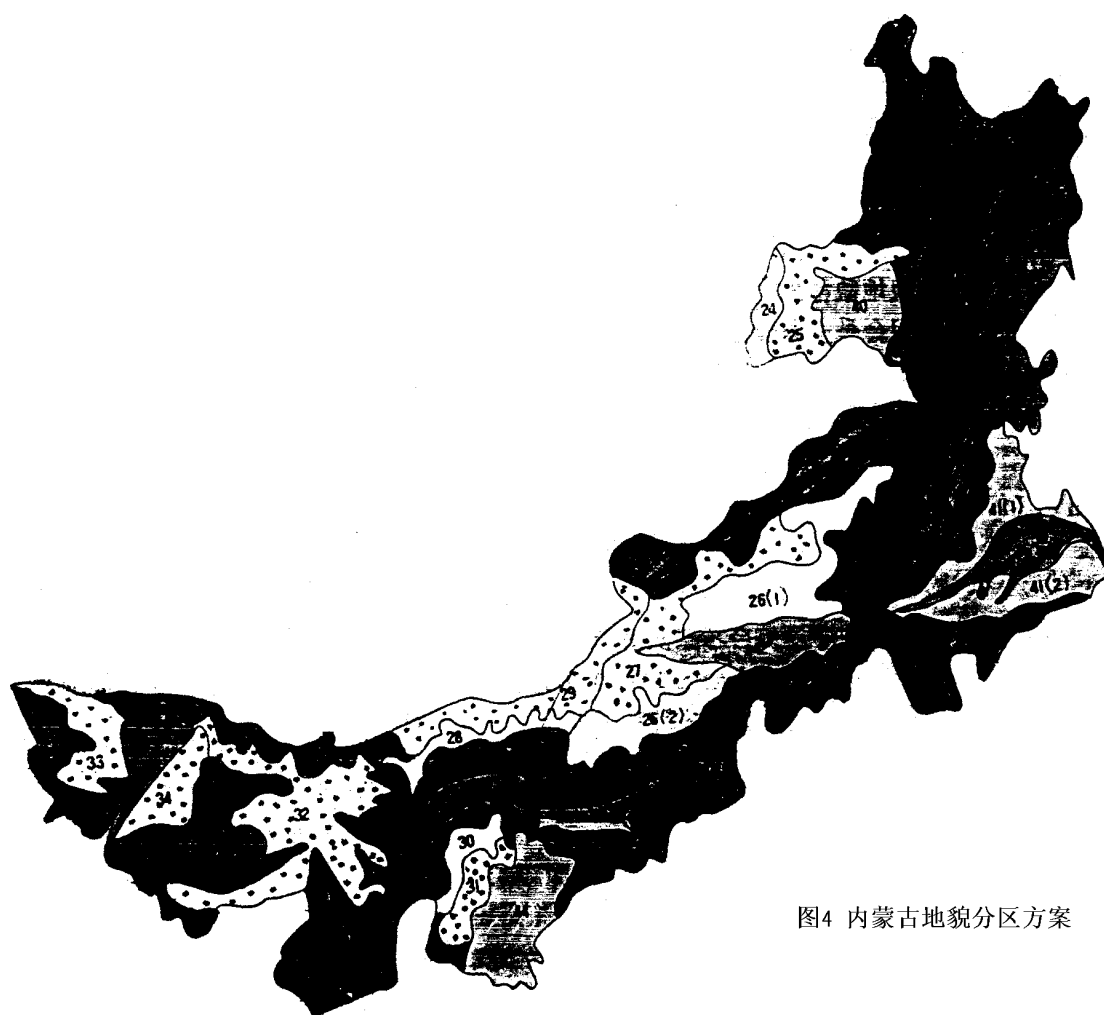


图4 内蒙古地貌分区方案

- 15、冀山山地东段北测黄土残积丘陵小区
- 16、冀北山地西段北测覆沙、残积丘陵小
- II<sub>7</sub>、侵蚀剥蚀、风蚀（积）丘陵亚区
- 17、中蒙边境残积丘陵小区
- 18、阴山北侧束覆矮沙、残积丘陵小区
- 19、阳山北侧两段覆沙残缺丘陵小区
- 20、准格尔—清水河黄土残积丘陵小区
- 21、东胜—和林覆沙、残积丘陵小区
- II<sub>8</sub>、干燥剥蚀丘陵亚区
- 22、阿拉善北缘洪果尔残积丘陵小区
- 23、阿拉善西山岸吉格德查残积丘陵小区
- III、高平原区
- III<sub>9</sub>、侵蚀剥蚀、风蚀（积）高平原亚区
- 24、呼伦贝尔波状、残积高平原小区
- 25、呼伦贝尔层状覆沙残积高平原小区
- 26、锡林郭勒波状残积高平原小区
- 27、锡林郭勒层状覆沙残积高平原小区
- III<sub>10</sub>、干燥剥蚀、风蚀（积）丘陵小区

- 28、乌兰察布波状残积高平原小区
- 29、乌兰察布层状覆沙、残积高平原小区
- 30、鄂尔多斯波状残积高平原小区
- 31、鄂尔多斯层状覆沙、残积高平原小区
- 32、阿拉善东部波状残积覆沙高平原小区
- 33、阿拉善西部波状残积、矮沙高平原小区
- 34、额济纳古三角洲层状残积、覆沙高平原小区



#### 、平原区

- IV<sub>11</sub>、冲积、冲洪积平原亚区
- 35、岭东嫩江沿岸冲积平原小区
- 36、西辽河中冲积平原小区
- 37、呼一包冲积、冲洪积平原小区
- IV<sub>12</sub>、冲洪积、风蚀（积）平原亚区
- 38、河套冲洪积、风积平原小区
- 39、额济纳河风积、洪积冲积平原小区



#### 、沙地

- V<sub>13</sub>、风蚀（积）、洪积沙地亚区
- 40、呼伦赆风积、洪积沙地小区
- 41、科尔沁风积、洪积沙地小区
- 42、小腾格里风积、洪积沙地小区
- 43、库布齐沙带东段风积、洪积沙地小区
- 44、毛乌素风积、洪积沙地小区



#### 、沙漠

- VI<sub>14</sub>、风蚀（积）、干燥剥蚀沙漠亚区
- 45、库布齐沙带西段风积沙漠小区
- 46、鄂尔多斯（毛乌素沙区西段、宁夏河东沙区）风积残积沙漠小区
- 47、乌兰布和风积沙漠小区
- 48、亚玛雷克—海里风积、残积沙漠小区
- 49、腾格里风积沙漠小区
- 50、巴丹吉林风积残积沙漠小区

图 4 中各代号的内容同文中代号的内容。从图 4 我们不难看出：1 全区地貌带、块状结构的交错作用，有鉴于此，我们认为习惯上所称之为内蒙古境内自西北→东南的“戈壁→沙漠→黄土带”的展布实际上被其间的其它地貌单元所分割，呈现出块状结构、而不是带状结构，其原因就是：决定戈壁、沙漠、黄土的分布，不仅取决于风场的空间分布，而且也取决于地表下伏物质的空间分布。区域水热环境的空间分布规律。（2）习惯上所称之为内蒙古高平原，并不是以高平为特色，而是以高、波伏起伏为特色，而且其内部系由丘陵、沙地，沙漠、干燥剥蚀山地、季节性流水作用的河谷平原所分割，真正的高原所占面积并不很大。有鉴于此，我们认为，就一般来讲，可称内蒙古高（平）原为“内蒙古丘陵与高原及内蒙古沙区。”（3）习惯上称之为毛乌素沙地、库布齐沙漠，实际上它们都分别由沙地、沙漠所组成。故一般来讲，宁可称毛乌素沙区和库布齐沙区，或称毛乌素沙地、沙漠、库木齐沙漠、沙地，而不要概称毛乌素沙地和库布齐沙漠。基于篇幅，在此就不一一对各地貌小区的特征详细描述。

本文的写作，得到李博教授的多次指导，同时也得到赵济教授、雍世鹏教授、李天杰副教授、崔海亭副教授、梅安新副教授、杨美华副教授、毛赞就副教授、陈钦峦副教授及

其他同行的帮助，在此，表示衷心感谢。

参考文献

- 1、《遥感概论》编写组，1985：遥感概论，高等教育出版社。
- 2、中国科学院地理所主持编定，1987：中国 1：1000000 地貌图制图规范，科学出版社
- 3、史培军、王静爱，1986：试论风、水两相作用地貌的特征及其发育过程，内蒙古林学院学报，2 期
- 4、中国科学院内蒙古宁夏综合考察队：1980 内蒙古自治区及其东北西部地区地貌，科学出版社
- 5、林儒耕，1981：内蒙古自治区农牧业机械化地貌条件，内蒙古师院学报（自然科学版）