

输移型泥沙灾害及其特征初步研究

张欧阳^{1 2)} 金德生³⁾ 张红武²⁾

(1)长沙交通学院河海工程系 ,湖南 长沙 410076 (2)清华大学水利系 ,北京 ,100084 ;
3)中国科学院地理科学与资源研究所 ,北京 ,100101)

摘 要 近年来 ,泥沙灾害越来越引起人们的重视。输移型泥沙灾害是泥沙灾害的子类型。本文提出了输移型泥沙灾害的基本概念 ,并对输移型泥沙灾害的类型和特征进行了初步的探讨。根据输移介质的不同 ,输移型泥沙灾害可进一步分为风力输移型和水力输移型泥沙灾害。风力输移型泥沙灾害主要包括浮尘、扬沙、沙尘暴和沙丘移动等 ,这类泥沙灾害主要发生在干旱-半干旱地区 ,但影响范围很广。以水流为搬运介质的输移型泥沙灾害主要有泥石流灾害、高含沙水流灾害和一般挟沙水流灾害 ,另外还有以水为介质 ,以重力搬运作用为主的泻溜、土体蠕动等灾害。水力输移型泥沙灾害仅限于流域 ,涉及范围较小 ,出现的频率较低、幅度较小 ,其灾害表现形式为在冲刷、淤积和河床演变过程中对人类产生危害 ,具有伴生性、潜在性、突发性和链锁性等特征。

关键词 输移型泥沙灾害 灾害类型 灾害特征

A Preliminary Study of Transport-Related Sediment Disasters

ZHANG Ouyang^{1 2)} JIN Desheng³⁾ ZHANG Hongwu²⁾

(1)River & Sea Department ,Changsha Communications University ,Changsha ,Hunan ,410076 ;
2)Department of Hydraulic Engineering ,Tsinghua University ,Beijing ,100084 ;
3) Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research ,CAS ,Beijing ,100101)

Abstract Sediment disasters have aroused more and more attention recently ,and transport-related sediment disaster is one of the important types of sediment disasters. The basic concept of transport-related sediment disaster is put forward in this paper and its subtypes and disaster characteristics are preliminarily discussed. According to different transport media of the sediment disasters ,transport-related sediment disasters can be divided further into water transport type and wind transport type. Wind transport sediment disasters mainly include floating dust ,rising dust ,sand storm and moving sand dune. These types of sediment disasters occur mainly in arid and semi-arid areas and can considerably affect other areas. Water transport sediment disasters include mainly the disasters caused by debris flow ,hyper-concentrated flow and common sediment-laden flow and other types of sediment disasters caused by water and gravity such as soil slide and creepage. These types of transport-related sediment disasters are confined mainly in drainage basins and only cover a small area ,with small occurrence frequency and relatively low loss. They assume the disaster characteristics of occurring concomitantly ,potentially and abruptly and may often appear in chain. These water transport-related disasters occur in the processes of channel scouring ,depositing and evolution.

Key words transport related sediment disasters disaster type disaster characteristics

1 前言

20 世纪 50 年代以来 ,中国自然灾害强度加剧 ,所造成的经济损失呈明显的增长趋势。涉及的灾害类型有气象、海洋、洪涝、地震、地质、农业、林业等 7 大类 24 种。在这 7 大类 24 种 ,其中并没有包括泥沙灾害。一方面是由于泥沙灾害在当时还没有引起

足够的重视 ,研究还不够深入 ;另一方面是由于泥沙灾害在很大程度上已包含在其他灾害类型之中(气象、洪涝、地质等灾害)。近年来 ,中国的江河洪水灾害特别严重 ,常造成“小水大灾”的情况 ,已引起人们的广泛关注。

目前泥沙灾害已引起了国内外地质、地貌学界、水利学界和生态环境学界的高度重视。日本芦田和

本文由国家自然科学基金项目与水利部联合资助重大项目(59890200)和国家自然科学基金青年基金项目(40201008)资助。
第一作者 张红武 ,1971 年生 ,博士 ,主要从事河流地貌及河流模型试验研究 ,E-mail :oyzhang71@sina.com zhangouy@tsinghua.edu.cn。

男等(1987)使用了泥沙灾害的概念,但并未对泥沙灾害的内涵、类型和特征进行分析,而是对泥沙的产生、输移和沉积过程及其对环境的影响进行了描述。Schumm(1988)对地貌灾害的预测问题作了总结,以地貌为基础对泥沙灾害进行了分类表述。近年来,国内学者倪晋仁等(1999)提出了泥沙灾害的基本概念、研究意义和总体研究框架;李英奎(1999)对泥沙灾害的内涵及分类体系进行了初步探讨,根据泥沙圈与其他地球表层圈层的关系提出了泥沙灾害的分类体系;师长兴(1999,2000)分析了黄河下游泥沙灾害的类型以及洪涝灾害与泥沙的关系;景可等(2000)对泥沙灾害类型按水力和重力作用作了划分,并与致灾因子建立了联系;金德生等(2002)按照系统-灾列-灾类-灾型这一逐级分类系统,划分了泥沙灾害的分类体系,本文重点讨论输移型泥沙灾害及其特征。

2 输移型泥沙灾害及其主要类型

输移型泥沙灾害在这里定义为:地表的固体松散物质,在特定动力作用下,沿着一定通道,进行长距离或较长距离输移过程中,危及人身安全、造成经济损失和可能导致环境恶化的泥沙灾害。输移型泥沙灾害表现为在重力作用下泥沙能量释放过程中产生的一种灾害性行为。由于局限于一定的通道内,造成的影响相对较小。

输移型泥沙灾害的动力来源于气压差和重力作用,搬运介质为风和水流。以风为搬运介质的输移型泥沙灾害主要包括浮尘、扬沙、沙尘暴和沙丘移动等,这类泥沙灾害分布比较集中,主要发生在干旱-半干旱地区,但影响范围可以很广。以水流为搬运介质的输移型泥沙灾害主要有泥石流灾害、高含沙水流和一般挟沙水流灾害。另外,还有以水为介质,以重力搬运作用为主的泻溜、土体蠕动等灾害。这类泥沙灾害仅限于流域,涉及范围较小,出现的频率较低、幅度较小,主要见于坡面类、河道类及河口海岸类泥沙灾害中。坡面类灾害主要包括泻溜、土体蠕动等灾害,沟道类灾害主要是泥石流灾害和部分高含沙水流,河道类灾害主要指挟沙水流所携带的泥沙在河道内输移造成的灾害,其中最典型的是高含沙水流输移灾害。平原河流河口海岸类主要是沿岸流输沙造成的灾害。在这些输移型泥沙灾害中,影响比较大的有沙尘暴、泥石流和挟沙水流灾害。

3 风力输移型泥沙灾害及其特征

3.1 基本概念

根据关欣等(2000)对浮尘、扬沙和沙尘暴的区

分,浮尘是指尘土细沙均匀地飘浮在空中,水平能见度小于10 km的天气现象;扬沙是风将地面的沙尘吹起而形成的,扬沙天气空气相当混浊,水平能见度在10~100 km之间,以春、夏季出现较多;沙尘暴和大风沙尘暴是指风速为108~138 m/s,空气混浊,水平能见度小于1 km的天气现象。沙丘沙粒的迁移、搬运,要经历一个很长的地质年代,是一个渐进的自然过程,沙丘的移动与风力、沙丘高度、水分、植被以及下伏地面有关,沙丘移动使沙漠范围扩大。沙尘暴是典型的以风力为主要搬运介质的输移型泥沙灾害,其影响的范围很广,在风力输移型泥沙灾害中占有重要地位。沙尘暴天气是指强风从地面卷起大量沙尘,使空气浑浊、水平能见度小于1 000 m的现象,是一种在特定地理环境和下垫面条件下,由特定的大尺度环流背景和某种天气系统发展所诱发的小概率、大危害的灾害性天气(张庆阳等,2000),是沙暴和尘暴二者的总称,其中沙暴系指大风把大量沙粒吹入近地面气层所形成的携沙风暴;尘暴则是大风把大量尘埃及其它细粒物质卷入高空所形成的风暴(赵兴良,1993)。

3.2 形成条件

沙尘暴的形成有3个基本条件:①大风是形成沙尘暴的动力条件;②地面上的沙尘物质是沙尘暴的物质基础;③不稳定的空气状态是重要的局地热力条件(夏训诚等,1996)。实际上,其他以风力为搬运介质的泥沙灾害的形成条件也基本相同。

3.3 时空分布特征

从空间分布特征上看,沙尘暴主要出现在沙漠地区及其邻近的干旱-半干旱地区。在世界上多出现在北非、澳大利亚、美国南部及亚洲中部;在中国多出现在西部地区并影响相邻的地区。在中国空间分布总的特点是(王式功等,1995):西北地区多于东北地区,平原(或盆地)多于山区,沙漠及其边缘多于其他地区。且主要集中在两大区域:一个位于塔里木盆地的塔克拉玛干沙漠,在其西南部又有2个中心区,即从麦盖提经巴楚至柯坪为一中心区;从莎车经和田到且末为另一个中心区。从巴丹吉林沙漠东部,南至甘肃河西走廊,经腾格里沙漠、乌兰布和沙漠至库布齐沙地和毛乌素沙地是另一沙尘暴多发区,也是西北地区涉及范围最大的沙尘暴多发区,其中最大中心在腾格里沙漠南缘的民勤;其次是库布齐沙地的杭锦旗和毛乌素沙地南部。

从时间分布特征上看(王式功等,2000),早在白垩纪末(距今70 Ma),就有风沙尘暴出现。在漫长的地质历史中沙尘暴显示出周期性变化,生态环境

条件好,沙尘暴发生频率低;反之,在冷干气候时期,则沙尘暴发生频率高(夏训诚等,1996)。在中国西北地区,近半个世纪以来的变化特点是:20世纪50年代沙尘暴发生日数最多,60年代前期略有降低,60年代后期的1967~1968年降到最低,即发生日数最少,之后的70年代略有增加,80年代又处于逐渐减少的趋势,90年代又有明显的增加。中国沙尘暴的季节和月份变化特点是:春季最多,约占全年总数的二分之一,夏季次之,秋季(新疆地区为冬季)最少。按月份来看,4月份发生频率最高,3月和5月份次之,秋季的9月份(新疆为12月或1月份)最低。从日变化特征看,沙尘暴主要发生在午后到傍晚时段内,占总数的65.4%,清晨到中午时段内,仅占34.6%。

3.4 特性

发生在流域内的风沙灾害,经风力作用搬运的泥沙会由于重力作用而进入河道,成为河流重要的泥沙来源之一,这类输移型泥沙灾害与侵蚀型泥沙灾害的作用一样,增加河道的泥沙来源。据研究(许炯心,2000),风力作用产沙在黄河中游部分流域如窟野河、无定河、秃尾河和内蒙古鄂尔多斯高原北部向北注入黄河的小支流起着重要的作用。在内蒙古十大孔兑区,通过沙丘移动进入河道的泥沙量非常可观,在夏季暴雨洪水的作用下被带入黄河主河道并产生极大的灾害性影响。跨流域的风沙灾害影响范围则很广,造成的危害也更大,尤以沙尘暴为甚,中国的沙尘暴可以到达长江以南地区甚至远达日本。

沙尘暴天气会造成严重的风害、沙积害、风蚀、环境污染和许多次生灾害,使灾区人民的生命财产遭到巨大损失,每年因沙漠化造成的直接损失达540亿元人民币(张庆阳等,2000)。沙尘暴,特别是特强沙尘暴是一种危害极大的灾害性天气,当其形成之后,会以排山倒海之势滚滚向前移动,携带砂粒的强劲气流所经之处,通过沙埋、风蚀沙割、狂风袭击、降温霜冻和污染大气等作用方式,使大片农田或受沙埋、或遭风蚀刮走沃土;或者农作物受霜冻之害,致使有的农作物绝收或大幅度减产。沙尘暴加剧土地沙漠化,对大气环境造成严重污染,对生态环境造成巨大破坏,对交通和供电线路产生重要影响,给人民生命财产造成严重损失。由于近几年强沙尘暴发生频数有逐年增加的趋势,加之土地资源超载的局面短期内难以改善,随着全球气候的变暖,水资源短缺的矛盾将日趋尖锐,该类灾害对人类的危害也将随之增大(王式功等,2000)。

4 水力输移型泥沙灾害及其特征

4.1 基本概念

水力输移型泥沙灾害在这里定义为:一定的地表的固体松散物质,在特定动力作用下起动后,沿着一定的沟道或河道,以水流为搬运介质进行长距离或较长距离输移过程中,危及人身安全、造成经济损失和可能导致环境恶化的泥沙灾害。灾害程度与挟沙水流的泥沙输移量有很大关系。这里的挟沙水流是一个广义的概念,从一般的低含沙量挟沙水流到高含沙水流和泥石流都包括在内。其含沙量变化范围从每立方米几公斤至 $2.3 \sim 2.5 \text{ t/m}^3$,泥沙粒径从粘粒变化至重达 $1.08 \times 10^4 \text{ t}$ 的巨石,运动速度从接近0至 60 m/s 左右。挟沙水流输送的大量泥沙,一方面,在输移过程中造成灾害,另一方面,会造成进一步的淤积灾害。

河口海岸类沿岸流输沙造成的灾害由于其影响相对较小,目前研究也不够深入,在此暂不讨论。

4.2 输移动力及方式

挟沙水流一般是由泥沙与水组成的两相流。在明渠等速流中,水流的能量全部来自势能。有一小部分就地散失为热能,绝大部分通过剪力作用传递到水流边界,在那里转化为紊动动能。紊动动能提供水流的挟沙力,在重力势能转化为动能的转变过程中,使河床发生演变,并危及人身安全、造成经济损失和导致环境恶化。

挟沙水流灾害的传播过程表现为在挟沙水流作用下水流、泥沙运动和河床演变过程。其描述方程可由能量守恒和动量守恒定律导出,一般包含以下几个方程:

水流连续方程

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_1 = 0 \quad (1)$$

水流运动方程

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha_1 \frac{Q^2}{A} \right) + u_1 q_1 + gA \left(\frac{\partial Z}{\partial x} + J \right) = 0 \quad (2)$$

泥沙连续方程

$$\frac{\partial Q_s}{\partial x} + \gamma'_s \frac{\partial A_d}{\partial t} - q_{sd} = 0 \quad (3)$$

河床变形方程

$$\gamma'_s \frac{\partial A_d}{\partial t} = \alpha \omega B (S - S_*) \text{ 或 } \gamma'_s \frac{\partial Z_b}{\partial t} = \omega S - \epsilon_s \frac{\partial S}{\partial y} \quad (4)$$

水流挟沙方程

$$S_* = s(u_{*c}, h, \dots) \quad (5)$$

式中: Q 为流量; x 为流程; t 为时间; A 为过水面积; Z 为水位; J 为能坡; q_1 为两岸单位长度汇入或溢出的流量; u_1 为侧向汇(溢)流的流速在主流方向的分量; α_1 为修正系数; Q_s 为输沙率; A_d 为冲淤面积; q_{sl} 为单位长度内侧向输沙率; B 为河宽; ω 为流速; S 为含沙量; S_* 为挟沙力; α 为泥沙恢复饱和系数; γ'_s 为淤积物干容重; g 为重力加速度; Z_b 为河床高程; ϵ_s 为泥沙竖向扩散系数; u 为流速; h 为水深。

挟沙水流所能携带的泥沙量由水流挟沙力决定。在很多河流,一年中输沙量的 80% 以上是通过最高的 10% 的水流输送的(Pitlick 等,1998)。高含沙洪水的泥沙输移能力更大,含沙量可达 $1\ 600\text{ kg/m}^3$,洪水期间一场洪水输送的泥沙可达 $5.68 \times 10^8\text{ t}$,洪水期间的悬移质输沙量可以达到平均流量下的 1 000 多倍(吴积善等,1993)。泥石流的输沙能力更强,且不同类型的泥石流具有不同的输移方式和输移能力(吴积善等,1993)。稀性泥石流为二相流输移,过渡性泥石流可以是二相流,亦可是伪一相流输移,塑性泥石流和粘性泥石流为伪一相流输移。泥石流的输移过程取决于泥石流体的性质、上游泥石流体的供应量及供应过程,通常具有 3 种形式,即连续输移、阵性连续输移和阵性输移。粘性泥石流的输移量主要取决于上游汇入流体的含沙量,一般含沙量约 $1\ 900\text{ kg/m}^3$,具有惊人的输移能力。对于含沙量从低含沙水流到高含沙水流及泥石流的变化,所造成的灾害严重程度也有差异。

4.3 时空分布

影响挟沙水流泥沙灾害时空分布的因子包括大气环流条件、上游积水面积及坡度、流域植被、土壤、地表状况(水库、湖泊、洼地、河道)、堤防状况、流域内的城市化水平和人类活动强度等因素。

4.3.1 泥石流的时空分布 从空间分布上看,泥石流在全球主要分布在阿尔卑斯-喜马拉雅山系、环太平洋山系、欧亚大陆内部一些褶皱山,以及斯堪的那维亚山脉地区(李树德等,2000)。中国泥石流的孕灾环境从宏观上看,大体以大兴安岭、燕山、太行山、巫山、雪峰山一线为界,该线以西是泥石流最发育、分布最集中的地区,常成群出现,呈片状或带状分布。此线以东,即地貌最低一级阶梯,包括低山、丘陵和高原,除辽东山地泥石流分布较密集外,大部呈零星分布。横断山区、云南境内(滇西、滇东北)、四川西部及甘肃武都地区则更是爆发频率高、危害严重的典型泥石流地区(李树德等,2000)。从时间分布上看,20 世纪 50 年代以来,泥石流灾害发生的时间规律是(李树德,1999) 随时间推移呈波状周期性

起伏,总体逐渐上升,各年累计成灾频次呈明显指数上升规律,随时间往后成灾频次越来越高;1951~1962 年、1962~1975 年、1975~1986 年、1986~1994 年为泥石流灾害成灾活跃期,泥石流灾害于 20 世纪 70 年代后期开始进入活跃周期高潮阶段。

4.3.2 一般挟沙水流和高含沙水流的时空分布 挟沙水流泥沙灾害空间的分布常呈线状或带状,分布于河道附近。依据流域层次的不同,这种孕灾环境也可分为不同层次。据对中国近 500 a 来洪灾的初步分析表明(汤奇成等,1993),发生灾害最频繁的地区为黄河下游、淮河流域和长江下游地区。尤其是黄河流域,泥沙在整个灾害过程中占重要地位。挟沙水流泥沙灾害发生的时间分布也与洪水基本一致,从季节上看,中国的这类泥沙灾害主要集中在夏、秋季(汛期),甚至集中在几场主要暴雨的流域和地区。20 世纪 90 年代以来,水力输移型泥沙灾害有逐渐增加的趋势。

4.4 表现形式

冲积河流在挟沙水流输移过程中在河道内冲淤交替并对河床形态产生影响的程度,将取决于式(5)中水流挟沙力的变化,从而造成不同的灾害形式。主要表现为 3 种灾害形式:①由于冲刷产生的灾害;②由于淤积产生的灾害;③由于河床演变产生的灾害。

4.4.1 冲刷产生的灾害 当 S 小于 S_* 时,水流除了有能力搬运所携带的泥沙外,还有剩余的能量,将使沟道或河道发生冲刷。冲刷包括沟道或河道内的冲刷,水流漫滩冲刷和水流漫堤之后河道外的冲刷。冲刷造成沟床下切,增大沟底与坡面的高差,使后续侵蚀变得更加容易。侵蚀主要与洪水初期过程的降雨与汇流过程有关。一遇暴雨洪水即产生大量侵蚀,破坏土地资源、水资源、生物资源和生态环境,直接侵蚀冲毁坡地农田、淤地坝,破坏大量水利水保工程甚至直接影响居民地,给人民生命财产带来损失。大量的泥沙进入下游河道,又造成另外类型的泥沙灾害。挟沙水流特别是高含沙水流和泥石流具有很高的能量,常使河底刷深,影响航运、河道建筑物和穿河设施。挟沙水流漫滩达到一定的程度之后,就会冲刷河漫滩上的农田和居民地,造成直接损失。挟沙水流冲刷河漫滩还使河势改变,打乱原有的防洪工程体系,使险工脱河,平工变险工。当挟沙水流漫堤时,具有很大的势能,伴随着淹没,冲刷堤外低地的农田、道路、村庄等,造成直接损失。

4.4.2 淤积产生的灾害 当 S 大于 S_* 时,水流挟沙能力不足,河道将发生淤积(包括主河道的淤积和

河漫滩的淤积)。河漫滩淤积的时间很短,单场洪水的沉积厚度可从几毫米至几米甚至更厚。对于洪水期间的悬移质淤积来说,大流量增加了水流对泥沙的搬运能力,但水流漫滩极大地增加了河宽和河床糙率,减小了水流流速,从而引起细颗粒泥沙的沉积(Brakenridge, 1988)。在黄河下游,正是由于泥沙的淤积引起“小水大灾”现象。1954年和1982年,黄河花园口分别出现 $15\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $15\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水,流量基本相同,但后者的灾情却大得多。前者受灾村庄585个,淹没耕地 $2.4\times 10^4\text{ hm}^2$,倒塌房屋0.4万间;后者受灾村庄达1474个,淹没耕地 $15.2\times 10^4\text{ hm}^2$,倒塌房屋40.5万间(吕光圻等, 1993)。1996年8月黄河下游花园口站第一号洪峰,洪峰流量只有 $7\,600\text{ m}^3/\text{s}$,水位94.73 m(为该站有实测资料记录以来的最高水位),其经济损失超过1949年以来历次洪水造成的损失(王震宇等, 1996)。洪水漫堤后会造泥沙淤埋农田、村庄,大量泥沙在洼地淤积,排水不畅,形成温湿的环境,导致疾病蔓延。研究表明(钱宇平等, 1988),中国血吸虫病高发区就主要集中在长江两岸、洞庭湖区、江汉平原、鄱阳湖区和长江三角洲等洪泛区。

4.4.3 河床演变造成的灾害 不论 S 大于 S_* , S 小于 S_* , 还是 S 等于 S_* , 都会使水流携带的泥沙与河道的泥沙发生交换,导致河床形态发生变化,引起河道摆动。印度的柯西河出山口后大量淤积于冲积扇上,泥沙淤积的结果引起河槽的摆动,约200多年横扫冲积扇扇面一次,最大摆幅达120 km之多,使印度北部(包括尼泊尔在内)的 $9\,000\text{ km}^2$ 的土地上盖满了茫茫的流沙,以致柯西河被称为“印度北部的忧伤”(钱宁等, 1987)。黄河下游河道长期以来善决、善徙多变,灾害频频。黄河下游自有记载的公元前602年至今的2600 a间发生决口改道1500余次,其中大的改道26次,素有“三年两决口,百年一改道”之说,给该地区人民带来深重的灾难。近年来黄河发生所谓“浆河”是因为泥石流活动,把大量泥沙带入黄河,造成短暂的堵塞或形成泥流直冲而下,具有强大的侵蚀力,一次使黄河河床下切近10 m,使原来1~2 km宽阔的河床收缩到宽仅400 m左右,严重影响了交通及灌溉能力(李树德等, 2000)。黄河流域洪峰流量的绝对数量并不大,花园口站可推算的最大洪峰流量为 $33\,000\text{ m}^3/\text{s}$,还不及长江支流汉水所发生的最大洪水的流量,但形成的危害却大得多,这除了降水变率的原因外,还与黄河流域的地貌过程有着密切的联系,而这种冲积型地貌过程是在泥沙输移过程中形成的。

4.5 特性

水力输移型泥沙灾害常具有伴生性、潜在性、突发性和链锁性等特点。

(1)伴生性:在流域内,这一类型的泥沙灾害常与洪涝灾害伴生,泥石流也常与滑坡等坡地过程伴生。泥沙输移在洪涝灾害中起着重要的作用。泥沙与洪水灾害有着密切的联系,主要由于洪水过程而产生。泥沙的存在使洪水灾害的程度加大,主要通过3种方式影响洪水灾害:①增加洪水体积,如黄河流域的高含沙水流的最大含沙量可以达到 $1\,600\text{ kg}/\text{m}^3$,相当于体积比含沙量60.4%;②抬高河床,使水位升高;③淹没、淤埋作用。洪涝灾害的形成除与水这一要素有关外,一定的地貌条件是形成的基本要素,其中泥沙是主要的地貌塑造介质,泥沙主要通过形成特殊的地貌条件对洪涝灾害的发生产生作用(师长兴, 1999)。淹没是最常见的洪水灾害形式,伴随着泥沙的淤积,加重了灾害的程度。当洪水水位超过大堤高程或河流决堤时,洪水挣脱大堤的约束,淹没大堤以外低洼地的农田和居民地,造成更大范围的损失。这种损失包括人口损失、居民住房损失、室内财产损失、交通和通信损失、商业损失和灾区救灾投入等。洪水灾害的损失很大程度上都是由于淹没损失造成的,淹没的水深越深,范围越大,历时越长,灾害损失就越严重。洪水漫堤,具有很大的势能,伴随着淹没,冲刷堤外低地的农田、道路、村庄等,造成直接损失。在黄河下游,由于大堤高出两侧平原,一旦洪水漫堤,这种现象更加明显。

(2)潜在性:挟沙水流携带的泥沙有时不会直接带来灾害,但可通过侵蚀或淤积过程实现能量的积累或转换,可延续很长时间,通常不易为人类直观所察觉,或者没有意识到它会突然突破临界值。当这种累积达到一定的临界值,如河道淤积达到一定的高度,在小量水流作用下,就会发生决口,造成突发性灾害。泥沙在河道的淤积降低了河道的泄洪能力,抬高了洪水水位,而且使许多河流都形成了悬河,加大了洪水威胁的程度。这样的灾害都是在泥沙输移过程中形成的,是一个累积性的渐变过程,本身直接造成的灾害较小,且是潜在的,但一旦河道决口,将造成巨大的灾难。

(3)突发性:泥沙常与洪水伴生,在水流的挟带下,突然进入高速位移运动,一旦开始便来势凶猛。特别是泥石流,是一种超强度高速输移泥沙石块的过程,其危害十分严重,它可以在几分钟、几十分钟或数小时内将大量的泥沙石块倾泻到山口外,顷刻之间给人类造成巨大灾难,不仅造成极大经济损失,

而且会大大恶化周围生态环境(李树德等,2000)。泥石流流出山口后使汇流区及下游河道发生剧烈变化,对防洪、引水、航运、公路和铁路交通、土地开发利用等均可能产生不利影响。人类对此类事件即使有所觉察或防范,也会因为其能量巨大而难以抑制或抗衡。在黄河流域,输移型泥沙灾害常伴随突发性大暴雨,同时发生高含沙洪水,在输移过程中带来一系列灾害引起工程出险,其具有突发性、不易预测性和剧烈性等特点,易造成工程失守垮坝,灾害发生的延续时间不长,但其影响时间可以很长。

(4)连锁性 水力输移型泥沙灾害在泥沙灾害链中起着纽带的作用。泥沙灾害链是指某一泥沙灾害事件发生后,又由它诱发并再发一连串的其他灾害事件。前者是诱因,后者是延续。这一连锁特性主要表现为空间链,即泥沙灾害沿程传播。输移型泥沙灾害常起着灾害传播的作用,造成后续的淤积型泥沙灾害。在流域内,侵蚀型泥沙灾害、输移型泥沙灾害和淤积型泥沙灾害具有紧密的联系,有时难以截然分开,淤积型泥沙灾害也是由于输移型泥沙灾害所输移的大量泥沙引起的。泥石流经过沟道输移进入沉积区后,由于坡度变小,泥沙发生严重的淤积,带来的更大的灾害。在洪水的产生过程中,暴雨-汇流-侵蚀-输移-沉积中的每一过程都有可能发生灾害,并且沿着流域向出口方向传播。这种灾害随挟沙水流沿河道向下游方向传播,使河道发生大规模的冲淤现象,破坏了原有河道,造成下游的一系列灾害。

5 结论

本文根据输移介质的不同,将输移型泥沙灾害分为风力输移型和水力输移型泥沙灾害。风力输移型泥沙灾害主要包括浮尘、扬沙、沙尘暴和沙丘移动等,主要发生在干旱半干旱地区,影响范围很广。水力输移型泥沙灾害主要有泥石流灾害、高含沙水流灾害和一般挟沙水流灾害,另外还有以水为介质,以重力搬运作用为主的泻溜、土体蠕动等灾害。水力输移型泥沙灾害仅限于流域,涉及范围较小,出现的频率较低、幅度较小,其灾害表现形式为在冲刷、淤积和河床演变过程中对人类产生危害,具有伴生性、潜在性、突发性、链锁性等特征。

参 考 文 献

关欣,李巧云,文倩等.2000.和田降尘与浮尘、扬沙、沙尘暴关系的研究.环境科学研究,13(6):1~3,7.

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

景可,李凤新.1999.泥沙灾害类型及成因机制分析.泥沙研究(1):12~17.

李树德.1999.中国滑坡、泥石流灾害的时空分布特点.水土保持研究,6(4):33~37.

李树德,袁仁茂.2000.泥石流灾害与环境.水土保持研究,7(3):236~238.

李英奎.1999.泥沙灾害内涵及分类体系探讨.青年地理学家,10(3):81~84.

吕光圻,霍世青.1993.对洪水分级的浅见.人民黄河,15(10):1~3.

芦田和男,高桥保,道上正规.1987.河流泥沙灾害及其防治.冯金亭,焦恩泽译.北京:水利电力出版社.

倪晋仁,王兆印,王光谦.1999.江河泥沙灾害形成机理及其防治研究.中国科学基金,13(5):284~287.

钱宁,张仁,周志德.1987.河床演变学.北京:科学出版社.

钱宇平等.1988.流行病学.北京:人民卫生出版社.

师长兴.1999.黄河中下游泥沙灾害初步研究.灾害学,14(4):40~44.

师长兴.2000.中国洪涝灾害与泥沙的关系.地理学报,55(5):627~634.

汤奇成,程义,李秀云.1993.中国洪水灾害的分类分级和危险度评价方法研究.见:王劲峰主编,中国自然灾害影响评价方法研究.北京:中国科学技术出版社,1993:38~57.

王式功,杨德保,金炯等.1995.中国西北地区黑风暴的成因和对策.中国沙漠,15(1):19~30.

王式功,董光荣,陈惠忠等.2000.沙尘暴研究的进展.中国沙漠,20(4):349~356.

王震宇,程艳红.1996.黄河'96.8"洪水综述.人民黄河,18(11):25~27,37.

吴积善,田连权等.1993.泥石流及其综合治理.北京:科学出版社.

夏训诚,杨根生等.1996.中国西北地区沙尘暴灾害及防治.北京:中国环境科学出版社.

许炯心.2000.黄河中游多沙粗沙区的风水两相侵蚀产沙过程.中国科学(D),43(2):176~186.

张庆阳,张云荣,胡英.2000.沙尘暴灾害及其防治.环境保护(7):34~35.

赵兴良.1993.甘肃特大沙尘暴的危害与对策.中国沙漠,13(3):1~7.

Brakenridge G R. 1988. River flood regime and floodplain stratigraphy. In: Baker, Victor R., Kochel, R. Craig & Patton, Peter C., Flood geomorphology, John Wiley & Sons, 139~156.

Leopold L B & Maddock T Jr. 1953. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. United states Geological Survey, Professional. 252:1~57.

Pitlick J, Van Steeter M M. 1998. Geomorphology and endangered fish habitats of the upper Colorado River. 2. Linking sediment transport to habitat maintenance. Water Resources Research 34:303~316.

Schumm S A. 1988. Geomorphic hazards-problems of prediction. Z. Geomorph. N. F., Sup. 67:17~24.