

黄河水文科技成果 与论文选集

(三)

水利部黄河水利委员会水文局 编

黄河水利出版社

黄河水文科技成果与论文选集

(三)

黄河水利出版社

(豫)新登字 010 号

黄河水文科技成果与论文选集

责任编辑:胡庆泉 陈昇辉 徐素霞

出版:黄河水利出版社

(地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层)

邮编:450003

印刷:黄河水利委员会印刷厂

发行:黄河水利出版社

开本:787mm×1092mm 1/16

版别:1996 年 10 月 第 1 版

印次:1996 年 10 月郑州第 1 次印刷

印张:61.875

印数:1—500

字数:1584 千字

ISBN 7-80621-101-2/TV·64

定价:156.00 元

序

人民治黄事业已经胜利地走过了艰辛而又光辉的五十年。五十年来，黄河下游岁岁安澜；黄河流域和沿黄地区的灌溉面积增加了八倍；水力发电从无到有，装机容量已达380万千瓦；水资源利用率已超过50%；入黄泥沙减少了近20%。这些成就是治黄的任何历史时期所无法比拟的，也是举世瞩目的。在取得这些成就的过程中，黄河水文工作发挥了重要的“尖兵”作用；每一进展都凝结着广大黄河水文工作者的敬业精神、汗水和智慧，他们的功绩是永远不会磨灭的！

为了纪念和庆祝人民治黄50周年，黄河水利委员会水文局编辑出版这本《黄河水文科技成果与论文选集》，对水文事业的继往开来是非常有意义的。

“选集”反映了五十年来，特别是近二十年来，黄河水文科技工作者在各个领域所取得的主要科技成果和经验总结。每个项目都是紧密结合不同时期的工作需要而进行的，对各项治黄工作都作出了及时的贡献，同时推动了水文事业本身的发展。绝大多数成果获得了不同等级的奖励，一部分论文在国内外学术会议上进行了交流。可以说，“选集”记录了黄河水文工作者几十年来走过的探索道路和足迹，对今后水文事业的发展有着重大的指导和借鉴作用。

“选集”中的作者，既有年逾古稀的专家，又有如日中天的骨干，还有风华正茂的一代，展示着黄河水文队伍的蓬勃生机。尤其可喜的是一部分作者来自基层第一线。他们长年栉风沐雨奋战在大河上下，又潜心悉力进行理论探索，这样不仅大大提高了队伍的素质，也必将促进水文事业向更高层次发展。

衷心祝愿黄河水文事业在“科学兴水”的大道上开拓前进，取得更大成绩！

龚时暘

前 言

黄河水文工作是黄河水利事业的一项重要基础性工作，也是国民经济建设和社会发展的一项前期工作，是治黄事业的重要组成部分。

经过大河上下水文战线的广大职工长年累月艰苦工作，黄河水文工作为黄河防汛、防凌、抗旱、水资源调度等决策，提供了全方位的优质服务；为黄河流域的治理、水资源开发利用、流域综合规划等工作收集整理了丰富珍贵的长系列水文资料。

与此同时，黄河水文这一支多学科的技术队伍，紧密结合生产实际，开展科学研究，促进了事业的发展。据不完全统计，1980年以来先后完成科研课题400多项，在省级以上学术刊物上发表论文200多篇，在省级以上多种学术讨论会及科技经验交流会上交流论文190多篇，参加国际学术交流会和发表论文30多篇，在完成的成果和论文中，获国家级奖3项，部（委）、省级科技成果进步奖25项，黄委会（包括水文局）科技成果进步奖300项，涉及水文、气象、泥沙、测量、水文地质、土壤生物化学、无线电子、计算机应用、通信遥测、超声物理、测验仪器、遥感技术等多种学科和专业，为黄河治理开发、研究水文泥沙规律、加快实现水文工作现代化，积累了一批巨大的财富。

为了进一步深入开展水文基本情况、基本资料、基本规律的研究，促进水文科技成果的交流和推广，在纪念人民治黄五十周年之际，从黄委会水文局成立以来开展的科研项目和学术论文中筛选、压缩、选编出版《黄河水文科技成果与论文选集》，献给人民治黄五十周年，献给支持水文科技事业和在水文工作中做出贡献的同志们。

本文集采用专业分类，收集了科技成果、论文218篇，约160万字，共分五类三册，第一册的主要内容为水文测验与资料整编，第二册为水文气象情报预报，第三册为水资源河流泥沙、水文仪器设备研制与应用及其他三个部分。为控制篇幅，在编辑中对原文引用的参考文献一律省略，个别插图作了删节。

限于编者水平，疏谬之处难免，恳请读者批评指正。

编 者

1996年6月6日

目 录

序 前言

水资源河流泥沙篇

应用主成分聚类进行黄河流域水文分区	任春香 马秀峰 (3)
黄河泥沙的来源和输移	龚时旻 熊贵枢等 (9)
黄河中上游水利、水土保持措施对减少入黄泥沙的作用	熊贵枢 (15)
黄河流域泥沙来源分布	支俊峰 (18)
黄河流域的风沙活动	牛 占 (20)
黄河中游粗泥沙来源区对黄河下游冲淤的影响	黄委会水利科学研究院等 (22)
论水文变量的随机性	戴申生 (27)
水流连续方程与洪水演算	马秀峰 (30)
黄河河口近代历史变迁	庞家珍 司书亨 (34)
黄河河口水文特征及泥沙淤积分布	庞家珍 司书亨 (38)
黄河河口演变对黄河下游的影响	庞家珍 司书亨 (45)
黄河口清水沟行水年限及近期流路安排	庞家珍 余力民等 (49)
大理河减水减沙效益初步分析	熊贵枢 张胜利 (55)
三门峡水库潼关高程变化分析	王国士等 (56)
巴家嘴水库高含沙异重流的初步分析	廖威祖等 (59)
三门峡水库(潼—三段)塌岸调查与分析	孙绵惠 吴茂森等 (64)
黄河流域水资源调查和评价初步成果	吴燮中 邱宝冲等 (67)
水资源总量估算及水量平衡分析	吴燮中 (68)
黄土高原地下水资源评价及开发利用	任建华 (71)
黄河流域平原灌区地下水灾害成因及防治措施刍议	任建华 (73)
应用陆地卫星像片编绘黄河流域自然地理分区图及分析河口三角洲演变	赵树廷 牛 占 (74)
黄河三角洲海区的水深变化及深水港址选位的设想	司书亨 张广泉 (78)
废黄河考察及现黄河三角洲治理的若干问题	庞家珍 余力民 (82)
计算水文频率参数的权函数法	马秀峰 (89)
回归分析中的伪相关与辗转相关	马秀峰 (96)
黄土地区流域产沙的数学模型	王星宇 (110)
黄河泥沙测验	龙毓骞 熊贵枢 (115)
近 70 年来黄河中上游径流与输沙量变化	徐建华 李世明 (119)
黄河洪水对下游河道冲淤影响的统计分析	王 玲 董雪娜 (124)
河龙区间水利水保工程减沙效益水保法研究成果汇总浅析	徐建华 李雪梅等 (128)

黄河下游窄河道的演变规律及治理意见	董占元	(134)
关于黄河入海流路及三角洲土地整治问题	庞家珍	(141)
黄河下游河道冲淤演变	庞家珍 张广泉等	(143)
黄河口清水沟流路现状及其演变	高文永 张广泉等	(154)
黄河三角洲流路演变及对黄河下游的影响	庞家珍	(159)
黄河兰州段河道整治动床模型试验及冲淤计算	赵昌瑞 刘有录等	(166)
黄河兰州段河道整治定床模型试验及水流计算	赵昌瑞 李志恒等	(172)
潼关至三门峡库段沙量平衡问题的初步探讨	吴茂森 程龙渊	(177)
三门峡水库水、沙观测的回顾与评价	程龙渊 张振宇等	(182)
浑水调洪图解法的实验分析	廖威祖	(185)
刘、龙水库运用对三门峡库区冲淤影响的初步分析	程龙渊 席占平等	(191)
“92.8”高含沙洪水在三门峡库区冲淤特性分析	缪凤举 吕光圻等	(205)
三门峡水库淤积测量方法初步分析	程龙渊 席占平等	(210)
三门峡水库淤积物干容重的研究与应用	程龙渊 席占平等	(215)
1993年汛期潼关高程升高原因的调查分析	孙绵惠	(218)
潼关河床冲淤分析	孙绵惠 付卫山	(221)
1994年汛期三门峡水库运用情况及冲淤特点	孙绵惠	(226)
黄河“揭底”现象与机理分析	孙绵惠	(230)
闸门淤沙摩阻力试验	牛占 白东义等	(235)
时段平均输沙率计算方法探讨	牛占 马庆云	(242)
河流悬沙垂线平均含沙量的研究	牛占	(247)
黄河高含沙水流流变试验简介	罗荣华	(250)
河流悬沙垂线积深采样的试验研究	牛占 赵伯良	(254)
《河流泥沙颗粒分析规程》简介	赵伯良 汪福盛等	(263)
黄河流域晋陕区间泥沙密度值试验	慕明清	(264)
岔巴沟流域水沙变化分析	齐斌 李鹏等	(265)
神府东胜矿区开发对乌兰木伦河水沙的影响	齐斌 李鹏	(271)
黄河流域水土保持现状与未来减沙评估	徐建华	(276)
黄河中游坝库拦沙量估算问题	李世明 杨汉颖	(280)
偏关河流域产沙模型研究	徐建华 李雪梅等	(284)
黄河中游黄土区基岩及产沙估算	李世明 支俊峰等	(289)

水文仪器设备研制与应用篇

HS-1型浑水测深仪	白东义 方新民等	(297)
黄委会水文局流速仪检定水槽简介	任小龙 傅瑾瑜等	(300)
FH-422型同位素含沙量计	周延年 张石娃	(301)
浑水实验装置的设计与应用	白东义 赵志普	(303)
GDY-1型光电颗粒分析仪测定粗泥沙的试验	刘明月 刘木林	(305)
ATM-1型痕量汞自动测定仪	李树峰 刘玉林等	(307)
软基河滩水文缆道桩基设计	游立潜 程进豪	(308)

皮囊调压积时式悬移质采样器的研制和实验	胡金星 (315)
两种毛细管粘度仪的对比试验	熊贵枢 张隆荣 (319)
DSJ-4 型翻斗式长期自记雨量计简介	王智进 赵宝德 (323)
单片机在 DJQY-50 型金刚石抗压强度仪上的应用	吴建华 杜 军等 (324)
YD100-4 型灌注桩孔质量检测仪简介	吴建华 (328)
HW-1000 型非接触式超声波水位计测量误差分析与检验	赵安林 白东义 (330)
HSW-1000 型超声波测深仪简介	赵安林 白东义 (333)
无线电定位仪在滨海水文测验中的应用	张广来 (334)
桥用采样器的改制与使用	韦中兴 蔺生馨 (338)
Argos 系统在降水量数据自动采集传输中的试验运行	牛 占 (340)
振管传感器测量水流悬浮含沙量实验研究	牛 占 (345)
遥感技术及其在黄河水文上的应用	赵树廷 (348)

其 他

水文数据资料成本分析	李士灿 (355)
随机序列轮长与轮次的统计规律	马秀峰 (359)
随机序列的持续性与黄河流域持续干旱初探	马秀峰 (366)
黄河流域历史特大干旱重演对国民经济的影响	马秀峰 (372)
《中国江河冰图》简介	陈赞廷 (382)
黄河上游大中型水电工程对水质的影响	白玲婧 (383)
黄河多沙水体测定总铁样品的保存问题研究	霍庭秀 (386)
黄河流域中上游近 40 年洪水灾害特点分析	支俊峰 陈 静 (389)
黄河流域片生活与工业用水调查研究	支俊峰 潘启民等 (393)
黄河河口海岸带的地物光谱特性	赵树廷 (398)
黄河口淤进及滩涂植被的卫片解译分析	赵树廷 王 勇等 (402)
应用干旱指标法研究黄河流域干旱特征	钱云平 张美丽等 (405)
黄河山东河段水质状况分析与评价	程进豪 (410)
黄河山东段水土资源的利用与实践	司书亭 王鸿祥 (414)
水质研究中的紧迫问题	戴申生 (416)
黄河口地区应用遥感技术的现状与前景	赵树廷 (420)
关于黄河水文经济体制改革的思考	司毅铭 (423)

水资源河流泥沙篇

应用主成分聚类进行黄河流域水文分区

任春香 马秀峰

水文分区是水文站网规划的基础。其目的在于从空间上揭示水文特性的相似与差异、共性与个性,以便经济合理地布设水文站网。

我国在 50 年代初期,由于资料短缺,不得不依赖分区者个人的经验判断,进行水文分区。高大的山脊,山地到平原的转折点,湖泊水网区区界,荒漠的边缘,以及地质、土壤、植被发生显著改变的地方,常作为分区的边界。尔后,发现按自然地理景观作出的自然分区,并非等同于用水文资料作出的分区,因而提出了以水量平衡条件大致相同为原则,划分水文一致区,再参照下垫面因素的相似性划分子区。它要求子区之内或同类子区之间,主要水文特征值的变化不超过 20%~30%;而不同类的子区主要水文特征值的变化,则应有显著差异。这种分区方法,虽较 50 年代初期的分区有明显的进步,但在定量指标的确定方面,却存在相当的任意性,而且只能作出单因子的分区。所谓单因子分区,就是按预先指定的数量变幅作出的单项水文因子分布图,它是解决资料移用的重要手段,也是指导分类性较强的小河站网布设的重要工具。但是,对综合性较强的中等河流的水文站网规划来说,面对众多的单因子分区,应用这种方法就有一定困难。特别是在水文因子等值线很密的地带,按固定幅度作分区,往往过于零碎,更难用于站网规划。

本文不以河流为单元统计水文资料,而以地理坐标点内插出水文特征值,采用主成分聚类的技术,进行黄河流域水文分区,取得了较好的成果。

把主成分聚类分析用于水文分区的基本思路是:在自然地理分区图上,均匀适量地选择一批地理坐标点作为样点,编号并记下经纬度;选择与分区目标有成因联系的水文因子,绘制等值线图或单项因子的地理分布图,内插出每个样点的水文因子特征值,组成原始资料矩阵,经过数据处理和线性正交变换,使原来具有一定相关关系的原始因子,变成相互独立,不再含有重叠信息的新变量——主成分。用前两个前位主成分(一般含信息量在 80%以上)作为纵横坐标,绘制主成分聚类图,将聚合在一起的同类样点所代表的空间范围,在地图上——标示出来,就初步构成了水文分区图。结合实际情况,对水文分区的合理性进行论证,调整原始因子,修正错误,使理论与实际达到统一;参照每个分区的典型特征,给分区作出命名,并对每个分区的重要水文特性,作出定性、定量的描述。

一、方法步骤

1. 水文因子的选择与资料统计

一个科学合理的水文分区,应能反映水文现象中必然而稳定的分区性规律。因此,选用的水文资料,在时间上,应该是平稳的统计特征值;在空间上,应力求排除诸如集水面积、河流长度、流域形状等非分区因素的干扰。对于受人类活动的影响,资料严重失真者,必须作

• 本文原载于《干旱地区水文站网规划论文选编》,河南科学技术出版社,1988。

还原性处理。

用主成分聚类进行黄河流域水文分区时,在因子选择上,最初选用了年降水量、年径流深及其变差系数、年水面蒸发量、输沙模数、干燥度、年平均气温以及汛期4个月径流量占全年径流量的百分比等9个水文因子的多年均值。这些特征值,在黄河水资源的评价中,都已经过还原处理并绘有等值线图。分析中,直接从这些特征值等值线图上,内插了225个样点的9项水文特征值。其中,兰州以上地区有51个样点,兰州至郑州区间有174个样点。由于黄河上游水文站网过稀,现有水文资料不能反映该地区水文特征值的空间分布情况,为避免影响整个黄河流域的分区结果,将兰州以上地区单独分析,以下着重讨论黄河流域兰州至郑州区间水文分区的主成分聚类分析结果。

经多次分析筛选,降水量、水面蒸发量、径流深、输沙模数、平均气温5个水文因子的综合效应明显,被选入采用,其水文特征值组成的原始资料矩阵为

$$X = [x_{ij}]_{E \times N} = \begin{bmatrix} x_{00} & x_{01} & \cdots & x_{0n} \\ x_{10} & x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{e0} & x_{e1} & \cdots & x_{en} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, E 为样点总个数; N 为因子的总个数; $e = E - 1$; $n = N - 1$ 。

2. 数据处理

(1) 极差正规化处理 为消除原始资料矩阵元素的量纲和量级,用下式进行极差变换:

$$h_{ij} = \frac{[x_{ij} - x_{j(\min)}]}{[x_{j(\max)} - x_{j(\min)}]} \quad (2)$$

式中, $x_{j(\max)}$ 为全部样点中第 j 个因子的最大值; $x_{j(\min)}$ 为全部样点中第 j 个因子的最小值。

经变换,原始资料矩阵的所有元素都变成了大于0小于1的矩阵 H 。为书写方便,采用公式(3)的形式(下同)。

$$H = [h_{ij}]_{E \times N} \quad (3)$$

(2) 概率化处理 要对 H 矩阵的所有元素进行比较,需将它们放在同一基础上,为此,把每个元素除以全部元素的总和:

$$y_{ij} = \frac{h_{ij}}{T_0} \quad (4)$$

$$T_0 = \sum_{i=0}^e \sum_{j=0}^n h_{ij} \quad (5)$$

使 H 矩阵变换为具有类似于概率性质的矩阵 Y :

$$Y = [y_{ij}]_{E \times N} \quad (6)$$

矩阵 Y 的全部元素的总和为1,可视之为全概率;其中的每一个元素,则作为全概率的一个分量。

(3) 类标准化处理 按下列公式(7)、(8)计算类标准化变量 W_{ij} :

$$W_{ij} = \frac{[y_{ij} - PDJ(i) \times PLD(j)]}{\sqrt{PDJ(i) \times PLD(j)}} \quad (7)$$

$$PDJ(i) = \sum_{j=0}^n y_{ij}; \quad PLD(j) = \sum_{i=0}^e y_{ij} \quad (8)$$

式中, $PDJ(i)$ 为第 i 行(即第 i 个样点)的 N 个元素的总和; $PLD(j)$ 为第 j 列(即第 j 个因子)的 E 个元素的总和。

因此, 矩阵 Y 就变换成 W 矩阵

$$W = [W_{ij}]_{R \times N} \quad (9)$$

为了简化计算, 可删除概率化与类标准化处理工序。这样, 也能得到类似的计算成果, 只是前两位主成分的贡献率有所减少, 聚类效果也略有降低。因此, 本文中仍保留了这两道数据处理程序。

(4) 计算类协方差矩阵 A 互换 W 矩阵的行与列, 变 W 矩阵为转置矩阵 W' , 按公式 (10) 计算类协方差:

$$a_{kj} = \sum_{i=0}^n W_{ik} \cdot W_{ij}, k(\text{或 } j) = 0, 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

由于, $a_{kj} = a_{jk}$, 则构成一个 $(N \times N)$ 阶的实对称方阵 A :

$$A = W' \cdot W = [a_{ij}]_{N \times N} \quad (11)$$

式中, A 为矩阵, 也称为类协方差矩阵。

3. 计算特征值和特征向量

(1) 计算的目的 所谓主成分, 就是用 N 个相互关联的因子, 经线性正交变换而成的新组合变量, 以 g_k 表示:

$$g_k = \sum_{j=0}^n V_{kj} W_{ij} \quad (12)$$

式中, $k=0, 1, 2, \dots, n$ 为主成分的序号; j 为因子的序号; g_k 为第 i 号样点的第 k 行主成分; V_{kj} 为第 j 个因子在第 k 主成分中的特征向量; W_{ij} 为矩阵 W 第 i 行第 j 列上的元素, 也是第 i 样点第 j 因子的类标准化变量。

主成分有一个重要特点, 即足标不同的任何两个主成分, 同位的特征向量之积的代数和为 0, 因而他们相互正交, 它们之间不再有相关关系。每个主成分都可以独立地发挥作用, 提供互不重叠的信息。可见, 特征值与特征值向量的计算, 是寻求主成分的关键。

主成分与原始因子的个数相等, 如果用全部主成分进行分析, 就达不到简化分析工作的目的, 因此, 需要从全部 N 个主成分中, 提取贡献最大的很少几个主成分——前位主成分, 以取代全部原始因子, 绘制具有直观形象的映像图, 达到合理分类的目的。可见, 如何提取前位主成分, 是简化分析工作的关键。

因子分析的理论证明, 某一主成分的平方和越大, 提供的信息就越多, 贡献也就越大。而主成分的平方和, 恰好就是矩阵 A 相应于该主成分的特征值 λ_k :

$$\lambda_k = \sum_{i=0}^n g_{ki}^2, k = 0, 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

由公式 (13) 可以看出, 要想获得前位主成分, 就必须先把矩阵 A 的特征值计算出来。

(2) 计算特征值和特征向量 实对称方阵 A 的特征值与特征向量的计算原理与方法, 已详述于李庆阳等所著《数值分析》一书中, 不再赘述。

当全部特征值计算出来后, 按其大小顺序排列, 即: $\lambda_0 \geq \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n \geq 0, B_0 \geq B_1 \geq B_2 \geq \dots \geq B_n \geq 0$

其中
$$B_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{j=0}^n \lambda_j} \quad (14)$$

令
$$\eta_m = B_0 + B_1 + B_2 + \dots + B_m \quad (15)$$

式中, η_m 为称为前位主成分的累积贡献率; m 为当 $\eta_m \geq 85\%$ 时的前位主成分的个数。

这次对黄河流域兰州至郑州区间的主成分分析, $m=1$, 前二位主成分累积贡献率已达

83%，说明用前二位主成分即可取代原来的5个水文因子。

表1列出了黄河流域兰州至郑州区间，特征值和特征向量的计算结果。

表1 特征值 λ_k 及特征向量 V_k 成果表

K		0	1	2	3	4
λ_k		0.230 35	0.196 59	0.065 47	0.015 80	0.006 37
B_k (%)		44.8	38.2	12.7	3.1	1.2
η_k (%)		44.8	83.0	95.7	98.8	100
V_{kj}	降水量	-0.313 6	-0.046 7	-0.067 7	-0.423 3	0.846 0
	蒸发量	0.771 4	-0.190 8	-0.380 8	0.276 7	0.383 4
	径流深	-0.544 9	-0.198 1	-0.623 0	0.525 1	0.000 0
	输沙模数	0.006 5	0.941 8	-0.076 8	0.270 9	0.183 8
	气温	-0.098 4	-0.187 8	0.675 6	0.628 5	0.321 8

4. 绘制主成分聚类图和水文分区图

(1) 计算前位主成分 根据表1和公式(12)，可将黄河流域兰州至郑州区间的前二位主成分，列出如下计算式：

$$g_0 = -0.3136W_0 + 0.7714W_1 - 0.5449W_2 + 0.0065W_3 - 0.0984W_4$$

$$g_1 = -0.0467W_0 - 0.1908W_1 - 0.1981W_2 + 0.9418W_3 - 0.1878W_4$$

式中， W_0 、 W_1 、 W_2 、……、 W_4 是 W 矩阵中第 i 行的5个元素，分别代表第 i 样点的降水、水面蒸发、径流深、输沙模数与气温的类标准化变量。计算时，每个样点都可以根据其相应5个水文因子的类标准化变量，即 W 矩阵中第 i 行的5个元素，计算出前二位主成分。这些计算工作，全部由电子计算机完成（结果略）。

(2) 绘制主成分聚类图和水文分区图 由 g_0 的算式看出，第一主成分 g_0 的5个组成因子当中， W_1 的系数绝对值最大，且为正数； W_2 的系数绝对值次大，为负数。这样，用 g_0 作为直角坐标系的横轴，则由负方向到正方向，代表着水分条件从湿润向干旱的变化规律，称 g_0 轴为水分轴。 g_1 的5个组成因子当中， W_3 的系数绝对值最大，远远超过其他各因子的系数。用 g_1 作纵坐标，从负方向到正方向，明显地反映了输沙模数由弱到强的变化规律。所以，又称 g_1 轴为侵蚀强度轴。用 g_0 、 g_1 组成的平面称为映像平面，在这个平面上的任何部位，都有特定的水文属性。

这样，地图上的样点，都可以通过自己的前两位主成分 g_0 、 g_1 在映像平面上找到与自己对应的像点，样点与像点形成了一一对应的关系。只是，原在地图上彼此毗邻的样点，可能

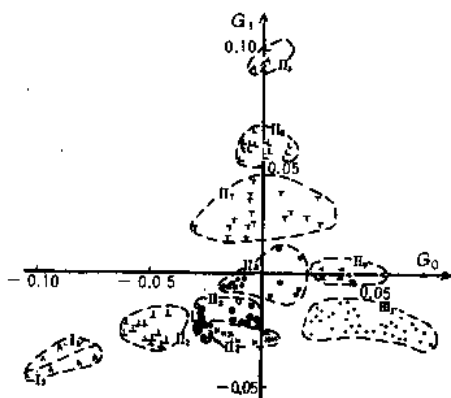


图1 黄河流域兰州至郑州主成分聚类图

由于前位主成分相差悬殊，聚合到不同的类群；而原在地图上不相毗邻的样点，又可能因前位主成分比较接近，聚合到同一个类群。总之，通过坐标映射，使像点发生了新的组合，形成了不同的类群，并分布在 (g_0, g_1) 平面的不同部位。每个类群所在部位的水文属性，就是类群内部每个像点的公共属性。把每一个类群内部的所有像点用相同的符号，在映像平面上一一标示出来，就是主成分聚类图（图1）。再将聚类图上同一类群中每个像点所对应的样点，以及这些样点代表的范围，用符号在地图上勾绘出来作出命名，就是水文分区图（图2）。



图2 黄河流域水文分区图

依据前位主成分聚类规律,参照自然地理概况,黄河流域兰州至郑州区间划分了3个大区、10个子区。大区以水分条件命名。然后,再根据侵蚀强度轴 g_1 的变化,按典型的水文属性,结合自然地理特性,给予子区命名。每个子区水文特征值的变化范围情况,列于表2(兰州以上地区,经单独计算后作出的分区,也一并列入)。

表2 黄河流域水文分区及指标范围表

分区号	分区名称		分区面积 (km^2)	降水量 (mm)	水面蒸发量 (mm)	径流深 (mm)	输沙模数 ($\text{t}/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$)	气温 ($^{\circ}\text{C}$)	干燥度
	主区	子区							
I	湿润区	沼泽丘陵草地区	39 356	700~750	700~800	250~300	<100	1~3	1~1.07
		石山林区	4 972	900~1000	800	600~700	300~400	12	0.8~0.9
II	过渡区	河源区	126 694	300~650	700~900	100~300	<150	-4~7	1.0~3.4
		林区	28 933	600~900	700~960	170~300	150~1 500	6.5~14	0.9~1.3
		土石山林区	68 349	380~700	840~1 200	25~155	150~2 000	5.5~13	1.4~2.9
		低丘阶地平原区	63 956	540~700	850~1 300	25~150	<1 500	12~14	1.4~2.4
		异常强烈侵蚀区	8 806	450	1 100~1 200	50~100	20 000~30 000	8~9	2.4~2.7
		甚强侵蚀区	60 562	400~540	1 000~1 300	30~120	10 000~20 000	7~10	1.9~3.3
		强侵蚀区	83 984	350~600	800~1 250	25~100	5 000~10 000	4~10	1.3~3.4
		中度侵蚀区	38 717	400~590	1 000~1 200	25~100	2 000~5 000	4.2~9.5	1.8~3
III	干旱区	风沙区	171 802	150~480	1 200~2 000	<35	100~1 500	5~9	3.1~13.3
		片沙区	33 905	250~400	1 300~1 550	5~35	3 500	5~8	3.3~6.2

注 本分区范围是花园口水文站断面以上,各水文特征值均为多年平均值。

二、对成果的解释

对水文分区成果进行解释,就是把主成分聚类图与水文分区图对照分析,看其是否符合

客观实际。

黄河流域水文分区(3大区12子区)解释:

I 湿润区

本区降水量充沛,蒸发量小,径流深大(局部除外),干燥指数 <1.0 ,地表侵蚀微弱。区内共有7个样点,聚类于整个图幅的左下角。按自然地理概况,又分为两个子区。

I₁ 沼泽丘陵草地区 分布在黑白河及洮河中上游一带,大部分地区地表终年有积水,苔草、蒿草丛生,植被好。

I₂ 石山林区 该子区位于东经 $107^{\circ}\sim 109^{\circ}$ 之间的秦岭主峰一带,系海拔高度2000~3000m的石质山地,属暖温带湿润气候。年降水量居黄河之首,局部地区超过1000mm;年径流深达700mm,是黄河水资源最丰富的地区。地表由常绿针叶林覆盖,是我国林业基地之一。

I 过渡区

其水分条件介于湿润区和干旱区之间,多种复杂的侵蚀现象均发生在这里。根据主成分聚类映像图,又分为8个子区。其中,河源区、林区、低丘阶地平原区等具有亚湿润的水分特征;土石山林区、异常强烈侵蚀区、甚强侵蚀区、强侵蚀区、中度侵蚀区,在其偏东南部位具有亚湿润的水分特征,在近沙漠部位则具有亚干旱的水分特征。由于降水、植被、土壤的不同组合,造成了侵蚀程度上明显的差异。年输沙模数有的高达 $20\,000\sim 30\,000\text{t}/(\text{a}\cdot\text{km}^2)$,有的则低于 $150\text{t}/(\text{a}\cdot\text{km}^2)$ 。

I₁ 河源区 位于青海高原东部,平均海拔高度4000m以上,山脉呈西北—东南走向,高山区终年积雪,冰峰起伏,是黄河流域最寒冷的地带,也是黄河主要来水区之一。大部分地区为植被覆盖,多为温带森林草原及高寒草甸,年输沙模数在 $150\text{t}/(\text{a}\cdot\text{km}^2)$ 以下。

I₂ 林区 分布在秦岭东西麓、六盘山、大夏河、洮河中游及渭河的支流漳河一带。区内的14个样点聚类于湿润区的石山林区与过渡区的土石山林区之间。水量较充沛,植被良好,多为针叶林,水土流失不严重,年输沙模数小于 $1\,500\text{t}/(\text{a}\cdot\text{km}^2)$ 。

I₃ 土石山林区 属于该区的样点共19个,分布在吕梁山、太行山石山林区及子午岭、黄龙山黄土丘陵区。虽然,大部分为石山林,又具有亚湿润区水分特征,但由于区内的降水、蒸发、径流、干燥度均与I₂区有显著差别,从而构成一个独立子区。此外,由于森林植被好,因而,虽具备发生强侵蚀的水分条件(例如在有黄土覆盖的黄龙山、子午岭一带),但水土流失并不严重。

I₄ 低丘阶地平原区 这里是黄河流域主要的产粮基地之一。18个样点分布在八百里秦川,北洛河下游、洛河中下游及汾河盆地。在聚类图上,18个像点比较集中,并与I₃区紧靠在一个部位,这说明了低丘阶地平原区与林区的水文现象基本一致。由于地面坡度较小,不利于形成地面径流,缺乏搬运泥沙的动力,所以,虽然雨水较丰富,黄土地质疏松,面水土流失轻微,年输沙模数小于 $1\,500\text{t}/(\text{a}\cdot\text{km}^2)$ 。不仅如此,在平原地区由于引水灌溉,还存在微堆积现象。

I₅ 异常强烈侵蚀区 该区的样点有6个,聚类于映像图的最上部。在水文分区图上,它分布在I₄区内部的皇甫川、窟野河下游。该地区地表呈黄土丘陵及特殊的塬、梁、峁、川等地形特征,千沟万壑,支离破碎,植被稀少,地面裸露。这种地形,与年降水量450mm、径流深50~100mm、干燥度为2.4~2.7的特定的水分条件结合在一起,形成了黄河流域“侵蚀冠军”。

I₆ 甚强侵蚀区 共有18个样点,分布在二个同级的子区之内。其中,面积较小的一个,

在泾河支流蒲河与洪河流域上；面积较大的一个，分布在河口镇以下至昕水河河口区间直接入黄支流的中下游和泾河、延河、北洛河上游。在聚类图上，所有的像点，全部集中在Ⅰ₅和Ⅰ₇之间。该子区面积约6.06万km²，占全流域面积的8.0%。区内暴雨集中，强度大，历时短，植被差，水土流失严重。是黄河流域产沙量最大的分区，也是治理的重点区域。

Ⅰ₇：强侵蚀区 属于该区的有渭河上游、泾河中上游、清水河上游、祖厉河、延河中下游以及红河、偏关河、朱家川的中上游一带。区内共有23个样点，在聚类图上介于Ⅰ₅与Ⅰ₇之间，面积为8.4万km²，占全流域面积的11.2%，是黄河流域产沙较多的一个区域。

Ⅰ₈：中度侵蚀区 大致分布在湟水中下游、洮河下游、汾河中上游及呼和浩特市以东地区，区内面积为3.87万km²。在聚类图上，属于这个子区的15样点，分散在强弱侵蚀区之间的过渡部位。

Ⅱ 干旱区

本区分布在兰州、靖远、海源、靖边、榆林、东胜、托克托一线以北广大沙漠地区（包括闭流区）及共和、同德、兴海一带，这里恰好是干风黄沙入侵黄河流域的通道。年径流深多小于20mm，蒸发量却高达2000mm，干燥度也很大，最高达13.3，是黄河流域最干旱的地区。个别位于沙漠边缘的样点，由于有丰富的地下水补给，年径流深达170mm。该区虽然地表裸露，地势平缓，但地表径流少，缺乏水蚀的动力条件，因而，输沙模数都在中度以下。在聚类图上，属于干旱区的像点，全部集中在整个图形的最右侧，其沿侵蚀强度轴的变化，也都属于中轻度侵蚀级的范围之内。根据自然景观及侵蚀强度的差异，又可分为两个子区。

Ⅱ₁：风沙区 共计43个样点，分布在黄河流域的最北部。其大致的范围是，以毛乌素沙漠和黄河流域的闭流区为核心，向东至靖边、榆林、东胜沿线，向西、向北伸展到整个宁蒙一段黄河流域的北界。该子区，地势平缓，地表径流微弱，水蚀轻微，流沙和固定沙丘构成了该子区典型的自然地理景观。在聚类图上，像点集中在整个图形的右下侧，属轻微侵蚀区。

值得提出的一个现象是，聚合在风沙区的一部分样点，分布在农业发达的宁蒙灌区，尽管这些地方具备了干旱风沙的水文特征，但由于引黄淤灌、压沙改土的人工措施，改变了沙漠的自然景观。

Ⅱ₂：片沙区 片沙区总计有11个样点，分布在风沙区与强侵蚀区之间的过渡地带。平均侵蚀模数约为3500t/(a·km²)，略高于风沙区，属于中度侵蚀。其余各项指标均大于风沙区的下限，小于风沙区的上限。在聚类图上，像点全部集中在图形右侧并位于Ⅱ₁区的上部。

黄河泥沙的来源和输移

龚时扬 熊贵枢等

一、黄河泥沙的来源

黄河上中游流经的黄土高原，其表面，除石质山区、石山林区、沙漠区、沙地草原区、冲积平原区等以外，都为黄土和红色土所覆盖，土层的厚度自200m至几十米不等。黄土的中数粒径自北向南逐渐变细，质地较疏松，尤其在北部，表层主要为沙黄土，抗冲能力低，植被