

# 神府东胜矿区侵蚀营力及风、水蚀 相互作用特征\*

高学田

唐克丽

(西北农业大学·水利与建筑工程学院·陕西杨陵·712100)(中国科学院水利部水土保持研究所)

**摘要** 神府东胜矿区主要侵蚀营力有风力、水力、重力和人为活动。侵蚀营力具有随季节周期性交替和空间分布上相互交错、渗透的特点。风力、水力相互作用及对地表物质的侵蚀、搬运和堆积过程,形成了风、水蚀地区特有的坡面微地貌形态和垂直分带。

**关键词** 侵蚀营力 风、水蚀相互作用

## Erosion Strains and Characteristics of Wind and Water Erosion Interaction in Shenfu-Dongsheng Coal Mining Area

Gao Xuetian

(College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwestern Agricultural  
University, 712100, Yangling, Shaanxi)

Tang Keli

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources)

**Abstract** The main erosion strains in Shenfu-Dongsheng coal mining area are wind, water, gravity and human activities. The erosion strains have two features, that is, wind erosion and water erosion change periodically with the alternation of seasons and interlance with each other spatially. The iteration of wind erosion and water erosion, as well as the process of erosion, transportation and deposition of earth surface caused by erosion strains have formed special micro-landforms on slope surface and vertical erosion belts.

**Key words** erosion strain; interaction of wind erosion and water erosion

神府东胜矿区是指可行性研究确定的神府东胜煤田首先开发的范围,行政区划上地跨陕西省的神木县、府谷县,内蒙古自治区的伊金霍洛旗和准格尔旗,矿区面积2756km<sup>2</sup>,地质储量282亿t。目前生产能力已达1000万t/a,预计到本世纪末将达到6000万t/a,是我国优质动力煤生产基地。

矿区位于黄土高原与鄂尔多斯高原的交接地带。特殊的地理位置及复杂多样的自然环境,决定了矿区土壤侵蚀的复杂多样性。矿区大规模的人类社会经济活动,导致新的加速侵蚀异常严

收稿日期:1995-05-05 \* 本研究课题为中国科学院、水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金资助项目之一部分。

重,同时加剧了干旱、风沙、洪水等自然灾害,生态环境更加脆弱。严重的水土流失和频繁的自然灾害已成为影响煤炭资源开发的主要限制因素。因此,分析研究矿区土壤侵蚀的发育特征和规律,对于矿区生态环境的改善和煤炭资源的持续开发都具有重要意义。

## 1 矿区主要侵蚀营力及特点

### 1.1 主要侵蚀营力

神府东胜矿区地处我国风蚀、水蚀交错带<sup>[1]</sup>,地貌类型包括沙丘地、石质丘陵、盖沙石质丘陵、黄土丘陵及河谷平原等,地表组成物质主要有风积沙、黄土、易风化破碎的中生代沙页岩及以弃土、弃碴、弃石为主的人为扰动地层。矿区脆弱的生态环境及强烈的人类社会经济活动,为各种侵蚀营力的作用创造了条件,增加了侵蚀过程的复杂性。根据侵蚀的广度、强度及侵蚀危害,矿区侵蚀营力主要有水力、风力、重力及人为活动。各种侵蚀营力的共同作用是矿区侵蚀严重的主要原因之一。

1.1.1 水力侵蚀作用 包括雨滴击溅侵蚀,坡面径流侵蚀及沟谷径流侵蚀。除沙丘沙地和以风积沙为主的宽阔平缓地段外,绝大部分地区都有水蚀,可占矿区总面积 75%以上。雨滴击溅侵蚀与坡面径流侵蚀发生在各种地貌部位,但在裸露黄土丘陵坡面及荒草地坡面上表现较为明显。沟谷径流侵蚀是影响水力侵蚀强度的主要方面,包括细沟、切沟、冲沟及河沟的侵蚀作用。矿区黄土主要是沙黄土、梁峁坡面较缓,平均 5°左右,细沟密度较小,一般小于 1 条/m,但由于坡面长,汇水面积大,利于切沟的发育,切沟长度可达 200m。切沟是 V 型,多跌水,表明受风蚀的影响。冲沟及河沟径流侵蚀在水力侵蚀中占有重要地位。矿区东南部的悖牛川流域及乌兰木伦河流域南部,沟壑密度 3~4km/km<sup>2</sup>,地面破碎,具有一般黄土丘陵地区沟谷侵蚀特征。矿区中部及以北地区,地形较为完整,沟壑密度一般小于 2km/km<sup>2</sup>,沟谷切割至基岩,沟壁为裸岩或为沙层覆盖,沟壁泻溜崩塌为重要特点。许多沟谷的沟头有泉水,泉水从沙层与下伏基岩的界面流出,沟头溯源侵蚀表现为泉水带走下部沙层,上部沙层在重力作用下不断形成沙溜,如此不断,沟头前进,沟谷延伸。此种沟头平面是“∩”型,是沙区沟谷特有的沟头形态。

沟谷洪流对沟床及沟坡底部松散物质的冲蚀与输移是矿区水力侵蚀作用的突出特点。矿区年平均降水量不足 400mm,气候干燥,多大风,在风力、重力、冷热等作用下,沟坡沟底常形成大量松散物质,在汛期,暴雨洪水常形成高含沙水流,对河流泥沙产生重要影响。

1.1.2 风力侵蚀作用 风力侵蚀作用与风力、地表物质、地形及植被覆盖密切相关。矿区多风沙,年平均风速 2.5~3.6m/s,大于 8 级大风,最长达 44d,一次大风可持续 2~3d。在干燥、少覆盖、粗沙为主的下垫面条件下,每遇大风,即发生严重的风蚀。风蚀面积占矿区总面积的 90%以上,尤其以大柳塔以北地区最为严重。

风力侵蚀作用主要表现形态有风波纹、片痕、风蚀擦痕、风蚀窝、风蚀蘑菇、风蚀残丘及沙丘等。风蚀导致土地沙化与退化。据调查,乌兰木伦河川台农地已被风沙土覆盖,一般厚 5~10cm,最厚达 20cm。

1.1.3 重力侵蚀作用 矿区重力侵蚀作用依地层可分为黄土重力侵蚀、基岩重力侵蚀和风沙重力侵蚀。黄土重力侵蚀主要分布于悖牛川以东及南部的黄土丘陵沟壑区,地面破碎,沟壑纵横,沟坡陡峻,多达 30°以上,以浅层黄土滑坡、滑塌为主。基岩重力侵蚀主要分布于矿区中部的盖沙石质丘陵区,基岩由构造稳定的中生代砂页岩互层构成,沟谷狭窄,沟坡陡峻,多在 35°以上,砂页岩中泥岩、页岩易风化发生泻溜,悬空的沙岩则发生崩落。由于基岩构造稳定,一般不易

发生滑坡。泻溜与崩落是矿区基岩重力侵蚀的突出特点。风沙重力侵蚀分布于矿区中部及北部,主要表现为沟坡沙溜。

1.1.4 人为活动的侵蚀作用<sup>[2]</sup> 矿区以煤炭资源开发为中心的人类活动造成的侵蚀作用主要表现在三个方面:一是松散的堆积物大量堆积,加剧了风蚀和水蚀;二是大量开挖面的出现增加了重力侵蚀;三是采煤引起地表形态的变化导致侵蚀加剧。

松散堆积物包括采矿剥离物,弃矸、弃石、生活垃圾及煤炭等。据1994年调查,石圪台至何家塔乌兰木伦河两岸面积350km<sup>2</sup>内,松散堆积物1391.77万m<sup>3</sup>,平均4万m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,占地2.68km<sup>2</sup>,占总面积的0.8%。松散堆积物导致河床淤积,河流输沙量增大。同开矿前相比,开矿后的1987~1993年平均增加河流输沙量470万t。同时河床淤积1220m<sup>3</sup>,造成桥梁、堤岸工程行洪能力减弱,矿区道路等工程开挖坡面,露天矿坑,采石场等,估计约占矿区河岸、沟谷坡面的10%左右。开挖面常发生崩落,威胁交通安全,1993年发生于神榆公路距神木3km处的崩塌体达20万m<sup>3</sup>,造成交通中断达40d。

采煤导致地层破坏,地面沉陷,松动了地表土层,土壤抗蚀性能降低。沉陷引起水资源渗漏,土层变干,植被枯萎死亡,风蚀加剧。据调查,矿区已出现沉陷区3处,总面积13.3hm<sup>2</sup>,在地裂缝处,已出现植物根系被拉断、枯死现象,固定沙地面临沙化的危险。

## 1.2 侵蚀营力的基本特点

1.2.1 侵蚀营力随季节的交替性 矿区风力侵蚀、水力侵蚀全年都在进行。但随季节的更替,风力与水力的作用强度对比则表现出周期性变化(图1)。冬春季风力作用强盛,汛期流水作用活跃。神木县年平均风速2.2m/s,春季2.8m/s,夏季2.2m/s,秋季1.8m/s,冬季2.0m/s,春季风力较强,夏季最小。风力侵蚀强度与大风活动密切相关,神木年大风日13.5d,最长达44d,以春季最多,夏季次之。大风常导致沙暴,神木年均沙暴10.5d,最长达43d,春季占年沙暴日63%,集中于4~5月份,春季降水稀少,地面干燥,风蚀严重。冬季风力虽然也较强,但由于地面冻结及有积雪覆盖,而风蚀较轻。

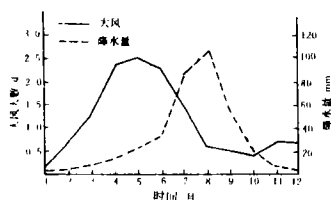


图1 矿区大风日及降水量月分布

矿区年降水量368.2mm,月均降水量如表1。全年降水量多集中于6~9月,占全年降水量的76.9%,特别是7~8月占53.1%。汛期降水以暴雨居多,最大一日降水量占全年降水量20%以上。其它季节降水量少,强度小。因此,矿区水蚀主要发生在汛期。若以日均降水量≥10mm为产生侵蚀的雨量,则神木县能够造成侵蚀的降水天数仅为13.6d,同期降水量占全年降水量72%。可见汛期产生水蚀的天数是极其有限的。同时也表明汛期水蚀主要由几次暴雨所产生。

表1 矿区月平均降水量

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
降水量(mm)	2.9	4.4	9.6	5.5	23.7	37.2	88.4	107.1	50.4	21.0	5.9	2.2	368.2
比例(%)	0.8	1.2	2.6	4.2	6.4	10.1	24.0	29.1	13.7	5.7	1.6	0.6	100

1.2.2 侵蚀营力空间上相互交错与渗透性 矿区风、水侵蚀营力强弱与风蚀、水蚀交错带风力与降水分布的逐渐过渡相一致,从总体上看,矿区自北向南风蚀强度逐渐减弱,而水蚀强度

则逐渐增强,北部以风力侵蚀为主,南部以水力侵蚀为主。风力、水力的侵蚀作用与地表物质组成也有紧密关系。北部以风沙为主,多沙丘,风力作用强,水力作用较弱。南部以黄土为主,水力侵蚀作用活跃,风力作用较弱。侵蚀营力过渡性及侵蚀营力与地表物质的相互作用,反映了两种侵蚀营力的侵蚀地貌形态的相互交错分布特性。南部黄土丘陵水力侵蚀地区有片沙的发育,北部风沙风力侵蚀地区也有沟谷的形成与发展。即使在同一坡面上,风、水侵蚀营力相对强弱的垂直分异,也表现出风力和水力的坡面侵蚀微地貌形态的垂直分异性。

## 2 风蚀、水蚀相互作用特征

### 2.1 风蚀、水蚀相互作用对地表物质的侵蚀、搬运和堆积作用

2.1.1 水蚀对地表物质的搬运与堆积作用,为风力的再作用准备了物质基础,加剧了风沙活动在坡面漫流及股流作用下,地表物质(包括风积沙)被搬运到坡面下部及沟谷沟口重新沉积,这些物质在风力作用下往往成为片沙。当坡面上部存在裸露基岩时,更易形成较大汇流,使片沙规模扩大。这种风、水蚀相互作用形成坡面中下部片沙的现象,在矿区极为普遍。图 2 中,坡面上部为覆沙平缓剥蚀高原面,中下部为风蚀水蚀共同作用的沙质堆积物,在其上面发育有坡面型沟谷,侵蚀物质直接输入乌兰木伦河,沟谷尚有坡度较缓的小扇形堆积体。以上这些充分表明了风、水两种侵蚀的发展过程。

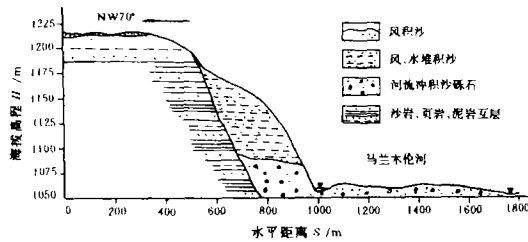


图 2 乌兰木伦河右岸(侯家梁村附近)风、水蚀过程

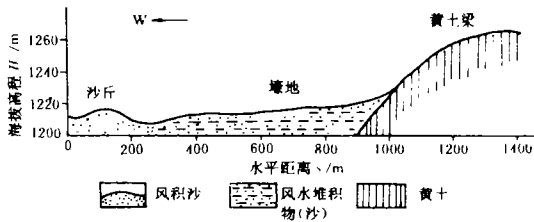


图 3 大柳塔孙家壕风、水蚀过程

在黄土坡面上,水蚀一般较强,流水冲刷坡面上部黄土层并搬运到下部低凹地带,重新堆积。由于气候干旱,地面干燥,在风力作用下形成片沙地或沙丘。在乌兰木伦河与牯牛川的分水岭地区的许多壕地,即是由这样风、水堆积物形成的沙地(图 3)。当坡面较长时,自坡顶至谷底风、水蚀作用对地表物质的搬运堆积过程能够得到充分发展。黄土坡面上部为风蚀、水蚀裸地,中部地表密布钙质结核,且有风蚀残墩,墩高 $<0.5\text{m}$ ,坡面下部为平沙地,沟缘附近为沙丘(图 4)。

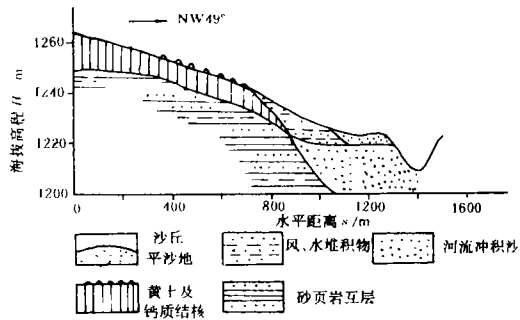


图 4 大柳塔堵贵石离附近坡面风、水蚀过程

一般地,无论是风积沙,冲积沙,还是沙黄土,在有严密覆盖时,风蚀较轻。一旦在流水及风力

的作用下覆盖层消失,则风蚀迅速加剧,导致流沙形成。据资料[3],神木县地层中有多层古风积沙,上覆沙黄土,风、水侵蚀破坏了上覆的沙黄土层,地层中风积沙出露,在风力吹蚀下发展形成流沙,神木县有此种过程形成的沙地 209.37km<sup>2</sup>,占总面积 3.3%。

2.1.2 风蚀的搬运与堆积也为水力侵蚀提供了物质来源 主要表现在坡面积沙,沟谷沙层坍塌,风沙直接入河等方面。迎风坡及高亢地面风速较大,以风力吹蚀为主,背风区风速减小,风沙沉积。背风坡面中下部,沟缘附近及谷坡下部普遍都有风积沙。在彩红外航片上图像清晰可辨。沟谷沙层常因风沙流对底部的掏蚀作用而发生坍塌、沙溜等。这些物质在暴雨时成为洪水的直接冲蚀物质,常使沟谷洪流成为高含沙水流,尤其是每年的第一次洪水。

风沙直接入河沙量也不容忽视。据资料[4],仅风力吹扬落入窟野河中的粉尘( $d < 0.05\text{mm}$ )每年约 500~1 000 万 t,占窟野河年输沙量的 5%~10%。

2.2 风蚀、水蚀与侵蚀地貌形态

地表侵蚀是地貌形态演化的动力。风蚀水蚀共同作用于同一地表,使地表物质重新分配,表现出风、水侵蚀特有的地貌形态特征,同时风、水侵蚀营力在坡面上也得到新的调整。(图 4)坡面上部为风、水侵蚀裸地,中部为砂砾化及风蚀残墩,沟缘表现为风沙地貌。这些地貌形态,为风、水共同作用而特有的坡面地貌形态,是矿区风、水侵蚀坡面形态的基本特征,反映了坡面水蚀、风蚀搬运与堆积的过程。

除风、水侵蚀的坡面侵蚀地貌形态外,风、水侵蚀沟谷形态与水蚀沟谷有显著差异。水蚀切沟横断面一般呈“V”型,沟底一般没有堆积物,风、水侵蚀切沟由于风沙流对沟壁的磨蚀及风力吹蚀,一般呈“U”型,沟壁平滑,沟底多积沙。当切沟延伸方向与风向垂直或保持较大夹角时,迎风沟间遭受风力吹蚀较强,背风沟肩遭受风力吹蚀相对较弱,因此,一般两边沟肩不对称。规模较大的沟谷,以及有常流水的河沟也表现出沟坡的不对称(图 5)。

2.3 风、水侵蚀作用垂直分带性

风、水蚀交错带侵蚀营力自梁峁顶至沟谷底部有规律的变化,侵蚀过程及其表现出的侵蚀地貌形态也有垂直分带性,这种垂直变化规律类似于典型黄土丘陵沟壑区侵蚀方式垂直分带的一

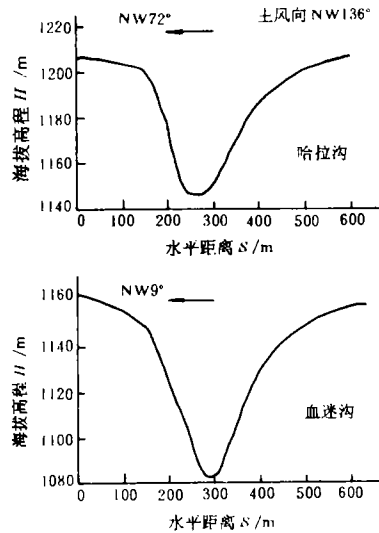
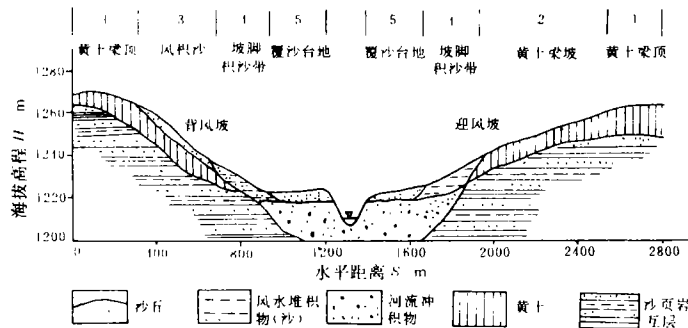


图 5 风、水蚀导致沟坡不对称



1. 风力吹蚀,水方面蚀;2. 风力吹蚀,水力沟蚀;3. 风力堆积,水力沟蚀;  
4. 风蚀风积,水力堆积;5. 风蚀风积

图 6 大柳塔柳根沟风、水蚀垂直带谱及地貌结构

