

东北地区土壤侵蚀分异特征与分区治理模式研究

范昊明^{1,2}, 王铁良¹, 蔡强国³, 武敏¹, 周丽丽¹, 郭成久¹

(1. 沈阳农业大学 水利学院 沈阳 110161; 2. 辽宁省农业科学院, 沈阳 110161; 3. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要:东北地区在地质构造活动、地貌、流水、风力及冻融作用、人类活动方面存在着巨大的地带分异,进而也带来了侵蚀强度和侵蚀类型的分异。目前,东北地区土壤侵蚀以西南隅最为强烈,东南隅次之,北端冻土区最微弱。根据东北地区土壤侵蚀的分异特点,将该区分为9个土壤侵蚀类型区,并针对不同侵蚀类型区侵蚀特点,结合对东北地区72条小流域治理模式调查结果,总结提出了各区水土保持治理模式的一般框架。

关键词:土壤侵蚀;地带分异;水土保持;东北地区

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)02-0069-04

Study on the Zonation Differentiation of Soil Erosion and the Model of Soil and Water Conservation in Northeast China

FAN Hao-ming^{1,2}, WANG Tie-liang¹, CAI Qiang-guo³, WU Min¹, ZHOU Li-li¹, GUO Cheng-jiu¹

(1. College of Water Conservancy, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China; 2. Liaoning Academy of Agricultural Science, Shenyang 110161, China; 3. Institute of Geographical Sciences & Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: There are significant zonation differentiations on the tectonic, the landform, the flow separation, the wind power and the freeze-thaw action in the Northeast China, which cause the significant zonation differentiations on the erosion intensity and the type of soil erosion. At present, in the Northeast China the water erosion is significant in the southeast, the wind erosion in the west and the freeze-thaw erosion in the north respectively. According to the soil erosion zonation differentiation, the Northeast China is classified 9 regions of soil erosion types. Furthermore, the models of soil and water conservation for the 9 regions of soil erosion types have been generalized.

Key words: soil erosion; zonation differentiation; soil and water conservation; Northeast China

1 土壤侵蚀分异特征

东北地区土壤侵蚀类型多样,部分地区土壤侵蚀严重^[1,2]。该区的土壤侵蚀过程具有同气候环境近于一致的空间分异规律。据2000年第二次全国土壤侵蚀遥感调查结果显示,东北地区北端以冻融侵蚀表现最为明显,东南端以水力侵蚀表现最为明显,西端则以风力侵蚀表现最为明显。东北地区侵蚀外营力具有明显的季节性周期变化,冬季多寒冻作用,春季多风力作用,夏秋则多流水作用。因此,流水、风力和冻融作用成为东北地区最主要的三大外营力。各种营力作用是不同侵蚀类型发生的潜在性因素,能否发生灾害性的侵蚀过程在很大程度上也取决于人类活动与自然界和谐共存的程度。

2 土壤侵蚀影响因素分异特征

2.1 人类活动分异特征

据2000年土地利用遥感调查结果,东北地区工农业生

产等人类活动集中区主要分布在松嫩平原及其周边台地、低山丘陵区,辽河平原以及三江平原及周边台地区,这些平原周边的台地、低山丘陵区也是东北地区的中度、重度侵蚀集中的地带。东北地区从林草覆盖度来看在我国并不属于低覆盖区,但由于人类活动的区域性选择不同,目前,大部分林草覆盖度较高的地区主要集中分布在人类活动影响相对较小的大、小兴安岭以及气候较寒冷的东北地区北部。由于人类活动过程在空间上的区域差异,进而也影响到了土壤侵蚀在空间上的差异性表现。目前,林草覆盖度相对较高的大、小兴安岭山区及气候较寒冷的东北北部地区土壤侵蚀程度较弱。人类活动相对集中的大、小兴安岭山前台地、漫川漫岗区 and 辽河平原西部的低山丘陵及风沙区而言,土壤侵蚀最为严重。

2.2 内营力作用与地貌分异特征

东北地势的特征是东、北、西三面为低山、中山所环绕,中部是一片广阔的大平原。地貌是内、外营力交互作用的结果,东北地貌的基本轮廓和格架则与地壳表层的构造形态关

收稿日期:2007-05-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40601054);辽宁省教育厅高等学校科学研究资助项目(05L403)

作者简介:范昊明(1972-),男,博士,主要从事流域侵蚀、产沙与水土保持规划研究。E-mail: fanhaoming@163.com

系密切,有的与地质构造走向几乎完全一致。

阴山—燕山东西向构造带自天山向东延伸到辽宁铁岭一带,这个构造体系的东端褶皱成燕山、努鲁尔虎山、松岭、医巫闾山。华夏式北东向构造体系和华夏式北北东向构造体系展布在全东北,形成一系列褶皱拗陷带和隆起带。尤其是新华夏系,主体走向由北北东的 3 条隆起褶皱和沉降带组成。自东向西伸展在东北的为第二隆起带,形成了东北东部褶皱断块山脉;第二沉降带形成松辽盆地,其间为燕山东西构造带与渤海盆地所隔开;第三隆起带的北段形成大兴安岭褶皱断块山地,第三沉降带的北段形成呼伦贝尔盆地。新生代喜马拉雅运动使呼伦贝尔、松辽、三江、兴凯湖等内陆断陷及一些山间断陷盆地继续下沉,而第二、三隆起带继续隆起。新构造运动则继承这些活动断裂,在大、小兴安岭、东部山地和辽西山地继续抬升。而松辽平原、三江平原和兴凯湖平原继续下沉,在松嫩平原的嫩江中、下游、辽河平原的辽河口地带、三江平原中、东部地区成为新构造和近代构造运动的下沉中心,形成大片的沼泽湿地、溺谷和低平原^[3]。

总的来说,东北地区上升运动为主的地区有,吉林、黑龙江东部山地、大兴安岭、小兴安岭、呼伦贝尔高原和辽西山地。上升运动的主要表现是夷平面被抬高和河湖阶地的存在。下沉运动为主的地区主要有松辽平原、下辽河平原和三江平原。目前,东北地区侵蚀较严重的区域主要沿大、小兴安岭山前台地、低山丘陵及大兴安岭南端、辽西低山丘陵、张广才岭与长白山脉北端等地分布,即侵蚀较严重的区域主要分布在隆起与沉降带之间。因此,东北地区土壤侵蚀的分布与该区地貌条件及构成地貌的构造运动具有深刻的关系。

2.3 流水作用地带分异特征

流水作用几乎遍布东北地区全境,是该区现代地貌过程的重要外营力之一。东北全境由松花江流域、辽河流域、黑龙江及乌苏里江等流域组成,其中,松辽流域覆盖了东北的绝大部分区域。

大兴安岭北段的现代流水作用并不旺盛,这与茂密的植被和寒冷的气候有关。自北向南河流侵蚀量依次递增。黑龙江流域和乌苏里江流域(大兴安岭北端、完达山脉北段)为极轻度侵蚀区,侵蚀模数 $10 \sim 20 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$;松花江干流和嫩江流域、呼伦贝尔高原为轻度侵蚀区,输沙模数 $5 \sim 100 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$;第二松花江、大兴安岭南端和辽东半岛为中度侵蚀区,输沙模数 $30 \sim 400 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$;东辽河、西拉木伦河、辽河中游(康平、法库丘陵)为强度侵蚀区,输沙模数 $500 \sim 1000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$;老哈河、教条河、大凌河、柳河上中游为极强度侵蚀区,输沙模数 $2000 \sim 5000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。这一递变趋势反映了生物气候环境的南北递变,由寒温带湿润气候过渡到温带半干旱气候,流水作用显著加强。

由上述可以看出,东北现代流水作用的强度明显受东北气候的制约,北部微弱侵蚀区与气候寒冷,冻结季节长,植被茂密,降水少等因素有关;东南部中等侵蚀强度侵蚀区与降水量大,多暴雨有关。在温暖湿润的气候条件下,天然植被会抑制流水作用;辽东半岛由于植被的破坏,侵蚀强度明显大于长白山;西南部极强度侵蚀区与半干旱气候雨量集中、

暂时性流水作用较强,这与垦殖历史较久,天然植被遭到严重破坏有关。

2.4 风力作用地带分异特征

强大的风力是东北地区西部最活跃的外力过程,但它毕竟是亚洲大陆东部风沙作用的强弩之末,自西向东减弱,在松嫩平原半湿润地区西缘逐渐歼灭。由于这里现代生物气候条件比西部沙漠区要好,干燥度一般在 2 以下,故多为沙地,而不是沙漠。东北地区的沙地主要包括科尔沁沙地、呼伦贝尔沙地和浑善达克沙地的东缘,在中部向东逐渐过渡到松嫩平原中的双辽、梨树、通榆、长岭、扶余等低缓的伏沙带。这些沙地和伏沙地的特点是水热条件较好,年雨量大部分在 $300 \sim 450 \text{ mm}$,干燥度在 $1.5 \sim 2.0$ 。地面起伏和缓,目前多长有稀疏的草原植被和灌木。

科尔沁沙地和呼伦贝尔沙地的形成历史应当追溯到末次冰期的冰缘环境,在全新世初最佳气候期,几乎全部固定,并有土壤发育,目前再度起沙多与人类活动有关。沙地的形态东西有很大差异,越往西部,沙丘规模越高大,柳河上游奈曼旗以西的沙丘高达 $20 \sim 30 \text{ m}$,通辽以东的沙丘一般在 10 m 左右。再往东部即过渡为缓起伏的伏沙地,伏沙地主要见于吉林省西部和黑龙江的西南部。地面物质为冲积、湖积或少量的风积物,粉细沙或亚砂土,地面多平坦或微有起伏。这里垦殖率较高,也是沙漠化潜在威胁最严重的地方。

2.5 冻融作用地带分异特征

冻融作用既出现于多年冻土区,也出现于季节冻土区,但前者较为普遍和稳定。现代连续多年冻土界限可视为现代冰缘气候地貌区的界限。东北岛状多年冻土南界大致限于北纬 47° 以北的广大地区,但在山地明显向南凸,平原地区则又明显北凸。实际上,这里暖季的流水作用已成为塑造地面形态的主要营力。以冰缘营力为主的连续多年冻土区,仅限于北纬 51° 以北的大兴安岭北端和长白山顶。

东北北部的冻土根据发育程度,自北向南分三个带:大片连续多年冻土带,仅限于伊勒呼里山的北部,以满归为中心,年均温 $< -5^\circ\text{C}$,冻土层厚 $50 \sim 100 \text{ m}$,活动层仅 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$;岛状融区多年冻土带,年均温在 $-5 \sim -3^\circ\text{C}$ 间,冻土层厚 $20 \sim 50 \text{ m}$,活动层 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$;岛状多年冻土带,年均温 $-3 \sim 0^\circ\text{C}$,冻土层厚度 $5 \sim 20 \text{ m}$,活动层 $0.5 \sim 3.0 \text{ m}$ ^[3]。在多年冻土区以南,季节冻土遍及东北各地,冻结厚度各地不一,北部厚约 2.5 m ,南部仅 0.5 m 。这些区域,冻融侵蚀则常伴随着重力侵蚀、水力侵蚀一起发生,互助波澜。

2.6 影响因素综合作用与土壤侵蚀空间分异关系

东北地区土壤侵蚀的空间分异体现出明显的南北递变的纬度地带性,由北端的寒温带半湿润区到南端的暖温带半湿润区,外力过程由冻融作用过渡到较强的流水作用;同时也体现出明显的东西递变的经度地带性,由东部的温带半湿润区到西部的温带半干旱区,外力过程由流水作用过渡到较强的风沙作用,水、风、寒形成三足鼎立的形式,三者在一年的之内随季节有明显的进退交替。

侵蚀地貌的区域分异,不同程度地受原始地貌格局的控制。如冻融区的界限在山地明显南凸;风沙区的界限在平原

明显东凸;流水区的山地、台地以侵蚀为主,在平原则以堆积为主。侵蚀地貌的过程也反映出地貌过程的继承性和复合性。多年冻土区域目前已明显向北退缩了。风沙作用在晚冰期最为广泛和活跃,后经过固定,然后再次活动。多年冻土区后退,风沙区的延伸以及流水侵蚀区的扩大,除受到全球气候变化等的影响外,都明显与人类活动有关。人类活动改变了地面形状,从而出现了地貌过程与现代生物气候条件不相适应的现象。由于自然因素与人为因素的共同作用,目前,东北地区侵蚀地貌过程的移运以西南隅最为强烈,东南隅次之,北端冻土区最微弱。

3 不同侵蚀类型区水土保持治理模式

根据东北地区土壤侵蚀及其影响因素的分异特征,结合前期研究基础,可将东北地区分为9个主要侵蚀类型区:(1)大小兴安岭、长白山(大黑山)漫川漫岗水蚀区;(2)长白山(完达山、张广才岭)低山丘陵中度水蚀区;(3)大兴安岭东坡丘陵沟壑水蚀区;(4)小兴安岭低山丘陵轻度水蚀区;(5)辽西低山丘陵中、强度水蚀区;(6)松嫩平原中部轻度风蚀区;(7)松嫩平原西部、辽河平原北部轻、中度风蚀区;(8)科尔沁沙地及其周边中、强度风蚀区;(9)大兴安岭北部中低山、台地森林局部冻融侵蚀区。通过对东北地区72条小流域水土流失治理模式与治理经验的调查、分析,分别对各區水土保持治理模式的一般框架总结如下。

3.1 大小兴安岭、长白山漫川漫岗水蚀区

这一区域多被开垦为农田,坡耕地水土流失比较严重。规划设计的指导思想一般应贯彻“防治并重,治管结合,因地制宜,全面规划,综合治理,除害兴利”的方针,坚持岗洼、沟坡兼治,以治坡为主;工程、植物、农林措施相结合,以植物措施为主;在林种的配置上,坚持多林种、多层次的防护林体系配置模式,做到网、带、片结合,乔、灌、草结合,防护林、用材林和经济林结合,以期在治理流域内形成完整的防护体系。根据现有经验,可从山顶岗脊到沟壑设立三道防线,进行综合治理。第一道防线是在坡顶岗脊栽树带帽,并在其下部与耕地交界处开挖截流沟,以便涵养水源,改善生态环境,控制坡水下山进田;第二道防线是对坡面进行综合治理。具体措施是对 3° 以下的坡耕地改顺坡起垄为横坡耕作,将 $3\sim 5^{\circ}$ 的坡耕地改造成坡式梯田,将 $5\sim 7^{\circ}$ 坡耕地改造成水平梯田;对 7° 以上坡耕地实行退耕还林还草;第三道防线是在沟道中按10~20 a一遇设防标准,修跌水、谷坊和塘坝以便拦泥蓄水,控制沟壑发展。

3.2 长白山低山丘陵中度水蚀区

这一区域也是东北地区水土流失相对比较严重的地区,根据区域水土流失治理经验,一般可构建4道防护体系进行水土流失治理,分别为:(1)分水岭及坡面防护体系。在无林的山顶、山梁上,营造以樟子松等乡土树种为主的环抱闭合防护林带,在 25° 以上陡坡耕地和荒坡上营造护坡林。以50 m左右的距离开挖水平竹节壕,壕埂栽种棉槐、刺槐等,壕间实行穴状整地造林。阴坡壕沟内以松树为主并混以其它乔木,阳坡壕沟内以刺槐、苕条等水保林为主,构建防治水土流失的第一道防线;(2)农田防护体系。 5° 以下土地作为基本

农田, $5\sim 15^{\circ}$ 耕地实行等高垄作, $15\sim 25^{\circ}$ 耕地修建梯田, 25° 以上陡坡耕地,全部还林还草,构建防治水土流失的第二道防线;(3)沟壑防护体系。在工程措施方面,修建沟头防护、谷坊、沟边围埂;在植物措施方面,营造沟头、沟坡、沟底防护林。在配置过程中将工程措施与植物措施有机结合,治沟与治坡成为一个整体,形成防治水土流失的第三道防线;(4)河流及水利工程防护体系。治理村间的小河,按十年一遇行洪标准,拓宽河床,两岸建堤,并以植柳为主,生物护岸。对现有小型水库和塘坝,提高工程标准,达到设计要求,起到宏观控制作用。从而使山水入河而下,蓄水工程发挥蓄、排、调节作用,变水害为水利,保护耕地和村屯安全,成为防治水土流失的第四道防线。

3.3 大兴安岭东坡丘陵沟壑水蚀区

根据以往区域水土流失治理较成功的经验,该区水土流失治理总结为“三种水库技术与三道防线技术”。3种水库技术中,一是工程水库。按照流域和水系的特点,把有限的天然降水、泉水、桃花水等零散水源通过工程手段围堵、拦蓄、储存;二是土壤水库。通过调整垄向、兴修梯田,使治理后的坡耕地土壤通透性增强,提高渗、蓄能力,防止坡耕地径流造成的水土大量流失;三是生物水库。通过植物调蓄降水径流。对水土流失严重、治理难度大的丘陵区,以治坡、治沟为主攻方向,从上到下,布设三道防线,形成完整的坡面防护体系。第一道防线是坡顶防护工程。即山顶栽戴帽,林缘与耕地接壤处开挖截流沟,控制坡水下山;第二道防线是坡面防护工程。即按等距营造水保林,等高垄作、修梯田,蓄水保墒就地入渗;第三道防线是沟道防护工程,即沟头修跌水,沟底修谷坊、塘坝,沟岸削坡植树,育林封沟,顺水保土。对坡耕地以改造为主,采取调整垄向、修梯田、地埂植物带等措施,保水固土。对平原区,以植物措施为重点,营造农防林,凭借“绿色屏障”阻挡风沙,减少水分蒸发。对低洼易涝区,退耕还林、还湖、还草,具备条件的则采取旱改水、以稻治涝。

3.4 小兴安岭低山丘陵轻度水蚀区

这一区域水土流失问题并不突出,主要采取工程措施、林草措施及耕作措施。调动当地群众的积极性,因地制宜,合理规划,做到治理效益与当地群众利益相结合,当前利益与长远利益相结合,治理与管护相结合,走开发性治理的路子,把小流域建设成结构合理、功能稳定,可持续发展的生态经济区。

3.5 辽西低山丘陵中、强度水蚀区

这一区域土地开发历史悠久,水土流失严重,经济发展相对落后。根据多年水土保持治理经验,应考虑保持水土与经济发展同步进行。其中比较典型的是小流域“金字塔”综合治理模式,即“一林戴帽,二林围顶,果牧拦腰,两田穿靴,一龙坐低”。一林戴帽:山顶穴状阵地,营造刺槐、沙棘薪炭林;二林围顶:山上竹节壕配鱼鳞坑(1:3行)工程整地,按每 1 hm^2 蓄水 50 m^3 设计施工,营造油松、樟子松、落叶松、刺槐等用材林和山杏等经济林;果牧拦腰:山腰土厚坡缓,则修台田,按每 1 hm^2 蓄水 $1\ 500\text{ m}^3$ 设计施工,栽植苹果、梨、山楂、扁杏、大枣等树木,建设干鲜果园;山腰土薄坡陡,则修

水平沟,按每 1 hm^2 蓄水 750 m^3 设计施工,营造林带,种植牧草,建设人工牧场,主要是进行经济开发,建设果牧商品生产基地;两田穿靴:山脚坡缓土厚,修高标准水平梯田,按每 1 hm^2 蓄水 $3\,000\text{ m}^3$ 设计施工,建设基本农田,河川两岸地平土肥,建设集约经济田;一龙坐低:沟壑治理上游谷坊拦、中间塘坝堵、出口造农田。河道整治河靠山、路靠边,路坝结合树镶边,沟道建成拦蓄排工程配套成龙,开发利用沟道水土资源。

3.6 松嫩平原中部轻度风蚀区

该区为我国风蚀带向东延伸的末端,对水土流失的控制应注重防治结合。首先,结合“三北”防护林建设,侵蚀耕地治理上应以营造农田防护林,推广旱作农业技术、节水灌溉技术和建立抗旱防蚀耕作制度为主;牧草地以营造牧防林、草地改良和种草为主;荒地和难利用地,选择抗盐碱或耐盐碱的树、草种,推广客土泥浆等造林技术;工矿区侵蚀采取及早恢复植被或硬覆盖措施,同时大力进行城镇及工矿区绿化美化,改善城镇环境质量。

3.7 松嫩平原西部、辽河平原北部轻、中度风蚀区

该区土壤风蚀比较严重,一般应采取的主要措施为“建设草田林网,实行草田轮作”。就是根据当地风沙较大的自然特点,建设农田牧场防护林网,确定农田区和种草区,农田和种草定期轮作,实现林、粮、草的优化配置,最大限度地提高土地利用率和生产率。一般可采用的做法是:(1)以水土保持作业路为骨干,将流域全部用林网控制起来,林网规格 $200\text{ m}\times 200\text{ m}$,主林带宽 20 m ,其结构为中间6行乔木,两侧各2行灌木,副林带宽 12 m ,结构为中间4行乔木,两侧各1行灌木,乔木树种为杨树,株行距为 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$,灌木树种为柠条,株行距为 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$;(2)粮田、草田面积根据当地社会经济条件和自然条件安排,轮作年限根据粮食作物和草的种类确定。一般草田网格比例确定为 $2:1$,主要种植青贮玉米,为牲畜过冬补充饲料;(3)根据沙打旺等牧草的生长特点和粮草面积的比例,确定草田轮作的年限和轮次,一般每 5 a 为一轮, 15 a 全部轮作一次。

3.8 科尔沁沙地及其周边中、强度风蚀区

该区主要以牧业或农牧业交错的形式为主进行生产。对于风蚀强烈、土地沙漠化严重的地区,可以采取移民的办法,将其作为“自然保护区”,禁垦禁牧。在沙害危害严重,又急需治理的流动沙丘上和流动沙丘的下风侧,采取工程措施埋设麦秸、蒲苇草等沙障,同时营造灌木林,阻止流沙前移。这种方法既防止了沙丘流动蔓延,又为林草生长提供了可能,加快流动沙丘的植被恢复。对于西辽河两岸和科尔沁沙地南缘甸甸相间分布沙漠化程度较轻的地区,要严格控制坨

子地开荒,对已开垦的坨子地有计划地压缩耕地面积,加强农田防护林建设。利用比较丰富的地下水和地表水资源,发展“小生态经济圈”模式治沙,以农户为单位采用围封的办法,在围栏四周栽植防护林,在防护林内侧种草、耕种,形成一个小的生态圈。实际上就是变粗放经营为集约经营,既改善环境,又提高经济收入。

3.9 大兴安岭北部中低山、台地森林局部冻融侵蚀区

这一区域受人为干扰程度较小,侵蚀强度不大,其治理模式一般应选择适应性广、抗寒能力强、根系发达、经济价值高的树种及草种防治侵蚀,必要时辅以一定的工程措施。树种一般可选择中国沙棘,草种可选择沙打旺、紫花苜蓿等。对冻融侵蚀易发生的路坡、沟壁、渠坡、河床等处进行植被恢复工作。选择适宜的工程措施防治或延缓冻融侵蚀发生,对植物措施也会起到一定的辅助作用,防治效果将更加明显。冻融侵蚀区一般可选择的工程措施有水平阶、截流沟、竹节壕、削坡等措施。另外,采取封育措施,减少人为活动对冻融侵蚀地区的影响也是比较合适的治理措施。

4 小 结

东北地区在地质构造活动、地貌、流水、风力及冻融作用、人类活动方面存在着巨大的地带分异,进而也带来了侵蚀强度的地带分异。从内营力影响来看,水力侵蚀较严重的区域主要分布在新构造运动的隆起与沉降带之间。流水、风力和冻融作用为最主要的三大外营力,冻融作用在东北地区北端作用最为强烈,在其它区域则同水力、重力等因素交织在一起共同作用;流水作用在东南端作用最为显著;风力作用在西部作用最为显著。各种营力作用是不同侵蚀类型发生的潜在性因素,人类活动是东北地区现代侵蚀的主要诱发性因素,不同地带人类活动的强度也带来侵蚀强度的差异。目前,东北地区土壤侵蚀以西南隅最为强烈,东南隅次之,北端冻土区最微弱。

根据东北地区土壤侵蚀的分异特征,将其分为9个主要侵蚀类型区,根据各分区土壤侵蚀特征,并结合对东北地区72条小流域水土流失治理模式与治理经验的调查、分析结果,分别对各区提出了水土保持治理的一般模式框架。

参考文献:

- [1] 蔡强国,范昊明,沈波. 松辽流域土壤侵蚀危险性分析与防治对策研究[J]. 水土保持学报,2003,17(3):21-24.
- [2] 范昊明,蔡强国,王红闪. 中国东北黑土区土壤侵蚀环境[J]. 水土保持学报,2004,18(2):76-81.
- [3] 李祯,祁承留,孙文昌. 东北地区自然地理[M]. 北京:高等教育出版社,1998.