

# 内蒙古土壤侵蚀研究

——遥感技术在内蒙古土壤侵蚀研究中的应用

赵羽 金争平 史培军 郝允充 等著

科学出版社

57  
7  
感

# 内蒙古土壤侵蚀研究

—遥感技术在内蒙古土壤侵蚀研究中的应用

赵羽 金争平 史培军 郝允充 等著

科学出版社

1989

## 内 容 简 介

本书是作者依据“环境-土壤侵蚀系统”的思想,经过对内蒙古长期的实地定位观测,并应用70和80年代卫星遥感技术所提供的有关该区土壤侵蚀的信息,进行综合分析而写成的一部专著。全书共10章,详细地分析和研究了内蒙古土壤侵蚀的环境系统、地面调查与观测方法、遥感分析与制图、分类系统、现状及其分布规律、过程、区划、危害程度分析、防治区划与防治措施等。

本书可供广大土壤、地理、水土保持、国土整治、农业区划等学科的科技工作者和大专院校土壤、地理、农林牧、水土保持等专业的师生参考。

## 内 蒙 古 土 壤 侵 蚀 研 究

——遥感技术在内蒙古土壤侵蚀研究中的应用

赵 羽 金争平 史培军 郝允充 等著

责任编辑 姚岁寒 彭胜潮

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

江苏镇江前进印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1989年4月第一版 开本: 787×1092 1/16

1989年4月第一次印刷 印张: 9 1/2 插页: 1

印数: 0001—1,600 字数: 213,000

ISBN 7-03-001003-5/P·180

定价: 14.00元

(附图一袋, 随书发行)

# 序 言

内蒙古面积辽阔,地理环境复杂多样,自然资源丰富。然而,由于种种原因,区域土壤侵蚀十分严重,给自然资源的开发和利用带来很大障碍。自从解放以后,国家和地方曾组织大批科研人员,深入本区,广泛地开展了科学考察和观测工作,积累了大量第一手资料,并出版了一系列科学研究著作。进入80年代,现代遥感技术广泛应用于本地区研究,也取得了不少新的科学研究成果。其中,一个重要的方面,就是根据国家和自治区政府的急需,在内蒙古系统地开展了与土地退化有关的土壤侵蚀研究工作,取得了一系列重要成果。

在这些工作的基础上,作者根据他们近年来大量的实践工作、准确的观测数据以及新的学术观点,著成《内蒙古土壤侵蚀研究》一书。本书包括以下内容:前言、内蒙古土壤侵蚀的环境系统、内蒙古土壤侵蚀地面调查与观测、内蒙古土壤侵蚀遥感分析与制图、内蒙古土壤侵蚀分类系统、内蒙古土壤侵蚀现状及其分布规律、内蒙古土壤侵蚀过程、内蒙古土壤侵蚀区划、内蒙古土壤侵蚀危害程度评价、内蒙古土壤侵蚀防治区划与防治战略以及内蒙古土壤侵蚀防治措施。全书集中体现了作者的一个重要学术观点,即把土壤侵蚀视为区域环境-土壤系统中的一系列能量流、物质流和价值流过程。在这种观点下,提出一套较为完善的土壤侵蚀分类系统,并给出了明确的划分指标。本书在区域土壤风蚀模数测定、土壤冻融侵蚀分类、土壤风、水两相作用过程等方面进行了大胆的探索,提出了一些独到的学术见解。本书还附有详细的资料和一套新颖的图件,首次完成了内蒙古自治区1:400万土壤侵蚀图。作者还提出了进一步开展区域土壤侵蚀研究的一系列具有学科前沿性的课题,如能按此进行下去,必将会取得更加丰富的成果。读完此书,使我耳目一新,在此谨向作者表示衷心祝贺。

在我国开展这样大区域的土壤侵蚀系统研究还属首次,因此,本书必然也会有一些不完善的地方,希望广大读者指出,以便更进一步推动这方面的研究,为这项关系到人类生存的伟大事业做出贡献。

中国科学院地学部学部委员  
北京师范大学地理系教授

周建儒

1988年3月10日



# 前 言

内蒙古自治区位于我国的北部边疆,地处北纬 $37^{\circ}24'$ — $53^{\circ}23'$ ,东经 $97^{\circ}12'$ — $126^{\circ}04'$ 之间。面积118.3万平方公里,约占全国总面积的八分之一。自从解放以后,国家和自治区许多科研、教学部门曾在内蒙古做了大量地学和生物学工作,从不同角度涉及到本区的土壤侵蚀问题。然而,由于多种原因,没有系统地、全面地开展自治区的土壤侵蚀研究。60年代中后期以来,在全区不同地区,特别是农牧交错地带,土地沙化、水土流失、草场退化及灌溉土地的次生盐渍化与年俱增,对全区经济建设的影响也日益增大。我们认为,所有这些问题的实质就是土壤侵蚀加速,它构成了当前经济发展的严重障碍。由此可见,区域经济建设迫切需要对这些土地退化问题给予深入的研究,以寻求防治的措施和技术。为此,我们开展了内蒙古土壤侵蚀的系统研究,首先结合国家关于应用遥感技术调查全国水土流失现状、编制全国土壤侵蚀图任务,完成了“应用遥感技术编制内蒙古自治区土壤侵蚀图”的科研项目,该项目于1987年6月通过自治区级鉴定。应生产实践的急需,由内蒙古自治区水利局内部出版了《1:100万内蒙古自治区土壤侵蚀图》。其次,本书部分作者还参加了国家“六·五”科技攻关项目“遥感在内蒙古地区草场资源调查中的应用研究”课题,承担了其中地貌、土地利用、制图等工作。此外,还参加了“中国科学院黄土高原综合考察与治理”的“七·五”攻关项目。在这些工作的基础上,为了能够系统地总结我们近年来所进行的土壤侵蚀研究工作,满足内蒙古土壤侵蚀防治和更深入的研究,开展了《内蒙古土壤侵蚀研究》一书的撰写工作。本书的写作提纲由史培军、金争平拟出,再经本书作者反复讨论后制定的。书中全部插图、《1:400万内蒙古自治区土壤侵蚀图》附图,是在作者原图《1:100万内蒙古自治区土壤侵蚀图》的基础上,由王静爱、郝允充编制。全部书稿完成后,由史培军、金争平统稿,经集体讨论、修改,最后由赵羽定稿。书中所用到的基本资料,大多是我们在近年参加的各项科研课题及有关工作中所调查和观测的第一手资料;同时,为了进行区域对比,以及分析书中涉及的有关问题,也引用了一些前人的文献和资料,均已在相应的章节处标出。

在本书的撰写过程中,我们得到内蒙古自治区水利局、内蒙古自治区水利科学研究所、内蒙古大学自然资源研究所、北京师范大学地理系、内蒙古师范大学地理系的支持和资助。区内、外有关专家王伦平、林儒耕、李博、雍世鹏、刘钟龄、孙金铸、李绍良、汪久文、王明昶、康双阳,以及赵济、李天杰、高志义、杨积成、马蔼乃、洪惜英等提出许多宝贵意见。中国科学院地学部学部委员、北京师范大学地理系周廷儒教授对书稿提出不少修改意见,并热情地为本书写了序言。内蒙古自治区地质局测绘队帮助清绘书中全部图件,在此,我们特向上述单位和专家教授表示衷心感谢。

---

• 前言由赵羽执笔。

# 目 录

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 序言                         | ( i )  |
| 前言                         | ( ii ) |
| <b>第一章 内蒙古土壤侵蚀的环境系统</b>    | ( 1 )  |
| 一、土壤侵蚀及其环境系统               | ( 1 )  |
| 二、土壤侵蚀的地貌环境                | ( 1 )  |
| 三、土壤侵蚀的气候环境                | ( 7 )  |
| 四、土壤侵蚀的植被环境                | ( 7 )  |
| 五、土壤侵蚀的土壤环境                | ( 8 )  |
| 六、土壤侵蚀的物质文化环境              | ( 10 ) |
| 七、地理环境与土壤侵蚀                | ( 11 ) |
| <b>第二章 内蒙古土壤侵蚀地面调查与观测</b>  | ( 14 ) |
| 一、土壤水力侵蚀的地面调查与观测           | ( 14 ) |
| 二、土壤风力侵蚀的地面调查与观测           | ( 20 ) |
| 三、土壤冻融侵蚀的地面调查与观测           | ( 25 ) |
| <b>第三章 内蒙古土壤侵蚀遥感分析与制图</b>  | ( 26 ) |
| 一、土壤侵蚀遥感信息分析               | ( 26 ) |
| 二、土壤侵蚀遥感制图                 | ( 29 ) |
| 三、土壤侵蚀专题地图分析               | ( 32 ) |
| <b>第四章 内蒙古土壤侵蚀分类系统</b>     | ( 34 ) |
| 一、土壤侵蚀分类系统的基本原则            | ( 34 ) |
| 二、土壤水力侵蚀的特点、分级指征与指标        | ( 35 ) |
| 三、土壤风力侵蚀的特点、分级指征与指标        | ( 45 ) |
| 四、土壤冻融侵蚀的特点、分级指征与指标        | ( 49 ) |
| 五、内蒙古土壤侵蚀分类系统              | ( 50 ) |
| <b>第五章 内蒙古土壤侵蚀现状及其分布规律</b> | ( 52 ) |
| 一、以行政区为统计单元的土壤侵蚀现状及其分布规律   | ( 52 ) |
| 二、以流域为统计单元的土壤侵蚀现状及其分布规律    | ( 58 ) |
| <b>第六章 内蒙古土壤侵蚀过程</b>       | ( 60 ) |
| 一、土壤水力侵蚀过程                 | ( 60 ) |
| 二、土壤风力侵蚀过程                 | ( 67 ) |
| 三、土壤冻融侵蚀过程                 | ( 81 ) |
| 四、土壤风、水两相复合侵蚀过程            | ( 83 ) |
| 五、物质文化过程与土壤侵蚀              | ( 86 ) |
| 六、区域环境演变与土壤侵蚀              | ( 88 ) |

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| <b>第七章 内蒙古土壤侵蚀区划</b> .....        | ( 98 )  |
| 一、区划的原则与指标.....                   | ( 98 )  |
| 二、区划系统与方案.....                    | ( 99 )  |
| 三、各侵蚀区主要指标与特征.....                | ( 101 ) |
| <b>第八章 内蒙古土壤侵蚀危害程度评价</b> .....    | ( 106 ) |
| 一、土壤侵蚀危害案例分析.....                 | ( 106 ) |
| 二、土壤侵蚀危害程度评价.....                 | ( 111 ) |
| <b>第九章 内蒙古土壤侵蚀防治区划与防治战略</b> ..... | ( 117 ) |
| 一、土壤侵蚀防治区划.....                   | ( 117 ) |
| 二、土壤侵蚀防治战略.....                   | ( 121 ) |
| <b>第十章 内蒙古土壤侵蚀防治措施</b> .....      | ( 124 ) |
| 一、土壤侵蚀防治的基本原理.....                | ( 124 ) |
| 二、水力侵蚀各区的防治.....                  | ( 124 ) |
| 三、风力侵蚀各区的防治.....                  | ( 127 ) |
| 四、冻融侵蚀各区的防治.....                  | ( 129 ) |
| 五、小流域治理技术与效益.....                 | ( 130 ) |
| 六、风蚀防治技术与效益.....                  | ( 139 ) |
| <b>结束语</b> .....                  | ( 143 ) |
| <b>参考文献</b> .....                 | ( 144 ) |
| <b>附图：内蒙古土壤侵蚀图</b>                |         |

# 第一章 内蒙古土壤侵蚀的环境系统

## 一、土壤侵蚀及其环境系统

防治土壤侵蚀是国土整治的一项极其重要的内容，国内外都十分重视开展土壤侵蚀与防治的研究。土壤侵蚀是造成土地生产力下降的主要原因，要提高区域土地生产潜力，就要保持和改良土壤。因此，研究区域土壤侵蚀及其防治，在区域经济开发中有着重要的生产意义。

一般认为，土壤侵蚀 (soil erosion) 是指土壤或土体在外营力(水力、风力、冻融或重力)作用下发生冲刷、剥蚀和吹蚀的现象(上海辞书出版社,1983年)。我们认为，根据系统论的观点，土壤侵蚀是在土壤侵蚀系统中，使土壤或土体发生明显位移的一系列物理过程，其结果使可资土被资源丧失，土地生产力下降，土地承载力减小，给区域经济的发展造成困难。土壤侵蚀系统包括环境和营力两个子系统(图 1-1)。根据这种认识，区域土壤侵蚀仅仅从动力过程来研究是不全面的，而应该在土壤侵蚀系统的环境子系统基础上，分析其土壤或土体位移的动力过程。

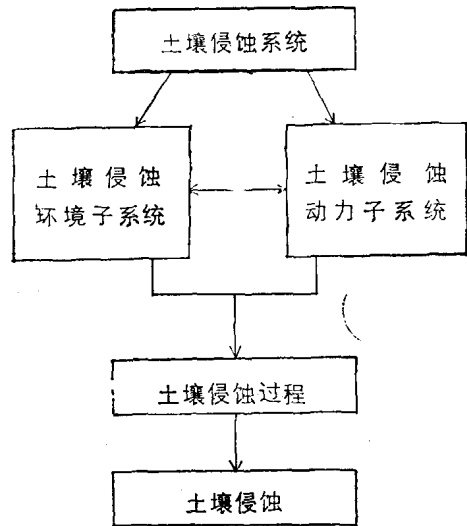


图 1-1 土壤侵蚀系统示意

土壤侵蚀的环境子系统是由影响土壤侵蚀的各种因素所组成的地理系统，由地表形态和物质组成的地貌环境、由干湿状况组成的气候环境、由植被和土壤组成的生物环境以及由各种人类文化活动产物组成的物质文化环境都通过影响动力子系统来间接影响土壤侵蚀。土壤侵蚀的动力子系统主要由液相水力、气相风力、气液两相水风作用力、固液两相冻融作用力以及物质文化过程作用力所组成，它们直接侵蚀土壤。

## 二、土壤侵蚀的地貌环境

土壤侵蚀的地貌环境主要由地貌类型、地貌物质组成和地貌空间分布模式等组成。地貌环境不仅影响土壤侵蚀的速率，而且影响土壤侵蚀的方式和空间分布规律。观测表明，

• 本章一、二、三、四、五、七，由史培军执笔；六，由王静爱执笔。



在同等的侵蚀动力作用下,地貌物质组成的粗细与土壤侵蚀速率成反相关关系,因为使土壤或土体发生明显位移的侵蚀力临界值与地貌物质组成的粗细成正相关关系。在准格尔旗五步进沟,同为17°的弃耕荒地上进行观测,结果表明,406.8毫米的降水量(6—9月份)条件下,披砂岩比黄土同期侵蚀模数高2.3倍。对一些由粘土组成的地表来说,由于粘粒的内聚力作用,往往表现出侵蚀速率与粘粒的粗细成反相关关系。地貌类型,特别是地势起伏程度对土壤侵蚀影响显著,首先表现在侵蚀方式上,其次表现在侵蚀强度上。通常,地势高度达到霜冻线以上,均可发生冻融侵蚀过程。地貌坡度的大小对土壤水力侵蚀的影响远较对风力侵蚀的影响明显,坡度在45°以下,坡度与侵蚀速率为正相关关系;坡度在

表 1-1 不同地表形态各部位土壤侵蚀量(毫米)

| 沙丘部位    | 迎 风 坡 |     |     | 背 风 坡 |      |     |
|---------|-------|-----|-----|-------|------|-----|
|         | 下 部   | 中 部 | 上 部 | 上 部   | 中 部  | 下 部 |
| 流动沙丘    | -54   | -71 | -95 | +530  | +100 | +50 |
| 半流动灌丛沙堆 | +27   | -40 | -47 | +83   | +360 | -41 |
| 半固定灌丛沙堆 | +29   | -23 | -1  | +42   | +85  | +64 |
| 固定沙丘    | 0     | +8  | +8  | +17   | -14  | +6  |
| 平 均     | +1    | -32 | -34 | +168  | +133 | +20 |

注: 观测时间: 1983年4月26日—5月20日; 观测地点: 科左后旗; “+”表示风积, “-”表示风蚀。

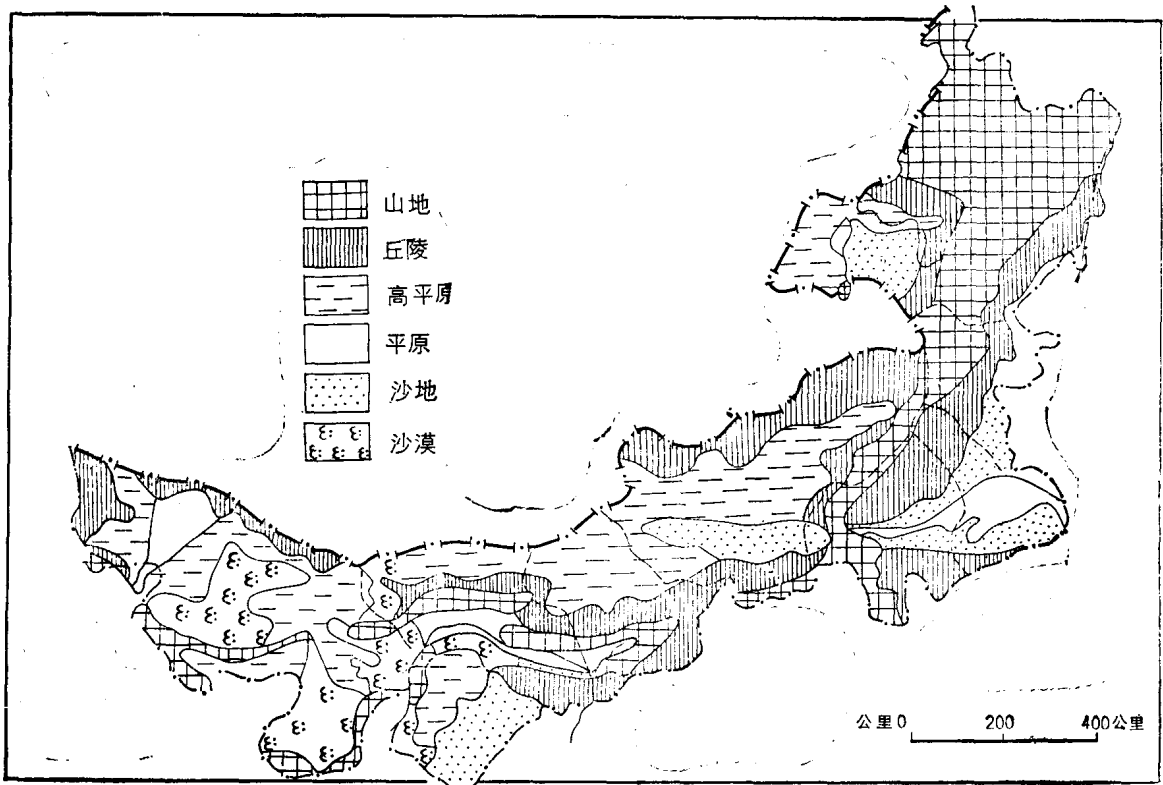


图 1-2 内蒙古宏观地貌带状结构

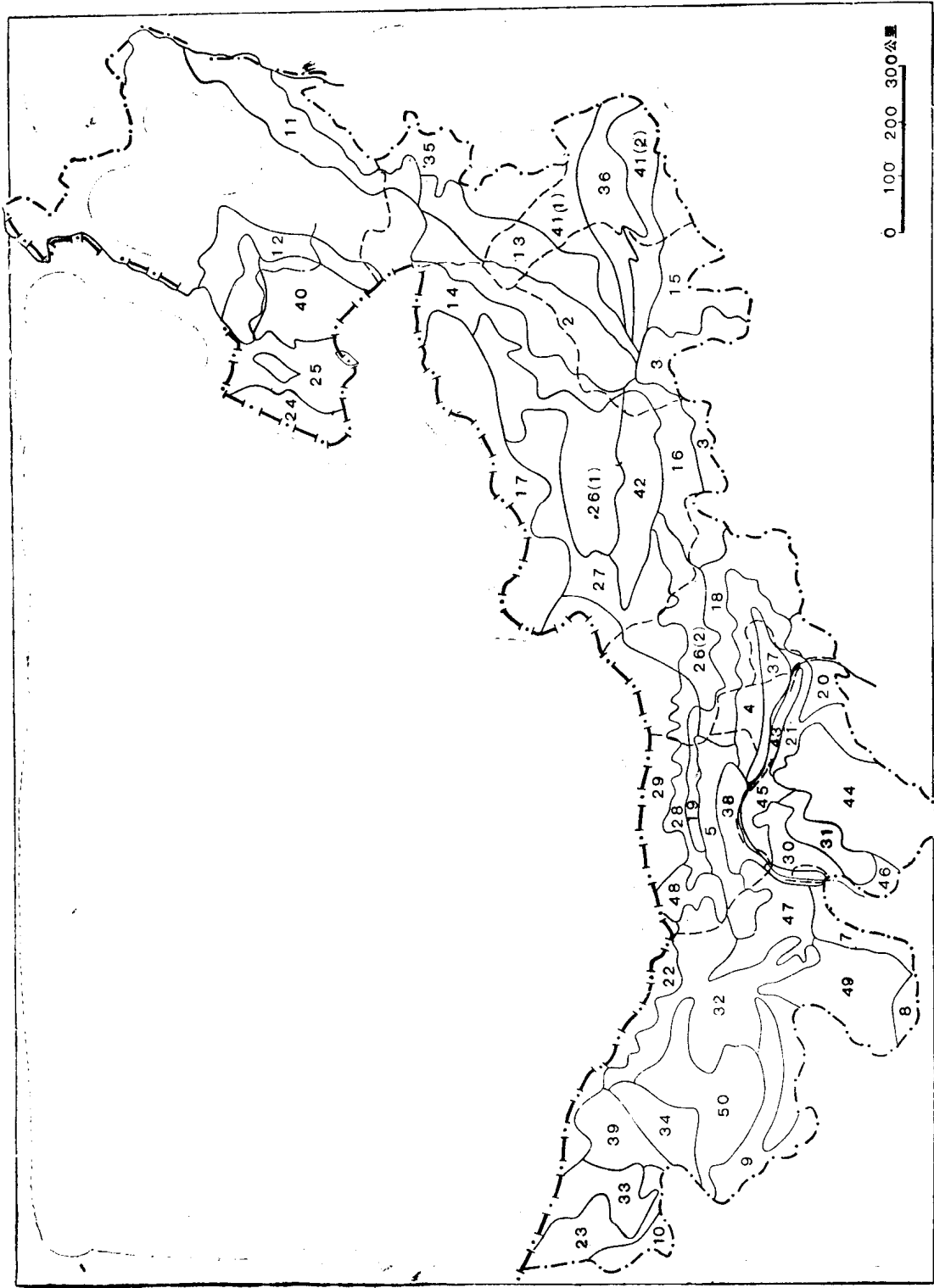


图 1-3 内蒙古地貌分区图

(图上代号详见表 1-2 及相应文字)

表 1-2 内蒙古地貌分区系统表

| 区                    | 亚 区               | 小 区                          |
|----------------------|-------------------|------------------------------|
| 山地                   | 寒冻风化、侵蚀剥蚀山地       | 1 大兴安岭北段中、低山地                |
|                      |                   | 2 大兴安岭南段中、低山地                |
|                      | 侵蚀剥蚀山地            | 3 冀北中、低山地                    |
|                      |                   | 4 阴山东段中、低山地                  |
|                      | 侵蚀剥蚀、干燥剥蚀山地       | 5 阴山西段中、低山地                  |
|                      |                   | 6 桌子山中、低山地                   |
|                      |                   | 7 贺兰山高、中、低山地                 |
|                      | 干燥剥蚀山地            | 8 庆阳山中、低山地                   |
|                      |                   | 9 龙首山北侧中、低山地                 |
|                      |                   | 10 色尔乌拉山中、低山地                |
| 丘陵                   | 侵蚀剥蚀、寒冻风化丘陵       | 11 大兴安岭北段东侧残积、坡积丘陵           |
|                      |                   | 12 大兴安岭北段西侧残积、覆沙丘陵           |
|                      | 侵蚀剥蚀丘陵            | 13 大兴安岭南段东侧残积、坡积丘陵           |
|                      |                   | 14 大兴安岭南段西侧残积、覆沙丘陵           |
|                      |                   | 15 冀北山地东段北侧黄土、残积丘陵           |
|                      |                   | 16 冀北山地西段北侧覆沙、残积丘陵           |
|                      | 侵蚀剥蚀、风蚀(积)丘陵      | 17 中蒙边境残积丘陵                  |
|                      |                   | 18 阴山东段北侧覆沙、残积丘陵             |
|                      |                   | 19 阴山西段北侧覆沙、残积丘陵             |
|                      |                   | 20 准格尔-清水河黄土、残积丘陵            |
| 21 东胜-和林覆沙、残积丘陵      |                   |                              |
| 干燥剥蚀丘陵               | 22 阿拉善北缘洪果尔残积丘陵   |                              |
|                      | 23 阿拉善西端吉尔德查残积丘陵  |                              |
| 高平原                  | 侵蚀剥蚀、风蚀(积)高平原     | 24 呼伦贝尔波状、残积高平原              |
|                      |                   | 25 呼伦贝尔层状、覆沙、残积高平原           |
|                      |                   | 26 锡林郭勒波状残积高平原               |
|                      |                   | 27 锡林郭勒层状覆沙、残积高平原            |
|                      | 干燥剥蚀、风蚀(积)高平原     | 28 乌兰察布波状残积高平原               |
|                      |                   | 29 乌兰察布层状覆沙、残积高平原            |
|                      |                   | 30 鄂尔多斯波状残积高平原               |
|                      |                   | 31 鄂尔多斯层状覆沙、残积高平原            |
|                      |                   | 32 阿拉善东部波状残积、覆沙高平原           |
|                      |                   | 33 阿拉善西部波状残积、覆沙高平原           |
| 34 额济纳古三角洲层状残积、覆沙高平原 |                   |                              |
| 平原                   | 冲积、冲洪积平原          | 35 岭东嫩江沿岸冲积平原                |
|                      |                   | 36 西辽河冲积平原                   |
|                      |                   | 37 呼-包冲积、冲洪积平原               |
| 洪冲积、风蚀(积)平原          | 38 河套冲洪积、风积平原     |                              |
|                      | 39 额济纳河风积、洪积、冲积平原 |                              |
| 沙地                   | 风蚀(积)、洪积沙地        | 40 呼伦贝尔风积、洪积沙地               |
|                      |                   | 41 科尔沁风积、洪积沙地                |
|                      |                   | 42 小腾格里风积、洪积沙地               |
|                      |                   | 43 库布齐沙带东段风积、洪积沙地            |
|                      |                   | 44 毛乌素风积、洪积沙地                |
| 沙漠                   | 风蚀(积)、干燥剥蚀沙漠      | 45 库布齐沙带西段风积沙漠               |
|                      |                   | 46 鄂尔多斯(毛乌素沙区西段、河东沙区)风积、残积沙漠 |
|                      |                   | 47 乌兰布和风积沙漠                  |
|                      |                   | 48 亚玛雷克-海里风积、残积沙漠            |
|                      |                   | 49 腾格里风积沙漠                   |
|                      |                   | 50 巴丹吉林风积、残积沙漠               |

表 1-3 内蒙古地貌类型数据表

(单位: 平方公里, %)

| 盟市      | 呼伦贝尔盟   |         | 兴安盟     |         | 哲里木盟   |         | 赤峰市     |         | 锡林郭勒盟    |         | 乌兰察布盟   |         | 呼和浩特市 |        | 包头市    |            | 巴彦淖尔盟   |         | 伊克昭盟   |       | 乌海市   |       | 阿拉善盟    |       | 全区       |         |          |          |         |      |
|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|------------|---------|---------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|----------|---------|----------|----------|---------|------|
|         | 面积      | 百分比     | 面积      | 百分比     | 面积     | 百分比     | 面积      | 百分比     | 面积       | 百分比     | 面积      | 百分比     | 面积    | 百分比    | 面积     | 百分比        | 面积      | 百分比     | 面积     | 百分比   | 面积    | 百分比   | 面积      | 百分比   | 面积       | 百分比     |          |          |         |      |
| 盟市      | 63053.0 | 24.91   | 3343.3  | 6.08    | 4399.4 | 7.47    | 11124.2 | 12.81   | 4099.0   | 2.05    | 4293.8  | 5.04    |       |        | 2629.3 | 26.42      | 7700.3  | 11.93   | 9375.6 | 10.79 | 839.7 | 53.82 | 3.311   | 2.17  | 141168.8 | 12.29   |          |          |         |      |
|         | 21600.0 | 8.53    | 13396.2 | 24.37   | 3016.7 | 5.13    | 9361.4  | 10.77   | 4398.9   | 2.20    | 178.9   | 0.21    |       |        | 2629.3 | 26.42      | 6131.9  | 9.50    | 217.2  | 0.25  | 95.9  | 6.15  | 8567.8  | 3.44  | 68364.9  | 5.79    |          |          |         |      |
|         | 84653.0 | 33.44   | 16739.5 | 30.45   | 7416.1 | 12.6    | 20485.6 | 23.55   | 8497.9   | 4.25    | 4472.7  | 5.25    |       |        | 615.0  | 6.18       | 13882.2 | 21.43   | 9592.8 | 11.04 | 935.6 | 59.97 | 38879.0 | 15.61 | 20813.3  | 17.99   |          |          |         |      |
|         | 4589.3  | 1.81    | 1997.9  | 2.36    | 1296.4 | 2.20    | 8831.6  | 10.17   | 5158.7   | 2.58    | 11390.6 | 13.37   |       |        | 33.3   | 0.54       | 684.2   | 1.06    | 3328.8 | 3.90  | 90.6  | 5.81  | 1236.6  | 4.11  | 47613.0  | 4.11    |          |          |         |      |
|         | 14885.4 | 5.88    | 3827.5  | 6.60    | 2538.6 | 4.31    | 8710.1  | 10.93   | 18075.7  | 9.04    | 14321.3 | 16.81   |       |        | 238.8  | 3.87       | 3459.7  | 5.36    | 4900.7 | 5.64  | 98.4  | 6.31  | 9265.2  | 3.72  | 81311.7  | 7.03    |          |          |         |      |
|         | 15027.2 | 5.94    | 3548.1  | 6.46    | 729.5  | 1.24    | 4480.9  | 5.16    | 6738.4   | 3.37    | 903.1   | 1.06    |       |        | 1805.3 | 18.14      | 4143.9  | 6.42    | 8289.5 | 9.54  | 189.0 | 12.12 | 19501.8 | 7.83  | 160351.4 | 13.86   |          |          |         |      |
|         | 34501.9 | 13.63   | 8473.5  | 15.42   | 4564.5 | 7.75    | 2222.6  | 2.5     | 362997.2 | 8.14    | 144.99  | 26615.0 | 31.24 |        |        | 755.2      | 1.17    | 755.2   | 1.17   | 269.4 | 0.31  |       |         | 269.4 | 0.31     | 3113.3  | 1.25     | 11187.6  | 1.23    |      |
|         | 49.8    | 0.02    | 194.9   | 0.35    | 860.2  | 1.46    | 3482.3  | 4.01    | 4658.9   | 2.33    | 1559.1  | 1.83    |       |        | 602.2  | 9.76       | 755.2   | 1.17    |        |       |       |       |         |       | 1394.8   | 0.56    | 24854.1  | 2.10     |         |      |
|         | 4557.0  | 1.78    | 2403.8  | 4.37    | 2162.3 | 2.49    | 9137.8  | 4.57    | 9137.8   | 4.57    | 3390.8  | 3.98    |       |        | 602.2  | 9.76       | 755.2   | 1.17    | 269.4  | 0.31  |       |       |         |       | 4508.1   | 1.81    | 38541.7  | 3.33     |         |      |
|         | 39332.5 | 15.54   | 2598.4  | 4.72    | 860.2  | 1.46    | 5644.6  | 6.50    | 13796.7  | 6.90    | 4949.9  | 5.81    |       |        | 602.2  | 9.76       | 755.2   | 1.17    | 269.4  | 0.31  |       |       |         |       | 24209.1  | 9.72    | 166908.1 | 14.42    |         |      |
| 6092.5  | 2.41    |         |         |         |        | 234.5   | 0.27    | 3599.1  | 1.80     | 10649.4 | 12.50   |         |       | 809.1  | 8.13   | 7416.3     | 11.49   | 10070.8 | 11.59  |       |       |       |         |       |          | 48168.0 | 19.46    | 87339.7  | 7.55    |      |
| 45425.0 | 17.95   |         |         |         |        | 234.5   | 0.27    | 4884.4  | 2.45     | 27816.1 | 32.65   |         |       | 809.1  | 8.13   | 81321790.8 | 33.76   | 20610.8 | 23.72  |       |       |       |         |       |          | 72677.1 | 29.18    | 251247.8 | 21.97   |      |
| 176.7   | 0.07    |         |         |         |        | 3059.3  | 1.53    | 3407.8  | 4.00     | 76.5    | 1.24    |         |       | 521.5  | 5.24   | 5318.6     | 8.24    | 3475.7  | 4.00   |       |       |       |         |       |          | 3812.6  | 1.33     | 19348.7  | 1.67    |      |
| 629.7   | 0.25    |         |         |         |        | 576.8   | 0.98    | 2388.1  | 2.75     | 11797.2 | 5.90    |         |       | 1156.4 | 11.62  | 1858.9     | 2.88    | 356.3   | 0.41   |       |       |       |         |       |          | 3437.1  | 1.38     | 25781.8  | 2.23    |      |
| 76818.2 | 30.36   | 20732.8 | 37.73   | 13678.5 | 23.25  | 19782.2 | 22.78   | 15616.3 | 7.81     | 8374.7  | 9.83    |         |       | 843.4  | 13.67  | 843.4      | 13.67   | 6091.1  | 7.01   |       |       |       |         |       |          | 2415.9  | 0.97     | 164992.9 | 14.26   |      |
| 1291.7  | 0.51    | 3865.5  | 7.03    | 8234.4  | 13.99  | 3786.2  | 4.36    | 14876.4 | 7.44     | 4063.8  | 4.77    |         |       | 529.4  | 5.32   | 10030.4    | 15.54   | 2702.3  | 3.11   |       |       |       |         |       |          | 15890.3 | 6.38     | 68852.4  | 5.95    |      |
| 2546.0  | 1.01    | 888.3   | 1.62    | 4387.1  | 7.45   | 868.4   | 1.00    | 6238.5  | 3.12     | 3953.0  | 4.64    |         |       | 2475.1 | 24.87  | 10030.4    | 15.54   | 1112.2  | 1.28   |       |       |       |         |       |          | 5031.1  | 2.02     | 25024.6  | 2.16    |      |
| 81462.3 | 32.20   | 25486.6 | 46.38   | 26876.8 | 45.67  | 26824.4 | 30.89   | 1587.7  | 25.80    | 20353.1 | 23.89   |         |       | 4682.4 | 47.05  | 17207.9    | 26.66   | 13737.6 | 15.81  |       |       |       |         |       |          | 30087.0 | 12.08    | 304000.4 | 26.27   |      |
|         |         |         |         |         |        |         |         |         |          | 51.1    | 0.06    |         |       |        |        | 4815.1     | 7.46    | 6430.0  | 7.40   |       |       |       |         |       |          |         | 68842.4  | 27.56    | 79951.5 | 6.91 |
|         |         |         |         |         |        |         |         | 259.9   | 0.13     | 59.6    | 0.07    |         |       |        |        | 1116.6     | 1.73    | 1520.6  | 1.75   |       |       |       |         |       |          |         | 14769.6  | 5.93     | 17726.3 | 1.53 |
|         |         |         |         |         |        |         |         | 259.9   | 0.13     | 110.7   | 0.13    |         |       |        |        | 5931.7     | 9.19    | 7950.6  | 9.15   |       |       |       |         |       |          |         | 97677.8  | 8.44     |         |      |
|         |         |         |         |         |        |         |         | 259.9   | 0.13     | 545.2   | 0.64    |         |       |        |        | 290.5      | 0.45    | 6821.0  | 7.85   |       |       |       |         |       |          |         | 13910.4  | 1.20     |         |      |
|         |         |         |         |         |        |         |         | 259.9   | 0.13     | 332.3   | 0.39    |         |       |        |        | 593.8      | 0.92    | 13394.6 | 15.3   |       |       |       |         |       |          |         | 47321.1  | 4.09     |         |      |
|         |         |         |         |         |        |         |         | 259.9   | 0.13     | 877.5   | 1.03    |         |       |        |        | 884.3      | 1.37    | 26441.3 | 30.43  |       |       |       |         |       |          |         | 32905.2  | 2.85     |         |      |
|         |         |         |         |         |        |         |         | 259.9   | 0.13     | 24.1    | 0.39    |         |       |        |        | 25.9       | 0.26    | 6325.7  | 7.28   |       |       |       |         |       |          |         | 94136.7  | 8.14     |         |      |
|         |         |         |         |         |        |         |         | 259.9   | 0.13     |         |         |         |       |        |        |            |         |         |        |       |       |       |         |       |          |         |          |          |         |      |

盟市 呼伦贝尔盟 兴安盟 哲里木盟 赤峰市 锡林郭勒盟 乌兰察布盟 呼和浩特市 包头市 巴彦淖尔盟 伊克昭盟 乌海市 阿拉善盟 全区

面积 百分比

45°以上,情况复杂,但统计规律呈现反相关关系。对于风蚀来说,地貌类型及其部位与风向的配合对风力侵蚀有明显影响。表 1-1 是实际观测的结果。从表中可以看出,一般在迎风坡的中上部以侵蚀为主,背风坡则以堆积为主。随着沙丘的固定程度不同,风蚀程度也就不同,从流动沙丘到固定沙丘,迎风坡风蚀量逐渐减少,背风坡的风蚀量也逐渐减少。

群体地貌空间分布模式和数量结构,一方面影响土壤侵蚀的方式和程度,另一方面决定土壤侵蚀系统的空间结构。内蒙古高原是蒙古高原的组成部分,呈现出明显的地貌带状结构,且以“梁原”为特色。大兴安岭、阴山、贺兰山和龙首山等中、低山组成的山体,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、岭东丘陵平原区和山南平原高平原区,构成明显的高原—山地—平原的带状分布规律(图 1-2)。内蒙古地貌的带状分布在区域水热生物等自然要素的分布规律上,显示出很强的制约作用,也对土壤侵蚀的空间分布规律有明显的控制性。区内大地貌单元展布与冬季风相互配置,在山北和山南形成了两条强风力带,使山北高原上的三条古风成沙带、山南的两条古风成沙带的现代风蚀作用大大加强。这五条古风成沙带自南而北为:毛乌素古风成沙带、库布齐-和林格尔古风成沙带、阴山北部古风成沙带(伏沙带)、二连-小腾格里-科尔沁古风成沙带和西乌-陈巴尔虎古风成沙带,它们都是晚更新世最盛冰期时全面发育而成的。这些沙带是全区沙丘活化和土地沙化最严重的地段,也是强烈的风蚀地带。

为了对区内土壤侵蚀的地貌组合背景进行深入分析,我们利用卫星象片编制了1:100万内蒙古地貌类型图,并进一步编制了内蒙古地貌分区图(图1-3)。这是进行全区土壤侵蚀区划及土壤侵蚀防治区划的基础图件。图中代号内容如表 1-2 所示。从图1-3中不难看出:第一,全区地貌带、块状结构的交错性。习惯上所称的内蒙古境内自西北向东南的“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,而且也取决于地表组成物质和区域水热等的空间分布规律。第二,内蒙古高原并不是以高平为特色,而是以高、波状起伏为特色。高原内部由丘陵、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,真正的高平原地貌类型所占面积并不很大。因此,我们将内蒙古高原称为“梁原型”高原,而不称为“平原型”高原-高平原(中国科学院内蒙古综合考察队,1980年)。第三,习惯上称毛乌素沙地、库布齐沙漠,实际上它们都分别由沙地、沙漠所组成;宁可称毛乌素沙区和库布齐沙区,或称毛乌素沙地、沙漠和库布齐沙漠、沙地,而不要概称毛乌素沙地和库布齐沙漠。认识全区地貌特征,不仅对分析土壤侵蚀有重要作用,而且对确定土壤侵蚀防治措施也有很大意义,同时,对了解地貌的数量结构也具有同样重要的意义(表1-3)。

内蒙古地貌结构的带、块状交错以及宏观带状展布,使全区土壤侵蚀动力系统也具有由东南向西北的带状变化规律,这在某种程度上加强了东中部半湿润、半干旱区的水力侵蚀程度和物质文化过程,也加强了西部干旱和极干旱区的风蚀作用和热蚀作用,并减弱了物质文化过程,使山体南北的土壤侵蚀更具有区域性。

### 三、土壤侵蚀的气候环境

土壤侵蚀的气候环境主要包括气候类型、气候特征及气候的空间分布规律。内蒙古的地理位置和梁原型高原地貌使本区形成面积广大的温带干旱、半干旱气候,它具有如下特点:第一,光能资源极端丰富,年总辐射量4800—7000兆焦耳/米<sup>2</sup>·年,为太阳能开发利用提供充足的再生能源。这对植被稀疏的地区来讲,能够解决广大农牧民的烧柴用火问题,减低对植被和牲畜粪便的依赖程度,间接减弱人类活动对土壤侵蚀的加强作用。第二,冷暖变化剧烈,年、日较差大。平均年较差均在32℃以上,一般在35—45℃之间;气温日较差在夏季可达30℃以上。这些气候条件加强了地表物质的破碎作用,从而为土壤侵蚀提供物质来源,或者通过对粒径组成的改变间接影响土壤侵蚀作用。在多年冻土分布区,加强冻融侵蚀。在干燥地区,促成土壤的热蚀作用。第三,雨量集中夏季,约占全年总降水量60—75%,且暴雨多,一次连续降水量最大值,多数地区超过50毫米。呼和浩特一次连续最大降水量竟达218毫米(1959年),占全年总降雨量的50%;伊盟乌审旗呼吉尔特地区1977年8月1日夜间断历时12小时暴雨量达1400多毫米。年雨量变率大,一般为16—19%,这样的气候条件大大加强了土壤的水力侵蚀强度。第四,侵蚀性风力集中在冬、春两季,正是植被盖度相对低的季节,使土壤风蚀的强度相对增大。第五,降水量小于蒸发量。降水量从东到西多在400—100毫米,而蒸发量多在1200—3200毫米,不少地区蒸发量是降水量的十倍以上;气候干燥,大部分地区有十年九旱之说。面积广大的干旱气候决定了全区土壤侵蚀以风力侵蚀为主。第六,东亚季风气候的边缘性,除了决定各种动力波动频繁外,还导致了多相动力的复合作用,从而形成了一定范围的多相动力复合侵蚀,这正是农牧交错地带土壤侵蚀严重的主要原因之一。

内蒙古气候的空间分布规律,首先表现在以山体为轴的内、外侧不对称性。山体东南侧温暖而偏湿,山体本身温凉而湿润,山体西北侧温和,风大而干燥。其次显示出水平气候带与垂直气候带相交织的特征,充分反映了“梁原型”高原的水热再分配作用,这种作用还表现在次一级气候类型的空间分布上。

### 四、土壤侵蚀的植被环境

植被是控制土壤侵蚀的主要因素之一,它是通过改变地表粗糙度、地表水分环境和各种动力场的时空变化来减弱土壤侵蚀动力强度的,从而起到控制土壤侵蚀的作用。土壤侵蚀的植被环境,以其植被盖度、植物群落组成和植被结构影响土壤侵蚀强度。

植物群落组成及其盖度对土壤侵蚀的影响非常明显。观测表明,植物群落组成愈复杂,抗蚀性能愈好,如乔、灌、草复合的植物群落抗蚀性就比单一的乔木、灌木或草本要好。植被盖度与土壤侵蚀呈现反相关关系。表1-4为内蒙古主要植被的基本特征,从表中我们可以推断它们抗蚀性能的差异;另外,也可以看出,控制土壤侵蚀后,可能提高植被生产的潜力。对人工植被来讲,由于作物的季变性,对土壤侵蚀的影响也显示出明显的季变性,这一特征对土壤风蚀来说更为突出。农作物生长季节性与风力较弱时期相对应,土壤风蚀减弱,相反,农作物收割以后,正是强风力时期,土壤风蚀大大增加。但由于留茬的高低、



表 1-4 内蒙古主要植被类型特征

| 植 被 类 型     | 植被盖度(%) | 地上鲜草产量(kg/ha) |
|-------------|---------|---------------|
| 山地森林        | 50—100  | 8000          |
| 林缘草甸        | 90—100  | 8000          |
| 河滩及沼泽草甸     | 80—100  | 7975          |
| 湖盆低地盐生草甸    | 75—90   | 5500          |
| 禾草草原        | 70—90   | 5500          |
| 线叶菊草原       | 70—85   | 4450          |
| 杂类草典型草原     | 70—80   | 3750          |
| 禾草、小半灌木典型草原 | 55—65   | 2160          |
| 荒漠草原        | 25—50   | 1126          |
| 草原化荒漠       | 5—30    | 880           |
| 沙漠          | 1—30    | 50—1500       |
| 戈壁          | 1—5     | 340—810       |
| 荒漠低山残丘      | 3       | 91            |

地垄高低以及田块大小、田块延伸方向不同,对土壤侵蚀的影响也不同,这一点早已被美国土壤侵蚀研究专家的工作所证实(W.S.Chepil,1965)。对水蚀来说,情况恰恰与风蚀相反,农田植被覆盖度高的季节正是水力侵蚀力强的季节。从总的看,农田植被是控制土壤侵蚀的主要因子,但这种作用具有地域差异。在森林、灌木草原地区,农田植被对土壤侵蚀的控制能力不及原生地带植被的控制能力;在荒漠地区,农田植被对土壤侵蚀的控制能力就较原生地带植被好得多;至于农田植被本身的结构差异,对土壤侵蚀的影响就更复杂了,要做具体分析。

内蒙古植被具有明显的地带分异。首先表现出以山体为轴的内外分异;山体西北侧以天然草原和灌木荒漠为主,山地本身以森林、灌木草原占优势,山体东南侧由灌木草原和人工植被所覆盖。在这个基础上,又表现出由东北至西南的次一级分异,山体西南侧呈现干草原、草甸草原-荒漠草原-草原化荒漠、荒漠更替的规律;山体本身则为不对称性垂直更替规律,一般自基带的干草原、荒漠草原和草原化荒漠,经中部森林或灌木草原到顶部为草甸草原等;山体东南侧,东部为草原与人工植被相交织,西部为荒漠草原,向西过渡到草原化荒漠。植被这种地带性分异规律制约着土壤侵蚀强度和类型组合。山体本身土壤侵蚀较弱,但山体内外两侧的土壤侵蚀强度都比较大,而山体及东南侧以水力侵蚀、风水复合侵蚀为主,山体西北侧以风蚀和热蚀占绝对优势。

## 五、土壤侵蚀的土壤环境

土壤性状、土壤类型、土被结构及土被的空间分布规律等作为土壤侵蚀的土壤环境,对土壤侵蚀的影响极为显著,对土壤侵蚀防治和效益估算有重要作用。土壤侵蚀的对象就是土壤或土体,因此,土壤的物理、化学性状是影响土壤侵蚀强度的重要因子,它们通过

对各种侵蚀动力的抗性来实现对土壤侵蚀强度的增减作用。土壤厚度影响土壤侵蚀的抗蚀年限。在同一水平的侵蚀动力作用下,土层厚度与抗蚀年限成正相关关系,即土层厚度愈大,抗蚀年限愈长。但在水平不同的侵蚀动力下,土层厚度与抗蚀年限的关系比较复杂,若土层厚度不变,抗蚀年限就取决于侵蚀动力的强弱,侵蚀动力愈强,抗蚀年限就愈短,反之,抗蚀年限就长。土壤物质的机械组成对土壤侵蚀的影响主要表现在抗蚀性能上,它与地貌物质组成的性能一致。土壤结构影响土壤侵蚀的强度。通常紧实的土壤比松散的土壤抗蚀性要强得多。因此,在同等侵蚀力下,紧实的土壤比松散的土壤的侵蚀强度要小得多。土壤的各种化学性质,一方面,对植被影响,间接对土壤侵蚀起作用,另一方面,直接影响土壤侵蚀强度。例如,土壤有机质的多少对土壤的影响就显示出,有机质愈多,其上的植被生长愈好,抗蚀性愈明显,反之,抗蚀性不明显。另外,有机质本身的胶体形式不同,对土壤的抗蚀性能影响不同。土壤的各种理化性状直接或间接地影响着土壤侵蚀防治的方式和防治措施的制定,它是在研究土壤侵蚀与土地生产力开发之间的关系时,必须首先要考虑的环境因素。

内蒙古主要土壤类型及其对土壤影响的主要性质列于表1-5,从表中可推断它们对土壤侵蚀影响程度的大小。

土壤结构的空间分布是土壤侵蚀地域分异的一个主要原因。由于受地貌、气候和植

表 1-5 内蒙古主要土壤类型特征

| 土壤类型   | 表土层厚度(cm) | 有机质含量(%) | 占土地总面积(%) |
|--------|-----------|----------|-----------|
| 棕色针叶林土 | 11—20     |          | 4.46      |
| 灰色森林土  | 20—50     |          | 1.94      |
| 暗棕壤    | 5—25      |          | 8.37      |
| 棕壤     | 5—20      |          | 0.59      |
| 灰褐土    | 20—30     | 1—2      | 0.70      |
| 褐土     | 20—30     | 1—3      | 0.20      |
| 黑土     | 50—100    | 6—12     | 1.35      |
| 黑钙土    | 20—35     | 2—4      | 5.85      |
| 栗钙土    | 20—30     | 1—3      | 16.91     |
| 栗褐土    | 10—20     | 1—2      | 5.90      |
| 棕钙土    | 10—15     | <1       | 9.35      |
| 灰钙土    | 5—10      | <1       | 0.96      |
| 灰漠土    | 2—5       | <0.5     | 6.40      |
| 灰棕漠土   | 1—2       | <0.5     | 7.04      |
| 沼泽土    | 20—50     |          | 4.95      |
| 灌淤土    | 30—50     |          | 0.16      |
| 草甸土    | 20—50     | 1—6      | 2.05      |
| 风沙土    | 0—30      | 0.1—1    | 15.60     |

被的影响,内蒙古土被大体呈现出以山体为轴的带性分布规律。山体本身多为森林或森林、灌木草原土壤,山体西北侧为草原和荒漠土壤,山体东南侧为灌木草原、草原土壤和耕作土壤的交替分布区。次一级土被结构则表现出自东南到西北的递变规律。土被的地带性分布对土壤侵蚀空间结构的影响如同植被地带的的影响,在此不再赘述,但内蒙古中部土被与植被空间分布不很吻合,且植被带比土被带偏东,这一现象对土壤侵蚀环境的分析有重要意义。

## 六、土壤侵蚀的物质文化环境

加速或缓解土壤侵蚀与物质文化环境关系极为密切,这里所说的物质文化环境是融于自然环境系统的人类文化过程的物质景观表现。土壤侵蚀的物质文化环境主要包括人口、聚落、土地利用和交通、矿区等方面,它是区域长期文化过程的产物。

内蒙古人口分布地域差异明显,人口以西辽河平原灌区和河套平原灌区最为密集,一般为200—500人/平方公里;兴安岭东南麓和阴山前山丘陵次之,为50—200人/平方公里;而山地与广大的高平原地区较少,为1—50人/平方公里;西部荒漠地区最小,小于1人/平方公里(图1-4)。人口对土壤侵蚀的影响主要体现在对土地的利用程度上,人口密集地区,对土壤的利用、改造程度比较大。内蒙古人口密集区恰在平原灌溉区,对土壤侵蚀影响不大,而在次人口密集的丘陵区,人口密度与土壤侵蚀形成正相关关系。全区聚落分布与人口分布一致。聚落不仅本身改变土壤侵蚀的环境,而且聚落形成过程,在一定程度

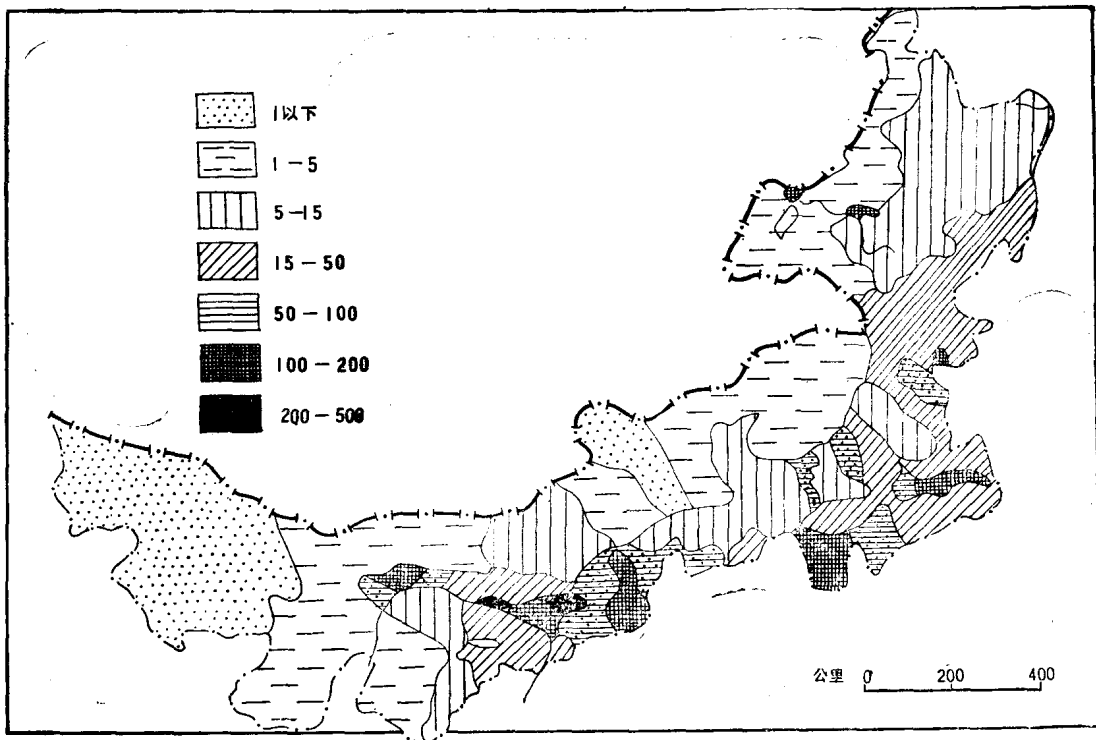


图 1-4 内蒙古人口密度图(1985年)  
(单位:人/平方公里)