



东北黑土区水土流失综合防治技术丛书

坡耕地水土流失防治技术

孟令钦 王念忠 编著

SOIL AND WATER CONSERVATION MEASURES
FOR SLOPE FARMLAND IN NORTHEAST CHINA



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



东北黑土区水土流失综合防治技术丛书

坡耕地水土流失防治技术

孟令钦 王念忠 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书比较系统地介绍东北黑土区坡耕地治理技术。重点介绍了 10 种在东北黑土区治理坡耕地水土流失应用最广泛的水土保持工程措施、植物措施和耕作措施。这 10 种技术措施是东北黑土区独有的、且保水保土效益好的技术措施。为了使读者能更好地理解这些措施的应用方法,了解这些措施使用效果,对所介绍的每种技术措施都配上了照片,对有保水保土监测数据的或能够查到可靠文献的水土保持技术措施,给出了这些数据和历史文献,以便读者了解在使用这些技术措施后,会取得怎样的保水保土效果。

本书可供东北黑土区水土保持的管理部门和工程技术人员参考使用,也可作为大学和水土保持技术研究部门的研究人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

坡耕地水土流失防治技术 / 孟令钦, 王念忠编著

— 北京: 中国水利水电出版社, 2012. 12
(东北黑土区水土流失综合防治技术丛书)
ISBN 978-7-5170-0413-4

I. ①坡… II. ①孟… ②王… III. ①坡地—耕地—
水土流失—防治—东北地区 IV. ①S157.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第291601号

书 名	东北黑土区水土流失综合防治技术丛书 坡耕地水土流失防治技术
作 者	孟令钦 王念忠 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京博图彩色印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 8 印张 190 千字
版 次	2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—1500 册
定 价	48.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《东北黑土区水土流失综合防治技术丛书》 编写委员会

编委会

主任委员 王福庆

委 员 沈 波 王念忠 李建伟 范建荣 陈浩生 王岩松
王宝桐 白凤春 康百赢

顾问委员会

主任委员 武龙甫

委 员 王礼先 蔡强国 刘宝元 谢 云 阎百兴 张兴义
杨爱民 杨海军 蔡 壮

主 编 沈 波 范建荣

《坡耕地水土流失防治技术》 编写人员名单

编 著 孟令钦 王念忠

参加编写 回莉君 任 明 郭晞尧 陈 光 高 燕 郭 海
高 远 周江红 黎霄苹 刘立权 郑明军 康百赢
母成波 袁 宏 张春山 张宝丽 孙丽红 刘福堂
屈远强 夏静芳 于得信

序

东北黑土区是世界上仅有的三大块黑土区之一，分布于松辽流域的黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古 4 省（自治区），面积 103 万 km^2 ，其中耕地面积 3.2 亿亩，粮食产量占全国的近 1/5，GDP 总量占全国的近 10%，是我国重要的商品粮基地和老工业基地。

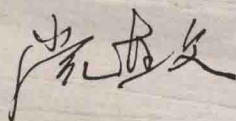
长期以来，由于自然因素和人类不合理的生产经营活动，东北黑土区水土流失日益加剧，据全国第二次水土流失遥感调查显示，水土流失面积一度占东北黑土区总面积的 33.7%，大多数坡耕地都存在着不同程度的水土流失，严重的水土流失问题制约区域经济社会可持续发展的同时，威胁着国家粮食安全。进入 21 世纪，黑土区水土流失问题引起了党和国家的高度重视，2002 年，时任国务院副总理的温家宝同志先后两次做出重要批示，要求把黑土区水土流失防治工作列入议程。《全国生态环境建设规划》，国民经济和社会发展第十一个、第十二个五年规划纲要及《中共中央关于构建社会主义和谐社会若干重大问题的决定》，《中共中央国务院关于实施东北老工业基地振兴战略的若干意见》，《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》等一系列重要文件，都明确要求加强东北黑土区水土流失综合治理。

多年来，松辽流域内各级政府、水土保持工作部门和广大人民群众发扬了自力更生、艰苦奋斗的精神，一方面坚持以小流域为单元、综合治理、重点突破、逐步推进的水土保持生态建设方针；另一方面坚持监督管理规范化，加大对各行、各业生产建设项目水土保持监督管理力度，遏制人为水土流失。与此同时，坚持不懈地加强科研攻关，利用先进的水土保持监测技术手段开展水土流失动态跟踪监测，积极开展黑土区水土流失治理科技创新、推广和应用，为科学分析、评估和防治水土流失提供可靠的技术支撑。随着东北黑土区水土流失综合防治试点工程、国家农业综合开发东北黑土区水土流失重点治理工程等国家重点工程相继实施，水土流失综合防治取得了显著成效，项目区严重的水土流失得到了有效遏制，黑土地得到了全面保护，土地生产能力得到了大幅提高，生态环境、生产生活条件得到了明显改善。

我们应该看到，虽然取得了一些成绩，但是，据《东北黑土区水土流失及生态安全科学考察报告》（2010 年）统计，东北黑土区目前仍有水土流失 27.59

万 km^2 ，占总面积的 26.79%。黑土区水土流失问题主要表现为，面积扩大速度减缓，但仍在发展之中，处于扩大趋势；水土流失仍以面蚀为主，强度逐步增强，黑土层逐渐变薄，土壤养分日趋下降；侵蚀沟数量持续增加，沟道仍在继续扩展，向大侵蚀沟方向发展。东北黑土区水土流失综合防治工作面临的形势十分紧迫、任务十分艰巨，继续加强水土保持、保护土地生产能力、改善区域生态环境仍是各级水土保持工作部门和工作者的义不容辞的责任。

近年来，广大水土保持工作者围绕东北黑土区水土流失特点，开展了一系列水土流失治理和管理等方面的探索和实践，在水土流失分区防治、坡耕地治理、侵蚀沟道治理、水土流失监测、生产建设项目监督管理等多方面探索总结出了丰富成熟的经验、技术和手段，形成了很多工作成果，《东北黑土区水土流失综合防治技术丛书》是在系统总结和梳理这些成果基础上编制完成的，印记了东北黑土区水土流失综合防治的历程和经验，凝聚了广大水土保持工作者的智慧和汗水，是指导东北黑土区水土流失综合防治工作的重要科技文献。当前和今后一个时期，是我国全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的关键时期，也是治理水土流失、建设秀美山川的关键时期，东北黑土区区域特点明显，水土保持事关生态文明建设、事关国家粮食安全，基础地位和作用突出，水土流失问题的复杂性和危害性亟待我们深刻的认识 and 解决，该丛书在东北黑土区水土流失综合防治实践中具有较高的应用、推广和借鉴价值，必将为解决黑土区水土流失问题、有效保护稀缺黑土资源、推动区域经济社会全面协调可持续发展发挥重要作用。



2012 年 9 月

前 言

水土流失已成为全球最大的环境问题。据联合国粮农组织的专家估算,全世界约有 2500 万 km^2 土地遭受水土流失,占陆地总面积的 16.7%。其中以美国、中国、澳大利亚、印度水土流失面积最大。水土流失导致土地破碎,耕地贫瘠,沙尘暴加剧,环境恶化,严重威胁着人类社会的可持续发展。

据第二次土壤遥感调查,我国土壤侵蚀总面积有 356.9 万 km^2 , 占国土总面积的 37.2%。全国有坡耕地面积 3.17 亿亩,占全国水土流失面积的 5.94%,但是坡耕地的土壤流失量几乎占全国水土流失总量 40% 以上。

东北黑土区的坡耕地面积为 1.92 亿亩,占耕地总面积的 59.38%。由于黑土土壤疏松、抗蚀能力弱,坡耕地极易产生水土流失。黑土区在开垦初期,黑土层有 80~100cm 厚。开垦 100 多年来,在坡度较大或耕作较久的地方,黑土层厚度仅剩 20~40cm,有些地方仅存 10cm 厚。因此,保持了富含腐殖质的黑土层,就是保持住了粮食。

国家为拯救黑土地,从 2003 年开始,国家投入了大量的资金,实施了一系列国家级水土保持生态建设项目,开展了东北黑土区水土流失综合防治工作。为了配合治理工作的开展,在水利部的支持下,松辽水利委员会在 2006 年开始,组织国内外科研院所和大专院校等有关单位编写了《黑土区水土流失综合防治技术标准》(SL 446—2009)。为了使东北 4 省(自治区)的水土保持工作者和土地使用者更好地理解和使用这些坡耕地水土流失防治措施,达到更好的应用效果。从 2010 年开始,松辽水利委员会开始组织国内有关科研院所及东北 4 省(自治区)有关水利水土保持管理部门的学者专家和水土保持技术管理人员,开展了东北黑土区水土流失综合防治技术丛书之一的《坡耕地水土流失治理技术》编写工作。这本书的撰写,旨在使广大土地使用者、水土保持工程技术人员和相关科研人员,能更好更深入地了解和使用那些在《黑土区水土流失综合防治技术标准》(SL 446—2009)中所列的坡耕地治理技术。

在本书的撰写过程中,得到了黑龙江省、吉林省、辽宁省和内蒙古自治区水土保持局(处)的大力支持。在调研过程中,得到了黑龙江农垦红星农场、九三农场,黑龙江省穆棱市水务局,吉林省梅河口水利局,辽宁省彰武县

水利局，内蒙古兴安盟水利局的大力协助。本书在撰写期间，还得到北京师范大学刘宝元教授，中国科学院东北地理与农业生态研究所张兴义研究员等专家的热心指导，在此表示衷心的感谢！

作者

2012年10月31日



目 录

序

前言

1 东北黑土区坡耕地水土流失问题	1
1.1 水土流失特点	1
1.2 面蚀问题	4
1.3 沟蚀问题	8
1.4 水土流失危害	11
2 东北黑土区坡耕地水土流失防治理念	18
2.1 坡耕地水土流失防治的理念	18
2.2 坡耕地水土流失防治目标	19
2.3 东北黑土区坡耕地水土流失防治的几种成功模式	20
3 东北黑土区坡耕地水土流失防治技术	23
3.1 工程措施	23
3.2 植物措施	44
3.3 耕作措施	59
4 东北黑土区坡耕地水土流失防治模式应用典型	82
4.1 以坡耕地治理为主的小流域综合治理模式	82
4.2 黑龙江省农垦坡耕地治理	109
参考文献	119



1 东北黑土区坡耕地水土流失问题

地球上共分布着三片宝贵的黑土区：一片在欧洲，主要分布在东欧的乌克兰大平原，面积约为 190 万 km^2 ；一片在北美洲，主要分布在美国的密西西比河流域，面积约为 100 万 km^2 ；再一片在亚洲，主要分布在中国的东北地区的松辽流域，面积约为 103 万 km^2 ，黑土主要由暗棕壤、黑土和黑钙土；棕色针叶林土、山地苔原土、暗灰色森林土；棕色森林土、褐土和少量的草甸土和沼泽土等组成。这些土壤有一个共同的特征就是腐殖质含量丰富，具有深厚的暗色土层，土壤比较肥沃。中国东北松辽流域的黑土区地理坐标界定于东经 $135^{\circ}06' \sim 119^{\circ}01'$ ，北纬 $30^{\circ}48' \sim 53^{\circ}33'$ ，区域范围界定于我国东北的松花江、辽河两大流域中上游〔包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古等四省（自治区）〕地区，即松嫩平原和辽河平原。北起大小兴安岭南麓，南至辽宁省大连市，西到内蒙古自治区的东部地区大兴安岭山地边缘，东达乌苏里江和图们江。本区地域辽阔，气候南北差异较大，从北到南分为寒温带、中温带和暖温带三个气候带，但以中温带为主，只有最北部的大兴安岭北端为寒温带，最南部的辽东半岛一带为暖温带北缘。由东向西，跨湿润、半湿润与半干旱三个区。本区江河纵横交错，湖泊泡沼星罗棋布。与华北、西北相比，本区水量较多，水资源也较丰富，大小河流约 2300 条，主要河流有黑龙江及其支流松花江、嫩江、海拉尔河、乌苏里江，辽河，鸭绿江，图们江等。著名的湖泊有兴凯湖、呼伦湖、查干湖、月亮泡、镜泊湖等。

中国东北松辽流域的广袤无垠的黑土地是大自然历经千百万年孕育，赋予我们的得天独厚不可再生的有限宝藏。然而，就是这样一片富饶的土地，由于自然因素制约和人为活动破坏，正在遭受着水土流失的劫难，黑土正在以惊人的速度流失。

东北黑土区是中国重要的商品粮基地。长期以来，由于自然因素和人类不合理的生产经营活动，黑土地水土流失呈日益加剧的趋势，据初步测算，近 50 年黑土地平均每年流失表土达 $0.3 \sim 1.0 \text{cm}$ 。如此严重的流失状况，直接导致黑土区土地生产力的大幅度下降，对国家粮食安全构成极大威胁，同时水土流失还导致江河淤积，加剧洪涝灾害，制约区域经济社会的可持续发展。为此，加快东北黑土区水土流失综合治理，保护珍贵黑土资源和国家重要商品粮基地，促进区域经济社会可持续发展，成为我国当前一项十分紧迫的战略任务。

1.1 水土流失特点

东北黑土区的地形特点为坡缓、坡长；一般坡度在 15° 以下，坡长一般为 $500 \sim$

2000m, 最长达 4000m。黑土土壤疏松, 抗蚀能力弱。由于降雨集中和长期以来人口增加导致的过度垦殖、超载放牧、乱砍乱伐等不合理的开发利用, 使该区的水土流失日趋严重。其水土流失有以下几个特点。

(1) 水土流失面积大, 范围广。东北黑土区的水土流失面积为 27.59 万 km^2 , 占黑土区总面积的 27%。其中: 内蒙古自治区 9.55 万 km^2 ; 黑龙江省 11.52 万 km^2 ; 吉林省 3.11 万 km^2 ; 辽宁省 3.41 万 km^2 。黑龙江省水土流失面积以轻度为主, 但中度、强度侵蚀的增长速度较快; 辽宁省以轻度、中度侵蚀为主。值得注意的是, 虽然蚕场、放牧场、沟壑、无工程果园等地区以及开矿、采石等开发活动侵蚀面积较少, 但中、强度侵蚀面积却占有很大比例, 水土流失危害较大; 内蒙古自治区东部水蚀面积逐渐增多, 目前以轻度、中度侵蚀为主, 占 70.3%, 强度侵蚀占 29.5%。1985 年以来, 吉林省水蚀面积和强度开始呈逐渐减少趋势。

(2) 水土流失类型多样。水土流失类型主要的有水蚀、风蚀和冻融侵蚀。东北黑土区各类型的水土流失面积分别为: 水蚀面积 17.70 万 km^2 , 风蚀面积 4.13 万 km^2 , 冻融侵蚀面积 5.76 万 km^2 。自然因素(气候)主要通过降雨和风影响土壤侵蚀, 一般是降雨量越大, 土壤越易受侵蚀, 侵蚀程度的轻重更主要是决定于降雨强度, 暴雨是造成严重水蚀的重要气候因子, 黑土区 6~9 月降雨占全年降水的 80%, 暴雨多, 强度大, 连雨天长。据记载, 日最大降雨量可达 120~160mm, 最大降雨强度 1.6mm/s, 6~9 月连雨天皆大于 6 天, 最长的为 9~10 天, 占全年降水量的 20%~25%。由于前期土壤水分饱和, 土

黑龙江省穆稜县的陡坡开荒





内蒙古东部的陡坡开荒

壤结构部分已被泡散，后期稍有小雨就产生径流；本区受蒙古高压的影响十分强烈，西伯利亚贝加尔湖的低气压气流向东移动，经过这里时，常发生猛烈的大风。每年春季（3～5月）风多、风大、周期长，这是引起风蚀的主要原因；本区地处温带、寒温带大陆季风气候区，冬季严寒而漫长，夏季炎热多暴雨，年内温差变化较大，因此在本区有较大的冻融侵蚀面积。

（3）水土流失主要来源于坡耕地。东北黑土区的坡耕地面积为 1.92 亿亩，占耕地总面积的 59.38%，且多数分布在 $3^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 坡面上。坡耕地的特点是坡缓、坡长，黑土土壤疏松、抗蚀能力弱，极易产生水土流失，坡耕地产生水土流失面积占整个黑土区水土流失面积的 46.39%。黑土有机质含量较高，垦殖前可达 7%～10%，黑土层厚度在 40～100cm；垦殖 40 年后，黑土有机质下降至 4% 左右。黑土分布区多为波状起伏的漫岗地形（坡度在 $1^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ），加之母质以粗粉沙、黏粒为主，具有黄土特性，表层疏松，抗蚀抗冲能力差，底土黏重，透水能力差，因此决定了黑土易遭受侵蚀。黑土分布区交通便利，开发强度相对较高，目前垦殖率可达 75%，经过 200 余年的垦殖，特别是近半个世纪以来大面积开荒和粗放的农田管理方式，严重地破坏了土壤结构，加速了有机质的分解矿化，造成水土流失面积扩大，侵蚀强度增加，加剧了农业非点源污染的负荷。长春郊区耕地有机质已由垦前的 4.5%～5% 下降到目前的 2.3%，而且土壤侵蚀随黑土层变薄而加强，在坡度较大或耕作较久的地方，黑土层厚度仅剩 20～40cm，有些仅 10cm，甚至出现了“破皮黄”或“露地黄”。黑龙江省黑土地带的 400 万 hm^2 旱作坡耕地，年流失土壤 3.75 亿 t。

1.2 面蚀问题

面蚀是指由于分散的地表径流冲走坡面表层土粒的一种侵蚀现象，它是土壤侵蚀中最常见的一种形式。凡是裸露的坡面表面，都有不同程度的面蚀存在。由于面蚀面积大，侵蚀的又都是肥沃的表土层，所以对农业生产的危害很大。东北黑土区的面蚀主要发生在坡耕地上，表现形式主要是层状面蚀和细沟状面蚀。层状面蚀是指降雨在坡面上形成薄层分散的地表径流时，把土壤可溶性物质及比较细小的土粒以悬移质为主的方式带走，使整个坡地土层变薄，肥力下降。细沟状面蚀是暴雨过后，坡面被分散的小股径流冲成许多细密的小沟，这些细沟大致沿着坡度流线方向分布，一般沟深和宽都不超过 20cm，通过耕作措施即可将其平复。

坡耕地是东北黑土区水土流失的重要发生地。由于对粮食的需求，东北一直是全国开荒的重点地区。在全国耕地面积下降的情况下，东北黑土区耕地面积由 1949 年 1686.7 万 hm^2 ，到 1985 年达 1900 万 hm^2 ，增加了 213.3 万 hm^2 ；到 2000 年达 2178 万 hm^2 ，比 1985 年又增加了 278 万 hm^2 。从 1949~2000 年共增加耕地面积 491.3 万 hm^2 。上述耕地面积的扩大，主要是大面积开荒的结果。卫星遥感图像的分析解译结果表明，20 世纪 90 年代中期至 2000 年东北黑土区耕地面积增加了 145.59 万 hm^2 ，以黑龙江省和内蒙古自治区东部增加最多，分别增加了 67.96 万 hm^2 和 60.6 万 hm^2 ，占同时期东北黑土区增加耕地面积的 88.3%。

由于自然因素的作用及人为大量开荒，特别是陡坡开荒等不合理生产活动的破坏，导致东北黑土区水土流失比较严重，区内现有水土流失面积 27.59 万 km^2 ，占东北地区总土地面积的 27%。

1.2.1 水土流失使黑土朝着蜕化方面演变

水土流失导致黑土层变薄。据调查，目前黑土区每年流失表土层 0.3~1cm。年平均流失表土层 0.45cm，在水土流失严重的地方只剩下薄薄的表层，颜色由黑变黄形成“破皮黄”。东北黑土地初垦时黑土层厚度一般在 60~80cm，土层厚的地方可达 100cm。开垦 20 年的黑土层厚度减至 60~70cm，开垦 40 年的减至 50~60cm，开垦 70~80 年的黑土层只剩下 20~30cm。黑龙江省和吉林省调查结果表明，目前黑土腐殖质层厚度大于 20~30cm 的面积占黑土总面积的 25% 左右，比高强度利用前下降 10%~20%。黑土蜕变的过程：厚层黑土→中层黑土→薄层黑土→破皮黄黑土→成土母质。

按着这样的流失速度，再过几十年或百多年，黑土层将被剥蚀殆尽，大片肥沃的良田将变成不毛之地。因此，从这个意义上来说，保住了富含腐殖质的黑土层，就是保住了粮食。

1.2.2 氮磷钾的含量降低

严重的水土流失导致东北黑土区的土地板结、土壤结构恶化。据调查，黑土区土壤有机质含量平均由 12% 下降到 2.3%，土壤总空隙度由 67.9% 下降到 52.2%，田间持水量由 57.7% 下降到 26.6%，水稳性团粒由 58% 下降到 35.8%，土壤容重由 0.39g/cm³ 增加到 1.26g/cm³。开垦不同年限黑土物理性状变化见表 1.1。



黑龙江穆棱县历史上开荒形成的坡耕地



黑龙江省农垦九三农场融雪后产生水土流失的坡耕地

注：照片由北京师范大学刘宝元教授提供。



出现面蚀和浅沟侵蚀的坡耕地

注：照片由北京师范大学刘宝元教授提供。



黑龙江省克山县坡耕地的面蚀问题



黑龙江宾县前进小流域的坡耕地

目前，东北黑土区土壤有机质每年以千分之一的速度递减，每年流失的土壤养分价值为 5 亿~10 亿元。据估算，黑土区每年流失掉的黑土达 1 亿~2 亿 m³，流失掉土壤中的氮、磷、钾元素折合成标准化肥达 400 万~500 万 t，相当于四五个年产百万吨的大庆化肥总厂的年产量。

表 1.1 开垦不同年限黑土物理性状变化表

年限 (年)	深度 (cm)	比重 (g/cm ³)	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	饱和持水量 (%)	田间持水量 (%)	对植物有效水分 (%)
5	0~15	2.50	0.863	64.8	75.24	54.56	20.44
	15~25	2.56	1.042	59.2	61.65	43.20	18.60
40	0~15	2.40	1.095	55.9	59.53	50.06	17.53
	15~25	2.50	1.121	52.2	50.64	36.26	6.25

1.3 沟蚀问题

20 世纪 50 年代以来，东北黑土区侵蚀沟数量不断增加。以黑龙江省为例（图 1.1），侵蚀沟密度明显增加（图 1.2），向大沟方向发展，许多冲沟处于不稳定状态。

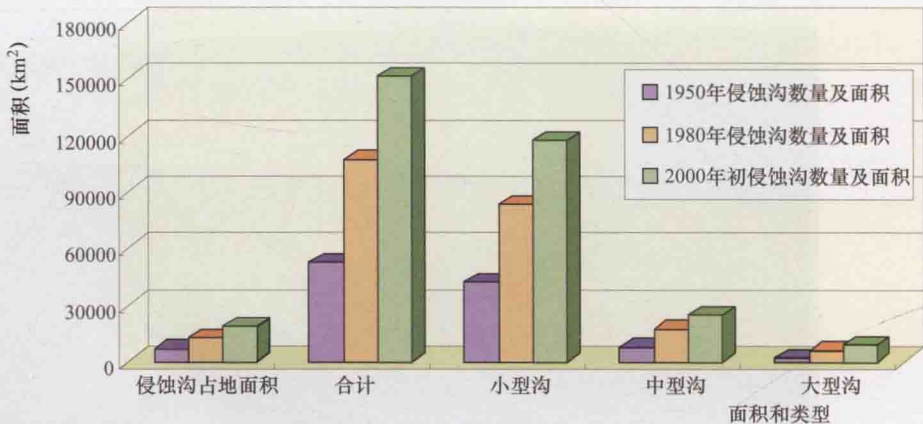


图 1.1 黑龙江省黑土区 (118735.9km²) 侵蚀沟变化

东北农业生态与地理研究所曾经对克东县、拜泉县 10 个乡镇的侵蚀沟发育情况进行了研究。他们发现，1965 年时这个区域内有侵蚀沟 1712 条，侵蚀沟密度为 202m/km²。2005 年侵蚀沟增加到 2565 条、侵蚀沟密度为 283m/km²；1965 年侵蚀沟密度高于 500m/km² 的地区只有 110.20km²，占研究区总面积的 5.97%，到 2005 年开始集中连片分布，面积增加到 325.59km²，占整个研究区面积的 17.62%。克东县、拜泉县东部 1965 年、