

文章编号: 1007-6301 (2003) 03-0229-013

复合型泥沙灾害过程特征及区域划分

金德生, 师长兴, 陈 浩, 张欧阳

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要: 本文给出了复合型泥沙灾害的定义, 从时间序列角度出发, 表述了复合型泥沙灾害过程的复杂性、周期性、耦合性及层次性等特征, 并对泥沙灾害的区域关联性与区域差异, 区域划分与分区特征作了研究。根据复合泥沙灾害过程发育的大环境及基本复合过程进行划分, 分为东部平原-沿海地带复合泥沙灾害过程地区、中部高平原低山复合泥沙灾害过程地区、西北干旱高中山盆地复合泥沙灾害过程地区、青藏高寒山原复合泥沙灾害过程地区 4 个一级区; 依据泥沙灾害复合过程的相似性及差异性, 划分 11 个复合泥沙灾害过程二级亚区。

关 键 词: 复合; 泥沙灾害; 过程特征; 区划

中图分类号: P931.1; P333.4; X144

我国的泥沙灾害在时空分布、相互关系以及对人类与社会经济发展的影响等方面有其独特的特征。为了揭示泥沙灾害的内在规律, 谋求治理对策, 减轻灾害损失, 笔者曾探讨过泥沙灾害的类型及一般特征^[1-2], 本文力图揭示复合型泥沙灾害过程的时间分布特征、复合型泥沙灾害的空间分布特征以及区域划分等, 以进一步研究泥沙灾害复合过程的规律特征。

1 关于复合型泥沙灾害

复合型泥沙灾害是在特定自然条件和人类活动作用下, 若干种内在关联、时空上相复合的泥沙灾害的一种组合。

我国泥沙灾害的种类繁多, 由于自然地理条件复杂, 四大地形阶梯的西高东低排列, 生物气候带的自南而北分布, 地处太平洋与欧亚大陆的交叉地带, 季风十分活跃, 加之历史悠久、人口众多、人类活动频繁、社会变动急剧。因此, 在时间过程、空间分布以及泥沙灾害类型之间, 构成了多种特殊的复合型泥沙灾害过程。

复合型泥沙灾害, 由于内在的关联性, 使其在某一时段中呈现空间上的演替特征; 而

收稿日期: 2003-03; 修订日期: 2003-04

基金项目: 国家自然科学基金重大项目 (59890200) 及国家自然科学基金项目 (4880008) 资助。

作者简介: 金德生 (1940-), 男, 研究员。曾在美国科罗拉多州立大学地球科学系进修。主要从事流水地貌研究及实验模拟。

在一定的空间范围内,又展示时间上的频发特征。

鉴于致灾因子、孕育环境及承载体的不同,复合型泥沙灾害的复合形式及其过程特征也各不相同。在地域上,它们可以是跨地区跨流域的复合,也可以是某一流域上、中、下游之间的关联。在动力作用上,既可能是由于自然动力作用下的驱动,如由于山洪暴发导致河岸崩塌、河流改道,出山口堆积冲积扇、冲毁农田、损坏房屋;也可能是人为动力作用的诱发,如不合理开矿、挖煤导致沉陷、滑坡、泥石流、河道淤积堵塞、冲毁桥梁等等。

复合型泥沙灾害给社会带来的经济损失和人们的安危远较单一类型的泥沙灾害来得严重。就暴雨洪涝型复合泥沙灾害过程而言,我国是世界上暴雨洪涝灾害频发的国家之一,每年都会有不同程度的暴雨洪涝泥沙灾害发生。在雨季,往往出现大范围的暴雨,使洼地积水或造成山洪暴发,夹带大量泥沙,诱发泥沙灾害,使国民经济和人民生命财产造成重大损失。据不完全统计,从公元前 206 年到 1949 年共 2155 年间,我国发生过较大水灾 1092 次^[3],大约每 2 年就发生 1 次。近 40 年来,水灾仍频繁发生,据 1950~1990 年(缺 1967~1969 年)年统计,我国受洪涝灾害的农田面积平均每年 842.5 万公顷。

在严重的洪涝年份,农田受灾面积可达 1300 万公顷以上。例如,1954 年是新中国成立以来洪涝灾害最严重的一年,这一年全国雨涝面积达 1600 万公顷,其中仅长江流域就有 317 万公顷耕地被淹没,3.3 万人丧生。又如,1963 年全国暴雨洪涝面积达 1400 万公顷,其中仅海河流域就有 407 万公顷受灾,粮食减产 30 多亿公斤,房屋倒塌 1450 万间^[4]。

1998 年长江洪水之猛,时间之长,水位之高,形势之险恶,均为有水文记录以来之罕见。据国家防总抗灾组核实,仅湖北省就有 65 个县市受灾,农作物受灾面积 3064.65 万亩(20931km^2),受灾人口 2393.89 万人,因灾死亡 528 人;倒塌房屋 122 万间,被洪水围困 232.07 万人,紧急转移 242.18 万人;有 1.46 万家企业因灾而停产、半停产;水利、交通、电讯基础设施损失严重;共溃扒洲滩民垸 210 个,其中受淹耕地 111.44 万亩,受灾人口 81.1 万亩,直接经济损失共计 500 多亿元。

然而,1998 年 7~8 月,长江流域发生的特大暴雨洪灾,最大累积径流量 1750亿 m^3 ,而 1954 年同期的最大累积径流量为 2182亿 m^3 。1954 年以来,由于荆江河段泥沙大量淤积、河床加积抬高,使同流量的水位也逐渐相应提高,以致造成 1998 年洪水径流量虽比 1954 年小 20%,但水位比 1954 年高出 $0.55\sim 1.78\text{m}$ 。从 1998 年最高洪水位来看,沙市、监利、螺山的最高水位普遍高出两岸的高河漫滩平原 $10\sim 13\text{m}$ 。在螺山—武汉的分汊河段,由于洞庭湖淤积量逐年减少的同时,该河道淤积量相应增加,滩、槽普遍加积,自 1954~1988 的 35 年间,河床每年平均升高 36.87cm ^[5],导致洞庭湖流出受阻,在 1996 年流量 $43500\text{m}^3/\text{s}$ 与 1954 年流量 $43400\text{m}^3/\text{s}$ 相当的情况下,城陵矶水位分别为 35.31m 和 34.55m ,高出 0.76m ;而 1998 年流量为 $28800\text{m}^3/\text{s}$,大大小于 1954 年流量的条件下,城陵矶水位为 35.94m ,比 1954 年高出 1.39m ^[6],使螺山河段泄洪能力减少 $15000\sim 20000\text{m}^3/\text{s}$ ^[7]。这是一个十分典型的洪涝型复合泥沙灾害过程。

至于地震引发的复合型泥沙灾害过程,无论在历史上,还是在近代,都曾给人类社会带来重大损失。人类不适当活动而诱发的复合型泥沙灾害给人类带来灾难,这也是对人类的惩罚。总体而言,按复合灾害过程的动力作用,复合型泥沙灾害过程可以划分为自然动力引发与人为动力诱发复合型泥沙灾害过程两大类。前者如地震引发的山崩—滑坡—泥石流复合型泥沙灾害过程,由暴雨引发的坡面侵蚀—水土流失—高含沙输移—河道加积复合型泥沙

灾害过程, 由洪水引发的河岸崩塌-河流改道-决口扇堆积复合型泥沙灾害过程, 还有如在极端天气条件下风沙吹蚀-沙尘输移-沙尘堆积沙尘暴复合型泥沙灾害过程, 以及风暴潮引发的海岸侵蚀-岸流泥沙输移-港湾淤积复合型泥沙灾害过程等。由于篇幅所限, 本文主要涉及自然动力引发的复合型泥沙灾害过程的一般特征, 包括时序特征、空间特征及区域划分等。

2 复合型泥沙灾害的时序特征

从时间序列角度出发, 复合泥沙灾害的时序过程特征, 主要表现在泥沙灾害过程的复杂性、周期性、耦合性以及层序性等特征。

2.1 复合过程的复杂性特征

泥沙灾害复合过程的复杂性, 从宏观上讲, 首先体现在由于地球系统内外部、地球表层系统各层圈相互之间非均匀作用引起的多时空变化。如太阳黑子 11 年周期活动, 22 年磁周期, 以及 35 ~ 50 年、80 ~ 90 年、200 年、400 年、1000 年、2000 年左右不同尺度的变化周期^[8], 在复合泥沙灾害过程的韵律变化周期中, 都直接或间接地有所反映。又如, 由于地球系统运动的复杂性及多样性, 在水圈与气圈中形成了若干个环流系统, 它们的共同特点是在北半球都作顺时针方向旋转, 在南半球者作反时针方向旋转, 导致赤道方向有更大、更为突出的自东向西的纬向力作用, 这种作用也有一定的韵律与非韵律变化。因此, 当地球表层系统的动力因子相互作用、随时间演进时, 泥沙灾害的复合过程变得相当复杂。加之我国地域辽阔, 地质地貌条件多样、地表物质组成复杂, 气候条件及人类活动强度不一, 泥沙灾害的发生频次、强度、幅度也就多种多样、变化不一, 在全国各地的不同区域及其不同历史发育阶段, 泥沙灾害复合过程的类型、形成、演化及作用机理便复杂多样。

在西南山地, 往往呈现滑坡、塌方、泥石流, 江河源头泥沙堵塞等共生的复合泥沙灾害过程, 他们与山体基岩经历上百年左右较长时期的风化破碎、山坡较陡失稳以及骤降暴雨密切相关; 在干旱半湿润的黄土高原地区, 往往发生暴雨型侵蚀切割, 泥流、滑坡失稳、高含沙水流输移为主要特征的复合型泥沙灾害过程; 而在我国东部平原低洼地区, 大多是与江河中下游泥沙输移相关的复合型泥沙灾害过程。

2.2 复合过程的周期性特征

泥沙灾害在时间分布上具有非稳定性, 在某一时段往往形成相对集中的复合型泥沙灾害过程; 而在另一时段相对不集中, 这种时序上相对集中与不集中往往呈现周期、韵律的循环性特征。

复合泥沙灾害与地震、洪涝密切相关, 尤其在山地丘陵地区, 地震的发生往往导致山体崩塌、滑坡, 从而引发泥石流等复合型泥沙灾害过程; 在平原江河、低洼地区, 洪涝暴发会导致河流决口改道、河道冲刷、河岸崩塌与江心洲消失等复合型泥沙灾害过程。由于地震与洪涝具有一定的韵律性, 使地震和洪涝引发的复合型泥沙灾害过程具有周期性特征。

据研究, 近 500 年来, 我国有两个地震活跃期^[9], 第一个活跃期 1480 ~ 1720 年; 平静期 1720 ~ 1880 年; 第二个活跃期 1881 ~ 现在。与此相应, 以滑坡崩塌泥石流为主的复合型泥沙灾害过程, 也存在两个时期, 1480 ~ 1720 年及 1881 ~ 现在, 由此引发的复合型泥沙灾害出现频度较高, 而在 1720 ~ 1880 年间出现的频度相对较低。同时, 根据我国南北地震带及华北地震带之历史地震时期、地震幕的分析, 在地震活动期内, 地震活跃幕与地震平静

幕的持续时间间隔约 20 年左右^[10]。显然, 由地震引发的复合泥沙灾害过程的活跃发生期的循环周期, 也应该是 20 年左右。也就是说, 在两个复合泥沙灾害过程的活跃发生期之间存在 20 年左右的相对不活跃发生期。

与气候干旱期及湿润期相关的复合型泥沙灾害, 特别是平原低洼地区河流中发生的复合型泥沙灾害, 也呈现出循环性特征。张先恭先生认为, 近 500 年来, 我国气候变化中 1479 ~ 1694 年为干旱期; 1692 ~ 1890 年为湿润期; 1891 ~ 现在为另一干旱期^[11]。在干旱期, 与河流有关的复合型泥沙灾害, 发生频次显然比湿润期来得少。从黄河下游决溢频次分析, 不难证明这一规律的存在^[11]。

2.3 复合过程的耦合性特征

泥沙灾害是特定环境条件的产物, 不同类型泥沙灾害的复合过程更是气圈、地圈、水圈、生物圈诸层圈的自然变异以及人文圈不适当干预所致。由于地球各层圈运动变化的节奏有关联性及同步性, 从而使泥沙灾害的复合过程具有耦合性特征。

众所周知, 在地质历史时期中, 每场地壳运动不仅在岩石圈中形成了显著的构造形迹, 导致岩浆活动, 同时还引起海水进退、气候剧变和生物界飞跃发展。第四纪以来, 根据考察、历史记录和现代观测, 地壳的活动、海水涨落、气候变化、生物发展等, 都共同存在着日、月、年, 以及 5 ~ 6 年, 11 年、22 年、35 ~ 40 年、80 ~ 90 年及尺度更大的周期变化。因此, 由这此自然变化所导致的自然灾害也存在着相同的韵律性^[9]。

如前所述, 近 500 年以来, 1480 ~ 1720 年及 1880 年至今, 在我国西南地区有两个以崩塌、泥石流、江河上游堵塞为特征的复合泥沙灾害过程活跃时期; 与江河下游河岸侵蚀强烈、江心洲发育加快为特征的泥沙灾害复合过程活跃时期相耦合, 而地震活跃期正是与北方气候上的干旱期相耦合有关, 也与我国近 500 年来, 1470 ~ 1520 年; 1620 ~ 1720 年; 1840 ~ 1890 年; 1945 年至今^[13]的四个冷期基本上相耦合。

2.4 复合灾害过程的层序性特征

地球系统本身是一个开放的自组织系统。根据耗散结构理论, 一个开放系统只有与外界环境不断地进行物质与能量交换, 该系统才得以维持, 在这个过程中, 如果获得足够的负熵流, 其在系统内部的流通转化就会诱发整个系统产生自组织过程, 使系统不断地由混沌向不均匀到出现多等级的层序性, 从而远离平衡态, 产生有序稳定结构, 这便是开放系统的有序性。地球系统的有序性, 经历了漫长的非线性的螺旋递推式的发展, 其有序度随着时间推移而递增, 其子系统随着地球系统的发展而增多, 其层次也越来越多, 越来越复杂^[8]。复合泥沙灾害系统及其过程是地球表层系统的一个组成部分, 也同样呈现出层序性特征, 具体表现在三个方面:

2.4.1 复合泥沙灾害系统由多种泥沙灾害子系统组成

在泥沙灾害种类上, 复合泥沙灾害系统由流域、坡面、河道及滨海平原等多种泥沙灾害子系统所组成。每一个子系统都主要与地球表层系统中的物质运动有关, 并受到地圈表层整体运动的控制和其它圈层运动变化乃至天文的影响^[14, 15]。各个子系统又包含了若干范围小的和更小的子系统。例如, 流域复合泥沙灾害系统又可包括侵蚀型、搬运型、堆积型复合泥沙灾害子系统等。每一个更小的子系统, 有自身运动的特殊性, 但又受地球表层系统总体结构和演变的制约。

2. 4. 2 复合型泥沙灾害活跃期中存在不同尺度的周期

例如，在百年尺度的周期中，存在 22 年周期、11 年周期等，海平面变化 11 年周期中包含 5~6 年的年、月、日周期变化等。

2. 4. 3 复合型泥沙灾害的发展过程具有层序性

如台风可引起暴雨，暴雨引起洪水，洪水引发泥石流和滑坡，滑坡和泥石流可能阻塞河流、破坏堤坝，并再次发生洪水；洪水带来大量泥沙淤高河床使洪水威胁增大，造成决堤泛滥，淹没农田，冲毁工厂，摧毁房屋，使人民生命财产遭受损失。

3 复合泥沙灾害过程的区域性特征

复合泥沙灾害过程在我国的空间分布显然受着构造系统、天气系统、海洋系统的控制。在陆地上，长白山- 辽东- 胶东- 东南沿海诸山脉、大兴安岭- 太行山- 武陵山- 十万大山、贺兰山- 龙门山- 横断山等北北东至南北向的构造带和天山- 阴山、昆仑山- 秦岭、喜马拉雅- 南岭等几条纬向山带，控制了我国复合泥沙灾害过程的综合分区格局。这些地带往往是山地滑坡、泥石流、水土流失、暴雨集中的地带；介于其间的广阔盆地和平原则是洪涝、平原泥沙灾害最集中的地区；山地与平原之间为地震活跃的地带，也是山崩、滑坡、泥石流复合泥沙灾害发育地带；在海陆交汇地区由于复杂的海气循环与反馈作用使滨海平原海岸带成为复合泥沙灾害最严重的地区。

3. 1 区域关联性特征

复合型泥沙灾害是在一定环境条件下产生的，特定的复合型泥沙灾害过程孕育于特定的地圈、气圈、水圈环境之中。

在漫长的历史演变过程中，地球从浑沌状态分异为包括地核、地幔、地壳、水、生物诸圈层的自组织地球系统和它的各个子系统。在形成自然环境系统的同时，地球表层系统的发展和演变，也由于自然的或人为的变异而导致了灾变与灾害的发生。

由于地球动力的作用，地壳表层形成了各种构造形迹，特别是规模较大者，不仅控制了地层、岩浆岩、地球化学带、地震活动带的分布，也决定了山川形势和地貌轮廓、控制了土壤和植被的分布、地表径流的方向和地下水文系统，而且作为下垫面影响着天气系统和天气形势，从而形成了统一的自然环境系统。这种统一性，便决定了复合型泥沙灾害空间分布的关联性。例如构造隆起带控制了山系，沿山脉则经常出现包括崩塌、滑坡、泥石流、水土流失的复合型泥沙灾害过程；构造沉陷带控制了盆地和平原，这些地势较平坦的地带则出现了包括地面沉降、洪涝、土地沙化、土地盐碱化为主的复合型泥沙灾害过程。又如，由于降雨受季风气候控制，致使洪涝型复合泥沙灾害过程主要分布于我国 24 小时 50 毫米降水等值线以东，即燕山、太行山、伏牛山、武陵山和苗岭以东地区，在这些地区中地势陡峭的地方，也是暴雨引发的滑坡- 泥石流复合型泥沙灾害过程的多发地区。

3. 2 复合泥沙灾害过程的区域分异

我国复合泥沙灾害过程的区域划分与我国自然灾害的区域组合的规律极为相似。我们参照自然灾害的区域划分原则及组合特征，以复合泥沙灾害过程为主线，对不同地区界定某一种类型的复合泥沙过程为主，结合主要的致灾因子，进行大区 and 亚区的划分。

我国复合型泥沙灾害的区域分异特征，与大气环流、地球表层环境和构造活动的区域

分异以及人类社会经济发展状况密切相关,地球表层环境主要指地貌形态及其海拔高度的变化,地表物质组成的差异。我国四大地貌阶梯组成的巨地貌形态本身是地质构造差别运动的产物,它又控制了大气环流的形成变化和其它自然环境要素的差别,也影响到人类活动强弱及社会经济发展状况等区域差异。显然,地球表层环境对复合泥沙过程的地域分异有着密切的关系。我国大兴安岭-太行山-雪峰山一线为十分重要的地貌界线,也是人类活动及社会经济状况区域分异的重要界线。该线以东的第三级及第四级地貌阶梯是我国大江河中下游暴雨-洪涝-河流冲淤复合型泥沙灾害过程多发区,人类活动频繁,社会经济发达,滑坡、泥石流复合泥沙过程则不发育。大河口地区及沿海一带分别呈现河流减沙-海岸侵蚀为特征的复合型泥沙灾害过程,以及河道输沙增加-河口淤积加速发育的复合型泥沙灾害过程。前者如滦河口一带,后者如黄河三角洲即是如此。

该线以西,是我国第二级地貌阶梯的所在地,洪涝型复合泥沙灾害过程时有发生,如四川盆地,但较之该线以东的第三、四级地貌阶梯上轻得多,发生频度及强度也较弱;然而滑坡-泥石流复合泥沙灾害过程十分活跃,特别在第一、二地貌阶梯的过渡接合带,青藏高原东部和东南部,秦岭西段,龙门山、川西、陕西为最强烈的活动地区。

依据泥沙灾害复合过程的相似性及差异性,可以将我国复合泥沙灾害过程进行二级区域划分。一级区根据复合泥沙灾害过程发育的大环境及基本复合过程进行划分。我国的海陆分布和四大地貌阶梯构成的地貌格局与孕育基本复合泥沙灾害过程的大环境有关。它不仅导致东部季风区、西北干旱区及青藏高寒三大气候区、自然地理区的形成^[15],而且与我国复合泥沙灾害过程发育环境的区域差异相联系,也决定了不同区域复合泥沙灾害过程的特点及基本复合泥沙灾害过程类型组合。因此,一级大区的划分与大地貌区、自然地理区和气候区基本一致,分为东部平原-沿海地带复合泥沙灾害过程区、中部高原低山复合泥沙灾害过程区、西北干旱高中山盆地复合泥沙灾害过程区、青藏高寒山原复合泥沙灾害过程区 4 个一级区(表 1、图 1)。青藏高原区以高原自然边界为大区界线,西北大区 and 东部大区在自然区划中,西段以长城为界,将鄂尔多斯高原和河套平原划入西北区,事实上该两地区,在自然上基本属两者的过渡地区,经济上系农牧交错地带。亚区以复合泥沙灾害类型及致灾程度为主要依据,并考虑灾害程度进行分划,在参考文献^[16]中提供的数据及附图的基础上,将复合泥沙灾害过程划分成 11 个亚区。

4 复合泥沙灾害过程的区域划分

4.1 东部平原、沿海地带复合泥沙灾害过程地区 ()

该区为我国人口最为集中、经济最为发达的地区(表 1,图 1),包括我国第三级地貌阶梯的全部和最低一级地貌阶梯的海陆交错带,属东亚季风区。由于历年季风强弱、进退的变异大,台风、寒潮侵袭,本区洪涝灾害的广度、强度、频度均为全国之冠,还有全国独有的风暴潮、河流减沙-海岸侵蚀、河道增沙-海岸堆积等复合型泥沙灾害过程。此外,次生沙尘暴、风暴灾害亦经常发生。本区复合泥沙灾害过程与人类经济活动交互重叠,为复合泥沙灾害过程最严重的一个区^[17]。

4.1.1 东北洪涝型复合泥沙灾害过程亚区 (i)

亚区 (i) 位于大兴安岭山脉以东,燕山以北,包括黑、吉、辽三省以及内蒙、河北

部分地区。本区复合泥沙灾害过程受降水量变异影响，主要为洪涝型复合泥沙灾害过程。由于分布在工农业发达地区，所以损失较大，1985 年辽河洪水连同河口风暴潮的影响总损失达 47 亿元。随着经济发展，灾害损失有增长趋势。山区滑坡、泥石流以及西辽河地区风沙等也为本亚区局部地区的重要的复合泥沙灾害过程。本区复合泥沙灾害程度基本属中等水平。

4. 1. 2 华北及长江中游平原洪涝型复合泥沙灾害过程亚区 (2)

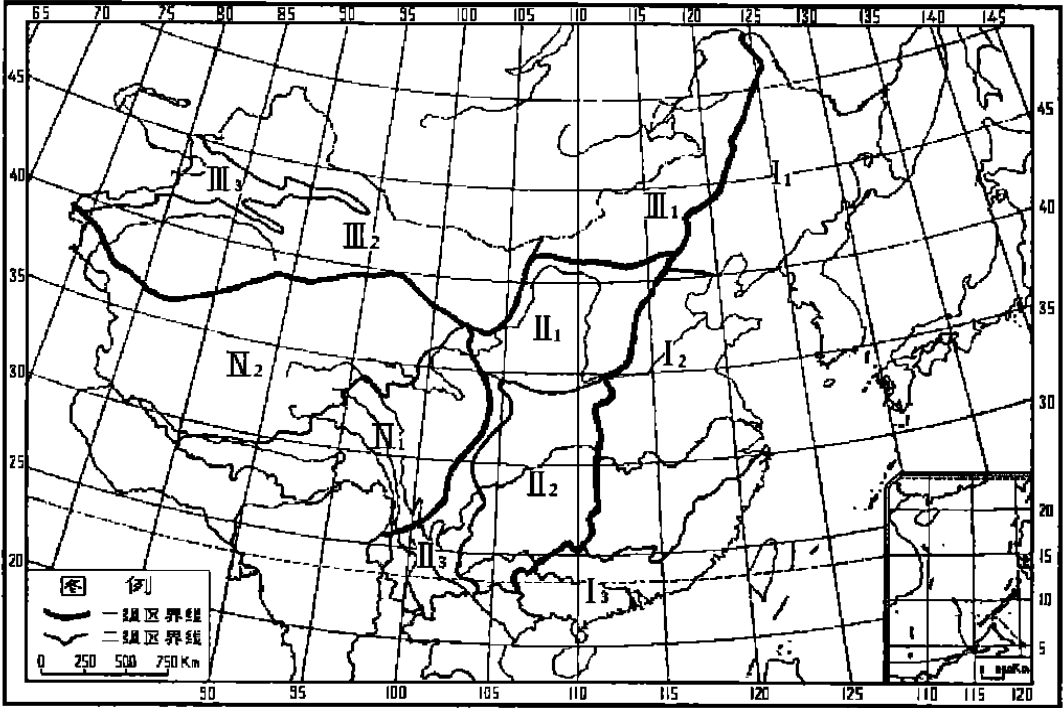
本亚区位于我国东部第三级地貌阶梯上。它北起燕山山脉的南侧，西起太行山、伏牛山的东麓，西与我国第二台阶相接，南至南岭北坡。东临渤海、黄海、东海。主要包括了滦河、海河、黄河、淮河、长江、钱塘江等下游和河口地区，以及源于鲁中南山地的一些中小河流的下游地区，为我国最大的平原，地跨冀、鲁、豫、湘、鄂、赣、皖、苏、浙九省和京、津、沪三市，为全国工农业最发达的一个亚区。季风降雨集中，年际变化大。本亚区中海河、黄河、淮河、长江等下游及三角洲地区亦是全国洪涝灾害最重的地区。

表 1 我国复合泥沙灾害过程分区情况统计表*
Tab. 1 Zoning characteristics of composed sediment disaster processes in China*

区 号	人 口	面积 (km ²)	占全国%			县数	平均致灾		平均致灾	
							因子强度		程度指数	
			人口	面积	产值		崩滑流	洪涝	崩滑流	洪涝
	809451009	2696311	70. 7	27. 8	84. 1	1274	1. 5	2. 0	4. 1	4. 2
1	110248131	930104	9. 6	9. 6	11. 4	202	1. 5	1. 6	4. 7	4. 0
2	350521782	571650	30. 6	5. 9	44. 7	478	1. 0	2. 5	3. 5	4. 8
3	348681096	1194557	30. 5	12. 3	28. 0	593	1. 9	1. 8	4. 0	4. 1
	297323510	1745235	26. 0	18. 1	14. 4	738	3. 5	1. 1	6. 2	3. 2
1	87508237	618345	7. 6	6. 4	5. 5	279	2. 7	1. 2	5. 9	3. 3
2	169431353	733940	14. 8	7. 6	7. 3	314	3. 0	1. 1	5. 5	3. 2
3	40383920	392950	3. 5	4. 1	1. 6	146	4. 8	1. 1	7. 1	2. 9
	28474727	2565398	2. 5	26. 5	1. 1	156	1. 4	1. 3	4. 1	2. 6
1	8529083	690833	0. 7	7. 1	0. 3	46	1. 1	1. 2	2. 5	2. 5
2	17252880	1686407	1. 5	17. 4	0. 7	94	1. 3	1. 3	3. 7	2. 6
3	2692764	188158	0. 2	1. 9	0. 1	16	3. 0	1. 2	5. 1	2. 5
	9548611	2667878	0. 8	27. 6	0. 2	185	2. 9	1. 0	6. 2	1. 5
1	8004290	888820	0. 7	9. 2	0. 2	123	4. 9	1. 0	6. 7	1. 8
2	1544321	1779058	0. 1	18. 4	0. 0	62	1. 9	1. 0	4. 3	1. 3

* 1) 致灾因子强度：崩滑流（崩塌、滑坡、泥石流）——分值（10 为最强），洪涝——分值（3 为最强）。
2) 灾害程度指数：崩滑流< 3 轻度，3~5 中度，5~7 重度，> 7 严重；
洪涝< 3 轻度，3~4 中度，4~5 重度，> 5 严重。
3) 产值指工农业总产值（据《中国县市大辞典》中共中央党校出版社，1991）。
4) 人口主要据 1990 人口普查资料，台湾省据《中国人口地图集》，中国统计出版社，1987。
5) 面积主要据《中国县市大辞典》和空间数据库面积数据。

黄河在该地区形成“地上河”，从古到今频繁改道、黄泛成灾，河床边缘地带决口扇连片分布，“岗、坡、洼”组成的地面高低起伏，形成易涝、易旱、易碱的微地貌条件。长江贯穿本亚区南部，水陆交通方便，工农业发达，在全国占有重要经济地位。由于本区处于冷暖气旋交接地带，锋面及气旋活动异常频繁，台风暴雨常影响本亚区，洪涝型复合泥沙灾害过程是本亚区的主要威胁。在平原地区特别是长江中游河网稠密，水量丰富，洪水威胁严重，如江汉洞庭湖平原洪水灾害，在全国属严重之列，并引发河床抬高—背河洼地洪涝加剧的复合泥沙灾害过程也较频繁。长江中下游河道内由于人工超产挖沙，频频引发人为动力复合型泥沙灾害过程。显然，本亚区是全国人口最多、复合型泥沙灾害过程相当严重的地区。



- 东部平原、沿海地带复合泥沙灾害过程地区

 - 1 东北洪涝型复合泥沙灾害过程亚区
 - 2 华北及长江中游平原洪涝型复合泥沙灾害过程亚区
 - 3 东南沿海洪涝—风暴潮复合泥沙灾害过程亚区
- 中部高原、低山复合泥沙灾害过程地区

 - 1 黄土高原干旱水土流失复合泥沙灾害过程亚区
 - 2 川黔湘鄂西洪涝—滑坡—泥石流复合泥沙灾害过程亚区
 - 3 川西滇滑坡—泥石流复合泥沙灾害过程亚区
- 西北干旱高山盆地复合泥沙灾害过程地区

 - 1 内蒙复合泥沙灾害过程亚区
 - 2 新甘风沙复合泥沙灾害亚区
 - 3 天山滑坡泥石流复合泥沙灾害亚区
- 青藏高寒山原复合泥沙灾害过程地区

 - 1 青藏东南山原滑坡泥石流复合泥沙灾害过程亚区
 - 2 青藏西北部高原复合泥沙灾害过程亚区

图 1 中国复合泥沙灾害过程分区图

Fig. 1 Sketch map for districts of composed sediment disaster processes in China

4. 1. 3 东南沿海洪涝- 风暴潮复合泥沙灾害过程亚区 (3)

本亚区位于我国东南沿海一带, 北西为南岭- 武夷山- 仙霞岭南 (或东) 坡, 南 (东) 临海, 包括广西、广东、福建、浙江、台湾、海南等省, 本区是全国农业复种指数最高和最主要的热带作物区, 随改革开放经济发展最为迅速, 其经济地位仅次于东部平原区。本亚区地处陆海交接地带, 受海洋影响强烈, 台风登陆绝大部分位于本区^[36], 为全国受台风带来的狂风暴雨影响最强、最频繁的地区。主要为风暴潮- 洪涝复合泥沙灾害过程。台风引发的洪涝、大风、风暴潮等灾害都为全国最严重地区, 而风暴潮- 洪涝复合泥沙灾害过程发生的地区均为人类经济活动中心区, 因此灾害严重。滑坡、泥石流、崩岗、水土流失等在局部地区均有发生, 有的地区较重。本亚区也是复合型泥沙灾害过程, 特别是人为复合型泥沙灾害过程为全国最严重的地区之一。

4. 2 中部高平原、低山复合泥沙灾害过程地区 ()

该亚区位于我国第二级地貌阶梯的中、南部, 包括黄土高原、云贵高原及四川盆地等, 属于东亚季风及南亚季风区的一部分, 气候多变, 暴雨集中, 岩石风化强烈。在北部的黄土高原地区, 多发沟谷侵蚀- 泥流- 高含沙水流复合泥沙灾害过程; 中南部地区多发滑坡- 泥石流复合型泥沙灾害过程。该亚区是我国发育复合泥沙灾害过程最为严重的一个亚区。由于该亚区地处我国大江大河中上游及大支流的发源地, 泥沙灾害不仅危及本亚区人民的生命财产损失, 还波及第 I 大区, 引发洪涝型复合泥沙灾害过程的连锁反应。

4. 2. 1 黄土高原干旱水土流失复合泥沙灾害过程亚区 (1)

本亚区处黄河中游, 北起阴山山脉, 南抵秦岭山地, 东始太行山, 西至贺兰山, 包括晋、陕以及蒙、甘、豫部分地区。东部、南部是我国中部重要的农业区, 西北部为晋陕蒙农牧交错地带, 区内煤炭等矿产资源丰富, 在全国有重要地位。自然环境从东南向西北由半湿润向半干旱、干旱递变, 自然灾害受过渡地带不稳定气候、盆地边缘活动断层的影响, 主要复合泥沙灾害过程为水土流失, 暴雨集中在 7~9 月, 以暴雨形式降落, 在广大黄土地区和松软地层地区引起强烈的水土流失, 其强度为全国之冠。在北部干旱地区发育风沙复合泥沙灾害。河套灌区见有土地盐渍化等干旱型复合泥沙灾害过程。黄土高原及一些山地河谷内的滑坡、泥石流复合泥沙灾害过程也很发育。

4. 2. 2 川黔湘鄂西洪涝- 滑坡- 泥石流复合泥沙灾害过程亚区 (2)

该区地处我国第二级地貌阶梯的东南部。北起秦岭, 南至九万大山—凤凰山—中越边界, 东自第二级台阶前缘的巫山—雪峰山, 西至云贵交界 (长江、珠江分水界)。包括贵州全省, 渝、川、湘、鄂、黔、桂、陕、豫、甘部分地区, 人口与经济活动主要集中在盆地, 是我国西南经济最集中的地区, 工农业、交通在全国都占重要地位。本亚区主要的复合泥沙灾害是洪涝和滑坡- 泥石流等复合泥沙灾害过程。四川盆地洪涝较多, 滑坡- 泥石流也经常发生, 洪涝出现频率可达 46. 7%。1981 年四川盆地因暴雨普遍发生洪涝 (平原地区)、滑坡、泥石流 (山区), 138 个县受灾, 倒房 153 万间, 死亡 1358 人, 经济损失达 25 亿元以上^[1]。

4. 2. 3 川西滇滑坡- 泥石流复合泥沙灾害过程亚区 (3)

本亚区呈狭长三角形, 近于南北向分布, 北尖南宽。位于第二级地貌阶梯的后缘, 西接青藏高原, 东至四川盆地、云贵高原, 北起秦岭西端, 南至中缅、中老边界, 包括滇中、滇西、川西、黔西和甘南部分地区, 经济发展状况在全国属中等偏低水平。该亚区聚居多

种民族,地理位置上具有特殊意义。地处青藏高原外缘,大部分为山高谷深。东南部为滇中高原的一部分,为山原深谷及镶嵌其中的盆地。河流沿断裂带发育,新构造运动活跃,是我国著名的南北地震带和青藏高原边缘地震带。强震发生带在区内密集分布,加以山高、谷深、坡陡,滑坡、泥石流规模极大,活动频繁,往往形成天然堆石土坝,多次堵塞阻断江河,决口溃坝,引发次生洪灾。为全国地震-滑坡-泥石流复合型泥沙灾害过程最强的地区之一。

4.3 西北干旱、高中山盆地复合泥沙灾害过程地区 ()

本区土地面积较大,人口较少,经济水平很低,是我国主要的牧业生产地区。该区位于第二级地貌阶梯的北部,深处内陆,为海拔 1000m 左右的广阔内陆高原和盆地以及海拔 3000~5000m 高山、高中山组成。本亚区自然地理带具有明显的经向特征,自西向东为草原、荒漠-草原、草原-荒漠至荒漠,全年降水偏少,变率大,昼夜温差大。夏季温暖、炎热,冬季严寒,风大沙多。洪涝复合泥沙灾害过程及风沙尘暴复合泥沙灾害过程,较为严重。此外还有盐渍化等次生复合泥沙灾害过程发生。崩塌、滑坡、泥石流除山区有轻度发生外,广大地区不发育。本区泥沙灾害致灾因子的强度和灾害程度都较东部季风区弱,属中度复合泥沙灾害过程

4.3.1 内蒙复合泥沙灾害过程亚区 (1)

本亚区位于大兴安岭山脉及其以西和阴山山脉以北的内蒙古高平原,除北端和东南缘分属黑龙江和河北外,均为内蒙古自治区。内蒙古高平原为牧区,大兴安岭为林区。气候上地处东南季风西北边缘,蒙古冷高压的东南缘,降水稀少、变率大。主要为风沙尘暴复合泥沙灾害过程。由于本区人类活动较为稀少,灾害程度除局部为中度外,总体上为轻度。

4.3.2 新甘风沙复合泥沙灾害亚区 (2)

本区位于我国西北隅,包括昆仑山-祁连山以北,贺兰山以西,除天山以外的地区。行政上分属新疆、甘肃、内蒙古,包括河西走廊、阿拉善地区、塔里木盆地和准噶尔盆地,是全国最干旱的地区,大部分地区为沙漠所占据,我国流动性沙漠绝大部分分布在本区。因本区流沙分布广泛,大风频繁,风沙灾害属全国之最。本区的经济活动主要集中在山前绿洲,山区河流是主要水源。有春季升温融水型、夏季暴雨型、冰湖溃决型和水库垮坝型等多种洪灾。干旱强度较大,频度高,大旱年发生频率在 25% 以上,但由于本区主要是灌溉农业,其干旱风沙灾害灾度较低,多属轻度,绿洲地区也仅为中度。大旱年干旱风沙复合泥沙灾害过程导致直接经济损失占农业总产值 15% 以上,如 1974 年减产 15.6% 等。由于常年干旱引起的土壤盐碱化复合灾害也是全国较重的地区。

4.3.3 天山滑坡泥石流复合泥沙灾害亚区 (3)

本区位于新疆维吾尔自治区中部,可分为南、北、东三部分。本区南北边缘是频度高、强度大的强地震带,加上组成物质较松软,又被河流切割,崩塌、滑坡、泥石流-洪水活动也大。只是本区为新疆维吾尔自治区的重要牧区之一,由于经济水平较低,因而地震、崩塌、滑坡、泥石流-洪水所造成的泥沙灾害过程并不重。

4.4 青藏高寒山原复合泥沙灾害过程地区 ()

本区地广人稀,人类活动的影响较西北地区还弱,经济发展水平低于其它三大区。高原平均海拔在 4000~5000m 以上,边缘地区高山深谷,起伏极大,相对高度一般在 2000m 以上;高原内部为宽谷、湖盆,尚未遭受切割,起伏和缓。巨大的海拔高度,使该高原成

为中低纬度地带内特大面积的高寒环境, 仅在海拔较低谷地和柴达木盆地等地区较为温暖。高山、极高山有冰川发育, 海拔较高地区多年冻土广泛分布。构造运动活跃, 地震频繁, 本区主要发育崩塌- 滑坡- 泥石流 (东、南边缘) 复合泥沙灾害过程。在该区内, 有些致灾因子强度虽然很大, 但因人烟稀少, 除青藏东南部山原地区复合泥沙灾害过程较为发育外, 灾害程度一般较轻。

4. 4. 1 青藏东南山原滑坡泥石流复合泥沙灾害过程亚区 (1)

本亚区地处青藏高原的东南部, 东起岷山、邛崃山、大雪山、锦屏山、玉龙山、高黎贡山, 南以国境为界, 西北以冷龙岭- 日月山- 玛积雪山- 达日- 治多- 比如- 林周- 尼木- 谢通门- 萨嘎- 吉隆为界。包括西藏、四川、青海、云南、甘肃五省 (区), 是我国西南的重要林区。我国第一级地貌台阶青藏高原上的人口和经济主要集中在本区, 但从全国而言, 无论人口还是经济水平均较低。区内河流深切, 多为峡谷, 地形起伏剧烈, 为全国之冠。切割残留的平缓山顶面、山间的构造小盆地和零星分布的宽谷河段是人口和经济活动的集中地区。在区内广泛分布崩塌- 滑坡- 泥石流复合型泥沙灾害, 尤以东南部和南部活动频繁, 强度和频度可称全国之首。具有暴雨型、冰川型、冰湖溃决型等多种泥石流复合泥沙灾害过程, 对交通影响很大。

4. 4. 2 青藏西北部高原复合泥沙灾害过程亚区 (2)

本亚区为除上述以外的青藏高原西北部, 地跨藏、青、新、甘四省 (区), 该区的人口密度和经济活动水平是我国最低的地区, 除柴达木盆地有种植业外, 广大地区为牧区和无人区。由于海拔高度大, 气候干燥寒冷, 复合泥沙灾害过程极为微弱, 主要发育轻度的洪涝型复合泥沙灾害, 它们仅对局部地区有一定影响。

5 结语

复合型泥沙灾害可定义为特定自然条件和人类活动作用下, 若干种内在关联、时空上相复合的泥沙灾害的一种组合。

总体而言, 按复合灾害过程的动力作用, 复合型泥沙灾害过程可以划分为自然动力引发与人为动力诱发复合型泥沙灾害过程两大类。自然动力者可以由地震、暴雨、洪水、沙尘暴以及风暴潮等至灾因子引发。

从时间序列角度出发, 复合型泥沙灾害过程具有复杂性、周期性、耦合性及层次性等特征; 在空间上, 复合型泥沙灾害过程具有区域关联性 with 差异性特征。

根据复合型泥沙灾害过程的时序性、区域性及对人类社会的影响程度, 对复合型泥沙灾害过程进行了区域划分。一级区根据复合泥沙灾害过程发育的大环境及基本复合过程进行划分, 分为东部平原- 沿海地带复合泥沙灾害过程地区、中部高平原低山复合泥沙灾害过程地区、西北干旱高中山盆地复合泥沙灾害过程地区、青藏高寒山原复合泥沙灾害过程地区 4 个一级区; 依据泥沙灾害复合过程的相似性及差异性, 划分 11 个复合泥沙灾害过程二级亚区。由于复合型泥沙灾害过程极为复杂, 致灾因子众多, 对于复合型泥沙灾害过程的分类、复合过程的动力学机理以及防治对策将有待进一步深入研究。

参考文献

[1] 金德生, 师长兴, 陈浩, 张欧阳. 流域系统的泥沙灾害类型及其划分原则, 地理学报, 2002, 57(2): 238 ~ 248.

[2] 金德生, 师长兴, 陈浩, 张欧阳. 人为动力泥沙灾害类型及其特征初步研究, 地理科学进展, 2000, 19(4), 255 ~ 263.

[3] 国家科学技术委员会. 中国科学技术蓝皮书第 5 号, 气候, 科学文献出版社, 1990, 18 ~ 158.

[4] 胡明思, 骆承政. 中国历史大洪水(上卷), 中国书店, 1989, 15 ~ 267.

[5] 李义天, 李荣, 邓金运. 长江中游泥沙输移规律及对防洪影响研究, 泥沙研究, 2000, (3), 12 ~ 20.

[6] 李义天, 邓金运, 孙昭华等. 洞庭湖调蓄量变化及其影响因素分析, 泥沙研究, 2001, (6), 1 ~ 7.

[7] 聂芳容. 根治长江洪患必须用综合治理措施, 水利水电科技进展, 1999, (4).

[8] 高庆华. 试论地球运动与地质灾害及自然灾害系统, 中国地质科学院院报, 1988, (18).

[9] 马宗晋, 蒋铭. 中国的强震期和强震幕, 中国地震, 1987, 3(1).

[10] 张先恭. 本世纪我国降水振动及其与太阳活动关系的初步分析, 天文气象学术讨论会论文集, 北京: 气象出版社, 1986.

[11] 钱宁, 周文浩. 1965, 黄河下游河床演变, 科学出版社.

[12] 张家诚等. 气候变迁及其原因, 北京: 科学出版社, 1976.

[13] 任振球. 全球变化, 北京: 科学出版社, 1990.

[14] 中国科学技术协会天地生综合研究联络组编. 天地生综合研究, 北京: 中国科学技术出版社, 1989.

[15] 国家科委全国重大自然灾害综合研究组, 中国重大自然灾害及减灾对策(总论). 北京: 科学出版 1994. 44 ~ 46, 76 ~ 92.

[16] 李炳元, 李钜章, 王建军. 中国自然灾害的区域组合规律, 地理学报, 1996, 51(1), 1 ~ 11.

[17] 赵松乔, 牛文元, 王德辉等. 中国自然地理·总论. 北京: 科学出版社, 1985, 187 ~ 413.

A Study on Process Character and Zoning
of Composite Sediment Disasters

JIN Desheng, SHI Changxing, CHEN Hao, ZHANG Ouyang

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: In this paper the composite sediment disaster process is defined as a compound of sediment disasters, which are formed under a given natural condition and by human activities in a certain space and time span and are with inherently interrelated. Generally speaking, it can be divided into two main types based on its forming dynamics. One is naturally carried out and the other is human induced. From time series viewpoint, it is explained that the composite sediment disaster has complexity, periodicity, anatomists and administrative levels.

The regional characteristics of composite sediment disaster process have also been studied. They are relatives, differences and dividing characters. Based on principle environmental features and basic composite processes the whole country can be divided

into 4 main regions of composite sediment disasters. They are () the eastern China plain and coast zone, () the middle China plateau and lower mountainous area, () the north ~ western China arid high and middle mountainous and huge basin area, and () the Qinghai-Xizang Plateau and highest mountainous area. According to composite sediment similarities and differences the 11 sub regions has been divided as follows, ¹ Sub-region of flood type of composite sediment disasters in the north-eastern China, ² Sub-region of flood type of composite sediment disasters in the northern China and lower and middle Yangtze River plain, ³ Sub-region of flood-storm tide type of composite sediment disasters along coast in the south-eastern China; ¹ Sub-region of arid water-soil lose type of composite sediment disasters on Loess Plateau, ² Sub-region of flood-slide-debris flow type of composite sediment disasters of Sichuan, Guizhou, west Hunan and Hubei, ³ Sub-region of slide-debris flow type of composite sediment disasters of west Sichuan and Yunnan; ¹ Sub-region of composite sediment disasters in Inner Mongolia, ² Sub-region of windy-sand type of composite sediment disasters in Xinjiang and Gansu, ³ Sub-region of slide-debris flow type of composite sediment disasters in Tianshan mountain; ¹ Sub-region of slide-debris flow type of composite sediment disasters of the highest mountain in the south-eastern Xizang, and ² Sub-region of slide-debris flow type of composite sediment disasters of high Plateau in the north-western Xizang.

Key words: composite; sediment disaster; processes character; zoning