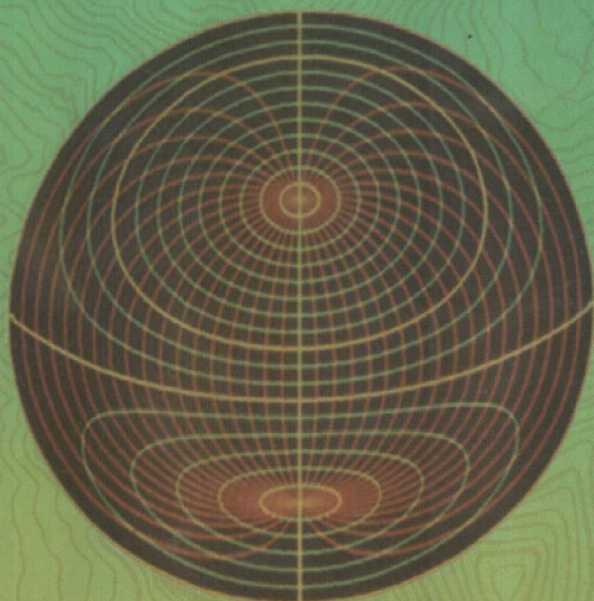


地图综合

基础理论与技术方法研究

母河海 著



测绘出版社

中国音乐

中国音乐史话

中国音乐史话



中国音乐史话

地图综合基础理论 与技术方法研究

毋河海 著

测绘出版社

图书在版编目(CIP)数据

地图综合基础理论与技术方法研究/毋河海著. —北京:
测绘出版社, 2004. 1
ISBN 7 - 5030 - 1220 - X

I. 地… II. 毋… III. 地图学 - 文集 IV. P28 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 118857 号

· 地图综合基础理论与技术方法研究

毋河海 著

测绘出版社出版发行

(北京白纸坊西街 3 号)

华中理工大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 33.5

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 4 月第 2 次印刷

印数: 1 001—3 000 册 定价: 66.00 元



母河海

作者简介

毋河海,男,汉族,1933年12月26日生于河南省灵宝县上官村。原武汉测绘科技大学现武汉大学资源与环境科学学院教授、博士生导师。1955~1956在北京俄语学院留苏预备部学习,1956~1962在苏联莫斯科测绘工程学院地图学系学习,获工程师称号。1979年2月至1981年3月,作为改革开放后的第一批访问学者,赴西德法兰克福应用测量研究所进行自动化地图制图与地图数据库管理系统研究。1988年被国家人事部授予国家有突出贡献的中青年专家称号。1991年获政府特殊津贴。1993年被国务院学位委员会评为博士生导师和担任国家科学技术奖励委员会特邀评委。2002年被湖北省科协评为湖北省科技精英。曾任国家测绘局科技委员会、科学基金项目评审委员会和测绘科技进步奖评审委员会等委员,“测绘学报”、“武汉测绘科技大学学报”和“武汉大学学报(信息科学版)”编委、中国GIS协会第三专业委员会委员等。

在地图学领域中,相继提出了下述理论和方法:1965年发表《地势图高度表选择的原理与方法》,推导出变距高度表视觉变形“数值”评估公式;1978年提出与实现“斜轴抛物线光滑插值”,它能自动调节曲线松紧,无需人工干预,具有自适性;1981年在西德测绘杂志上发表《地貌形态自动综合的原理与方法》(Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Nr. 85),首次提出并初步实现了基于地貌结构线的地貌形态自动综合。1981~1984年间研究地图数据库管理系统(CDBMS)软件,它是一个基于DOS与Fortran语言的独立运行系统。该项研究成果荣获1985年国家科技进步三等奖;1986~1990研究“机助编图与专题制图技术”,它是所研究的CDBMS在地图数据管理、检索与处理中的应用,其中研究了复杂(复合)目标的生成、管理、检索与智能处理等。该项研究成果荣获1996年国家科技进步三等奖;1991~1995年,研究基于图论和计算几何学的自动化制图综合理论体系(国家八五科技攻关项目“地图水系和地貌自动综合试验研究”),1996年1月经国家测绘局组织鉴定,专家们认为该成果属于国际领先水平。该项研究成果获1997年国家测绘局科技进步二等奖。

长期从事地图学、计算机地图制图、地图数据库和地理信息系统以及地图与GIS信息自动综合的教学和科研。对源于地图(量测)的、被誉为“大自然几何学”的分形学在地图信息处理中的应用给予了特别的关注。提出并初步实现了单参数、常量、直线型的分数维的数值扩充,使其成为双参数、变量、函数型的扩展分数维。后者反映出分数维的三段结构:态势分维、结构分维和纹理分维。

著有《地图数据库系统》(1991)《地理信息系统(GIS)空间数据结构与处理技术》(1997)和《地图信息的分形描述与自动综合研究》(王桥、毋河海合著,1998)。《地图数据库系统》一书获1995年度国家测绘局优秀教材二等奖。《地图信息的分形描述与自动综合研究》获2001年湖北省科技进步三等奖。作为国家自然科学基金项目研究成果的武汉大学学术专著《GIS与地图信息综合的基本模型算法》一书将于本年度出版。

诚 言

值古稀之际,蒙武汉大学资源与环境科学学院、地理信息科学系诸老师与博士、硕士生的关心与拥戴,使近40年来的大部分学习心得能集中地与同僚们见面并一起研讨,实感万幸。

在汇集论文的过程中,也尽可能将与研究生合作的论文融进来,这是花与叶、鱼和水的关系。

在汇集与出版上述学习心得时,用了数天的时间,对其中一部分论文作了补充,主要是增加更为新颖的地图综合原理插图。因为40年来,我们经历了两个截然不同的年代:手工操作年代与计算机普遍应用的时代。

由于论文汇集与出版只有一个月的期限,所以学院的许多研究生集中力量使大多数插图“数字化”。测绘出版社的有关同志更是超负荷工作。资源与环境科学学院为此也付出了巨大的代价。对于所述这一切,笔者诚致谢意。

毋河海

2003. 11. 21

关于学习过程的几个故事

一、被表面现象“骗”了一家伙。1960年冬在明斯克地图工厂实习“普通地图编制”时,选择了高加索山区,为地貌综合而研究高加索山区的地形剖面图。在地图上选定了几个剖面地段,等高线虽然很密,但其相互之间的图面水平距离差不多一样,感到该地区的地表坡度比较均匀,但不知道是多少度。当剖面图作出后,大为吃惊,随着高程的增加,地表坡度急剧变陡。一下感到被地图的表面现象所蒙蔽:看起来明明是均匀的斜坡,实际上却是越来越陡。这是变距(渐增)等高距所致。图上看起来是等差级数,而实际坡度几乎是等比级数。这是变距等高距所引起的一种不可避免的“视觉变形”。这个变形如何表达?这种变形是多少?这就是《地势图高度表选择的原则与方法》一文的由来。它发表于1965年。

二、1965年,对河流长度的归算进行学习研究。相对著名的 H. M. 沃尔科夫横轴抛物线归算原理,根据文献中的河长量测资料,提出 S 形(或反 S 形)拟合归算原理,这与后来学术界广为应用的 Logistic (Sigmoid) 思想是一致的。是一种受限增长模型,在人口研究、生态研究和经济研究等领域有广泛的应用。这种思想后来又进一步应用于:扩展分形研究和地图载负量变化的总体模型等。地图的图面内容,从大比例尺到小比例尺是逐渐增长的,但是是受限的,当地图图面载负量达到一定程度后,就不能再增加了。

三、1974年学习计算机制图时,全国的同行们几乎是不约而同地在研究曲线光滑。在国外杂志上有一个“梨”形曲线,其中有一段像鹰钩鼻子,而在其他段落则多次连续出现 90 度转弯。

当时流行的是样条函数法。最早是用于飞机、轮船等单调区间的小挠度光滑曲线,后来出现基于局部坐标系的样条方法,可适用于非单调多值曲线。样条函数的基本原理是基于小挠度,对于急转弯,它就会绷得很肥,在直观上不适用于地图上的迂回急弯曲线,如谷地的谷底线地段。但在这些地段,不管它是多么尖锐,都可以用局部坐标系的抛物线来描述它。但这个局部坐标系中的抛物线数学表式是什么?它的建

立将是一种用与坐标系无关的方法来描述曲线。这就是《斜轴抛物线光滑插值》的由来。它发表于1980年。

四、1974年在编写“地图编制”讲义时,为求居民地密度,而密度是一个相对值,即 n/S (单位面积中的个数),为了推导教材中的公式,将密度公式倒过来,即 S/n , 它是每个居民地的平均拥有空间面积。而这种面积是可量测的。为了得到每一个居民地空间拥有的面积,当时采用了居民地之间的空间二等分方法。后来才知道在历史上这种方法叫 Voronoi 图 或 Thiessen 图。这一稿件至今还未成文发表。

五、结构化综合思想的萌发

1. 单要素的研究与启发

这个问题最突出地表现在地貌综合上。在小比例尺地势图的地貌综合中,就要求首先勾绘地貌结构线(山脊线、谷底线等),而其他要素的综合则没有这样的强烈要求。严格说来,所有的地图要素都拥有三维信息,而地貌则最为突出。

2. 向多要素扩展

在研究地貌结构化综合的基础上,将这一思想推广到其他要素的结构化综合:点集目标的结构化:凸壳嵌套、层数合并、面线变换、线目标综合原理的转用等;线集目标的结构化:由河网自然树的获取到河网等级树的生成;面状目标(以建筑物为代表)的六级合并结构化准则的提出(1. 最强级:最小外接矩形;2. 次强级:凸壳;3. 一般级:凸化加纵向极值点的连接;4. 内侧强合并:内侧极值点的连接;5. 内侧中合并:内侧凸化后纵向极值点地连接;6. 内侧弱合并:最邻近边的合并(互投影、边连接));体状要素的结构化(等高线树结构的建立)等。

3. 向多重比例尺扩展

研究多比例尺地图内容的变化规律:受限增长规律的提出,这是1965年提出的S型规律的进一步应用。同时将这一思想用于分形的扩展。

目 录

第一篇 地图内容要素特征的若干解析计算

1. 关于确定河流选取标准的方法问题	3
2. 关于河流长度的归算问题	11
3. 地势图高度表选择的原则与方法	24
4. 关于高程面积曲线及其应用问题	41
5. 斜轴抛物线光滑插值	54
6. 数字曲线拐点的自动确定及其应用	62
7. 地貌坡降线的自动查找	78
8. 基于仿射变换的 MapInfo 矢量图形坐标纠正的方法探讨	82

第二篇 地图数据库系统对地图信息综合的支撑

9. 地图数据库管理系统	87
10. Cartographic database system and its applications	99
11. 作为空间信息系统核心的地图数据库系统	109
12. 地图信息的拓扑检索	125
13. Problem of buffer zone construction in GIS	142
14. 地图数据库的接边与合幅	149
15. 建立黄土数字高程模型(DEM)时地形特点的顾及	158
16. Complex object handling in GIS	167
17. NF ² 的扩展与 NF ² 多媒体数据模型的设计与组织方法	174
18. Intelligent selections for spatial analyses in GIS	181
19. Design and realization of map digitization system on micro - computer based map graphic workstation	184

第三篇 地图内容的结构化自动综合

20. 地图信息自动综合基本问题研究	191
21. 地图信息自动综合基础理论与方法体系研究	202
22. 自动综合的结构化实现	228
23. 凸壳原理在点群目标综合中的应用	236
24. 河系树结构的自动建立	242
25. GIS 环境下城市平面图形的自动综合问题	254
26. 等高线树的自动建立及其应用	262

27. Structured Approach To Implementing Automatic Cartographic Generalization	269
28. Prinzip und Methode der automatischen Generalisierung der Reliefformen	276
29. 地貌形态自动综合问题	287
30. 地形图上城镇居民地自动综合试验	305
31. Research of Fundamental Theory and Technical Approaches To Automating Map Generalization	312
32. Two approaches to structured generalization of relief	320
33. 多比例尺空间数据库的层次对象模型	326
34. GIS 中专题属性数据综合的若干问题	334
35. 等高线的空间关系规则和渐进式图形简化方法	342
36. Delaunay 三角剖分在河流自动综合中应用研究	347
37. 等高线拓扑关系的构建以及应用	351
38. Progressive Graphic Simplification of Contours Based on Spatial Reasoning	361
39. 大比例尺地形图交互式综合系统数据库平台的建立	368

第四篇 分形方法在地图数据处理中的应用研究

40. 分维扩展的数值试验研究	381
41. 基于扩展分形的地图信息自动综合研究	392
42. D - P 分维估值方法及其在地貌自动综合中应用的试验研究	407
43. GIS 多比例尺数据输出及其新型数学模型研究	412
44. 地图图斑群自动综合的分形方法研究	418
45. 分形学:现代地图学的非线性数学分析方法	423
46. 基于反 S 数学模型的地图目标分形无标度区自动确定	428

第五篇 GIS 与地理信息集成处理

47. 地理信息的集成处理	437
48. 微机地理信息系统 MCGIS 的研究	464
49. 微机地图图形工作站 CCGIS 及其在区域地形信息系统建立中的应用	492
50. The establishment of a micro - computer based Geographic Information System	498
51. Integrated processing of geographical information	503
52. 交互式三维电子地图的研究及其应用	511
53. Voronoi 图的扩展、生成及其应用于界定城市空间影响范围	519

第一篇

地图内容要素特征的若干 解析计算

关于确定河流选取标准的方法问题*

【摘要】 在本文中首先指明达维多夫的方法在制图综合的理论与实践上都有着非常重要的意义。在对此方法进一步研究以后,发现它有着很多的缺点:一、计算数值缺少制图上的直观性;二、没有充分利用解析法的可能性;三、河长分级顺序与制图综合逻辑缺少必要的联系。对于这些缺点,笔者在文中均一一作出相应的改进。

此外,在确定河流选取标准的实践中还存在不少问题:一、河网密度分级的数目往往是带有任意性,没有把分级数目与地图河网载负量及各密度区在成图上视觉辨别的可能性联系起来。为此,笔者提出用解析法去近似地估算成图上应有的分级数目并且要保证它们在成图上具有足够的明辨性。二、对资料图及在资料上所量得的成果未能予以合理的运用。在这一方面,笔者提出合理使用它们的可能性及使用条件。三、笔者把选取河流的各个解析步骤有机地联系起来。

河长选取标准的确定是编制普通地理图的一个重要问题。目前在文献及在制图实践中所常见的是 Г. П. 达维多夫(Давыдов)所建议的方法。此方法不论在制图综合理论上还是在制图实践上都有着非常重要的意义。本文是对这种方法进行分析,指出其重要缺点,并提出改进意见。

我们知道,在制图实践中应用解析法之主要目的是,以少量的量测和较多的估算尽可能地去代替图面上的全面的、反复的绘图试验工作,保证成图质量和减少人力物力的消耗。为了达到这个目的,用解析法所得之结果应当具有制图上的直观性,即它应当直接体现在成图上有要素的载负量问题。从这一点出发,Г. П. 达维多夫的解析法尚存在一系列的缺点。

一、达维多夫方法的主要缺点

1. 计算数值缺少制图上的直观性,即它不能直接体现在成图上有要素(河网)的载负量。这表现在河长是按实长进行分级统计。缺少按资料图及成图比例尺的分级统计;因此,所算的只有河网实地密度,而没有算出在资料图上及成图上的图面河网密度。在形式上,这里仿佛只是一个比例尺系数和简单转换问题,而实质上并不仅如此。

(1)为了计算河网实地密度,首先要将资料图上量得的河长乘以比例尺分母,同时也要把资料图上量测河流的相应面积乘以比例尺分母的平方。我们且不谈这种转换上存在的问题(每条河流的实地长度远不等于在资料图上量得的长度乘以资料图的比例尺分母,而实地的面积一般也不简单地等于资料图上的面积乘以比例尺分母的平方),仅分析一下用这种方法算出来的是不是真正的河网实地密度。因为 Г. П. 达维多夫的方法主要是针对编制小比例尺地图而言的,而在绝大多数情况所使用的基本资料大都是中、小比例尺地图,而很少用大比例尺地形图作为基本资料;所以,在作为基本资料的中、小比例尺地图上所量得的河长远不是河网的实长,因为在中、小比例尺地图上有不少的小河流已被舍去。这样,用这种方法反算的河

* ①论文作者:毋河海。该文曾发表于:武测资料,1994年第二期。

②祝国瑞同志对本文初稿提了不少宝贵意见,笔者谨致谢意。

网实地密度是不真实的。

另外,更值得注意的是这样反算的《河网实地密度》缺少制图的直观性及没有体现出在成图上河流的载负量问题,从而对编图来说没有直接明显的指导性意义。例如,据 Г. П. 达维多夫的试验结果,在四个不同密度区中的适宜实地选取密度分别为:0.285(在 0.232 与 0.337 之间内插),0.242,0.192 和 0.088。如果不作进一步的换算,我们难以想象这四个指标在成图上的效果如何。

(2) Г. П. 达维多夫计算了用处不大的《实地密度》,却忽略了资料图上图面河网密度系数的合理利用。同时后一种指标不需任何换算而直接获得,因为在计算河网实地密度时,资料图上的河流总长度及相应的图面面积是已量好的。关于资料图上图面河网密度的利用我们在后面将予以讨论。

2. 没有充分利用解析法的可能性。这表现在确定一级区(河网密度量大地区)的选取密度时是用样图的反复编辑、试验或对同类型、同比例尺地图的河网进行分析。即是说,还未能用解析法来确定选取密度指标。因此,上述解析法的主要目的和优点就未能予以充分的体现。

3. 河长分级的顺序与制图综合逻辑缺少必要的联系。这表现在河长分级是由低到高。虽然这与一般的统计作法一致,但却与制图综合逻辑不相适应。因为在制图综合中被舍去的总是较短小的河流。这样,被舍去的河流放在统计序列的首端,舍去等级的变化直接改变着被选择取各级河流所对应的累积长度数值,从而使用每级河流所对应的图面密度成为一个不固定数值。这使用起来,极不方便。

二、克服上述诸缺点的基本方法

1. 不去计算河网的实地密度,而去计算河网在资料图及成图上的图面密度。

2. 充分利用解析法的优点,力求用解析法来确定一级区的选取密度。

3. 使河长分级序列与制图综合中的选取原则相一致。为此,我们把河长分级自大而小地排列,使被舍去的诸河长等级排在最后。这样,舍去等级的变化对被选取的各级河长所对应的累积长度不发生任何影响。从而使每级河长对应着固定的图面密度,即是说,如果用表中任何一级河长作为选取标准,则在表中立刻可得出成图上相应的图面密度。这一改进为确定河长选取标准提供了很大的方便。

上述诸改进意见我们用一算例再予以表明(见附表)。为了便于对比,我们仍用 Г. П. 达维多夫所量测的资料。

三、确定河流选取标准的方法与步骤

除了上述诸缺点以外,在实践中往往还存在着不少问题。我们现在结合确定河流选取标准的每一个步骤分别予以讨论。

1. 在基本资料上河网密度的目估分区问题。这里重要的是在目估分区中必须体现制图综合的特性。不能分级过多,分区也不能零散破碎。必须使所划分的密度等级差别显著,并要保证它们在成图上反映的可能性。我们知道,要使所分各密度等级在成图上得到明显的反映,其密度数值应构成等比级数,即;

图面上一级密度 $K_1 = K_1$

图面上二级密度 $K_2 = K_1/q$

图面上三级密度 $K_3 = K_1/q^2$

图面上 n 级密度 $K_n = K_1/q^{n-1}$

这里 K_1 , 我们暂不知道, 但如果考虑到在小比例尺普通地图上河间距不应当小于 2~3 毫米时, 则我们可以说, 在这个条件下 K_1 最大等于 4。

还有一个任务是要先求出 K_n 的近似值。这里我们就要从一个基本要求出发: 在成图上应反映出各密度区的原始对比情况。为此, 最简单的情况是 K_n 对从资料图上转换的 $K'_n = K_{n\text{资}}$ ($\frac{M_{\text{成}}}{M_{\text{资}}}$) 的缩小倍数与 K_1 对从资料图上转换的 $K'_1 = K_{1\text{资}}$ ($\frac{M_{\text{成}}}{M_{\text{资}}}$) 的缩小倍数相等。

为此目的, 我们需要在资料图上量测最大及最小的密度系数 $K_{1\text{资}}$ 及 $K_{n\text{资}}$, 并把它们换算为成图上的密度系数 $K'_1 = K_{1\text{资}} \left(\frac{M_{\text{成}}}{M_{\text{资}}} \right)$ 及 $K'_n = K_{n\text{资}} \left(\frac{M_{\text{成}}}{M_{\text{资}}} \right)$; 这样, 一级区的河网密度近似地缩小了 $\frac{K_1}{K'_1}$ 倍, 此处 $K_1 = 4$ 。

根据上面的近似条件, 则

$$K_n = K'_n \cdot \frac{K_1}{K'_1}$$

这是我们建议的确定 K_1 及 K_n 的近似方法仅只是为了确定密度分级的数目 n 。至于对所编图最适宜的 K_1 及 K_n 的确定在后面将予以谈到。

这样, 我们已近似的知道了成图可能反映的最大密度及最小密度。如果我们再能知道河网密度的视觉辨别系数, 则就能够确定目估分区的数目。在缺少研究资料的情况下, 我们暂取 $q = 1.5$ 。这样, 目估分区的数目为:

$$n = \frac{\lg \frac{K_1}{K_n}}{\lg q} + 1$$

我们利用此式顺便检验一下达维多夫的分级数目是否恰当:

$$n = \frac{\lg \frac{2.85}{0.88}}{\lg 1.5} + 1 = \frac{0.510}{0.176} + 1 = 2.90 + 1 = 3.9$$

而达维多夫的确是分了四个密度等级。

2. 在所划分的每个密度等级地区抽样确定其图面密度系数。

虽然我们确定的不是各区的实地密度, 但如果资料图质量合格或良好, 则我们可以说, 在资料图上量得的各密度区的密度系数能反映各密度区的河网密度对比关系。

3. 将在资料图上所量得的所有河长进行分级统计; 这里重要的是河长等级间距的大小应当按成图比例尺来确定。一般河长等级间距按成图比例尺为 2 毫米比较方便也比较合适。

这里同样重要的问题是河长等级划分的范围必须有着明显的目的性并要体现制图综合中的选取规律。对中、小比例尺普通地图来说, 河长选取标准一般总在 0.5~1.5 厘米之间。考虑到这一特点, 我们说在分级统计时河长的分级范围稍比 0.5~1.5 厘米的范围大一些就可以了。因为按成图比例尺来说, 大于 1.5 厘米的大都选取, 不取者例外; 相反地, 小于 0.5 厘米的往往舍去, 只有在特殊情况下才予以选取。

4. 在分区分级统计的基础上计算各级河长所对应的累积长度。

5. 计算可能作为河长选取标准的各级河长所对应的图面密度——即对应的可能选取密度。

6. 利用在资料图上所量测的并按成图比例尺换算后的各区的图面河网密度系数制作其构形图表(图1)。

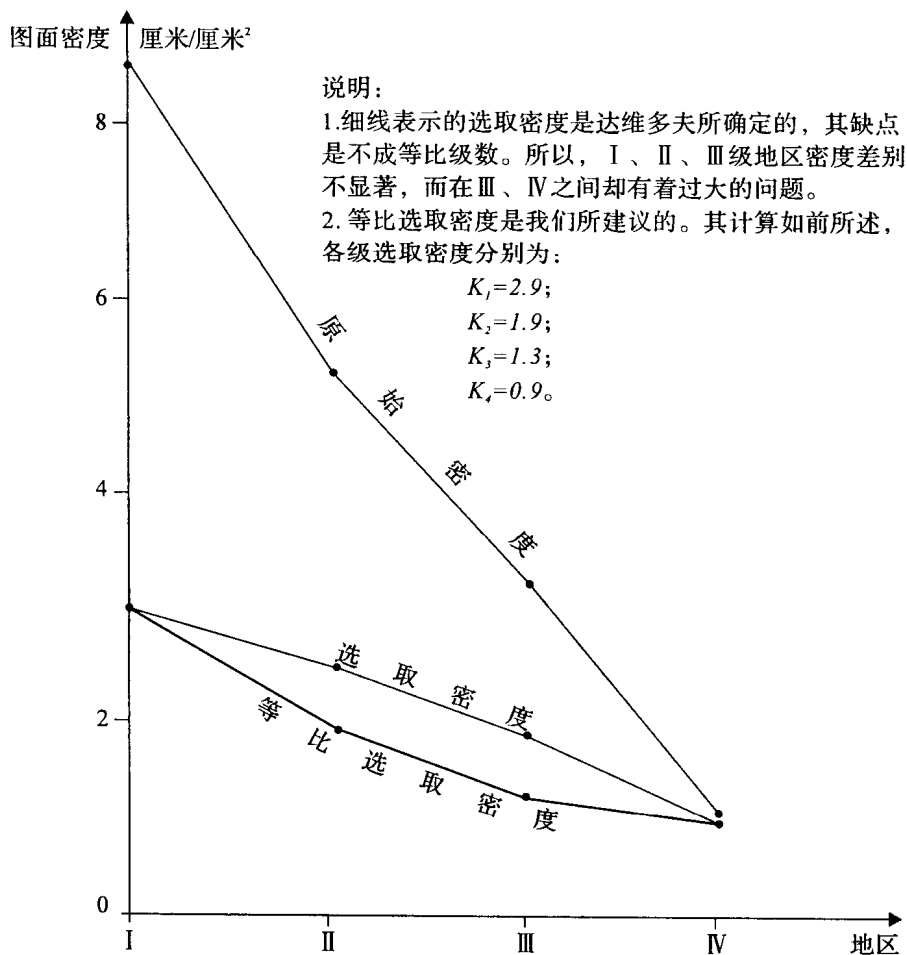


图1 不同地区的河网密度

7. 确定在成图上各密度区的适宜选取密度。上面曾说过, 在确定分区等级数量时就要求各级密度大体上成等比级数; 一般来说, 在成图上应当反映出各区原有密度对比的特点, 即各区的选取密度与原始密度分别构成的曲线(或折线)应大体上相似, 但在大多数情况下不应当平行。因为在成图上最大密度区所能反映的密度如上所述(在规定河间距不小于2—3毫米时)不大于4厘米/厘米²; 而由资料图所换算过来的最大密度区的密度系数可能很大, 如在附表中它为8.3厘米/厘米²。按照达维多夫的方法, 该区的选取密度为3.0(准确数字在我们的附表中为2.85)。可见, 选取密度在这里不及原始图面密度的一半呢! 而在密度较小的地区, 这往往是沙漠地区或缺水地区, 这里仅有的几条小河对当地人民的生活有着极重要的意义。这样, 最小密度区的密度系数之缩小应当慢于最大密度区密度系数的缩小。

困难在于如何确定选取密度曲线(或折线)的起始点——最大密度区的选取密度; 最好,