

中国沙漠、戈壁生态地理区划研究*

申元村¹ 王秀红¹ 丛日春² 卢琦²

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国林业科学研究院荒漠化研究所, 北京 100091)

提 要: 我国沙漠(含半干旱区沙地)、戈壁面积广阔,集中分布于北方温带、暖温带区域,是生态环境十分脆弱而自然资源相对富集的区域,极需有一个揭示沙漠、戈壁地域分异规律,反映沙漠、戈壁区生态地理特征的地理区划,以满足国家生态建设和资源开发的需求。直到目前我国还没有一个体系完整的这一区划。文中从揭示沙漠、戈壁地理分异规律,为生态建设服务目的出发,选择地域系统指标、气候水热指标和生态景观指标,将我国沙漠、戈壁地域按 3 级体系划分: I 级区(区) 8 个, II 级区(亚区) 31 个,其下再按区域生态景观进行第 III 级(子亚区)的划分,并对第 I 级与第 II 级区的基本特征进行阐述。

关键词: 区划; 沙漠; 戈壁; 生态地理; 中国

中图分类号: P931

文献标识码: A

1 区划研究意义及中国区划研究概况

根据环境与资源的区域差异性进行的区域划分称为地理区划,它是制定和实施社会经济发展战略的基础,在实施可持续发展规划中具有重要作用^[1]。我国自 20 世纪 50 年代以来,曾组织了三次较大力量的全国综合自然区划的研究和方案的拟定,完成了一批重大成果。林超、罗开富、黄秉维、任美镔、侯学煜、赵松乔、席丞藩等先后提出了全国综合自然区划的不同方案,促进了区划研究的学科发展,满足了社会生产实践的需求。与此同时,部门区划和区域性区划也有长足发展。部门区划涵盖各种自然与人文要素,如气候区划、水文区划、植被区划、农业区划、交通区划、建筑区划、地震区划。区域性区划主要有各省(区)以及一些典型区域区划,如河西走廊、珠江流域、青藏高原、横断山区、黄土高原、西北干旱区区划等^[2]。上述区划在认识我国环境、资源分异规律,揭示区域结构,建设协调发展区域体系,实现国家与区域可持续发展目标方面起到了重要作用。唯缺少中国沙漠、戈壁地理区划研究。

2 中国沙漠、戈壁生态地理区划研究意义及必要性

地球表层的资源、环境都依照一定的发生发展规律和分布格局而存在,不同区域拥有的类型、结构、功能及改造、利用和建设方略也不同。因此,进行区域划分(区划)研究而成为认识资源、环境特征和可持续发展的基础,历来受到人们的重视^[3]。我国沙漠(含半干旱区的沙地)、戈壁集中连片分布于疆域北方极干旱、干旱、半干旱区域,面积约计 $159.21 \times 10^4 \text{ km}^2$ (国家林业局:中国荒漠化和沙化状况公报,2005 年 6 月)。是生态环境十分脆弱,而同时又拥有丰富资源的区域,要实现有效防治和合理利用,实现区域可持续发展,必不可少的科学研究工作是搞好区划和进行分区生态-生产结构的设计。直到目前,我国在这一领域还没有系统的区划研究成果,开展这一研究实属必要。

2.1 沙漠、戈壁生态地理区划研究的意义

(1) 开展沙漠、戈壁生态地理区划是认识干旱区地域分异规律,实现干旱区域可持续发展目标不可缺少的基础性工作。全球干旱区面积约占陆地面积的 1/3,广泛分布着沙漠和戈壁,热带、亚热带、温带均有

* 收稿日期: 2012-3-13; 修回日期: 2012-3-22。

基金项目: 中国沙漠分类与编目指标体系研究(201004059); 国家自然科学基金项目(40971063; 40971282) 资助。

作者简介: 申元村(1941-),男,广东兴宁人,研究员,长期从事土地系统与综合自然地理研究。E-mail: shenyec@igsnr.ac.cn

通讯作者: 王秀红(1964-),男,山西人,博士,副研究员,从事土壤与综合自然地理研究。E-mail: wangxh@igsnr.ac.cn

分布^[4]。研究干旱区形成的区域背景,揭示干旱区沙漠、戈壁形成演化与分布格局,制定沙漠、戈壁治理规划和社会经济发展战略,基础性科学依据是沙漠、戈壁的生态地理区划。区划研究成果的水平,将直接关系到沙漠、戈壁整治的水平与成效,因此,沙漠、戈壁生态地理区划是一项十分重要且难度较大的研究工作。

(2) 沙漠、戈壁生态地理区划是生态建设按区实施防治技术的主要科学依据。

我国沙漠和戈壁主要发生在温带、暖温带干旱、半干旱及亚湿润易旱地区。由于温度条件,更由于水分湿润条件的差异,不同区域的沙漠、戈壁类型、过程、强度有很大差异;植被及其再生能力以及抗风蚀水蚀的能力也大相径庭;所赋含的资源状况及承载能力也会有很大不同。因而表现在生态建设方略、技术的选择及技术组装上有很大的不同,必须依据沙漠、戈壁的区域差异来设计。沙漠、戈壁生态地理区划体现的正是它们的地域属性,因而是选择区域防治技术最主要的科学依据。

(3) 沙漠、戈壁生态地理区划是合理开发沙区资源,实现资源开发与经济协调发展的主要依据。

沙漠、戈壁区域与其他任何区域一样,存在着人口(P)与资源(R)-环境(E)-经济(D)协调发展的问題,其中资源是发展的基础。资源类型、质量与数量的不同,开发产业的设计和产业结构亦不同,发展模式便存在差异。依据沙漠、戈壁区资源结构去选择发展产业,被认为是实现干旱区域 PRED 协调发展的最好途径。沙漠、戈壁生态地理区划单元间在资源类型,尤其是再生资源类型质量、数量构成上有显著差异,例如半干旱沙区的植被资源,无论在生活型、生态型、建群种、优势种、产量、空间格局等方面均与干旱沙漠区的植被资源有巨大不同,开发的水资源条件,植被恢复建设难易程度、基础设施建设等方面也都有显著差别,发展模式设计便会大相径庭。沙漠、戈壁生态地理区划则能宏观反映这些差异并能在区域综合开发和建立区域发展体系设计上提供科学依据。

2.2 中国沙漠、戈壁生态地理区划研究的必要性

2.2.1 我国还没有一个针对沙漠、戈壁地域系统的生态地理区划

按照事物发生发展的地域差异划分不同的区域单元,形成科学的地域系统,是区划研究的核心,成果对高层科学决策有特别重要的意义。我国对沙漠的成因、类型、空间分布、防治技术及资源开发等方面进行过较系统的调查、试验和实践,有丰硕的经验^[5],而对戈壁的研究则相对薄弱,更缺乏从地域系统角度对沙漠、戈壁区域进行的全方位区划研究,也没有一部按区划单元进行防治设计和区域发展研究的综合成果。实践证明,防治技术和资源产业化开发必须遵循地域分异规律去进行设计方能取得实效,方能建立起人与地域结构协调发展的可持续发展体系。我国目前尚没有体系完整的中国沙漠、戈壁生态地理区划,因此,完成这一区划十分必要。

2.2.2 进行沙漠、戈壁区域生态-生产-经济综合发展规划急需由区划确定基本地域单元

从文献 6 和 7 中可知,长期以来,我国突出了沙漠的研究,而对戈壁的研究较少^[6,7];在沙区规划方略中,又偏重沙漠化土地的防治,而对与沙区经济协调同步发展的研究仍十分薄弱,更由于忽视分区生态经济战略规划,普遍出现治沙效益单一、经济效益低下,沙区经济落后,沙区自身治理投资能力低下等问题,这些均与缺乏高层次沙漠、戈壁生态地理分区及未实施分区发展政策体系有关。当前应该在新生态观、新资源观和新区域发展观指导下,确立我国沙漠、戈壁区生态-生产-经济发展的新格局、新模式。而这种新格局内容,主要是确立区域分异格局、技术体系格局、经济体系格局。作为第一步,以分区体系为单元去组装技术、资源、经济的合理结构,是当前沙漠、戈壁区治理发展规划最为紧迫的工作。

3 沙漠、戈壁生态地理区划原则、指标及区划系统

3.1 区划原则

依据区划必须反映沙漠、戈壁地域分异规律,服务沙漠、戈壁生态建设和发展经济的目的,区划确立的原则如下:

3.1.1 综合反映沙漠、戈壁地域分异格局的原则

我国沙漠、戈壁区域面积辽阔,北方温带、暖温带内除东部湿润区域外,其余广大区域均为半湿润、半干旱、干旱、极干旱区域,均有不同生态特性的沙地、沙漠、戈壁、盐渍化等类型分布。这些类型的土地,均依一定的地域分异规律,呈现一定的格局展布于各个相对独立的地域单元内,相应形成各具特色的区域系统。沙漠、戈壁区划则必须反映这一规律,以确保区划的科学性。

3.1.2 为沙漠、戈壁防治和生态建设提供科学依据的原则

划分出的沙漠、戈壁区划单元,首先是能反映地域分异规律,每一区域通常都具有其相应的土地组成结构、空间结构和数量构成,具有相应的生态问题。並由此而确立相应的防治技术和恢复整治措施。沙漠、戈壁生态地理区划将能为有针对性选择防治技术和生态建设措施提供理论依据和实现途径。

3.1.3 为沙漠、戈壁区域资源综合开发和发展经济服务的原则

沙漠、戈壁区域在经历漫长的地质历史变迁中,不仅形成了独特的自然景观,同时也形成了具有自身特色的自然资源。合理和适度利用这些自然资源,发展经济不仅不会加重沙漠、戈壁的扩展,反而有利于促进沙漠、戈壁的防治和促进生态与经济的协调发展。沙漠、戈壁区划能恰当反映区域生态景观的地域差异,展现森林、草原、荒漠的地域分异,揭示植物资源群落特征、资源属性、开发前景和承载能力,从而为开发特色自然资源和建立特色经济体系提供科学依据。特色自然资源与特色经济体系通常包括中药材及精药制品、果品及果食饮料系列产品、油料及经济作物产品、畜牧系列产品、沙漠菌类藻类产品、林业产品等等。突出资源的区域分异,建造以分区为单位的生态经济型体系,促进沙漠、戈壁区经济发展,亦应成为区划的原则。

3.1.4 突出主导因素的区域划分原则。

地球表层不论区域单元还是类型单元的綜合体特征均是由各组成要素及其相互作用的水平决定的。綜合体在形成演化过程中,各要素所起的作用不是均衡的,往往其中一二个要素起着突出的主导作用。划分出的地域单元,应该在全面分析各要素相互作用基础上,找出起主导作用的要素,这样才能揭示区域分异的本质。不同级的区划单位,主导因素会有所差别。突出主导因素亦有利于区划单位的命名。

3.2 区划指标

沙漠、戈壁的形成与特性,主要取决于如下原因:地域系统(地质构造、地貌特征和土质条件);气候水热条件(干旱程度、风);区域生态景观(生态系统与群落结构);人类活动方式与强度。依据区划原则及目标,选取的区划指标如下。

3.2.1 地域系统指标

沙漠、戈壁是非地带性景观,但又是只限于特定自然地带内才能发生的景观,因而区划系统既要反映沙漠、戈壁发生的基质条件,又要体现生态的地域分异。依沙漠、戈壁只发生于半湿润、半干旱、干旱至极干旱区特定地域系统的限制条件,它的分级与指标的选取应具有区域特色。依地域系统的层次结构,沙漠、戈壁区划分为三级,从第一级至第三级,指标精细程度越来越细,地域范围逐步缩小,反映的沙漠、戈壁类型、强度和生态治理开发方向也愈相一致。第一级(区)指标以地质构造—大地貌单元为主要指标,反映了大构造体系在地表的表现,揭示的是沙漠、戈壁形成的区域背景与构造地貌构架,在地表形态、物质来源、矿物构成、运移方向和综合整治途径上,都起着构建、整合、控制的作用,因而是沙漠、戈壁区划的高级控制性指标。如:松辽平原、内蒙古高原、阿拉善高原、鄂尔多斯台地、河西走廊凹陷平原、北疆凹陷平原、南疆凹陷平原、青藏高原北部凹陷平原与高原等;第二级(亚区)指标以区域地貌基本形态和类型特征为主要指标,如:波状起伏高原(高地)、构造盆地、冲积平原、冲积—湖积平原等。揭示的是沙漠、戈壁区的物质来源、物质构成及基本形态,是沙漠、戈壁成因和物质来源相一致的区域。第三级(子亚区)指标以区域生态景观为指标,以自然地带为主要划分依据,揭示的是沙漠、戈壁的区域生态地理特征,如呼伦贝尔高平原、松嫩冲积平原、辽河冲积平原下,均可进一步划分出草甸草原子亚区和干草原子亚区;柴达木盆地、青海湖—哈拉湖盆地下可进一步划分出草原化荒漠、荒漠及高寒草原子亚区;河西走廊可进一步划分出草原化荒漠、灰棕漠土荒漠、棕漠土荒漠子亚区等。沙漠、戈壁地域系统分级指标如(表1)。

3.2.2 气候水热指标与区域生态景观关系指标

(1) 温度指标。我国的沙漠、戈壁主要分布于温带、暖温带。在山地垂直分异上,还出现寒温带、寒带气候。主要温度指标为:

寒温带: $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 1100—1600 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 天数 80—100 天,生长寒温带针叶林,农业只能种植土豆、甘蓝。

温带: $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 1600—3200 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 天数 100—170 天,生长针阔叶混交林,农业一年一熟,适种春小麦。

暖温带: $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 3200—4500 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 天数 171—220 天,生长落叶阔叶林,农业二年三熟或一年二熟,农业可种冬小麦、棉花。

表 1 中国沙漠、戈壁地域系统
Tab. 1 Geographical zoning system of deserts and gobi in China

第一级(区) (地质构造-大地貌单元)	第二级(亚区) (区域地貌基本形态和类型)	第三级(子亚区) (区域生态景观类型)
1. 松辽平原	1.1 松嫩冲积平原	草甸草原、干草原
	1.2 辽河冲积平原	草甸草原、干草原
2. 内蒙古高原	2.1 呼伦贝尔高原	草甸草原、干草原
	2.2 乌珠穆沁波状高原	草甸草原、干草原
	2.3 浑善达克高原	干草原
	2.4 内蒙古高原东南部高原	干草原
	2.5 内蒙古高原西部高原	荒漠草原
3. 鄂尔多斯高原	3.1 鄂尔多斯北部库布齐高原	草原化荒漠、干草原
	3.2 鄂尔多斯中部毛乌素高原	干草原
	3.3 鄂尔多斯西南部高地	干草原、荒漠草原
4. 阿拉善高原	4.1 乌兰布和高地	草原化荒漠、荒漠草原
	4.2 腾格里高地	草原化荒漠、荒漠
	4.3 巴丹吉林高地	灰棕漠土荒漠
	4.4 雅玛雷克高原	草原化荒漠
	4.5 居延盆地台地	灰棕漠土荒漠、棕漠土荒漠
5. 河西走廊凹陷平原	5.1 石羊河流域中下游平原	草原化荒漠、灰棕漠土荒漠
	5.2 黑河流域中下游平原	灰棕漠土荒漠
	5.3 疏勒河流域中下游平原	棕漠土荒漠
6. 北疆凹陷平原	6.1 古尔班通古特(准噶尔)盆地	草原化荒漠、荒漠
	6.2 乌苏-精河盆地	草原化荒漠
	6.3 布尔津-哈巴河-吉木乃盆地	草原化荒漠、荒漠
	6.4 中天山伊犁河流域谷区	荒漠草原
7. 南疆凹陷平原	7.1 塔里木河冲积平原	棕漠土荒漠
	7.2 托克拉克-布古里高地	棕漠土荒漠
	7.3 库鲁克-克孜勒苏高地	棕漠土荒漠
8. 青藏高原北部 凹陷平原与山原区	8.1 柴达木盆地	草原化荒漠、荒漠
	8.2 共和盆地	草原化荒漠、荒漠草原
	8.3 青海湖-哈拉湖盆地	高寒草原、高寒荒漠草原
	8.4 昆仑山高山高原	高寒荒漠

(2) 干燥度 K 值指标。中国自然区划委员会 20 世纪五十年代,以干燥度指数 K 值作为干湿程度的指标(表 2),一直被广泛采用至今。公式为: $K = 0.16 \sum \geq 10^\circ\text{C} / r$ 。式中 K 为干燥指数; $\sum \geq 10^\circ\text{C}$ 为 $\sum \geq 10^\circ\text{C}$ 期间的连续活动积温,以 $^\circ\text{C}$ 表示; r 为 $\geq 10^\circ\text{C}$ 期间的同期降水量,用毫米表示; 0.16 是我国季风气候条件下,经过大量经验总结而得出的反映降水与温度蒸发关系的常数。我国是雨热同季偶合关系良好的区域,采用 $\geq 10^\circ\text{C}$ 期间降水与温度关系的干燥度求值方法,较能反映我国自然地理区域间的差异,而被广泛应用。

(3) 干燥度 K 值与沙漠、戈壁、生态景观及农业生产措施有良好对应关系(表 2)。

表 2 区域生态景观与干燥度对应关系表

Tab. 2 Regional ecological landscapes and corresponding aridity

干燥度 K 值	自然地理特征	沙漠、戈壁特征	区域生态景观与农业生产措施
<1.0	湿润环境	不出現沙漠(地)	森林景观。农业在平地应注意排涝
1.0-1.49	半湿润环境	沙地多为固定沙丘和平沙地	草甸草原与森林草原景观。农业旱作一般不用灌溉
1.5-2.0	半干旱	沙地多为固定、半固定沙丘	干草原景观。农业旱作产量不够稳定,产量较低
2.0-3.9	干旱	沙地多为半固定沙丘,流动沙丘增加,出現戈壁	荒漠草原景观。农业旱作极不稳定,产量很低
>4.0	极干旱	戈壁荒漠景观。沙地多为流动沙丘,戈壁广布	农业不灌溉不能从事农业

3.3 区划系统

根据以上的区划原则和指标体系,可将我国沙漠、戈壁区域作 3 级划分。第 1 级以大地貌单元及与之相对应的温湿气候系统为主要依据划分出 8 个区;第 2 级以区域地貌基本形态及与之相对应的沙漠、戈壁系统为主要依据划分出 31 个地区;第 3 级以区域生态景观(自然地带)为主要依据,进一步划分出子亚地区。本项区划系统划分到第二级,第 3 级只以例证形式(表 1)。区划系统(表 3,图 1)。

表 3 中国沙漠、戈壁生态地理区划系统

Tab.3 Eco-geographical regional system of sandy and stony deserts in China

I. 松辽平原温带 半湿润半干旱区	I ₁ 松嫩沙地区
	I ₂ 科尔沁沙地区
II. 内蒙古高原温带 半干旱、干旱区	II ₁ 呼伦贝尔沙地区
	II ₂ 乌珠穆沁沙地区
	II ₃ 浑善达克沙地区
	II ₄ 内蒙古高原西南部沙地区
	II ₅ 内蒙古高原西部沙漠戈壁亚区
III. 鄂尔多斯高原温带 半干旱、干旱区	III ₁ 库布齐沙漠沙地区
	III ₂ 毛乌素沙地区
	III ₃ 宁夏河东及贺兰山东麓沙地区
IV. 阿拉善高原温带、 暖温带干旱、极干旱区	IV ₁ 乌兰布和沙漠亚区
	IV ₂ 腾格里沙漠亚区
	IV ₃ 巴丹吉林沙漠亚区
	IV ₄ 居延盆地台地戈壁沙漠亚区
	IV ₅ 雅马雷克沙漠戈壁亚区
V. 河西走廊温带、 暖温带干旱、极干旱区	V ₁ 石羊河流域中下游沙漠戈壁亚区
	V ₂ 黑河流域中游沙漠戈壁亚区
	V ₃ 敦煌与库姆塔格沙漠戈壁亚区
VI. 北疆温带 干旱、极干旱区	VI ₁ 古尔班通古特沙漠戈壁亚区
	VI ₂ 乌苏精河沙漠戈壁亚区
	VI ₃ 布尔津-哈巴河-吉木乃沙漠戈壁亚区
	VI ₄ 中天山伊犁河流域沙地区
VII. 南疆暖温带 极干旱区	VII ₁ 塔克拉玛干沙漠戈壁亚区
	VII ₂ 喀什沙漠戈壁亚区
	VII ₃ 天山南麓与库鲁克库木沙漠戈壁亚区
	VII ₄ 吐鲁番-哈密盆地沙漠戈壁亚区
VIII 青藏高原北部 凹陷盆地与山原高寒 干旱、极干旱区	VIII ₁ 柴达木盆地西部沙漠戈壁亚区
	VIII ₂ 柴达木盆地东部沙漠戈壁亚区
	VIII ₃ 共和盆地与贵德盆地沙地区
	VIII ₄ 青海湖-哈拉湖高寒沙地区
	VIII ₅ 昆仑山高山高原高寒沙漠戈壁亚区

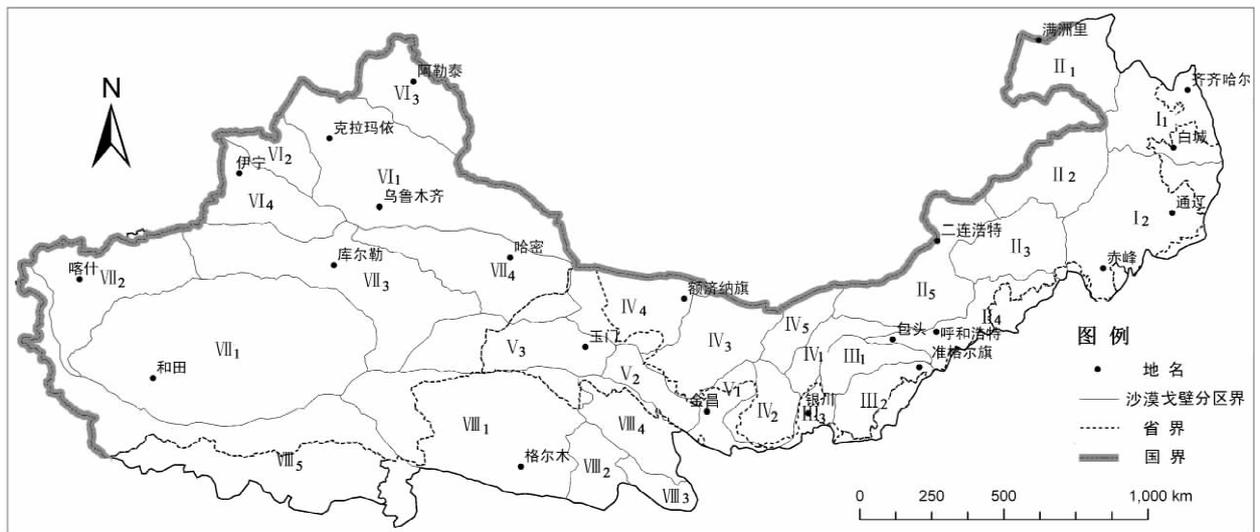


图 1 中国沙漠、戈壁生态地理区划图

Fig.1 Eco-geographical zoning map of sandy and stony deserts in China

4 沙漠、戈壁区基本特征

I 松辽平原温带半湿润半干旱区

松辽平原在大地构造上属于中生代断裂凹陷地带,北部为松花江凹陷,后经第四纪松花江及其支流嫩江沉积物堆积而成松嫩平原。南部为渤海凹陷的一部分,后经第四纪辽河沉积物堆积而成辽河平原。中间只在铁岭附近以低矮丘陵将二者分开,合称松辽平原。只发育了沙地而无戈壁。沙地分布范围北起齐齐哈尔市北侧,南至内蒙巴林右旗-翁牛特旗-奈曼旗-库伦旗-辽宁彰武县章古台连线,东以黑龙江省杜尔伯特蒙古族自治县东界-吉林省扶余县-双辽-辽宁省康平-彰武县连线为界,西为内蒙古科尔沁右翼中旗-阿鲁科尔沁旗连线。

I₁ 松嫩沙地亚区

沙地由松花江及其支流嫩江的沙质冲积物经风力吹扬而成,以固定、半固定沙丘为主,分布于河流阶地和冲洪积扇上,高 5-15m。流动沙丘面积小,高 3-5m,分布于沿江一带。该沙地生态环境优越,年均降水量 350-420mm,年均蒸发量 1300-1700mm,年均气温 3.5-5℃,干燥度 K 值 1.0-1.48,≥10℃ 年积温 2600-3000℃,无霜期 130-140 天,属半湿润易旱区域。自然景观主要为草甸草原,局部为干草原。固定沙丘上有稀疏的榆树(*Ulmus pumila*)、山杏(*Prunus sibirica*) 生长,固定半固定沙丘上生长贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)、大针茅(*Stipa grandis*)、二色胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、早熟禾(*Poa sphondyliodes*)、差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron*) 等群落,覆盖度 40-80%,流动沙丘植被覆盖度小于 20%,生长沙米、绵蓬等植物。

I₂ 科尔沁沙地亚区

沙地主要由西辽河冲积物经风力吹扬堆积而成,多为固定、半固定沙丘,面积占 85% 左右,呈复合型垆丘、梁窝状沙丘展布,高者 5-20m,低者 2-5m。流动沙丘面积 15% 左右,集中分布于通辽-奈曼铁路以西,呈新月形沙丘和沙丘链展布,高 5-25m。沙区东部年均降水量 468-522 mm,年均蒸发量 1814-1895mm,≥10℃ 年积温 3034-3373℃,干燥度 k 值 1.0-1.49,年均气温 5.9℃,属温带半湿润类型。植被群落在章古台一带生长百里香(*Thymus serpyllum*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、羊草(*Aneurolepidium chinense*)、隐子草(*Cleistogenes polyphylla*)、兴安胡枝子(*Lespedeza dahurica*)、山杏(*Prunus armeniaca* var. *ansu*)、鼠李(*Rhamnus davuricus*)、大果榆(*Ulmus macrocarpa*) 等群落,半固定沙丘上生长差巴嘎蒿、沙藜、山竹子(*Semiarundinaria shapoensis*) 等群落,流动沙丘上生长沙米(*Agriophyllum arenarium*)、绵蓬等群落。中西部奈曼、翁牛特旗一带年均降水量 340-360mm,年均蒸发量 1985-2500mm,≥10℃ 年积温 2889-3183℃,年均气温 6.3℃,干燥度 k 值 1.6-1.9,属温带半干旱类型。固定、半固定沙地植被群落以黄柳(*Salix flavida*)、差巴嘎蒿、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)、白草(*Bothriochloa ischaemum*) 等群落为主,流动沙地植被仅见沙芥(*Pugionium cornutum*)、沙米、虫实(*Corispermum hyssopifolium*) 等生长。

II 内蒙古高原温带半干旱、干旱区

区域范围东起大兴安岭西麓,南至阴山山脉北麓,西沿新巴尔虎右旗-中国蒙古国境线到二连浩特-阿拉善高原。大地构造上为古生代地槽褶皱带,从中生代燕山运动后进入稳定期,接受长期剥蚀形成准平原化的高原。海拔高度 1000-1500m,局部可降至 600m。受局地挠曲作用影响,高原内部还可进一步分离出若干地形区。区域东部为温带半干旱气候,发育了半干旱沙地景观,西部为温带干旱气候,发育了干旱沙漠、戈壁景观。

II₁ 呼伦贝尔沙地亚区

沙地主要由海拉尔河及其支流冲积物、湖岸浪积物、高平原面轻质风化物经风力吹扬堆积而成。由三条沙带构成:1) 海拉尔-崮岗沙带,沿海拉尔河分布,长 140km,宽 40km;2) 新左旗阿木古郎-鄂温克旗辉河苏木沙带,长 80km,宽 15km;3) 鄂旗莫和尔吐-红花尔基-新左旗罕古盖沙带。区内东部属温带半湿润类型,年均降水量 350-450mm,干燥度 k 值 1.0-1.5。西部属温带半干旱类型,≥10℃ 年积温 1930℃,年均降水量 300-350mm,年均蒸发量 1299.5mm,无霜期 108-115 天。东部植被群落为草甸草原,主要建群植物有羊草、线叶菊(*Filifolium sibiricum*)、地榆(*Sanguisorba officinalis*)、贝尔加针茅、冰草(*Agropyron cristatum*) 等;西部植被群落为干草原,主要建群植物有大针茅(*Stipa grandis*)、冷蒿、早熟禾、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*) 等。沙地以固定沙丘和半固定沙丘为主,面积占沙地总面积 90% 以上。流动沙丘零星分布,面积不及 10%。沙丘形态较单一,多梁窝状与蜂窝状形态,高 5-15m,樟子松(*Pinus sylvestris* var. *Mongolica*) 呈岛状分布于沙丘上,成为沙地上的特色景观。

II₂ 乌珠穆沁沙地亚区

处于大兴安岭中段以西,以锡盟东乌珠穆沁旗与西乌珠穆沁旗为主,沙物质来源于高原面轻质土壤吹

蚀堆积,下伏第三纪与第四纪沉积物。气候为温带半干旱类型。以东乌珠穆沁旗为例:年均气温 0.7°C , 年均降水量 256.8mm , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 2174.4°C , 干燥度 k 值 1.66 。自然景观为干草原,沙丘形态东西间有差异,东段以固定沙丘为主,西段以半固定沙丘为主,流动沙丘零星分布于西部。沙丘较为低矮,一般不超过 10m 。植被群落为干草原,固定沙丘上生长兴安胡枝子、达乌里胡枝子 (*L. davurica*)、草木樨黄芪 (*As-tragalus melilotoides*)、鹅冠草、糙隐子草、早熟禾等;半固定沙丘上生长黄柳 (*Salix flavida*)、山竹子、沙蒿 (*Artemisia arenaria*) 等;流动沙丘上生长沙米、沙竹 (*Psammochloa mongolica*) 及少量旱芦苇等植物。

II₃ 浑善达克沙地亚区

浑善达克沙地又称小腾格里沙地,分布于大兴安岭南段以西,阿巴嘎旗-苏尼特右旗连线以东区域。沙物质来源于第三纪、第四纪及现代湖相沉积。区内从东南向西北可分东中西三部分。东南部为半湿润区(场道庙-布尔都庙一线以东),多伦为例:年均降水量 422.6mm , 年均蒸发量 1455.4mm , 年均气温 2.4°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 1800°C , 干燥度 k 值 1.41 。中部为半干旱区(贝勒庙-温都尔庙以东),锡林浩特为例:年均降水量 297.1mm , 年均气温 0.9°C , 年均蒸发量 1655.3mm , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 1906°C , 干燥度 k 值 1.51 。西北部为干旱区(贝勒庙-温都尔庙以西),苏尼特右旗温都尔庙为例:年均降水量 240.3mm , 年均蒸发量 2116.4mm , 年均气温 5.5°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 2614°C , 干燥度 k 值 2.22 。植被群落东南部为草甸草原植被,沙丘以固定沙地为主。中部为干草原植被,以固定及半固定沙丘为主,流动沙地零星分布。西北部以半固定沙丘为主,流动沙丘面积比例约占 30% 。就整个地区而论,固定、半固定沙丘面积占沙地面积 85% 以上,呈不规则垄状分布,高 $3-5\text{m}$,最高可达 40m 。生长黄柳、锦鸡儿、沙蒿、沙生针茅 (*S. glauca*)、冷蒿、山杏等植物。流动沙地面积不及 15% ,呈新月型沙丘链存在,高 $3-5\text{m}$,生长沙米、沙竹、沙芥 (*Pugionium pterocarpum*) 等植物。

II₄ 内蒙古高原西南部沙地亚区

处于浑善达克沙地西南,北抵阴山山地,南抵燕山西段北麓。气候属温带半干旱类型,年均降水量 $300-400\text{mm}$, 蒸散量 1500mm 以上, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 $2100-3200^{\circ}\text{C}$, 干燥度 k 值 1.5 以上,整个区域属于温带干草原栗钙土地带。沙丘形态以固定、半固定沙地为主,面积占沙地总面积 90% ,主要植物品种有早熟禾、大针茅、白沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala*)、百里香、野大麦等。流动沙地面积约占 10% 左右,低矮且以零散形式分布。

II₅ 内蒙古高原西部戈壁沙漠亚区

位处阴山以北,狼山以东,北至蒙古人民共和国国界。地形主体为乌兰察布高原和二连盆地。基底为白垩纪至上新世的沉积地层,沙漠、戈壁由地面轻质第三纪、第四纪及现代湖相沉积物经风力吹蚀堆积而成。远离海洋,气候干旱,年均降水量 $120-250\text{mm}$, 年均蒸发量 2500mm 以上, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 $2200-2700^{\circ}\text{C}$, 干燥度 k 值 $2.5-4.0$ 。二连浩特为例:年均降水量 142mm , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 2657°C , 干燥度 k 值 3.63 。植被群落以草原化荒漠与荒漠植被为主,戈壁针茅 (*Stipa gobica*) 为建群种,优势成分有沙生针茅 (*Stipagr. glareosa*)、短花针茅 (*S. breviflora*)、多根葱 (*Allium polyrrhizum*)、蓍状亚菊 (*Ajania achilleoides*)、猫头刺、红砂 (*Reaumuria soongorica*) 等。戈壁开始大面积连片出现,沙地多为半固定与流动沙丘,多以新月型沙丘与沙丘链展布,高度低矮, $3-5\text{m}$ 者居多。

III 鄂尔多斯高原温带半干旱、干旱区

传统上的鄂尔多斯高原指北起黄河中游后套平原以南,黄土高原以北(大致以万里长城为界)的区域。大地构造上为稳定的鄂尔多斯地台,地面平铺着白垩纪砂岩与第四纪湖积、冲积、风积物。受新构造运动挠曲差异升降的影响,高原北部呈和缓隆起,南部相对沉降,因而在地貌形态和沙丘特征上出现南北差异。高原西侧的宁夏平原(断裂沉降洪积冲积平原),因与高原的沙地在发生上相似,也将其划入本区。

III₁ 库布齐沙漠沙地亚区

位处黄河中游河套以南,大地构造上为鄂尔多斯北部和缓隆起区,沙丘主要发育于受黄河下切形成的阶地和剥蚀高原上。沙物质来源于黄河支流冲积和高原风化堆积。沙地与黄河平行呈东西向展布,东西长约 370km ,南北宽约 $15-50\text{km}$,东窄西宽。气候与自然景观东西间差异较显。东段为半干旱区,年均降水量 300mm 左右, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 $2500-3000^{\circ}\text{C}$, 干燥度 k 值 1.71 左右,属干草原栗钙土地带,建群种有长芒草、糙隐子草、羊草、百里香、兴安胡枝子、牛心朴子等。中段与西段为温带干旱气候,年均气温 $5-7^{\circ}\text{C}$, 年均降水量 $150-200\text{mm}$, 年均蒸发量 $2100-2700\text{mm}$, 干燥度 k 值 2.5 以上,自然景观为荒漠草原棕钙土地带,建群种有狭叶锦鸡儿、红砂 (*Reaumuria soongorica*)、驼绒藜 (*Ceratoides latens*)、沙生针茅等。沙

地形态以流动沙丘占优势,半固定、固定沙丘仅分布于流动沙丘边缘。流沙高 5-10m,最高达 50-60m。固定、半固定沙丘上油蒿(*Artemisia ordosica*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、冬青、沙黄芪(*Astragalus*)等植物为主,流动沙丘上生长沙拐枣、沙米、沙竹、羊柴、沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)等沙地植物。

III₂ 毛乌素沙地亚区

沙地分布于东起自神木、榆林,西至鄂托克旗布拉格和乌兰镇连线,南抵黄土高原,北达伊金霍洛旗,并紧接库布齐沙漠。沙物质来源于古代低洼湖相沉积物和河流冲积物,以及基岩风化残积堆积物。沙区东部、中部为温带半干旱气候,向西逐渐过度到干旱气候。东部榆林市为例:年均降水量 451.2mm,年均温 7.9℃,年均蒸发量 1984mm,≥10℃年积温 3192℃,干燥度 k 值 1.71,无霜期 151.4 天。中部乌审旗:年均降水量 392.0mm,年均温度 6.5℃,干燥度 k 值 2.05。西部鄂托克旗:年均降水量 265.9mm,年均温 6.2℃,干燥度 k 值 2.74。自然景观东、中部为干草原栗钙土地带,群落有克氏针茅(*Stipa krylovii*)、大针茅、百里香等。西部为荒漠草原棕钙土地带,群落有短花针茅、沙生针茅、戈壁针茅、灌木亚菊、无芒隐子草等。沙地以固定、半固定、流动沙丘相间展布为特色,面积比例大约各占 1/3。固定、半固定沙丘高约 5-15m,呈抛物线、垄状、垄丘状展布,普遍生长黑沙蒿、小叶锦鸡儿、沙柳等植物。流动沙丘呈新月形、新月型沙丘链存在,高 5-10m 或 10-20m,较集中分布于东南部,生长沙米、沙竹、籽蒿等植物。

III₃ 宁夏河东及贺兰山东麓沙地亚区

沙地发育于宁夏平原东西两侧的台地及洪冲积扇上,大地构造属贺兰山褶皱断块山与鄂尔多斯陆台间的沉降盆地,沙区范围大致北抵石咀山,南止于青铜峡一带。沙物质来源于西部的贺兰山前洪积物与东侧高原风化物及黄河冲积物。该区属温带干旱区,以陶乐为例,年均气温 8.1℃,年均降水量 189.9mm,干燥度 k 值 4.9。银川市年均气温 8.5℃,≥10℃年积温 3296℃,年均降水量 210.5mm,干燥度 K 值 4.05。自然景观为荒漠草原棕钙土地带,植物群落以红砂、戈壁针茅、沙生针茅、多根葱、锦鸡儿为主。沙丘形态以半流动、半固定沙丘为主,呈新月形沙丘链和短垄状沙丘形态展布,高 5-15m。固定沙丘面积较小,生长植物有沙柳、沙蒿、白茨(*Nitraria roborowskii*)、红柳(*Tamarix chinensis*)等,多呈低矮沙堆形态展布。

IV 阿拉善高原温带、暖温带干旱、极干旱区

该区范围北至中国与蒙古国边界,东为贺兰山,南以河西走廊北山为界,西与河西走廊北山的残山(马鬃山)戈壁为界。大地构造的主体为阿拉善台块,为基底稳定的高平原。它的特点是高原内部具有若干老年期干燥剥蚀残丘与低山,如狼山和雅布赖山。受挠曲差异升降作用影响,以及干旱与风力的作用,该区的戈壁、沙漠在发生与形态特征上可以分出 5 个地区。

IV₁ 乌兰布和沙漠亚区

沙地分布于东依黄河,北接河套平原,南依贺兰山,西临巴音乌拉山的地域。气候属温带干旱、极干旱类型。东部磴口为例,年降水量 148.6mm,年均气温 7.4℃,干燥度 K 值高于 5.0。西部吉兰泰为例,年降水量 129.9mm,年均气温 8.6℃,干燥度 K 值 5.35。自然景观为草原化荒漠灰漠土地带,建群植物为怪柳(*Tamarix ramosissima*、*T. laxa*)、沙蒿、沙冬青、四合木(*Tetraena mongolica*)、珍珠猪毛菜、红砂、柠条等,生长极为稀疏,覆盖度不足 15%。山前洪积、残积高平原上广布砾质戈壁。沙漠发育于河、湖相沉积物和山前冲洪积物。从东南部向西北部,沙丘形态具有由流动沙丘为主向半固定-固定沙丘为主的转变。流动沙丘集中于东南段和中段,呈新月形沙丘链展布,沙丘高 10-30m,中心最高处超过 100m。固定沙地集中于西部,白刺沙堆较为普遍,梭梭群落亦广泛分布。

IV₂ 腾格里沙漠亚区

沙地东界止于贺兰山西麓,西北频雅布赖山,北临巴音乌拉山和民勤北山,南临宁夏中卫县黄河。气候属温带干旱、极干旱类型。东部的巴彦浩特年均降水量 216.3mm,年均气温 7.0℃,≥10℃年积温 2998.4℃,干燥度 K 值 2.82。西侧的民勤年降水量 116.9mm,年均气温 7.9℃,≥10℃年积温 3149.4℃,干燥度 K 值 5.05。南端的沙坡头,年降水量 186.6mm,年均气温 9.7℃,≥10℃年积温 3017℃,无霜期 150-180 天,干燥度 K 值 2.50。东部和南部的自然景观为草原化荒漠,地带性土壤为棕钙土,西北部和北部为典型荒漠,地带性土壤为灰棕荒漠土。地带性植被以旱生多刺灌木、半灌木及旱生草本占优势。固定、半固定沙丘面积约占沙地总面积 30%,呈格状、垄状分布,生长油蒿(*Artemisia ordosica*)、麻黄(*Ephedra przewalskii*)、红砂、珍珠(*Salsola passerina*)、驼绒藜、梭梭、白茨、怪柳等品种。流动沙丘面积约占 70%,呈新月型沙丘链分布,零星生长沙米、沙刺(*Potaninia mongolica*)、沙竹、绵蓬等植物,盖度不足 2%。

IV₃ 巴丹吉林沙漠亚区

沙区范围:雅布赖山以西,弱水东岸古鲁乃湖以东,河西走廊北部北大山以北,拐子湖、古日乃湖连线以南。行政上主要分布在阿拉善右旗和额济纳旗。气候特征为干旱极干旱类型,年均降水量 100 - 40 mm,年均气温 8.0 - 9.0℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 3400 - 3700℃,干燥度 K 值 7 - 12。植被群落为荒漠,覆盖度 5 - 12%,以灌木荒漠及半灌木荒漠植物为主,主要种属有沙拐枣(*Calligonum*)、籽蒿、沙竹、霸王、木蓼、沙米、沙蓬、虫实等。土壤为灰棕漠土与棕漠土。沙漠大面积分布于全境,戈壁主要发育于北部残积高原上。沙物质主要来自下伏古河湖堆积沉积及西部戈壁碎屑的风积,沙丘形态以流动沙丘为主,面积占 80% - 90%。形态类型有:1) 复合型沙山,高 200 - 300m,最高达 400m。如苏赫图沙山高 300m,库库古林沙山高 344m,伊得勒图沙山高 315m,巴丹吉林庙西山高 340m,巴丹吉林庙东山高 384m; 2) 新月形沙丘链或格状新月形沙丘,高 3 - 20m,个别达到 50m; 3) 半固定、固定沙丘,分布在沙山外围,高 1 - 3m。

IV₄ 居延盆地台地戈壁沙漠亚区

该地区北为蒙古人民共和国国界,东为拐子湖 - 查干乌拉山连线,南至拐子湖 - 古日乃湖 - 马鬃山连线以北,西为马鬃山 - 明水连线以东。气候属暖温带极干旱类型。额济纳旗为代表:年均降水量 44.4mm,年均蒸发量 3700mm,年均气温 7.9℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 3656.8℃,无霜期 232 天,干燥度 K 值 14.0。自然景观为暖温带荒漠,主要植物群落有阿拉善锦鸡儿(*Caragana przewalskii*)、红砂、梭梭、膜果麻黄、驼绒藜、沙拐枣、合头草(*Sympegma regelii*)、霸王(*Zygophyllum xanthoxylon*)、白刺、柽柳等,植被总覆盖度 1 - 5%,地带性土壤为棕漠土。戈壁、沙漠广布,面积合计占该区总面积 90% 以上,且戈壁面积远大于沙漠。戈壁以剥蚀 - 洪积粗砾戈壁为主,冲积 - 洪积砂砾戈壁与剥蚀石质戈壁面积较小。沙漠零星分布于弱水古冲积平原上,沙物质主要来自剥蚀高原风蚀物和额济纳河冲积物,规模小,形态较简单,多为流动沙丘。

IV₅ 雅马雷克沙漠戈壁亚区

沙区处于狼山西北,北至蒙古国界。沙漠包括雅马雷克沙漠、巴音温都尔沙漠,戈壁有巴音戈壁,戈壁面积大于沙漠面积。气候特征属温带极干旱,年均降水量小于 100mm, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 2100℃ - 2500℃,干燥度 K 值 3.5 以上。植被群落以草原化荒漠和荒漠植被为主,建群植物有红砂、膜果麻黄、驼绒藜、合头草、霸王、梭梭、白刺、柽柳等,总覆盖度 5% - 10%。土壤发育差,土类为灰漠土及灰棕漠土。地面物质以高原剥蚀 - 洪积砂砾堆积为主,发育了砂砾质戈壁,古湖盆堆积区发育了沙漠,多为流动沙丘,呈新月形沙丘链展布,高 5 - 6m,最高达 20 - 35m,固定、半固定沙丘仅分布于流动沙丘边缘,形态较简单,大部分为白茨堆,沙丘高 1 - 3m,少数为梭梭林,高 3 - 7m。

V 河西走廊温带、暖温带干旱、极干旱区

区域范围东起乌鞘岭,西至甘新交界,南以祁连山 - 阿尔金山与青海省为界,北以走廊北山(龙首山 - 合黎山 - 马鬃山)为界。大地构造的主体为北祁连褶皱带与阿拉善 - 走廊北山台块隆起带之间的山前拗陷带。拗陷开始于二迭纪与三迭纪,其后堆积了侏罗纪至第四纪的巨厚沉积物^[8]。区域内由于有突兀的剥蚀低山存在,如西部的三危山,中部的黑青山与宽台山,东部的大黄山等,可将河西走廊分出三个地区。整个区域降水稀少,属干旱、极干旱区域,温度东西有差异,东部属温带,西部为暖温带,并对沙漠、戈壁生态特征产生影响。

V₁ 石羊河流域中下游沙漠戈壁亚区

位处河西走廊东部,以大黄山为西界,石羊河及其支流水系为控制区域,河流出祁连山口后,在冲洪积扇上有水源处形成连片绿洲,如武威绿洲、民勤绿洲、古浪绿洲、永昌绿洲。绿洲外缘便发育了沙漠与戈壁。发育的生态背景是干旱、极干旱,全区干燥度 K 值 5 - 15。以民勤为例:年均降水量 111.5mm,年均蒸发量 3700mm,年均气温 8.2℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 3149.4℃,无霜期 188 天,干燥度 K 值 5.05。自然景观为荒漠灰棕漠土地带,生长旱生超旱生植物。沙漠与戈壁物质来源于河湖相淤积、干河床冲积堆积、山前洪积及基岩风化物。沙丘形态以流动沙丘为主,面积占沙地面积 70% 以上,呈新月形沙丘链展布,高 3 - 10m 或 10 - 20m,生长沙米、籽蒿、沙竹,沙拐枣类植物。固定、半固定沙丘仅分布于绿洲边缘,高 3 - 10m,生长白茨、红柳等类植物。戈壁以洪积与剥蚀砂砾戈壁为主,波状起伏,有零星的梭梭生长。

V₂ 黑河流域中游沙漠戈壁亚区

东西界于大黄山与黑青山至黑山头一线之间,大致为黑河水系中游区域。区内著名城市有张掖、酒泉、嘉峪关。气候特征为干旱、极干旱。张掖年均降水量 129mm, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 2896.6℃,干燥度 K 值 6.94。酒泉年均降水量 85.3mm, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 2954.4℃,干燥度 K 值 11.18。自然景观为荒漠灰棕漠土地带,植被稀少,群落主要有红砂、泡泡刺等。沙漠、戈壁面积宽广,合计占区域总面积 80% 以上。物质主要

源自高原风蚀物、河湖淤积物及干河床冲积物。戈壁类型有山前坡积洪积砾石戈壁、洪积冲积砂砾戈壁和高原剥蚀砾质戈壁。沙漠以流动沙丘为主,以新月形沙丘链展布,高 3-10m,固定、半固定沙丘呈堆块状展布,高 1-3m 或 5-10m,生长白茨、红柳等植物。

V₃ 敦煌与库姆塔格沙漠戈壁亚区

范围界于西祁连山-阿尔金以北,甘新交界(罗布泊)以东,嘉峪关黑青山以西,马鬃山以南。区内著名市镇有敦煌、安西、玉门。气候为暖温带极干旱类型。敦煌为例:年均降水量 36.8mm, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 3611.3 $^{\circ}\text{C}$, 年均蒸发量 3490.6mm, 无霜期 182 天, 干燥度 K 值 31.14。水系主要为疏勒河水系,亦有众多短小而具时令性水流的内陆小河。沙漠、戈壁广泛发育,沙砾来自坡积、洪积、冲积、湖积及剥蚀残积。戈壁在马鬃山到北山一带分布最为集中,类型有剥蚀残积石质戈壁和坡积碎石戈壁,祁连山麓地带带坡积洪积砾石戈壁、洪积冲积砂砾戈壁,古湖滩上发育有泥质戈壁雅丹。戈壁上生长珍珠猪毛菜、膜果麻黄、霸王、红砂等植物,总覆盖度 1-2%。沙漠中流动沙丘占 90% 以上,呈新月形沙丘链、格状新月形沙丘链、复合纵向沙垄、金字塔沙山,以及特有的羽毛状沙丘等展布。沙丘相对高度新月形沙丘高 5-10m,金字塔沙山高者达 100m,生长籽蒿和沙拐枣、沙竹等植物,覆盖度小于 10%。固定、半固定沙丘面积小,生长梭梭、白茨与红柳等植物,覆盖度 30~40%。

VI 北疆温带干旱、极干旱区

区域范围:南为天山山脉,北至阿尔泰山,西至哈萨克斯坦国界,东与阿拉善高原区相接。大地构造为古陆台,基底为古生代加里东褶皱,其后趋于稳定,接受沉积。第三纪时显著沉降,沉积物厚度北部达 700m,南部增至 3000-4000m。区内由于局部地域在沉降幅度、地堑作用及风沙活动上存在区域差异,可划分出 4 个二级地区,其中中天山伊犁河流域的沙地更接近北疆,亦归入本区。

VI₁ 古尔班通古特沙漠戈壁亚区

沙地分布于北起北塔山,东止于滴水泉,西界至中哈国界,南至天山北麓洪积扇顶范围。气候属温带极干旱气候,各地气温有差异,北部与西部温度低于南部,前者年平均气温 3-5 $^{\circ}\text{C}$,后者 5-7.5 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温前者低于 3000 $^{\circ}\text{C}$,后者 3000-3500 $^{\circ}\text{C}$ 。区内降水分布不均,沙漠腹地在中部,年降水量 70-100mm,北部西部多于中部和东部,超过 100mm。干燥度 K 值 4-10。奇台为例:年均气温 4.7 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 3106.7 $^{\circ}\text{C}$, 年均降水量 105.8 mm, 干燥度 K 值 4.69。植被以旱生和超旱生种群占优势,主要种群为梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、白梭梭、驼绒藜、石麻黄(*Ephedra saxatilis*)、苦艾蒿(*Artemisia santolina*)、沙拐枣、红砂、假木贼等,河岸低地上普遍生长胡杨、榆和柽柳。土壤发育为灰棕漠土,山前洪积扇带发育为灰漠土。沙物质来源丰富,沙丘由古河湖相沉积物、洪积物、基岩风化物经风蚀风积而成。按沙丘分布区域,有索布古尔布格莱沙漠、德佐索腾艾里松沙漠、霍景涅里辛沙漠、阔布北-阿克库姆沙漠、霍景涅里辛沙漠。沙丘形态以固定、半固定沙地为主,面积合计占沙地面积 90% 以上,以沙垄与蜂窝状沙丘展布,高 10-30m,少数达 30-50m。流动沙丘仅零星分布于固定沙堆顶部,以新月形沙丘链展布,所占面积不及沙地总面积的 10%,生长的植物多为一年生植物,如沙蓬、珍珠猪毛菜等,覆盖度也不足 10%。

VI₂ 乌苏-精河沙漠戈壁亚区

沙地分布于奎屯河以西,玛依力山以南,西邻哈萨克斯坦国,沿艾比湖分布,俗称乌苏沙漠。区内市县有奎屯、乌苏、精河、博乐。气候温和干旱、极干旱,以精河为例:年均降水量 91mm, 年均气温 6.0 $^{\circ}\text{C}$, 无霜期 181 天, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 3582.5 $^{\circ}\text{C}$, 干燥度 K 值 9.72。植被群落以旱生超旱生品种为主,建群种有白梭梭,沙拐枣,苦艾蒿等。沙砾物质主要源自古河湖淤积物和山前洪积物,沙丘以固定半固定沙丘为主,沙堆沙垄多呈与山口风向垂直的东西向形态展布,高 10-30m,生长沙蒿、沙生针茅、驼绒藜等品种。流动沙丘仅分布于固定沙堆脊部,生长沙米、沙蓬等短命植物。戈壁仅分布于山前坡积洪积带,以砾质戈壁为主,面积较小。

VI₃ 布尔津-哈巴河-吉木乃沙漠戈壁亚区

分布于准噶尔盆地西北角萨乌尔山与阿尔泰山之间,西为中哈国界,沙地分布于额尔齐斯河南北两侧,分别称阿克库姆、库姆塔格、塔孜库木沙漠。气候干旱、极干旱。以哈巴河县为例:年均气温 4.0 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 2678.6 $^{\circ}\text{C}$, 年均降水量 86.6 mm, 干燥度 K 值 4.95。吉木乃县:年均降水量 88 mm, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 2242.5 $^{\circ}\text{C}$, 干燥度 K 值 4.08。植被群落以草原化荒漠植物为主,主要有羽茅-蒿属类与假木贼类型,梭梭、猪毛菜、囊果苔(*Carex physodes*)也广泛分布。土壤为棕钙土。沙物质来自额尔齐斯河淤积物,及基岩风化物,少部分来自哈萨克斯坦国"阿依哈尔"沙漠吹蚀堆积物。沙丘形态以固定、半固定沙地为主,固

定沙地植被覆盖度 30 - 50% ,半固定沙地植被覆盖度 20 - 30% ,呈沙垄状态展布 ,高度一般小于 10m。流动沙丘很少 ,呈新月形沙丘链展布。戈壁仅分布于山前坡积洪积带 ,以砾质戈壁为主 ,面积较小。

VI₄ 中天山伊犁河流域沙地亚区

处于中天山伊犁河谷地 ,东、南、北三面环山 ,向西敞开 ,与哈萨克斯坦国相连。伊犁河横贯其中 ,海拔高度 600 - 1100m。温带大陆性干旱气候类型 ,年均气温 7.9 - 9.2℃ ,7 月温度最高 ,平均 22.7℃ ,1 月最低 ,平均 -12.2℃ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 3300 - 3500℃ ,多年平均降水量 200 ~ 350mm ,年蒸发量 1200 - 1900mm ,干燥度 K 值 2.5 - 4.2。自然植被为蒿属荒漠草原 ,灰钙土为地带性土壤。沙丘由伊犁河冲积物经风力吹蚀吹积而成 ,俗称塔克尔穆库沙地(有学者因该区地处大西北而称为沙漠) ,面积较小 ,仅约 1000km²。以固定、半固定沙丘为主 ,流动沙丘极少。

VII 南疆暖温带极干旱区

区域范围:北为天山山脉 ,南为昆仑山 - 阿尔金山脉 ,东达罗布泊洼地东缘 ,西为帕米尔高原。大地貌上包括塔里木盆地和吐 - 哈盆地。气候上均为暖温带极干旱区域。塔里木盆地的地质基础是寒武纪就奠定的巨大稳定地台 ,而南北两侧的天山及昆仑山则为地槽 ,不断上升 ,盆地相对下降 ,经历新生代喜马拉雅运动 ,塔里木盆地便形成大型统一的拗陷盆地 ,接受沉积。地表覆盖巨厚的第四纪风积、冲积、洪积与湖积沉积物及部分基岩风化物。吐 - 哈盆地是中天山东段南缘的拗陷盆地 ,平均海拔 500 - 600m ,与塔里木盆地在海拔高度、地形起伏形态、地貌外营力与气候特征上相似 ,两者在沙漠、戈壁起源、特征与生态上关系密切 ,因而把它们归属在同一级区划中。

VII₁ 塔克拉玛干沙漠戈壁亚区

沙地分布于塔里木河干流以南 ,南至昆仑山北麓若羌 - 和田 - 叶城山前洪积扇 ,东为塔河下游及阿尔金山前洪积扇 ,西为叶尔羌河。气候属暖温带极干旱气候 ,区内年均降水量 30 - 70mm ,年均气温 9.8 - 12.9℃ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 4000 - 5000℃ ,干燥度 K 值 12 - 50。和田为例:年均降水量 27.3 mm , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 4360.9℃ ,干燥度 K 值 25.5;若羌:年均降水量 13.8 mm , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 4353.9℃ ,干燥度 K 值 50.48。植被群落为暖温带荒漠 ,土壤为棕漠土。植物以小灌木与小半灌木为主 ,琵琶柴、戈壁藜、红砂、麻黄、沙拐枣广布。沙砾物质来自古河湖相沉积物、近代河流冲积物、山前洪积物、第三、第四纪岩层风化物。沙丘形态以流动沙丘为主 ,面积占沙丘面积 90% 以上 ,新月形沙丘、沙垄、格状沙丘、星状沙丘、复合型沙山等形态均普遍出现 ,高 3 - 5m 至 200 - 300m 不等 ,一般为 100 - 150m。植被稀少 ,只在极少数地段有沙米、三芒草生长。固定、半固定沙丘面积小 ,仅分布于流动沙丘边缘和河滩地上 ,高 3 - 5m ,个别达到 30m ,面积小于沙丘总面积 10% ,类型有柽柳沙漠、胡杨沙堆。戈壁广布于洪积扇与剥蚀原面上 ,类型有残积砾石戈壁、坡积碎石戈壁和冲积 - 洪积砂砾戈壁。

VII₂ 喀什沙漠戈壁亚区

沙漠戈壁分布于叶尔羌河以西 ,托什干河以南 ,英吉沙 - 莎车公路沿线以北 ,西至帕米尔高原东麓区域。暖温带极干旱气候 ,年均降水量小于 100mm ,干燥度 K 值 5 以上。喀什为例:年均降水量 44.5 mm , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 4250.5℃ ,干燥度 K 值 15.28。自然植被为暖温带荒漠 ,土壤为棕漠土。沙源物质主要为喀什河、叶尔羌河、托什干河冲积 - 洪积物 ,沙漠以流动沙丘为主 ,面积占沙漠面积 80% 以上 ,形态以新月形沙丘链和纵向沙垄展布 ,高 5 - 10m ,少数达 20 - 30m ,生长沙蓬、沙米等短命植物。固定、半固定沙丘仅分布于流动沙丘边缘和山前荒漠草原带上 ,生长红柳和沙蒿 ,高 4 - 6m ,最高者 12 - 15m。戈壁主要发育于西部与北部山前坡积 - 洪积扇上 ,植被为荒漠草原群落 ,品种有短花针茅、红砂和沙蒿 ,覆盖度小于 20%。

VII₃ 天山南麓与库鲁克库木沙漠戈壁亚区

位处塔里木河干流以北 ,南天山山脉以南 ,阿克苏河以东直至罗布泊西 ,东南抵阿尔金山北麓洪积扇。气候属暖温带极干旱气候。以库尔勒为例:年均降水量 44.6mm ,年均气温 11.4℃ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 4273.8℃ ,干燥度 K 值 15.33;轮台县:年降水量 38.3mm ,年均气温 10.5℃ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 4039.4℃ ,干燥度 K 值 16.87。自然地带属荒漠棕漠土地带 ,植被以超旱生、旱生群系的膜果麻黄、沙生柽柳、沙蒿、泡泡刺、红砂、沙拐枣等为主。沙漠由南天山山前洪积冲积物 ,孔雀河及博斯腾湖相沉积物经风蚀风积作用形成。库鲁克库木沙漠以流动沙丘为主 ,以新月形沙丘链、复合纵向沙垄形态展布 ,面积占沙丘总面积 90% 以上;天山南麓沙漠以固定、半固定沙丘状态分布 ,红柳、白茨和沙蒿为主要群落 ,沙丘高 4 - 6m。戈壁片块状分布于山麓洪积扇上 ,多为砂砾质戈壁。

VII₄ 吐鲁番 - 哈密盆地沙漠戈壁亚区

由哈密盆地和吐鲁番盆地组成。北为东天山,东为哈密盆地东侧的星星峡-明水-马莲井连线,南为吐鲁番盆地南界的觉罗塔格山,西南与 VII₃ 地区的东北界相连。气候为暖温带极干旱气候。哈密为例:年均气温 9.8℃, ≥10℃ 年积温 4038.3℃, 无霜期 182 天, 年均降水量 34.6mm, 干燥度 K 值 25.14; 吐鲁番市: 年均气温 13.4℃, 最高气温记录 49.7℃, 年均降水量 16.4mm, 年均蒸发量 2837.8mm, 干燥度 K 值 74.36, 被称为我国的旱极。自然地带属荒漠棕漠土地带, 植被群落由驼绒藜、戈壁针茅、克氏针茅、琵琶柴、戈壁藜、膜果麻黄、梭梭、泡泡刺、蒿属、猪毛菜、假木贼、合头草、小蓬草等组成。覆盖度很低, 一般在 10-15% 之间。沙漠、戈壁面积广阔, 物质构成上, 从盆地中心至外围山地依次为湖积物、冲积物、洪积物、干燥剥蚀丘陵残积物。戈壁与沙漠均受风力作用而形成, 区内景观以戈壁为主, 嘎顺戈壁、南湖戈壁共同构成我国最大的戈壁群, 为剥蚀砾石戈壁类型。沙漠多为流动沙丘, 分布于湖积、冲积地形上, 多呈新月形沙丘与沙丘链展布。

VIII 青藏高原北部凹陷盆地与山原高寒干旱、极干旱区

处于青藏高原北部, 沙漠、戈壁分布在北以昆仑山-阿尔金山-祁连山以南, 喀喇昆仑山-可可西里山以北, 日月山-巴彦喀拉山以西区域, 西界与阿富汗、巴基斯坦接壤。地史资料表明, 青藏高原在 2.8 亿年前还是特提斯海(古地中海)的一部分, 后经历次造山运动而抬升, 至第三纪时海洋退出而成陆地, 至上新世时上升至海平面 1000m 以上, 目前已上升到 4500-5000m 以上^[9]。本区的喀喇昆仑山是青藏高原隆升最激烈区域, 高原面海拔 5000m 以上, 山峰则在 6500m 以上, 幕士峰海拔达到 7562m。总体隆升背景下, 还伴随着区域性差异断块运动, 本区的柴达木-共和盆地便是断陷作用形成的盆地, 海拔 3000m 左右。在高寒与极干旱气候背景下, 本区的沙漠与戈壁不仅不同于其它干旱区域的沙漠与戈壁, 而且本身也分异出不同的区域类型。根据发生与形态上的差异, 划分出 5 个二级区。

VIII₁ 柴达木盆地西部沙漠戈壁亚区

沙漠、戈壁分布于西北部阿尔金山, 东北部祁连山, 东部脱土山-怀头他拉连线, 南部昆仑山的范围内。气候特征为高原温带极干旱类型^[10]。格尔木市为例: 年均降水量 38.8mm, 年均气温 4.2℃, ≥10℃ 年积温 2009.8℃, 干燥度 K 值 10.72。自然地带属干旱荒漠灰棕漠土地带, 植被主要有旱生、超旱生的膜果麻黄、柽柳、红砂、沙拐枣、木紫苑(*Asterothamus centrali-asiaticus*)、驼绒藜、蒿叶猪毛菜、珍珠等, 覆盖度小于 10%。沙砾物质来源于盆地河湖相洪积冲积湖积与山前坡积, 后经风蚀风积作用形成沙漠与戈壁。沙漠集中分布于祁漫塔克山北侧乌图美仁河至格尔木河之间(祁漫塔克沙漠), 流沙面积占沙漠总面积 70% 以上, 以新月形沙丘及沙丘链展布, 高 10-30m, 最高者达 50-100m。戈壁连片分布于各山前坡积-洪冲积扇上, 多呈砾石戈壁展现, 砂砾戈壁仅零星分布于砾石戈壁下方, 为洪积-冲积砂砾戈壁。

VIII₂ 柴达木盆地东部沙漠戈壁亚区

沙漠、戈壁分布于宗务隆山-青海南山以南, 脱土山-怀头他拉连线以东, 布尔汗布达山以北区域。气候高寒干旱。都兰为例: 年降水量 179.1mm, 年均气温 2.7℃, ≥10℃ 年积温 1189.4℃, 干燥度 K 值 2.05。自然地带属高寒草原化荒漠地带, 植被主要有昆仑蒿、珍珠、戈壁针茅、沙生针茅、木本猪毛菜、沙蒿等, 覆盖度 30% 上下。沙漠主要包括都兰县的铁圭沙漠、乌兰县的尕海沙漠, 沙源属河流冲积物、山前洪积物。沙丘形态以流动沙丘为主, 面积超过沙丘总面积的 70%, 以新月形沙丘及沙丘链, 格状新月型沙丘为主, 高 3-10m, 最高者 50m, 生长沙米、沙竹、籽蒿、绵蓬等植物。固定、半固定沙丘分布于冲积扇下部, 主要为红柳沙堆, 白茨沙堆。戈壁为砂砾质戈壁, 零星分布于山前洪积扇上, 生长膜果麻黄、梭梭、木紫苑等植物。

VIII₃ 共和盆地与贵德盆地沙地亚区

地域上包含共和-沙珠玉盆地和贵德盆地, 由共和高原面、黄河高阶地、黄河谷地与相应山地构成, 沙地由河湖相沉积物、坡麓洪积物经吹蚀吹积形成。高原温带半干旱气候。以贵德为例: 年均降水量 254.2mm, 年均气温 7.2℃, ≥10℃ 年积温 2506.2℃, 干燥度 K 值 1.84。地带性植被及土壤为草原栗钙土与荒漠草原棕钙土, 植被类型主要有短花针茅、沙生针茅、沙蒿、木紫苑、川藏锦鸡儿(*C. tibetica*)、优若藜等, 覆盖度 30-50%。沙地以半固定和流动沙丘为主, 高 10-15m, 最高者 30m, 以新月形沙丘链展布。固定沙丘仅零星分布于盆地边缘, 並以红柳、白茨、沙蒿为主要群落。

VIII₄ 青海湖-哈拉湖高寒沙地亚区

地质构造属祁连山中段断陷盆地, 气候特征为高寒半干旱类型。以青海湖北侧刚察县为例: 年均降水量 370.3mm, 年均气温 -0.6℃, ≥10℃ 年积温 272.8℃。植被群落以高寒草原植被为主, 主要群落有紫

花针茅(*Stipa purpurea*)、硬叶苔、紫羊茅(*Festuca rubra*)、驼绒藜、冷地早熟禾等。沙物质来源于滨湖沉积物、河流冲积物。沙丘主要分布于青海湖东侧与北侧、哈拉湖南侧,形态以流动沙丘为主,呈星状沙丘与新月形沙丘链展布,沙丘高 5-10m,个别达 20m,生长沙米、绵蓬、猪毛菜等短命植物。固定、半固定沙丘零星分布于湖滩上,生长沙蒿等植物。

VIII₅ 昆仑山高山高原高寒沙漠戈壁亚区

沙漠戈壁分布于昆仑山与喀喇昆仑山之间的羌塘高原北部山原区域,原面海拔高于 5000 m,山地海拔多在 6000 m 以上,是极为高亢、寒冷、荒凉区域。气候高寒极干旱,年降水量 50-60mm,年均气温 -8℃-10℃,全年不存在无霜冻期,皆为固态降水。区域南侧噶尔为例:年降水量 60.3mm,年均气温 0.2℃,1 月均温 -12.0℃,7 月均温 13.6℃,为高寒极干旱类型。植被群落为高寒荒漠,是古地中海植被在青藏高原隆升中适应寒旱变迁而残遗下来的群落,以低矮匍生草本为特征。山间谷地、湖盆和高山碎石坡的建群种主要有垫状驼绒藜(*Ceratoides compacta*)、西藏亚菊(*Ajania tibetica*)、硬叶苔草等。伴生种有藏芥、高山火绒草(*Leontopodium alpinum*)、山蚤缀(*Arenaria monticola*)等。沙砾物质为寒冻风化与干旱剥蚀风化物,整个区域以高寒砾质戈壁与碎石戈壁为主,戈壁物质来源于就地物理风化残积。沙漠面积小,仅零星分布于湖盆边缘,并于新月型沙丘、沙垄态展布。生态环境严酷,无固定的人类活动。

参考文献

- [1]刘燕华. 关于开展中国综合区划研究若干问题的认识[J]. 地理研究, 2005, 24(3): 321-329.
- [2]郑度. 中国区划工作的回顾与展望[J]. 地理研究, 2005, 24(3): 330-344.
- [3]赵松乔. 中国综合自然地理区划的一个新方案[J]. 地理学报, 1983, 38(1): 1-10.
- [4]卢琦, 主编. 中国沙情[M]. 北京: 开明出版社, 2000: 5-8.
- [5]朱俊凤, 朱震达, 等. 中国沙漠化防治[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999: 1-297.
- [6]吴正, 主编. 中国沙漠及其治理[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 1-174.
- [7]王涛, 赵哈林. 中国沙漠科学的 50 年[J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 145-165.
- [8]中国科学院自然区划工作委员会. 中国地貌区划(初稿)[M]. 北京: 科学出版社, 1959: 115-121.
- [9]孙鸿烈, 郑度, 主编. 青藏高原形成演化与发展[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998: 73-128.
- [10]申元村, 向理平. 青海省自然地理[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 190-198.

Eco-geographical zoning of deserts and gobi in China

SHEN Yuancun¹, WANG Xiuhong¹, CONG Richun², LU Qi²

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing 100101, P. R. China;

2. Institute of Desertification Research, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, P. R. China)

Abstract: Covering a vast area of China and mainly distributed in the northern temperate zone and warm temperate zone, sandy and stony deserts are ecologically fragile but resources-rich land types. An eco-geographical regionalization of the distributional region of sandy and stony deserts in China is highly in need to reveal the differentiation and to reflect the eco-geographical features of sandy and stony deserts. For revealing the geographic differentiation law of sandy and stony deserts and facilitating ecological construction in the region, some indicators regarding the regional system, climatic hydrothermal conditions and ecological landscape were selected. The region was divided at three levels, including 8 first-level areas and 31 second-level areas, and some third-level areas according to regional ecological landscape. The basic characteristics of the first-level and second-level areas were described in detail.

Key words: zoning; sandy deserts; stony deserts; eco-Geography; China