



GOUHE QINSHI
GUILUXING JIQI FAZHAN QIANLI

沟壑侵蚀： 规律性及其发展潜力

[俄] E.Φ.卓利娜 著
王基柱 译



 黄河水利出版社

黄河水利委员会治黄著作出版资金资助出版图书

沟壑侵蚀：规律性及其发展潜力

[俄]E. Φ. 卓利娜 著
王基柱 译

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

沟壑侵蚀:规律性及其发展潜力/(俄)卓利娜著;王基柱译. —郑州:黄河水利出版社,2008. 12

ISBN 978 - 7 - 80734 - 556 - 5

I. 沟… II. ①卓…②王… III. 沟壑 - 侵蚀 - 研究 - 俄罗斯 IV. P931. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 194832 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:890 mm × 1 240 mm 1/16

印张:5

字数:140 千字

印数:1—1 000

版次:2008 年 12 月第 1 版

印次:2008 年 12 月第 1 次印刷

定价:20.00 元

简介

沟壑侵蚀是一种活跃的现代地貌形成过程,它的发展要延续几百年的时间。这一过程会给土地利用各部门带来很大损失。目前,由于沟壑毗邻地区出现的一些生态方面的不良后果,使人们提高了对沟壑侵蚀问题的注意。另一方面,在城市地区,也可以将一些大型沟壑开辟成休闲区和公园区,在农村则可以用来开辟池塘和建立池塘产业。

由于沟壑形成过程现在还在继续发生,尽管在水土保持防止沟壑侵蚀方面有一整套技术手段,但目前一项迫切的任务仍是要建立有关沟壑发展规律的有科学论据的理论,能对沟壑发展的各阶段进行定量评估,同样也要建立沟壑侵蚀“潜力”模型,这样可以确定所采取的水土保持措施的合理性,根据全国各地自然条件和各种人类活动影响确定一套必要的水土保持抗蚀措施。

在研究沟壑各种不利破坏现象的同时,也应把沟壑的形成看做是一个地貌形成的过程,它是侵蚀网中一个新的组成部分,可以预示河流、河谷、旱溪集水区中的径流情况。

前 言

众所周知,19 世纪中叶在俄罗斯广泛出现的沟壑是和俄罗斯中部广大地区的大量垦荒有关的。从那时起,人们也认识到沟壑乃是一种具有不良发展后果的地形形态。绝大部分有关沟壑侵蚀研究文献都要研究一套方法,利用土壤改良综合措施在各种不同自然条件下防治沟壑侵蚀。但是大家知道,无论是在田野上(它使大量耕地退出了耕种),还是在都市化的城市地区,在矿山开采区,在道路两侧、管道线路及输电线路两侧,尽管采用了上述办法进行防治,沟壑侵蚀仍在继续发展。

Н. И. 马卡维也夫土壤侵蚀及河床演变科学研究所曾进行了多年的线性侵蚀过程的研究工作,它是由 Б. Ф. 科索夫开创的,以后他的学生们继续进行这项研究工作。他们提出了一套研究沟壑侵蚀的新的方法途径,他们把沟壑侵蚀看做是一种自然过程,具有“自我发展”规律。对于沟壑的发生和发展的可能性是以存在一定的条件为前提,而人类活动对集水区自然条件的影响又对它起了推动作用。这样,沟壑及其坡面集水区可以看做是一个具有独特发展规律性的自然系统,如果不把它按整体进行研究,那么在沟壑抗蚀方面的全部土壤改良措施将会显得软弱无力。

研究所的科研人员曾做了这样一个基本假定,即在各种不同的自然条件下各地区的沟壑均具有侵蚀潜力,按潜在的沟壑化特性值就可评估其侵蚀过程发展的危险性,再按制定的计算方法,可以对所采用的防止沟壑侵蚀的土壤改良措施进行合理性分析,提出一套合理的综合性水土保持措施及其在集水流域中具体的分布位置。

沟壑的一个重要作用乃是它作为侵蚀网上端的一部分可形成河川集水流域的水沙径流。本专著向读者重点介绍了沟壑集水区的结构,沟壑网的平面特性,与俄罗斯欧洲部分河网相比的一些特点。沟壑中

那些临时性水流使人们感兴趣的是其非常独特的水情和那些水力学特性,它们的特点是很高的冲刷和挟沙能力,造成了大量的悬移质和推移质泥沙的输移,同样地还在坡面上造成活跃的坡面冲刷过程。

本专著可以加强中俄两国科研界同仁之间的交流,毫无疑问它将有利的有关大小河流集水区中冲淤变化过程的科学研究工作的发展。

Н. И. 马卡维也夫土壤侵蚀及河床演变研究所

主任 Р. С. 恰洛夫教授

首席研究员 Е. Ф. 卓利娜

目 录

前 言

绪 论 (1)

第 1 章 沟壑侵蚀是地貌形成的过程 (4)

1.1 基本情况和定义 (4)

1.2 沟壑的现代分布 (7)

1.3 沟壑侵蚀研究 (13)

第 2 章 沟壑 - 沟谷系统的形态测量 (24)

2.1 沟壑和沟谷的集水流域结构 (24)

2.2 沟壑 - 沟谷集水区侵蚀基准面的深度 (34)

第 3 章 沟壑水流的水文特性 (42)

3.1 现场研究 (42)

3.2 沟壑 - 沟谷系统中流量演变特点 (50)

第 4 章 沟壑的形成 (61)

4.1 沟壑发展的阶段性 (61)

4.2 沟壑发展模型 (68)

第 5 章 沟壑侵蚀的潜力 (77)

5.1 总概念及计算关系式 (77)

5.2 确定沟壑形成潜力的级别 (82)

5.3 沟壑化潜力指标的地区分布规律 (94)

第 6 章 沟壑形成过程状况评估 (102)

6.1 俄罗斯欧洲部分沟壑切割密度和密集度潜力的 实现状况 (102)

6.2 沟壑发展的平均速度和时间 (108)

6.3 沟壑侵蚀对坡面发展的影响 (114)

第7章 沟壑侵蚀的发生和发展的一些生态学问题	(124)
结 论	(135)
参考文献	(137)

绪 论

沟壑侵蚀是一种活跃的现代地貌形成过程。沟壑也是侵蚀网最上端的一部分,它的发展历时达数百年,通常它是不会受年复一年的人类活动影响而消失的。形成沟壑的直接原因是径流在河谷、沟谷、干谷等的坡面上形成时造成自然条件的破坏(包括各种行业土地利用造成破坏)。在城市、郊区、居民区,大量沟壑是由于砍伐森林、开采矿物及建筑施工造成的。

沟壑最主要的不良作用是使农地、工程项目、交通道路等遭到破坏。除了因沟壑本身的形成所造成的土地面积损失外,耕地丧失也给农业造成损失,这是由于农机设施在耕地上作业时留下的不断发展的线形下切沟造成的,其面积几乎是沟壑本身面积的3倍。沟壑会破坏市政工程、工业设施、公路及输电线路支架。目前,由于沟壑毗邻区出现了生态环境恶化,对住宅建筑区中的沟壑的注意力加强了。沟壑在过去曾被用来现在还继续用来作为工业和日常生活垃圾堆积场,这往往会对人类健康造成威胁。

现代的一些保障防蚀技术手段可以大大限制沟壑侵蚀的发展。此外,还可以在城镇地区利用那些大型沟壑作为公园和休闲区,在农村,也可以在沟壑中建成池塘和发展池塘产业。但是必须要有沟壑发展规律性的科学论证,这样可以确定采用水土保持措施的必要性并选定一套合理的防蚀措施。研究沟壑发展各种参数的活跃性,定量评估沟壑发展过程的衰减和活跃程度,都应采用一套综合性自然保护措施及提出它们在沟壑-沟谷系统流域中分布位置建议的依据。

特别重要的是要提出沟壑发展的极限尺寸评估预报,各阶段沟壑长度发展速度以及该地区沟壑化的可能极限指数预报。目前,已经发现一些地区已形成大量现代沟壑,其发展潜力实际上已经消失,产生新的沟壑的可能性很小。这些情况在安排该地土地保护的抗蚀工作时应

有所考虑。与此同时,对沟壑侵蚀仍应予以高度重视,因为沟壑侵蚀发展的自然条件仍是很多的。在森林地区,当其植被和草土覆盖层遭到破坏后,沟壑的发展仍是有可能的。有资料证实,由于砍伐森林造成了沟壑的活跃发展,在森林草原地区,在冻土带开采石油天然气时,在一些驯鹿牧场等地,沟壑均会沿着林带活跃地发展起来。

如果有了地区沟壑形成发展“潜力”的资料,所有这些问题都是能够解决的。因此,根据试验资料、现场实测资料及沟壑侵蚀模型制定出沟壑侵蚀潜力评估方法,是制定防蚀措施设计、确定其实施顺序和措施项目组成的根据。

在研究沟壑侵蚀作为一种不利的、有破坏性的现象的同时,沟壑形成也应看做是一个地貌形成过程,它形成了侵蚀网中新的一部分,它可以预示河流、沟谷、干沟流域中的径流情况。当沟壑在有利条件下发育达到较长长度时,很多沟壑会使其地面几乎成为“贫瘠地”,降低了分水岭的高程,促进了耕地土壤的冲蚀流失,增加了进入河流的泥沙。所有上述各过程之间的相关关系并不是单一的,在各具体的自然条件中,很多情况下正是沟壑侵蚀的现代发育速度、发展阶段起着决定作用。在这方面起着很大作用的是沟壑网图,沟壑与大型侵蚀网各部分的联结形式,沟壑和沟谷的集水区形状,流量分配及水流强度的增长等等,上述诸多问题至今还研究得很少。而其中具有首要意义的是要确定各个级别河谷中水道网顶端部位的侵蚀基准面深度,沟壑和沟谷集水区中长度和面积的相互关系,河谷-沟谷网坡面上有形成沟壑危险的集水流域数量的确认和计算,按全国各地区沟壑的极限密集度、极限密度和面积确定沟壑侵蚀的潜力。

评估沟壑-沟谷系统现状、长度、面积、深度的可能增长扩大值及其侵蚀过程的活跃性等,在制定城市地区、休养区、文化设施、体育中心的休闲发展区规划时有重要作用。

分析了人类活动各种形式和影响程度对沟壑形成过程现状及沟壑发展过程的衰退或可能活跃度的关系后,就可以确定沟壑形成在各种不利的自然-人为因素侵蚀过程中的位置,可以提出俄罗斯沟壑侵蚀危险程度分区图,以及按沟壑的现代分布特点及发展后果确定沟壑发

展的“风险”程度。

作者对马卡维也夫土壤侵蚀及河床演变研究所的全体同事深表感谢,首先是 P. C. 恰洛夫教授对我的一贯支持,提出了宝贵的建议和意见。同样也非常感谢 И. И. 尼科尔斯卡娅,С. Д. 帕罗霍洛瓦雅,М. В. 维列吉尼科瓦雅,Б. П. 留皮莫夫,И. Г. 克塔什,С. Н. 科华力夫,他们做了大量工作,这些工作都是已发表的很多科研成果的基础。

作者还要感谢 Ю. Г. 西莫诺夫教授,Д. А. 季莫费也夫教授在本书写作过程中给我的极大关怀和帮助。

作者非常感谢并永远记住我的老师——Н. И. 马卡维也夫,Н. А. 热尼金,Б. Ф. 科索夫,В. П. 利多夫,А. С. 斯塔里科夫,能有幸和他们一起工作,关系融洽、相互关心,这些都决定了作者的科研生涯和命运。

第1章 沟壑侵蚀是地貌形成的过程

1.1 基本情况和定义

沟壑形成是现代地貌形成过程,它是由临时形成的雨水及冰雪融水集槽水流冲刷造成的,结果在地面上形成了一些独特的线形下切沟槽。现在很多沟壑的形成通常与自然综合条件遭到人类活动的破坏有关。但是沟壑本身的发展是按自然规律进行的,并取决于各种各样因素的综合,其中很多因素决定着沟壑发生的可能性,很多因素又决定沟壑下一步发展的活跃性。此外,也不排除其开始发生和发展的可能性是在大型集流坡面受自然过程(河流陡岸的淘刷,滑坡,喀斯特等)影响下出现,并未受到人类活动的影响。

沟壑形成的主要自然因素是水文气象及地质地貌条件,诸如夏季的降水,冰雪融化前在冰雪覆盖层中的储水量,区域中纵向和横向沟道网的切割程度,土壤的可冲刷性,河谷、沟谷、旱溪边坡的形状和陡度。

坡面集水区与不断发展的沟壑乃是一个不同的成长阶段正、反两个方向相互可逆的相关系统。在沟壑的各个参数发展过程中均有两个基本阶段:

(1)随着水流从坡边上溃决,开始在坡面集流区中产生沟道直到坡地的平坦出口处为止是沟壑成长速度加快阶段;

(2)沟壑成长速度(各种参数)放慢阶段,是在完成沟壑发展形成准平衡断面之前及速度全面衰减过程阶段。

在沟壑形成过程中可以划分为不同阶段,按沟壑纵、横剖面形态测量确定的各阶段,按沟壑各参数变化强度及其相互制约程度确定的及沟壑随时间变化的相对冲蚀量特性确定的各个阶段。

坡面集水区的自然特点决定着沟壑的发生、形成的基本可能性,它们的数量以及在天然植被及草土覆盖层遭到破坏情况下沟壑发展可能达到的最大尺寸。在数量上表现的最大可能沟壑量也就是沟壑形成的潜力。现代沟壑乃是沟壑形成过程中该地区全部或部分的沟壑形成潜力的实现。沟壑形成潜力实现程度是沟壑发育的活跃性和时间的函数,对由于人类活动形成的沟壑,它也是地区经济开发强度和特性的函数。

在那些级别比较大的河流、沟谷、旱溪等的冲积型集水流域中,无论是现代沟壑,或是潜在的可能发生的沟壑,还有沟壑侵蚀发展危险特性指标,均可采用地区沟壑数量特性图解法诠释。

沟壑与其他线形侵蚀结果(浅沟、切沟、沟谷)有三个基本的不同特点:①尺寸特性;②纵、横剖面典型形状;③动态变化状况(卓利娜,1987,1998)。

平原农作区最典型的沟壑是坡面侵蚀沟,它在地形上有一个集流区,其线形侵蚀长度不小于70 m,深度不小于1.5 m。这种形态特性并不是偶然的,而是侵蚀网中独特地形造成的后果,其坡面就是形成沟壑的地方。

当河流和沟谷的坡面具有这种特性的结构时(凸起状),其坡边高差达20~40 m,从底面到顶边的陡度达到 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$,斜坡长(从底面到坡边)达70~100 m。坡面沟壑的一个典型特征就是沟壑顶部的发展会超出坡面边线,这时就会对农作耕地、经济产业及住房建筑造成破坏。通常,在地块中出现沟顶下切沟槽时,也就是下切长度快达到100 m时,土地管理人员就会对沟壑发展情况进行记录。沟壑的尺寸大小也与沟壑随时间发展的特点有关,因为沟壑与农田的每年耕作侵蚀下切不一样,它是不同强度的雨水和融雪水流动做功的结果,按俄罗斯中部地区情况,平均要经历150~300年。

沟壑的纵剖面有这样的特点,其顶端部的比降要比坡面坡度大得多,而其末端则要小得多,很多地方的坡度几乎等于零。绝大多数的沟壑冲积锥形态,如果其出口在河流滩地上或沟谷的沟底,则均为典型的堆积形态,高度要比其周围的地表高。

沟壑的横剖面在其发展过程中是随时随地变化的。在沟壑的发展活跃期,全线均可有陡峭的岩屑堆积及滑坡坡面,上面寸草不生,坡面角度要比自然倾斜休止角大得多。随着沟壑的发展,从其出口处开始形成一个斜坡并长出各种植物。这一过程在潮湿地区特别典型。在其他情况下,沟壑会长时间保持陡峭的裸露坡面。在陡峭裸露斜坡的顶端部分通常会看到很活跃的沟壑发展进程。即使在这一时刻,沟壑已实际上停止了向源侵蚀发展及沟头继续伸长发展,但其下切、拓宽、扩大体积的活动仍未终止。

沟壑的动态变化状况也是它的一个特征。在人类活动负荷发生变化或在自然因素影响下沟壑发展仍很活跃或仍未丧失其活跃可能性时,沟壑仍然是一条沟壑。在这方面沟壑与沟谷是不一样的。如在沟谷中发生较大深度的侵蚀下切时,往往会把整个谷底全部下切,这时已和沟谷的形态不一样,大家称它为底沟,特别要指出的正是这种活跃的发展特性乃是沟壑侵蚀的特点。

沟壑的形成和发展的条件是要具有将侵蚀下切的和从两侧流入的泥土无阻碍地排出沟外的可能,Н. И. 马卡维也夫指出这是促进形成线性侵蚀沟的第一个条件,然后它会随着逆向溯源下切侵蚀的发生而发展。“水流,尽管是周期性的,但只要它具有这样的速度,它一方面能从沟底把坡面水流带进沟槽的物质送出去;另一方面,它还能刷深沟槽”(马卡维也夫,1955)。当沟壑沿线在沟槽中集中的水流的挟沙能力增大时就会出现这一情况。当沟壑沿程的集水流域面积增大而使流量不断增大时及坡面具有凸起形态,使坡地从上游到坡脚的纵向比降增大时更会促进这一情况发生。当集水区沿程的流量增大较弱时,沟壑形成的可能性就会降低。在这种情况下,只要坡地具有凸起形态使沿程的流速和比降大大增长时,均可增加沟壑发生的可能性。在平直和凹形坡地上形成沟壑的可能性则大为减少。这正是因坡面比降沿程减小或不变时水流的挟沙能力相对较小的结果。因此,所形成的侵蚀本身的形态不会有典型沟壑所具有的形态特征,尤其是它的深度和体积方面。此外,在坡面与沟壑下段的谷底比降之间也并不遵守沟壑发展必要的比值关系,因为坡面下段的比降应大于土壤的不冲比降。在

凹形或平直的坡面上,切沟或细沟是其通常的线性侵蚀形态,其长度可能达到几百米。

在线性侵蚀过程中,坡面集水区的流水出口断面类型具有很重要的意义,因为各种发展形式的冲蚀土壤都从此处带出(克拉夫琴科,2000)。当出口可无障碍地带出泥土时,则不会出现壅水现象,也不会造成流速降低,结果就不会出现溯源堆积现象。此时,如沟壑出口与更大的侵蚀网的永久性水流相接时,则在沟壑中暂时性水流中止时期会发生对沟壑冲积锥的冲蚀。在少水年份,沟壑发展速度减慢,河道中水流则会淘刷冲积锥和沟壑的出口,从而促进了在出口断面处形成侵蚀台阶,这样又会使溯源下切侵蚀过程活跃起来。如果坡地紧靠沟底或河滩地,则在任何情况下,沟壑总是在凸起的坡面上发展,土壤则流入一个低的水平地面上,堆成一个冲积锥;然后,冲积锥又会被暴雨水流或春汛冲刷,土壤则顺着沟谷往下输移或更远一些流失到滩地上。在特殊情况下,从正在发展的沟壑中流出比河流泥沙更粗更大的砂石流,并在出口附近形成砂砾石砂嘴或特殊形状砂石滩。

1.2 沟壑的现代分布

在沟壑侵蚀研究人员的大量著作中几乎均提出了沟壑在俄罗斯各自然地区中的分布情况。在一些固定的观测点,在区域现场研究中,在实验室,根据测绘的地图和航测资料,按数学统计方法结合各种类型的模型试验,研究了各种自然特性对沟壑的生成和发展的影响。关于沟壑侵蚀的一些新资料引起了人们的注意,它可以作为水土保持防蚀措施的根据,也可以作为沟壑形成过程模型的率定资料,还可以作为沟壑分布的区域特性的补充来源,以便针对一些具体情况进一步确定今后沟壑发展的危险程度。

沟壑的形成直接关系到大型侵蚀网的发展(河流、沟谷、旱溪)。对河谷、沟谷网坡面形态测量的分析及对河流、沟谷、旱溪集水区中径流形成条件的分析,不仅可以阐明自然和人为因素对现代沟壑分布的影响,而且可以得到数据来确定沟壑发展的趋势。对河谷及沟谷两侧的坡面集水区中沟壑分布情况的分析又可进一步了解其发生和分布条

件的特别易变性。1970~1993年,在非黑土南部地区(奥尔洛夫州、梁赞州、图尔州)、黑土中央区(库尔斯克州、沃龙涅什州)、伏尔加沿河地区(基洛夫州、高尔基州、萨拉托夫州)、斯塔夫罗波尔边区、阿尔泰边区曾对沟壑进行了实地考察研究,指出了沟壑网的结构特点并确定了由临时性雨水径流和融雪径流在各坡面集水区中形成的河槽形各等级沟壑的位置(卓利娜等,1983;普罗霍罗娃,1985;奥弗拉什娜娅,1989;卓利娜等,1988)。分析了这些地区的地形图并经野外考察校正后表明,沟壑型集水流域尽管其自然条件非常不同,但其总的地形结构特点与沟谷和河流集水区是不一样的。这表现在集水区长度与面积之间的相互关系,也表现在侵蚀形态(沿程的宽度变化)特点方面。还研究了当地侵蚀基面深度对流域平面特性的影响。

在土壤侵蚀及河床演变科学研究所绘制的地图中曾显示俄罗斯沟壑分布规律,它包括现代沟壑(1:2 500 000 比尺)的分布密度(km/km^2)及分布密集度(条/ km^2),沟壑面积占农田面积(比尺为1:1 500 000)中的百分比(以表示土地资源损失百分比指标)。在指标计算中考虑了长度不小于70 m的各种沟壑。沟壑图的分析可以阐明沟壑分布的特点,它反映了坡面集水区中径流形成的人类活动干扰的结果,也可反映地区的自然特点。研究工作证实了大家知道的在沟壑形成、发展中一系列地带因素及非地带因素相互之间的影响情况,自然因素的作用以及人类活动影响对它的破坏作用。图1.1为某地段现代沟壑的密度和密集度图。按沟壑发生发展程度可分成下列类型区域:

(1)沟壑化发展程度低的区域。该地区沟壑很少,而且只有一种类型沟壑(100 km^2 中不多于10条沟壑,即0.01^①条/ km^2 ,在密度方面每100 km^2 中具有不长于2 km的沟壑,即0.02 km/km^2)。沟壑的面积在很大程度上也是其分布密度和密集度的函数,在这些区域也是非常低的。下列两类地区具有这种沟壑指标特性:①尚未开垦或开垦较轻的土地,地形平坦或具有波浪起伏状的畦形地形,如俄罗斯欧洲部分最北部地区(北纬 $57^\circ \sim 58^\circ$ 以北地区)——冻土带、森林冻土带及森林

① 译者注:原文可能有误。

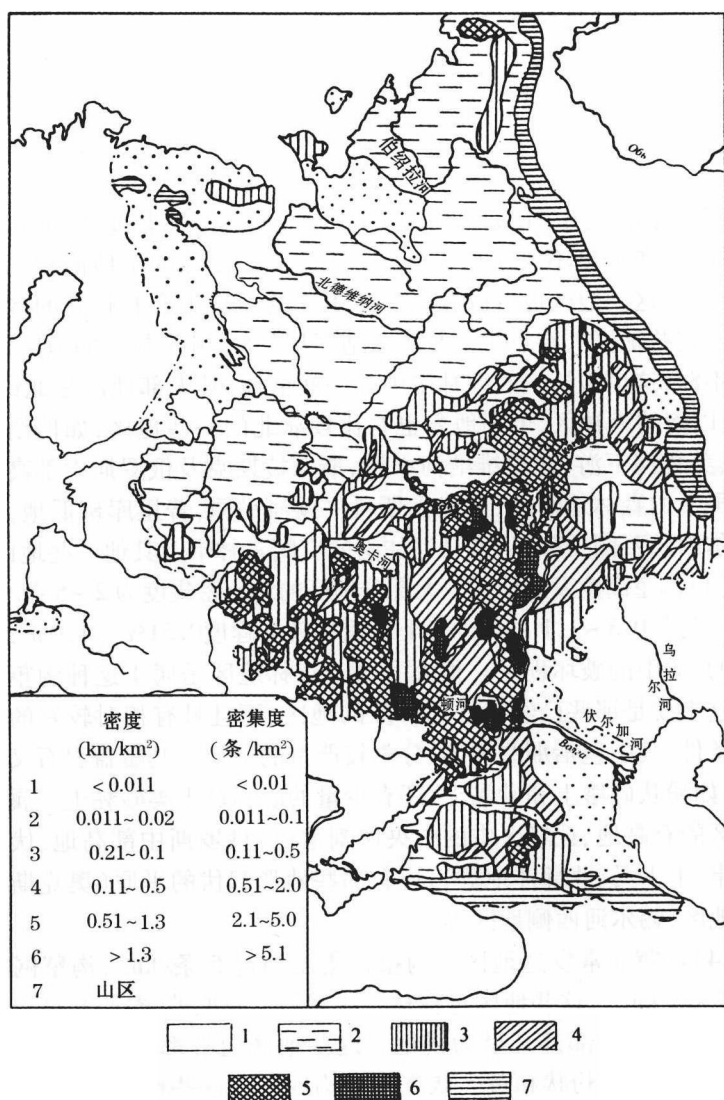


图 1.1 现代沟壑的密度和密集度图