

文章编号: 1008 - 2786 - (2014) 2 - 129 - 12

# 中国山地分类研究

钟祥浩, 刘淑珍

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 中国是多山的国家, 山地类型多样复杂, 开展山地分类研究很有必要。基于前人山地定义分析基础上, 确定中国山地分类原则和基本思路, 提出中国山地分类系统, 共计分出 6 个类型, 其中 3 个属于大尺度类型, 适用于全国和跨省(区)制图, 其余类型适用于县(区、市)制图; 同时提出了每个类型的划分标准。基于 SRTM 90 m 分辨率的 DEM 数据, 确定出大尺度类型, 即山地大区、山地带和山地大类的分布范围, 编制了相应的图件, 并对各类型面积作了计量统计。结果表明, 分布于不同海拔带的丘陵面积占中国陆地面积的 18.2%; 起伏度大于 200 m 的山地面积占中国陆地面积的 55.2%, 其中, 低山、中山和高山面积分别占 16.5%、14.8% 和 18.5%, 高中山和极高山面积分别为 4.3% 和 1.1%。

**关键词:** 山地分类; 起伏度; 大尺度类型

中图分类号: P931, P942

文献标志码: A

山地, 是一个令许多人可以意会而难于言传的日常用语, 也是令许多科学工作者难于严密下定义的科学对象和学术用语<sup>[1]</sup>。但是, 山地作为人类生产生活的重要场所, 在长期的实践活动中, 从不同的角度提出多种有关山地的术语, 如山区、山地、山脉、山岳、山系等, 这些术语都表达了一个共同意思, 即突出于平原之上的高地。有关科技工作者根据突起部分的高度、形态、规模及山体组合特点, 提出多种不同的山地定义<sup>[2-10]</sup>。从这些定义中看出, 不同学科的科学工作者对山地定义诠释有所不同, 不同国家山地定义的表达也很不相同。通过对国内外有关山地定义的分析, 发现这些定义明显地存在概念的交叉与混淆, 缺乏从山地本身所具有的独特属性来定义山地, 这是迄今山地一词仍存在定义上明显分歧的关键所在。我们认为山地属性中最独特的现象是起伏度(又称相对高度), 起伏度的大小决定了山地斜坡的陡度、山地斜坡物质位能与重力势能强弱、山地环境与生态过程的梯度变异性与分层性。起伏度大小与地质构造过程有密切关系, 新构造强烈隆升的高海拔地区, 山地起伏度一般比较大; 此外, 起伏度的大小还与外营力过程有密切关系, 在流水侵

蚀作用强烈地区, 山地起伏度都比较大。不同海拔和不同气候条件的山地起伏度不同, 由于起伏度带来的坡面过程环境效应有别, 表现在坡面形态和谷地形态特征差异明显。从上述山地独特属性的分析, 我们认为山地是陆地上具有一定海拔、起伏度和坡度有机组合的高地及谷地复合类型地域。可见, 山地是由多种地貌形态要素有机组合及其斜坡环境效应与相应多种生态系统类型相耦合的一种特殊地域类型。按此理解, 山地不再是地貌学上的就山论山的一种分类, 而是具有明显山地自然属性和地域特征的地域类型的划分。

中国地域辽阔, 既有高海拔山地地域类型, 又有低海拔山地地域类型; 既有寒温带山地地域类型, 又有热带、亚热带山地地域类型。不同海拔地域具有不同的气候条件和不同起伏度及坡度与谷地形态类型, 同一海拔上的不同气候带, 其起伏度和坡度形态类型也有差异, 并都形成了不同的生态系统类型组合。可见, 由不同海拔、起伏度和坡度有机组合的山地地域类型不仅生态系统结构、功能不一样, 而且地表过程强弱及其发生演化过程特点也不同, 由此决定了其开发利用与保护方向有别。显然, 山地地域

收稿日期(Received date): 2013 - 11 - 13。

作者简介(Biography): 钟祥浩(1942 -), 男, 广东五华人, 研究员, 主要从事山地环境与山地生态研究。[Zhong Xianghao(1942 -), male, research professor, engaged in into mountain environment and ecology research.]

类型结构与功能在空间格局上具有显著的尺度性和层次性特点。这是山地分类的重要理论依据。

## 1 中国山地分类的必要性

### 1.1 山地类型的多样复杂性

中国山地空间分布基本格局和山地地貌形态特征是长期地质历史时期内外营力共同作用的结果。山地的形成与演化经历了漫长而又复杂的过程,不同的地壳物质和地壳运动方式与强度,形成不同的构造形态。水热条件在时间和空间上的变化对山地的形成、演化及其现状特征产生了深刻的影响。

中国地处欧亚板块之东南部,其陆地部分受到印度板块和太平洋板块(含菲律宾)的夹持,在板块的俯冲和碰撞的漫长地质历史时期形成了中国山地的基本构架。由于板块碰撞作用形成的喜马拉雅型造山带在我国分布广泛,包括喜马拉雅-喀拉昆仑-唐古拉-冈底斯-念青唐古拉-大兴安岭-昆仑-祁连-秦岭褶皱系等都属于这种类型;而我国华南山地属于太平洋板块俯冲到欧亚板块下形成的俯冲式造山带。不同地质构造单元的高大山系构成了我国大陆地势基本骨架,整体上形成西高东低的三级阶梯走势,反映在海拔上,由东部海拔<1 000 m,向中部过渡为1 000~2 000 m,到青藏高原高达3 500 m以上。可见,中国基于不同地质构造单元的山地类型具有多样复杂性特点。

中国大陆地处北半球欧亚大陆的东南部中纬度地带,热量纬向和水分经向变化明显。热量变化上,从南往北依次可分为热带、亚热带、温带和寒温带;水分变化上,从东往西拥有湿润、半湿润、半干旱和干旱4种类型。由于水热组合条件的地域差异,导致山地地表形态变化的外营力作用的过程和强度有所不同,进而形成多样复杂的山地地貌形态类型。

上述表明,中国山地类型十分多样复杂,不同山地的形态类型、自然环境特点、生态系统垂直分异、环境资源潜力、坡面物质稳定性和生物多样性等千差万别,对这些纷繁复杂的山地特征进行科学的归纳与分类,建立具有中国特色的山地分类系统很有必要。

### 1.2 有助于推进山地学科的发展

山地“人山”关系地域系统结构、功能与演变是山地学科研究的核心。“人”是指人类社会经济活动,“山”是指人类赖以生存发展的自然环境。“人

山”关系是矛盾对立统一体。“人山”组合关系具有明显的地域差异,不同地区“人山”关系地域系统结构、功能与演变规律不一样。作为“人山”关系地域系统重要组成部分的山地自然环境系统,具有独特的自然属性,表现为动力系统不稳定性、能量梯变性、物质循环的单向输出性、坡面物质易变性、生态异质性、生态系统脆弱性和山地地质灾害的易发性等特点。该系统对“人山”关系的协调发展起着重要的制约作用。因此,基于山地自然属性为理论基础的山地分类是认知山地科学规律的基础,有助于推进山地学“人山”关系协调发展理论体系的建立与发展。

### 1.3 为山地可持续发展提供科学依据

山地是一个复杂的环境资源系统,它具有特定的结构与功能,拥有丰富的水资源、生物多样性资源、旅游资源和矿产资源等。然而,由于山地自然环境系统区域差异极大,由此形成的自然资源类型、数量、质量千差万别。当今山地资源的合理开发与保护面临经济全球化的挑战。因此,通过突显山地自然属性为依据的山地分类,可为科学利用山地资源、合理调整产业结构、协调区域经济平衡发展、促进农业和农村现代化、加快城市化进程,实现经济社会可持续发展提供重要科学依据。

综上所述,中国山地分类研究是推进山地学科综合研究的深入和山地学科理论体系建立的基础,又是保障山地资源、环境合理开发利用与保护的前提,山地分类可为山地管理立法、实现山区可持续发展和我国生态环境安全提供理论与实践依据。

## 2 中国山地分类原则、思路和分类等级系统

### 2.1 基本原则

#### 2.1.1 山地地貌形态与地带性相结合的原则

中国自然环境突出特点之一是山地面积广阔,是地域分异因素作用下的历史发展产物,其地表自然环境要素具有非地带性与地带性因素相互作用的三维地带性特点,表现为山地具有自己的发生统一特征。山地任何一地的地表物理、化学与生物过程都受到纬向、经向和高度变化因素综合作用的影响,表现为山地垂直地带的有些特点与纬向水平带有相同之处,如山地垂直自然带的基带与水平带类同;同时还表现出山地特有的垂直自然带及其特有的地表

过程,如高山流石滩稀疏植被带。可见,一定区域山地垂直带是在相应纬向水平带基础上形成的,其山地垂直带结构特点具有不同于其他纬向水平带上的山地垂直带。这是山地分类首先必须坚持的地带性原则。

但是,山地地貌形态类型多样复杂,它对气候要素起再分配作用,通过改变光、热、水等生态因子,形成千差万别的生境类型和生物群落。可以说山地地貌形态是形成山地地域系统结构、功能,并导致山地各种生态环境现象和过程发生变化的最根本的因素。不同海拔的温度与水分组合形成不同的生物类群;不同起伏度形成不同的生态系统垂直结构,不同坡度由于地表动力过程不同而形成不同的坡面形态;不同坡向接受太阳辐射和大气环流水汽差别明显,而出现不同的生境和生物群落。可见,基于地貌形态要素组合特征的空间变化带来的山地生态环境十分多样复杂。

突出以地貌形态主导因素与地带性相结合的原则能比较科学地反映山地地域类型分异情况,能较好地把握山地生态环境的空间差异及其发生发展的原因与态势,进而为山地生态环境的保护和山地生态安全屏障的建设提供科学依据。

#### 2.1.2 层次性和区域性原则

中国山地面积辽阔,自然生态环境空间差异悬殊,既有大地构造和大地貌结构上的差异,又有热量和水分条件上的不同,更有不同地貌形态要素组合的差异及由此带来生态系统结构与功能的显著差别。这种差异是山地地域类型的空间分异,这种分异具有层次性和系统性特点。山地分类实际上是将复杂的山地地域系统作为一个整体,依据组成这一大系统的不同组分分解为若干子系统,大系统与子系统之间具有一定从属关系,高级类型与低级类型之间具有等级依存关系,同一级别的类型是一种并列关系,并在类型划分的标准上具有一致性。每一等级类型都占据一定区域空间,山地系统分类等级又构成区域空间系列,两者紧密联系。这种分类充分体现山地分类体系的层次性和区域性原则。

#### 2.1.3 相对一致性与差异性原则

相对一致性原则要求在划分类型时,必须坚持同一类型,其山地自然属性特征的相对一致。不同等级类型单位,其自然属性特征是不同的,各有不同的划分标准。例如,基于大地构造差异性的山地大区类的划分,主要考虑同一大区类型内大地构造特

点及其相应大地貌格局的大致相似性。基于气候条件差异性的山地带类型的划分,重点考虑同一山地带类型内山地基带热量条件相似及相应山地气候地貌形态类型的大致相同。基于不同海拔地区起伏度和坡度组合特征的差异,可根据海拔、起伏度和坡度的相似性,分别作出分级标准相对一致的类型,其地表与生态过程有一定相似性。

#### 2.1.4 指标定量化和可操作性原则

RS、GIS、GPS、卫星导航(DNSS)等技术的快速发展,为山地地貌和山地环境资源等数据的采集提供了有利条件。因此,涉及山地分类相关的各项指标的量化成为可能。实际情况表明,地貌形态的多数指标均可数值化,并可依据数字模型进行自动化计算。然而,由于地貌形态指标的定量界定及其分级分类具有复杂性特点,目前不同国家的地貌形态分类所采用的量化指标有较大差异,我国不同学者所采用的地貌形态量化指标也有所不同。因此,结合中国山地的实际,从有利于我国山地开发利用、山地生态环境保护和山地管理立法,提出具有较强科学性和可操作性的山地分类量化指标,显得非常必要。

#### 2.2 基本思路

山地是内外营力长期作用的结果。内营力作用形成具有显著地质构造特征的构造地貌。它奠定了山地空间骨架。构造地貌在外营力作用下形成具有侵蚀、剥蚀特征的气候地貌。构造地貌和气候地貌都具有体现不同营力作用的形态特征,在一定地域空间上形成具有该地域特征的形态地貌。组成形态地貌的基本形态要素包括海拔、起伏度、坡度、谷地等,由这些形态要素组成的山地地域类型具有空间的尺度性和层次性特点。前已述及,这是山地分类的理论依据。

中国地处欧亚板块、印度板块和太平洋板块的交汇区,板块之间的长期相互作用形成中国大陆南、北有别,东、西差异显著的地质结构单元。大陆地势由西往东呈三级阶梯变化。第一级阶地为青藏高原(包含祁连山和横断山系等),海拔3 500 m以上;第二级阶梯介于青藏高原与大兴安岭-太行山-巫山-雪峰山一线之间,主体部分海拔1 000~2 000 m,部分山地海拔2 000 m以上;第三级阶地为大兴安岭-太行山-巫山-雪峰山一线以东的丘陵山地区,海拔1 000 m以下。这种大地构造格局奠定了中国山地的空间构架,并由此形成了中国大陆山地自

然环境的巨大区域差异,表现为青藏高原气候寒冷干旱,高原面热量条件自南而北具有纬度地带性变化特征;西北内陆地区气候温暖干燥,水分自东而西呈现经度地带性变化;东部丘陵山地区气候温暖湿润,热量自南而北纬度地带性变化明显。基于中国构造-地貌影响下的自然环境在空间展布上的巨大差异,可将中国山地分为三大区:青藏高寒山地大区、西北干旱山地大区、东南季风山地大区。

构造作用形成的山地经历气候因素主导下的风化、剥蚀、侵蚀与搬运的长期作用,形成当今的山地形态特征及相应的生态系统类型。不同山地地域类型区不仅地貌形态(如坡度、谷地等)不同,而且生态系统类型、结构与功能差异显著。可见,气候因素不仅直接影响到山地地貌形成与演化,而且影响到作为具有山地生态类型特质标志的山地自然垂直带基带组成的差异,即不同纬度气候带的山地自然垂直带基带组成要素不同,突出地表现为自然生态系统及相应的人工生态系统不一样;此外,谷地和坡面形态也不同。这些是区分山地地域类型差异的主要标志。因此,以气候为主导因素和相应山地基带生态系统类型特点为主导标志,可划分出具有中国特色的山地带。

不同山地带不仅山地自然垂直带谱下部基础带即基带的组成要素不同,而且地表过程及相应的地表形态也有较大差异。在同一山地带内,山地基带特性随海拔升高而有所分异,起伏度大小和坡度陡缓也伴随海拔变化而变化。不同海拔与起伏度组合特征的不同,不但山地自然垂直带谱结构有不一样,而且坡度的陡缓也有差异。因此,基于山地带的地貌基本形态要素分异规律与分类研究,可以较好地揭示不同海拔、起伏度和坡度有机组合特征及其相伴谷地、坡地生态系统的空间分异。

### 2.3 山地分类等级系统

依据中国山地宏观格局是在地质构造非地带性因素和气候地带性因素长期相互作用下形成的情况,首先应以大地构造格局为基础,突显构造-地貌区域差异及其相应综合自然环境特点的不同,作出山地大区类的划分。然后针对每个山地大区山地现代气候地貌过程的纬度地带性分异特点,作出山地带类的划分。大区和带突出了区域单位的个体特征,是区域划分。伍光和<sup>[11]</sup>认为区划单位属于一定的类型,都可以进行类型研究。在划分大区 and 带基础上,开展以山地地貌形态类型为基础和有利于开发利用为目的的类型划分。山地分类等级系统见表1。

山地大区反映出山地分布的宏观格局,揭示地势地貌、山地气候环境(热量与水分组合)及其相应的山地植被、土壤等空间组合特点。山地带反映出山地所处纬度地带的垂直带谱结构、生态系统类型与资源环境特点的空间格局,揭示山地基带热量条件及其相伴植被、土壤等空间组合的水平变化。山地大类反映出山地形态类型的空间变异,突显山地结构的立体空间格局,揭示山地自然地理过程垂直分异的空间差异。这三级类型属于大尺度山地分类,适用于全国和跨省(区、市)制图。山地类反映山地坡面动力学梯度变化,突显山地坡面物质稳定性和坡地利用适宜性。山地小类在山地类基础上,以坡向和坡度组合为特征的坡元太阳辐射特征山地小类的划分,突显坡面热动力过程和光热潜力。山地型以谷地形态和坡度组合为特征的山地谷地形态的划分,突显山地可利用土地资源与发展潜力。这后三级类型中的山地小类和山地型属于小尺度山地分类,适用于县(区、市)制图;山地类依据坡度分级的多少确定制图比例尺。

表1 山地分类等级系统及其划分依据

Table 1 The classification systems of the mountain and its division reasons

等级系统	划分依据	制图尺度
山地大区	以宏观地质-地貌格局及相应自然环境空间差异特点为依据划分山地大区	
山地带	依据山地基带气候条件的温度指标划分山地带	全国和省(市、区)
山地大类	以海拔和起伏度组合特征划分山地大类,突显山地结构立体空间格局	
山地类	在山地大类基础上,以坡度为特征划分山地类,突显山地坡面稳定性和坡面利用适宜性	
山地小类	在山地类基础上,以坡向和坡度组合为特征的坡元太阳辐射为依据划分山地小类,突显坡面光热潜力	县
山地型	在山地类基础上,以谷地形态和坡度组合特征划分山地型,突显山区可利用土地资源与发展潜力	(市、区)

### 3 中国山地大尺度类型划分依据

#### 3.1 山地范围的确定

前述山地定义表明,起伏度是构成山地诸要素中最关键的要素。为此,有不少科学工作者对起伏度的指标进行了研究。不同国家科学工作者从本国山地地形特点提出划分平原起伏度指标。我国科学工作者提出多种划分平原的指标<sup>[12-15]</sup>,归纳起来有如下几种: $<20\text{ m}$ 、 $<30\text{ m}$ 、 $<50\text{ m}$ 。中国科学院地理研究所主编(1987年)的1:100万地貌制图规范将起伏度定义为“山脊(顶)与其顺坡向最近的大河(汇流面积大于 $500\text{ km}^2$ )或到最近、较窄的(宽度 $>5\text{ km}$ )平原或台地交接点的高差”<sup>[16]</sup>。李炳元等人<sup>[17]</sup>的中国陆地基本地貌形态的分类中,把起伏度 $<30\text{ m}$ 的地形划为平原,丘陵起伏度不超过 $200\text{ m}$ 。依据中国宏观地貌形态特征,平原起伏度一般在 $30\text{ m}$ 以下,但是具有平原特点的台地起伏度多数介于 $30\sim 100\text{ m}$ 。此外,在我国平原和台地分布区,多有低矮圆浑小丘,起伏度 $>30\text{ m}$ ,但一般不超过 $50\text{ m}$ ,其坡度较平缓,有较大的开发利用潜力。基于上述情况的综合考虑,我们提出起伏度 $<50\text{ m}$ 的平缓地段划入平原范畴。这种平缓地段在不同海拔地区都有所不同。为此,可分出低海拔平原,中海拔平原和高海拔平原等多种类型。不同海拔平原的气候条件有差异,但地表平缓,有利于多种用途的开发利用。此外,在我国西北干旱区和青藏高寒区除分布有起伏度 $<50\text{ m}$ 的沙漠、戈壁外,还有一定数量起伏度 $>50\text{ m}$ 流动和半固定沙丘,由于其处于易变的不同稳定状态中,我们认为不应把这部分地段划为山地范畴。综上所述,中国陆地扣除起伏度 $<50\text{ m}$ 的各类平原和起伏度 $>50\text{ m}$ 的流动、半固定沙丘分布区后的其余国土确定为山地范畴,包括起伏度 $<200\text{ m}$ 的丘陵。

#### 3.2 山地大区的确定

《中国综合自然区划》<sup>[14]</sup>依据中国大地构造单元、地势地貌、大气环流、气候环境及其相应的植被、土壤空间分异特点,将中国领土划分为三大自然区:东部季风大区、西北干旱大区和青藏高寒大区。每个大区既有山地,又有平原、台地和盆地。依据前述确定山地范围的标准,各大区中非山地部分扣除后,将三大自然区界线确定为中国山地大区的界线,其名称分别为:东部季风山地大区、西北干旱山

地大区 and 青藏高寒山地大区。这三个山地大区山地基带总体特点可分别概括为:湿、干、寒。

#### 3.3 山地带的确定

中国三个山地大区地域辽阔,对生物生长发育和其他自然地理过程影响起主导作用的热量条件空间分异显著,并呈现出从南往北递减的纬度地带性规律。热量条件的地带性因素决定了地表自然地理过程的地域差异,突出地表现在山地基带气候-植被-土壤的地带性分异。不同山地自然属性的最大区别在于基带,不同基带的山地不仅基带自然地理过程差异显著,而且基带以上的垂直带谱结构及其物理、化学、生物等方面的属性与过程也有差别。因此,可采用反映热量条件呈纬度地带性地域分异的热量指标对山地地域分异进行划分。热量随纬度变化过程及其伴随出现的植被-土壤特点,在山地基带部分表现得最为突出,并以此为基础,形成了具有基带属性特征的山地自然垂直带谱和特定生态系统结构与功能。因此,以山地基带热量特征为基础的山地带的划分,可为山地生态系统结构与功能研究和山地资源环境开发利用与保护提供重要依据。依据我国热量带的空间分异特点,可将我国山地分为如下山地带:准热带山地、亚热带(分南、中、北)山地、暖温带山地、中温带山地、寒温带山地、高原温带山地、高原亚寒带山地等。山地带界限的确定在参考前人气候带界限基础上,可依据山脉走向作适当调整。

#### 3.4 山地大类的划分依据

每一个区域的山地基本形态都具有该区域所拥有的海拔与起伏度相伴相生的组合特征,对山地这种多样化组合特征进行分类,是山地分类体系中最基本的分类,称之为山地大类。为此,首先需对山地起伏度和海拔分级及其划分指标进行研究。

##### 3.4.1 山地起伏度分级指标

李炳元等人<sup>[17]</sup>将中国山地起伏度分为如下五类:丘陵( $<200\text{ m}$ )、小起伏山地( $200\sim 500\text{ m}$ )、中起伏山地( $500\sim 1000\text{ m}$ )、大起伏山地( $1000\sim 2500\text{ m}$ )和极大起伏山地( $<2500\text{ m}$ )。这种分级符合中国的实际。

起伏度 $<200\text{ m}$ 的丘陵,相对高度变化于 $0\sim 200\text{ m}$ ,山地坡面水、热条件及生物和土壤等从下往上的变化微小,对植被-土壤过程影响起主导作用的气温变化一般只有 $0\sim 1.2^\circ\text{C}$ ,植被垂直分异不明显,但是,丘坡上部土壤较干旱,坡下土壤水分含量高;坡面物质的位能与势能自下而上增大较显著,特

别是坡度较大和岩层破碎的坡面,其物质稳定性差,外力干预下易发生水土流失。

起伏度 200~500 m 的小起伏山地,从谷底到山顶(山脊)的最大高差达 500 m,山地坡面的气候、生物、土壤等从下往上出现较大的变化,谷底与山顶气温差可达 3℃左右。由此带来的生物与生态过程从谷底到山顶出现较大的差异,其中土壤物理化学过程和生态过程差异较显著。山地坡面物质的位能、势能显著增大,坡度较大和岩层破碎的坡面,其物质不稳定性及发生水土流失和山地地质灾害的危险性较大。

起伏度 500~1 000 m 的中起伏山地,从谷底到山顶(山脊)的最大高差达 1 000 m,山地坡面的气候、生物、土壤等从下往上出现显著的变化,谷底与山顶气温差可达 6℃左右,由此带来的生物与生态过程从谷底到山顶的差异较显著。山地坡面物质的位能、势能很大,稳定性差,断裂构造发育区发生山地地质灾害的潜在危险性大。

起伏度 1 000~2 500 m 的大起伏山地,从谷底到山顶(山脊)的最大高差达 2 500 m,上下温差一般可达 10~15℃,山地坡面的气候、生物、土壤等从下往上的变化非常显著。自然垂直带分异很明显,生态系统垂直结构复杂。山地坡面物质的位能、势能显著增大,坡面物质稳定性很差,山地地质灾害的潜在危险性很大。

起伏度 >2 500 m 的极大起伏山地,从谷底到山顶(山脊)的最大高差达 2 500 m 以上,上下温差可达 15℃以上,山地坡面的气候、生物、土壤等从下往上的变化极为显著,自然垂直带非常明显,生态系统垂直结构很复杂。山地坡面物质的位能、势能极大,坡面物质稳定性极差,发生山地地质灾害的危险性极大。

### 3.4.2 山地海拔指标

李炳元等人<sup>[17]</sup>提出山地海拔分级与指标如下:低海拔山地(<1 000 m)、中海拔山地(1 000~

2 000 m)、高中海拔山地(2 000~4 000 m)、高海拔山地(4 000~6 000 m)和极高海拔山地(>6 000 m)。但是,把海拔 6 000 m 作为高海拔山地与极高海拔山地分界线有待商榷。青藏高原海拔大于 6 000 m 的山地主要分布于高原西南部少数高大山脉,其面积不大。另外,高原自然-人文环境的实际情况表明,海拔 5 500 m 以上高原山地气候严寒、寒冻风化形成的流石滩、碎屑坡十分发育,植被极为稀少,甚至没有,基本上属于无人区。为此,可以把这一海拔以上几乎无生命的不毛之地划为极高海拔山地。此外,依据西北地区森林线分布高度多在 3 500 m 左右,而且该高度山地剥蚀作用变化比较明显,即 >3 500 m 山地以寒冻物理风化作用为主,<3 500 m 山地以水力剥蚀作用为主。因此,海拔 3 500 m 可作为中山与高山的分界线。另外,我国中西部大部山地最冷月均温 0℃线位于海拔 2 500 m 左右,亚热带常绿阔叶与落叶混交林可以分布到这个高度。因此,海拔 2 500 m 可将中山带进一步分出上下两个不同的山地海拔类型。基于上述的认识,我们提出如下山地海拔类型分级指标:低海拔山地(<1 000 m)、中海拔山地(1 000~2 500 m)、高中海拔山地(2 500~3 500 m)、高海拔山地(3 500~5 500 m)和极高海拔山地(>5 500 m)。不同海拔等级的山地类型命名分别为低山、中山、高中山、高山和极高山。

### 3.4.3 基于起伏度和海拔组合特征的山地分类

通过前述起伏度等级类型和海拔等级类型相互依存关系的综合,可以得出中国山地类型的山地大类分类系统(表 2)。分布于不同海拔的丘陵有较大开发利用潜力,对可利用土地资源少的中国来说,很有必要把它不同潜力类型列出来。

## 4 基于 GIS 的中国山地大尺度类型划分

### 4.1 山地大类的划分方法

表 2 基于海拔和起伏度的中国丘陵、山地类型

Table 2 The hill and mountain types in china based on the elevation and the relief degree

起伏度	低海拔 ( <1 000 m )	中海拔 ( 1 000 ~ 2 500 m )	高中海拔 ( 2 500 ~ 3 500 m )	高海拔 ( 3 500 ~ 5 500 m )	极高海拔 ( >5 500 m )
丘陵( <200 m )	低海拔丘陵	中海拔丘陵	高中海拔丘陵	高海拔丘陵	极高海拔丘陵
山地( >200 m )	低山	中山	高中山	高山	极高山
小起伏( 200 ~ 500 m )	小起伏低山	小起伏中山	小起伏高中山	小起伏高山	小起伏极高山
中起伏( 500 ~ 1 000 m )	中起伏低山	中起伏中山	中起伏高中山	中起伏高山	中起伏极高山
大起伏( 1 000 ~ 2 500 m )		大起伏中山	大起伏高中山	大起伏高山	大起伏极高山
极大起伏( >2 500 m )			极大起伏高中山	极大起伏高山	极大起伏极高山

山地大类是由起伏度和海拔两个指标确定的形态类型。因此,采用起伏度指标和海拔指标相结合的方法确定山地大类,可以较好地揭示中国山地空间结构特点。

#### 4.1.1 起伏度的提取方法

起伏度的大小与确定度量的区域单元密切相关。地形起伏度的提取关键在于统计面积的确定。

欧洲 1:250 万地貌图的起伏度是指 16 km<sup>2</sup> 矩形区域中的最高点与最低点的高差。中国 1:100 万地貌图规范中的山地起伏度和实体高差是采用另外两种计量方法。山地起伏度是指山脊(顶)与其顺坡向到最近的大河(汇流面积 > 500 km<sup>2</sup>) 或到最近较宽(宽度 > 5 km) 的平原或台地的交接点的高差,而实体高差则指单个地貌实体最高点与其外缘各点平均高度的高差。

郎玲玲<sup>[18]</sup>等通过比较多尺度 DEM 提取的地形起伏度,认为福建低山丘陵地区在 1:25 万 DEM 下地形起伏度的最佳分析区域为 4.41 km<sup>2</sup>。而张磊<sup>[19]</sup>在基于 1:25 万 DEM 的京津冀地区地形起伏度研究中,认为该地区的最佳分析区域为 9.61 km<sup>2</sup>。王雷<sup>[20]</sup>等在基于 1:25 万地形图研究昆明地区地貌形态时,认为该地区的最佳分析区域是 4 km × 4 km。可见,不同地区、不同地貌类型的实验样区对应不同的地形起伏度最佳分析区域。

涂汉明、刘振东<sup>[21]</sup>结合中国地貌类型的基本特征,提出地势起伏度最佳统计单元应满足山体完整性与区域普适性两条原则,并通过对全国 600 个样点和两个小区的详细研究,运用模糊数学方法,论证了中国地势起伏度最佳统计单元的存在,得出我

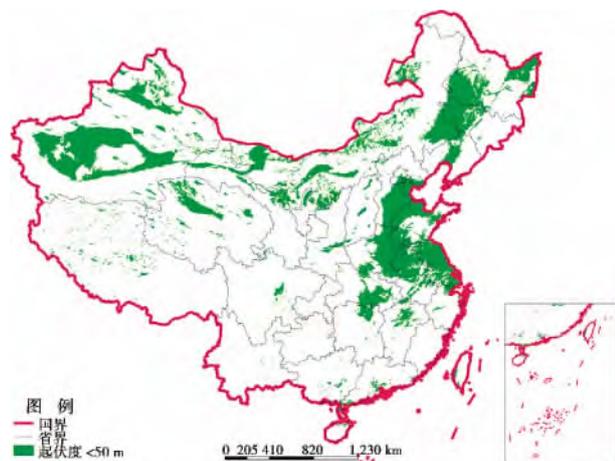


图1 起伏度 < 50 m 的区域分布

Fig. 1 Distribution of < 50 m of the relief degree

国地势起伏度最佳统计单元为 21 km<sup>2</sup>。

在中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用的研究中,刘新华等<sup>[22]</sup>使用 1:100 万 DEM 数据提取地形起伏度值,考虑到样区均衡性因素,在全国采集六个样区,运用 GIS 窗口分析法,经过统计、分析得出基于该数据的我国地形起伏度最佳统计窗口大小为 5 km × 5 km。

起伏度的计算采用了刘新华等人的方法<sup>[22]</sup>,使用 5 km × 5 km 的统计窗口来计算中国陆地地形起伏度(图 1~6)。

#### 4.1.2 高程的提取方法

以中国 SRTM 90 m 高程数据为基础,依据上述海拔等级的划分结果,运用 GIS 技术分别提取不同海拔分布图(图 7~11)。

#### 4.1.3 基于起伏度和海拔相叠加的山地分类

将海拔与起伏度数据叠加,对叠加结果进行重分类,剔除非山地的平原、沙漠、戈壁和沙丘等后,得出中国山地分类结果(图 12)。图 12 表明:丘陵类型 5 种,分别为:低海拔丘陵、中海拔丘陵、中海拔丘陵、高海拔丘陵、极高海拔丘陵;山地类型 17 种,分别为:小起伏低山、小起伏中山、小起伏高中山、小起伏高山、小起伏极高山、中起伏低山、中起伏中山、中起伏高中山、中起伏高山、中起伏极高山、大起伏中山、大起伏高中山、大起伏高山、大起伏极高山、极大起伏高中山、极大起伏高山、极大起伏极高山。

#### 4.2 山地大区的划分

以全中国 SRTM 90 m 高程数据为基础,设定最小水道给养面积阈值为 1 000 个栅格数,流域范围内集水面积超过该阈值的那些栅格为河网,以划分出的河网为基础将全中国划分为 4 871 个流域,其中最小的流域面积为 9.37 km<sup>2</sup>,最大的流域面积为 31 705.46 km<sup>2</sup>。以这些流域为单元,以流域边界山脊线为界限,同时参照郑达贤<sup>[23]</sup>以流域为基本单元划分中国自然区的方法将中国划分为 3 个山地大区(图 13)。

#### 4.3 山地带的划分

郑景云等<sup>[24]</sup>在已有气候区划基本理论与区划方法的基础上,根据全国 609 个气象站 1971—2000 年的日气象观测资料,将我国划分为 10 个温度带。在郑景云温度带的划分的研究基础上将中热带与边缘热带合并重新命名为准热带,将中国大陆以及台湾、海南岛划分为 10 个温度带,分别为:准热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖温带、中温带、寒温

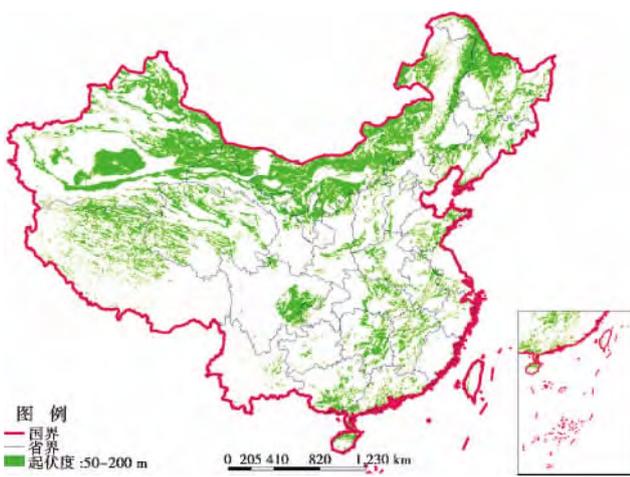


图2 起伏度 50 ~ 200 m 的区域分布  
Fig.2 Distribution of 50 ~ 200 m of the relief degree

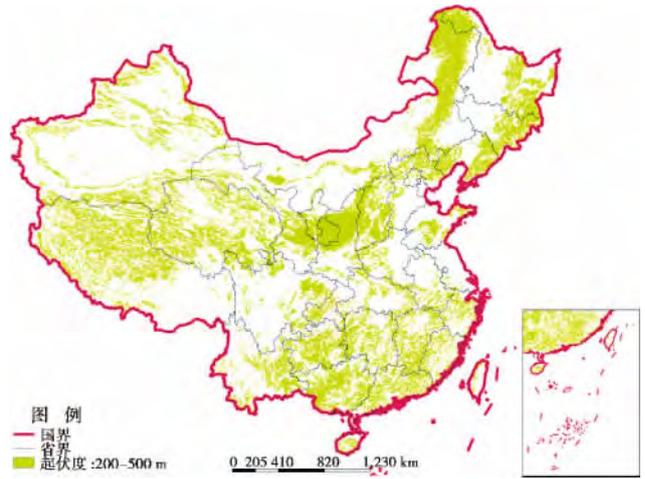


图3 起伏度 200 ~ 500 m 的区域分布  
Fig.3 Distribution of 200 ~ 500 m of the relief degree

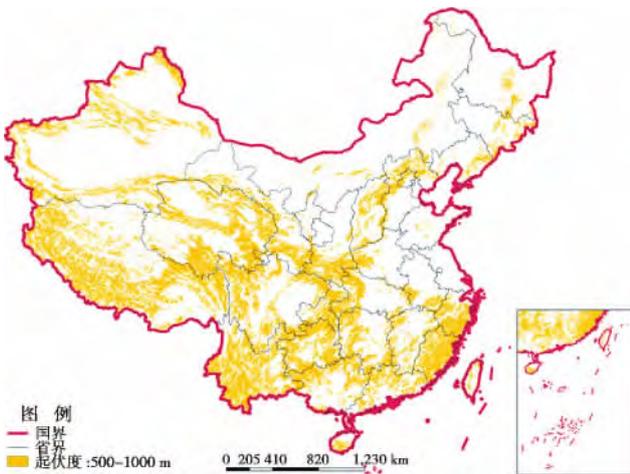


图4 起伏度 500 ~ 1 000 m 的区域分布  
Fig.4 Distribution of 500 ~ 1 000 m of the relief degree

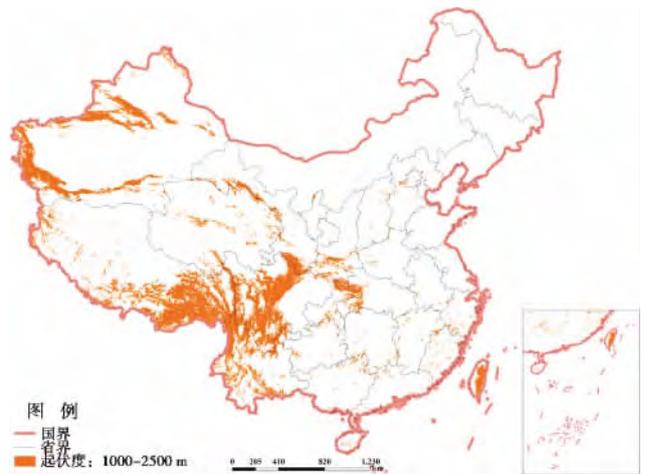


图5 起伏度 1 000 ~ 2 500 m 的区域分布  
Fig.5 Distribution of 1 000 ~ 2 500 m of the relief degree

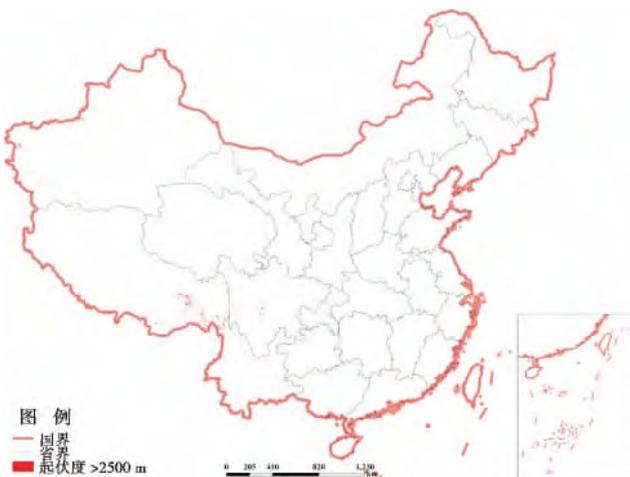


图6 起伏度 > 2 500 m 的区域分布  
Fig.6 Distribution of > 2500m of the relief degree



图7 低海拔 < 1 000 m 的区域分布  
Fig.7 Distribution of < 1 000 m of the elevations



表 3 中国山地带面积统计

Table 3 The areas of the mountain zones in China /km<sup>2</sup>

山地带	丘陵面积	山地面积	合计占中国陆地面积%
准热带	2 742.08	88 814.24	0.9
南亚热带	168 867.26	350 096.01	5.5
中亚热带	252 425.90	937 504.28	12.6
北亚热带	147 830.34	203 245.46	3.7
暖温带	239 463.28	504 530.31	7.8
中温带	615 860.75	983 425.05	16.9
寒温带	9 896.77	93 048.39	1.0
高原温带	33 868.33	1 081 160.52	11.8
高原亚寒带	227 850.54	954 542.07	12.5
高原亚热带	1 041.57	68 726.17	0.7
合计	1 724 534.5	5 226 888.42	73.4

带、高原亚热带、高原温带、高原亚寒带, 并由此将中国山地划分出 10 个山地带, 如图 14 所示。

## 5 中国各类型山地面积统计

### 5.1 山地大区

东部季风山地(丘陵加山地)大区面积 3 622 629.75 km<sup>2</sup>, 占中国陆地面积 38.3%, 占中国山地面积的 52.1%; 西北干旱山地(丘陵加山地)大区面积 1 060 121.85 km<sup>2</sup>, 占中国陆地面积 11.3%, 占中国山地面积 15.3%; 青藏高寒山地(丘陵加山

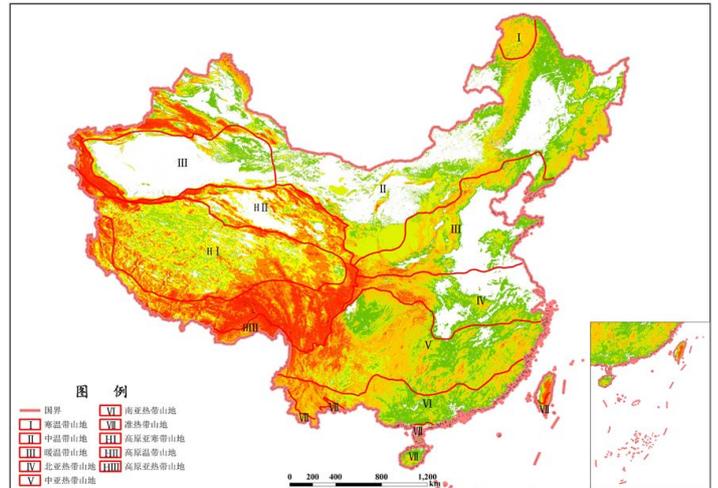


图 14 中国山地带分布图

Fig. 14 Distribution of the mountain zones in China

表 4 中国山地大类面积统计

Table 4 The areas of the mountain big types in China

山地大类	类型名称	海拔高程/m	起伏度/m	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
丘陵	低海拔丘陵			1 179 286.1	12.46
	中海拔丘陵			280 767.3	2.97
	高海拔丘陵	< 1 000	50 ~ 200	19 391.4	0.20
	极高海拔丘陵			245 045.0	2.59
				44.7	0
山地	小起伏低山	< 1 000		664 773.1	7.02
	小起伏中山	1 000 ~ 2 500		632 023.7	6.68
	小起伏高中山	2 500 ~ 3 500	200 ~ 500	71 237.2	0.75
	小起伏高山	3 500 ~ 5 500		601 573.4	6.36
	小起伏极高山	> 5 500		7 403.7	0.08
	中起伏低山	< 1 000		900 138.6	9.51
	中起伏中山	1 000 ~ 2 500		511 707.9	5.41
	中起伏高中山	2 500 ~ 3 500	500 ~ 1 000	135 956.0	1.44
	中起伏高山	3 500 ~ 5 500		686 988.3	7.26
	中起伏极高山	> 5 500		65 761.7	0.69
	大起伏中山	1 000 ~ 2 500		253 553.7	2.68
	大起伏高中山	2 500 ~ 3 500	1 000 ~ 2 500	199 056.2	2.10
	大起伏高山	3 500 ~ 5 500		457 789.1	4.84
	大起伏极高山	> 5 500		31 054.3	0.33
	极大起伏高中山	2 500 ~ 3 500		1 929.6	0.02
极大起伏高山	3 500 ~ 5 500	> 2 500	4 336.0	0.05	
极大起伏极高山	> 5 500		605.9	0.01	

地) 大区面积 2 267 671.32 km<sup>2</sup>, 占中国陆地面积 23.9%, 占中国山地面积 32.6%。

### 5.2 山地带

中国山地带面积见表 3。从表中看出, 热量条件最好的亚热带(南、中、北亚热带及高原亚热带)和准热带山地面积占中国陆地面积的 23.4%, 热量条件次之的温带(暖温、中温带)占 24.7%, 热量条件最差的高原温带和亚寒带占 24.3%, 几乎各占三分之一。热量条件最好的亚热带和准热带处于中国季风区, 不但热量条件好, 而且水份条件也好。而温带和高原温带和高原亚寒带山地热、水组合条件差, 其面积几乎占中国陆地面积的一半, 这表明中国自然条件好的山地面积较少, 可见科学有效地利用这部分山地土地资源显得十分重要。

### 5.3 山地大类

中国山地大类面积见表 4。从表中看出, 分布于不同海拔带的丘陵面积占中国陆地面积的 18.2%, 起伏度大于 200 m 的山地面积占中国陆地面积的 55.2%。山地部分中的低山、中山和高山面积合计占中国陆地面积的 49.8%, 接近中国陆地面积的一半, 其中, 低山、中山和高山面积分别占 16.5%、14.8% 和 18.5%, 而高中山和极高山面积分别只有 4.3%、1.1%。在海拔 < 1 000 m 的低山分布区, 小起伏低山和中起伏低山分别占中国陆地面积的 7.02% 和 9.51%; 在海拔 1 000 ~ 2 500 m 的中山分布区, 小起伏中山、中起伏中山和大起伏中山分别占中国陆地面积的 6.68%、5.41% 和 2.68%; 在海拔 3 500 ~ 5 500 m 的高山分布区, 小起伏高山、中起伏高山、大起伏高和极大起伏高山分别占中国陆地面积的 6.36%、7.26%、4.84% 和 0.05%。从起伏度的分布看, 50 ~ 200 m 的微起伏丘陵面积占中国陆地面积不足 20%, 200 ~ 500 m 的小起伏山地占 20.89%, 500 ~ 1 000 m 的中起伏山地占 24.31%, 而 1 000 ~ 2 500 m 的大起伏山地占 9.95%, > 2 500 m 的极大起伏山地只有 0.08%。可见, 中起伏山地面积最大, 其中, 中起伏低山和中起伏高山占中国山地(不含丘陵部分)面积的 30%; 而 200 ~ 500 m 的小起伏山地中的小起伏中山和小起伏高山占中国山地(不含丘陵部分)面积的约 24%。这两者合计占中国山地(不含丘陵部分)面积的一半以上。

致谢: 郑度院士对山地定义和山地分类体系提出宝贵的建议, 在此表示衷心感谢!

### 参考文献(References)

- [1] Zhong Xianghao, Yu Dafu, Zheng Lin. Outline to montology and mountain research in China [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press 2000: 27-30 [钟祥浩, 余大富, 郑霖. 山地学概论与中国山地研究[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2000: 27-30]
- [2] Nanjing University. Dictionary of geography [M]. Ver. 1. Beijing: The Commercial Press, 1982. [南京大学. 地理学辞典(第一版)[M]. 北京: 商务印书馆, 1982.]
- [3] Zhao Songqiao, Physical feature of China's mountain environment and economic problem of its utilization [J]. Mountain Research, 1983, 1(3): 1-9 [赵松乔. 中国山地环境的自然特点及开发利用[J]. 山地研究(现山地学报), 1983, 1(3): 1-9]
- [4] Cheng Hong. The exploitation of the mountain resources in China [J]. Mountain Research, 1983, 1(2): 1-7 [程鸿. 中国山地资源的开发[J]. 山地研究(现山地学报), 1983, 1(2): 1-2]
- [5] Wang Mingye, Zheng Ling, Zhu Guojin. Mountains in China [M]. Chengdu Sichuan Science and Technology Press, 1988: 1-2 [王明业, 郑霖, 朱国金. 中国山地[M]. 成都: 四川科学出版社, 1988: 1-2]
- [6] Xiao Kefei. Economics of mountainous regions in China [M]. Beijing: Land Press, 1988. [肖克非. 中国山区经济学. 北京: 大地出版社, 1988.]
- [7] Xu Qinaoli, Tan Chuanfeng, et al. Geographic system in mountainous regions [M]. Nanjing: Central China Normal University Press 1994. [徐樵利, 谭传凤, 等. 山地地理系统综论[M]. 南京: 华中师范大学出版社, 1994.]
- [8] Gerrard A. J. Mountain Environment [M]. 1990.
- [9] J D Ives, B Messerli, E Spiess. Mountain of the world—a Global Priority [M]. New York, London: The Paarthanon Publishing Group, 1996: 1-3
- [10] UNESCO (MAB). Impact of human activities on mountain and tundra system [R]. Lillehammer. November, 1973.
- [11] Wu Guanghe, Cai Yulong. Integrated physical-geography [M]. Beijing: Higher Education Press, 1993: 137-138 [伍光和, 蔡运龙. 综合自然地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 137-138]
- [12] Shen Yuchang. Geomorphologic regionalization in China (First Draft) [M]. Beijing: Science Press, 1959: 137-138 [沈玉昌. 中国地貌区划(初稿) [M]. 北京: 科学出版社, 1959: 24-29]
- [13] Zhou Tigr, Shi Yafeng, Cheng Shupeng. Geomorphologic regionalization in China (Draft) [M]. Beijing: Science Press, 1956: 21-56 [周廷儒, 施雅风, 陈述彭. 中国地形区划草案[M]. 北京: 科学出版社, 1956: 21-56]
- [14] Huang Bingwei. Draft on integrated natural regionalization in China [J]. Chinese Science Bulletin, 1959, (18): 594-602 [黄秉维. 中国综合自然区划草案[J]. 科学通报, 1959, (18): 594-602]
- [15] Zhou Chenghu, Cheng Weiming, Qian Jinkai, et al. Research on the classification system of digital land geomorphologic of 1: 1000 000 in China [J]. Journal of Geo-informed Science, 2009, 11(6): 707-724 [周成虎, 程维明, 钱金凯. 中国陆地 1: 100 万数字地

- 貌分类体系研究[J]. 地球信息科学学报 2009, 11(6): 708 - 724]
- [16] Geographic Institute of Chinese Academy of Sciences. The mapping standard of the geomorphologic chart of 1:1 000 000 in China (Try-out) [M]. Beijing: Science Press, 1987: 1 - 44 [中国科学院地理研究所. 中国 1:1 000 000 地貌图制图规范(试行) [M]. 北京: 科学出版社, 1987: 1 - 44]
- [17] Li Bingyuan, Pan Baotian, Han Jiafu. The basic terrestrial geomorphologic types in China and their Circumscriptions [J]. Quaternary Sciences 2008, 28(4): 535 - 542 [李炳元, 潘保田, 韩嘉福. 中国陆地基本地貌类型及其划分指标探讨[J]. 第四纪研究, 2008, 28(4): 535 - 542]
- [18] Lang Lingling, Cheng Weiming, Zhu Jujiang. Comparative analysis of multi-scale relief amplitude based on DEM—a case of low hill area in Fujian Province [J]. Journal of Geo-informed Science, 2007, 9(6): 1 - 6 [郎玲玲, 程维明, 朱启疆, 等. 多尺度 DEM 提取地势起伏度的对比分析——以福建低山丘陵区为例[J]. 地球信息科学 2007, 9(6): 1 - 6]
- [19] Zhang Lei. Study on topographic form division based on the relief amplitude [J]. Shijiazhuang: Hebei Normal University 2009: 26 - 32 [张磊. 基于地形起伏度的地貌形态划分研究——以京津冀地区为例[D]. 石家庄: 河河北师范大学 2009: 26 - 32]
- [20] Wang Lei, Zhu Jieyong, Zhou Yan. Analysis on the characteristics of topographic form in Kunming region based on DEM of 1:250 000 [J]. Journal of Kunming Institute of Technology, 2007, 32(1): 6 - 17 [王雷, 朱杰勇, 周雁. 基于 1:25 万 DEM 昆明地区地貌形态特征分析[J]. 昆明理工大学学报: 理工版 2007, 32(1): 6 - 17]
- [21] Tu Hanmin, Liu Zhendong. Demonstrating on optimum statistic unit of relief amplitude in china [J]. Journal of Hubei University: Natural Science, 1990, 12(3): 265 - 270 [涂汉明, 刘振东. 中国地势起伏度最佳统计单元的求证[J]. 湖北大学学报: 自然科学版, 1990, 12(3): 266 - 270]
- [22] Liu Xinhua, Yang Qinke, Tang Guoan. Extraction and application of the relief of China Based on DEM and method of GIS [J]. 2001, 21(1): 57 - 62 [刘新华, 杨勤科, 汤国安. 中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用[J]. 水土保持通报 2001, 21(1): 57 - 62]
- [23] Zheng Daxian, Chen Jiabing. A new scheme on natural regionalization of China—taking basin as elementary cell [J]. Journal of Subtropical Resources and Environment, 2007, 2(3): 10 - 15 [郑达贤, 陈加兵. 以流域为基本单元的中国自然区划新方案[J]. 亚热带资源与环境学报 2007, 2(3): 10 - 15]
- [24] Zheng Jinyun, Yin Yunhe, Li Bingyuan. A new scheme for the climate regionalization in China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2010, 65(1): 3 - 12 [郑景云, 尹云鹤, 李炳元. 中国气候区划新方案[J]. 地理学报 2010, 65(1): 3 - 13]

## Research on the Mountain Classification in China

ZHONG Xianghao, LIU Shuzhen

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** China is a mountainous country with the various and complex mountain types. The study on mountain classification in China is very necessary. Based on the analysis of the mountain definitions in past, the principles and ideas of the mountain classification in China are defined. On this base, the mountain classification systems which are divided into six types are advanced, and the division indexes for each of the types are qualified. Based on SRTM90 DEM datum, three types of large-scale, which are the mountain great region, the mountain zone and the mountain big type respectively, has been extracted using method of GIS. The areas of these types are calculated. The results show that the areas of the hills distributed in different elevation account for 18.2% of the land surface in China; the mountain areas of the relief degree in excess of 200 m. account for 55.2%, of which the areas of low, middle and high mountains account for 22.5%, 20.1% and 25.2% of the mountains in China respectively.

**Key words:** mountain classification; relief degree; large-scale type