

## 高塬沟壑区董志塬沟头溯源侵蚀典型调查研究

陈绍宇<sup>1</sup>, 许建民<sup>2</sup>, 王文龙<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院水土保持研究所, 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西杨凌 712100;

<sup>2</sup>杨凌职业技术学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 详细调查了董志塬地区的西峰区、宁县以及庆城县的沟头溯源侵蚀情况, 并对近年来发生前进的沟头进行了详细的实地测量和地形地貌特点分析, 对董志塬沟头溯源侵蚀整体情况做出概括。在此基础上将溯源侵蚀的发生类型划分: 水力冲刷型、陷穴诱发型、裂缝诱发型和人为诱发型。针对每种类型进行了典型的实例分析。

**关键词:** 董志塬; 溯源侵蚀; 发生类型

**中图分类号:** S151 **文献标识码:** A

### The Research on Erosional Types and Process of Head-cut on Dongzhiyuan of Loess Plateau

Chen Shaoyu<sup>1</sup>, Xu Jianmin<sup>2</sup>, Wang Wenlong<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>The State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau,

Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy Sciences and Ministry Water Resource, Yangling Shaanxi 712100;

<sup>2</sup>Yangling Vocational & Technical College, Yangling Shaanxi 712100)

Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy Sciences and Ministry Water Resource, Yangling Shaanxi 712100)

**Abstract:** This paper investigated the situation of head-cuts in Xifeng area, Ning county and Qingcheng county on Dongzhiyuan. We carried out a detailed measurement and analysis of terrain characteristics on the gully heads, and summarized the overall situation of head-cuts on Dongzhiyuan. On this basis we summed up the genetic types of head-cuts that included flow-induced types, sink hole-induced types, fissure-induced types and human-induced types, and analyzed each type.

**Key words:** Dongzhiyuan, head-cut, genetic types

董志塬是中国黄土第一塬, 塬面面积广大, 塬边沟壑纵横, 沟头溯源侵蚀强烈。早在 20 世纪 50 年代, 朱显谟<sup>[1-3]</sup>从土壤侵蚀的角度将黄土的水蚀进行分类, 并将泾河流域土壤侵蚀现象分为 6 种: 片状侵蚀、细沟侵蚀、切沟侵蚀、崩塌侵蚀、洞穴侵蚀、泻溜侵蚀。朱显谟把溯源侵蚀列入黄土沟蚀的范畴。鲁有柱<sup>[4]</sup>对处于平原区的沔河下游溯源侵蚀现象从成因、发生发展过程等方面进行了探讨, 根据溯源侵蚀破坏特点对其危害及治理措施提出了建议。伍永秋等<sup>[5]</sup>认为溯源侵蚀是切沟发展的主要方式之一, 同时这种溯源侵蚀严重

地威胁着沟道的安全。韩鹏<sup>[6]</sup>等用实验中降雨前后坡面的地形变化计算了细沟发育过程中溯源侵蚀和沟壁崩塌的产沙量。计算结果表明, 溯源侵蚀是细沟侵蚀的主要产沙类型, 其产沙量可占到细沟总侵蚀量的 50% 以上, 大小主要受沟头以上来水量的控制。目前学者对溯源侵蚀的危害程度都有比较清醒的认识, 但关于溯源侵蚀的专门研究还很少。董志塬地区的溯源侵蚀形式是多种多样的, 但其发生类型有一定的规律性, 笔者将针对董志塬沟头溯源侵蚀的发生类型分类进行探讨。

**基金项目:** 国家科技支撑计划“高塬沟壑区农果林多元综合治理模式研究与示范(2006BAD09B09)”资助。

**第一作者简介:** 陈绍宇, 男, 1982 年出生, 天津蓟县人, 在读硕士研究生, 研究方向为土壤侵蚀与水土保持。通信地址: 712100 陕西杨凌西农路 26 号水土保持研究所, E-mail: xingzhe219@163.com。

**通讯作者:** 王文龙, 男, 1963 年出生, 陕西大荔人, 博士后, 研究员, 主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。通信地址: 712100 陕西杨凌西农路 26 号水土保持研究所, E-mail: wlwang6@163.com。

**收稿日期:** 2009-02-27, 修回日期: 2009-03-19。

## 1 研究区及研究方法

### 1.1 研究区概况

董志塬位于甘肃省东部,庆阳市境内中南部,在泾河北岸、野狐沟以南、马莲河和蒲河两大河流之间,包括庆城县大部及宁县、合水县各一部分。是庆阳市的主要农业区,素有“天下黄土第一塬”的美誉,距今已有200万年历史,是黄土高原保存最好、面积最大的黄土塬,塬面面积910 km<sup>2</sup>。塬区地貌总的来说有塬面、梁峁坡和沟谷3种类型。成土母质以黄土为主,厚度为70~150 m,塬地中心较厚,边缘较薄<sup>[1]</sup>。其中以黄绵土面积最大,黄绵土的耕地面积占全区耕地面积的一半,此类土壤是在黄土上直接耕种熟化形成的,土层深厚,表层含养分较多,疏松,抗蚀性较差,垂直节理发育,孔隙度大,蓄水量大<sup>[5]</sup>。年平均降水量在550 mm,但年际变化很大,而且一年中大部分集中于7—9月,3个月的降水量占年降水量的58.5%。塬区植被大多属森林草原带,是落叶林阔林向草原过渡的地带,广大的荒山荒坡基本是灌丛草原或草原,牧草组成以禾本科的披碱、针茅等为主,还有衰草、冰草、芨芨草、长芒草等。树种以山杨、白桦、辽东栎、油松等为主,阳坡有侧柏、狼牙刺以及杜梨等。

### 1.2 方法

采用野外实地调查的方法,调查时间为2008年6月15日—8月13日,历时约2个月,调查范围包括西峰区、宁县以及庆城县,并且结合董志塬1/50 000(1979年5月航摄,1982年版)地形图标出沟头的位置。通过当地水保局,对近年来发生前进沟头作详细的调查分析,并对沟头周围的地形、地貌、来水情况等作细致的调查和分析,用以查明董志塬地区沟头发生溯源侵蚀的类型和规律。

## 2 董志塬沟头溯源侵蚀概况

通过对董志塬沟头溯源侵蚀的调查发现,该地区溯源侵蚀主要有以下特点:首先,溯源侵蚀造分布广泛。在西峰区、宁县和庆城县都有溯源侵蚀的发生,且危害巨大;其次,沟头前进速度很快,一般为0.3~3 m/年。沟头的溯源侵蚀发生有一定的不连续性,只有雨量达到一定的程度才能汇集足够大的径流,进而引发沟头的溯源侵蚀,由于汇水区域很大而出水口一般是集中、狭小的特殊地形,才使得径流剧烈地冲刷沟头,造成了严重的溯源侵蚀。一般一次特大暴雨就使沟头前进数十米,例如西峰区董志乡北门村、陈户乡田畔村、肖金镇三不同村、宁县和盛镇范家村、庆城县驿马镇涝池村等地的沟头都是在2006年7月的一次特大暴雨中前进了10~50 m不等;再次,几乎所有的沟头都危

害到村庄和道路的安全。这是因为道路在一定的地形条件下,久而久之,道路就成为降雨径流的通道,由于溯源侵蚀的方向就是向着来水方向的,所以必然会威胁到道路。此外,溯源侵蚀发生以后,沟头的形态绝大多数为三面立壁,即沟头后壁以及两个侧壁基本呈垂直状态,且沟底平坦,横剖面呈“U”型。

## 3 董志塬沟头溯源侵蚀发生类型典型实例分析

通过野外实地调查发现,董志塬沟头溯源侵蚀主要是水力和重力作用共同影响的结果,从其形成机制来看:一为沟头上方来水汇集的巨大的径流剧烈冲刷,而直接造成了沟头的迅速前进;二为径流在沟边附近的裂缝、陷穴处下渗,从而导致沟头的坍塌、滑落与沟头前进。就此次对董志塬沟头溯源侵蚀的调查结果,将溯源侵蚀类型分为以下几种类型。

### 3.1 水力冲刷型

直接由暴雨产流对沟头的冲刷、下切、侧向淘蚀,并伴随着两岸的沟壁坍塌、扩张,使沟头发生迅速的前进。

这种侵蚀形式主要是在水流的冲刷力下造成的沟头溯源侵蚀,也是董志塬区沟头最普遍的溯源侵蚀形式。此形式以西峰区陈户乡田畔村北沟沟头1处为代表。

如图1所示,沟头自南向北延伸,沟道三面都是耕地,一年内种植小麦和玉米两季,地形情况极为特殊:表现为东、西、北三面高,这就为向沟头处汇水提供了条件,且会水面积巨大,大地形宛如簸箕状,形成了天然的集雨槽,沟头处于簸箕中央位置,每次的降雨全部汇到中间经过沟头由沟道排出,这样一来,每次降雨都给沟头造成威胁,溯源侵蚀非常严重。沿沟道走向的塬面上现在修有一定的防护工程,如排水通道,这样的通道对于较少的降雨,对沟头溯源侵蚀具有一定的缓解作用,但对于强降雨效果不明显。

沟头、沟壁和沟底植被情况较好,有冰草、刺槐、椿树等,这些草本植物和灌木对于水土保持也起到了一定的作用。

2006年7月1—2日此地区有2天的强降雨天气,最大降雨量达288 mm,给此处的沟头造成了极大的危害。由于此处正好处在暴雨中心的位置。雨后沟头向前延伸45.2 m,下切5.6 m,沟宽达11.7 m,直接损毁塬面耕地500多平方米,破坏了农田和田边道路。沟壁也受到径流的冲刷作用,多处有不同大小的冲沟形成,最大的一处沟长10 m,宽12 m,深达30多米。沟头部分底部平坦,在这次暴雨中,沟底平坦部分也有严重的侵蚀沟形成,形成了“沟下沟”,长度为26.2 m,宽2.5 m,深4.5 m,可见这次特大暴雨的危害之巨大,水土流失十分严重。

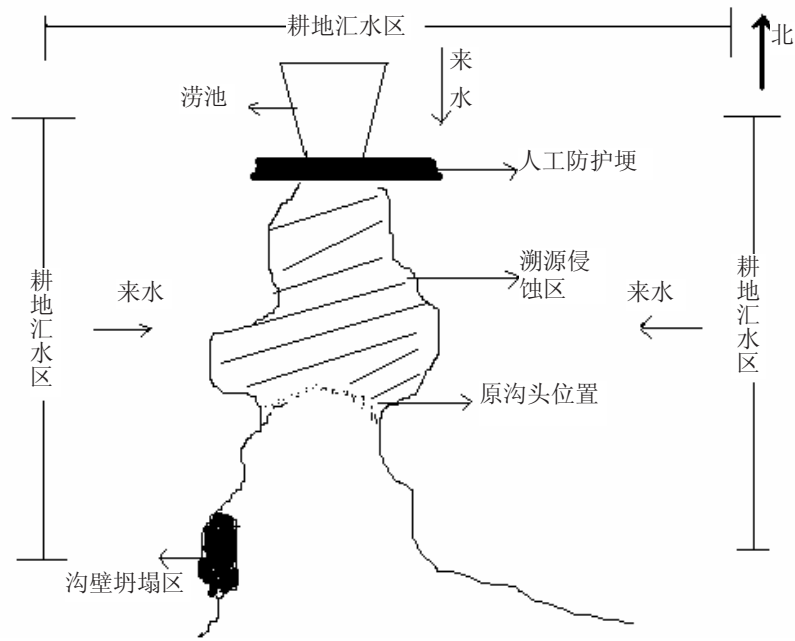


图1 西峰区陈户乡田畔村北沟沟头1地形示意图

沟头树木的根部已经裸露,甚至被冲倒,由于地形的特殊性,汇水面积很大,从而汇水量也很大,水的冲力也相应很大,再加之重力侵蚀作用是此次沟头前进明显的主要原因。

村里为了防止沟头继续遭到侵蚀,切断沟头,修筑了人工防护埂,在来水方向顺势修建涝池,这样的涝池对小降雨可以起到一定的防护作用,但对于强降雨作用较小。

### 3.2 陷穴诱发型

由于地面积水,水流下渗走用,破坏了黄土的水稳性,在沟头或沟壁来水方向首先形成陷穴,径流继续沿陷穴下渗,继而土体会发生的整体滑塌或者崩塌,造成沟头的前进或沟壁的扩张。同一斜坡上洞穿数个陷穴的“连珠陷穴”<sup>[2]</sup>,在董志塬也比较常见。西峰区陈户乡田畔村北沟沟头2就是典型的陷穴诱发型溯源侵蚀,此处既有单个陷穴的侵蚀,也有“连珠陷穴”的发生。

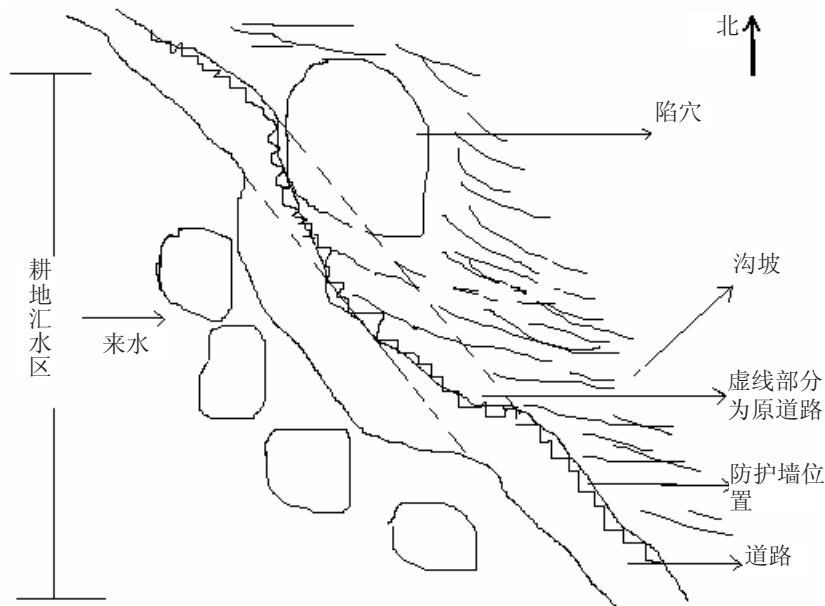


图2 西峰区陈户乡田畔村北沟沟头2地形示意图

如图2所示,沟道自东南向西北延伸,主要是沟的西岸受到严重的溯源侵蚀。沟的西南面是麦田,沟岸一侧修有沟边埂,紧靠沟边的是一条道路,此处的沟头

经过这次强降雨已经前进了13 m有余,直接迫使此段道路向西推移了13.2 m,侵占了大片耕地。更为严重的是新道路的西侧有5个陷穴沿道路发育。陷穴的大

小分别为:长 13.2 m, 宽 11.3 m 深 8.6 m, 长 5.6 m; 宽 3.4 m, 深 1.8 m; 长 2.9 m, 宽 2 m, 深 5 m; 长 4.4 m, 宽 2.6 m, 深 4.1 m; 长 7.8 m, 宽 3 m, 深 4 m。其中后 4 个陷穴底部已经相通, 地面上由“土桥”相连, 如果再遇较大的径流冲刷或者长期的重力侵蚀作用, 道路很有可能发生大规模的整体坍塌, 破坏塬面甚至危害当地人民的生命安全。

陷穴是黄土区洞穴侵蚀中最主要的一种, 其危害性也最大。它在颗粒较粗和比较输送的黄土阶地, 塬畔和平缓的梯田上出现较多, 邻近沟床下切和谷坡扩张作用比较剧烈的岸部附近, 更较活跃。阶地和塬畔一带的陷穴, 常呈狭带状与沟岸平行。

陷穴的形成过程<sup>[8]</sup>, 基本是和水凼窝的形成过程相似, 不过地面积水, 先由地表下渗, 然后土体裂隙中汇集而发生淘刷作用, 其形状恰与二个水凼窝合在一起一样, 同时它在发生塌陷以前, 常常隐匿不见。因此, 发生陷穴的地方或其附近, 必定要有裂缝或者洞穴的存在, 而且这种裂缝或洞穴一定要是有能够排除泥水的, 通达沟边或埂、坎等处的出口。观察证明, 没有出口的裂缝和洞穴, 常被带有呈色较红和质地较细的土体所填充并不塌陷。

此处的陷穴的形成恰好符合上述的基本条件, 首先处在塬畔位置; 其次, 由于这次暴雨产生的径流流到沟边位置被沟边埂所阻隔, 因而产生了地面积水, 加之汇水面积较大, 径流较大, 排水不利, 围积的水下渗, 由通道排到沟道, 由于下渗的水份破坏了黄土的结构陷穴已经形成。如果再经过一次强降雨, 极有可能使陷

穴之间相互连接形成大的裂缝, 从而导致大规模的坍塌破坏道路。此处陷穴的规模很大, 值得引起注意, 因为一旦再次有水沿陷穴下渗的话, 下渗水就会破坏土体下部的组成使土体失稳, 那么加之重力侵蚀, 土体坍塌也是避免不了的。

如果防治措施跟不上, 此处的陷穴极有可能引发此条沟道沿陷穴方向发育出支沟, 从而阻断道路, 侵占耕地, 给当地人民的生活生产带来巨大的损失。

防治的基本原则<sup>[8]</sup>, 也和防治其他的侵蚀现象一样, 尤其和防治沟蚀一样, 主要是尽可能地分散地面径流。此外对于原有侵蚀沟的固定工作, 也将有良好的效果。

### 3.3 裂缝诱发型

由于表径流的冲刷水流下渗作用, 破坏了沟头土体稳定性, 在沟头或沟壁来水方向首先形裂缝, 径流继续沿裂缝下渗, 继而土体会发生的整体滑塌或者崩塌, 造成沟头的前进或沟壁的扩张。宁县太昌乡上肖村 2 处的沟头是典型的裂缝诱发型溯源侵蚀, 径流沿垂直节理下渗, 最后促成沟头或沟壁土体的整体坍塌。

如图 3 所示, 此沟头位于上肖村庄外部, 沟头自西向东延伸, 沟头上方是一条通往村庄的道路, 由于沟头的溯源侵蚀的发生, 现在的道路已经被沟头侵占, 路面宽度不足 2 m, 以致车辆无法通过, 人行走的时候还需多加注意。道路以东紧挨的是耕地, 由于耕地的地势相对路面要高出将近 1 m, 在耕地与道路之间形成了土坎, 所以道路想要往耕地方向推移都是相当困难的。沟头南北两侧植被良好, 分别为树林和果园。

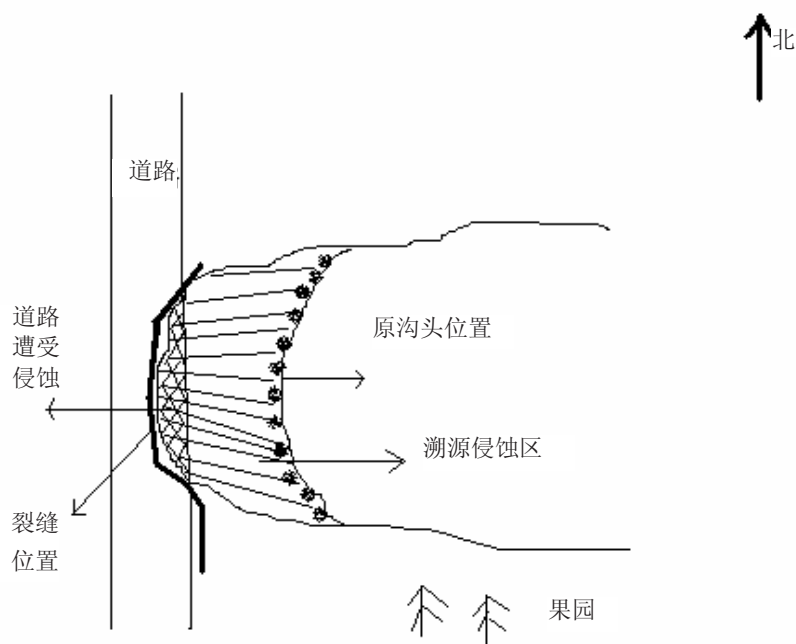


图3 宁县太昌乡上肖村2地形示意图

由于董志塬特殊的土质,土壤中垂直节理比较发育,降雨径流后在塬面的沟道周围发育着很多的细小但长度很大的裂隙,每次降雨径流后,雨水会在裂隙处进一步下渗、灌注,裂隙深度会进一步的地往下延伸、扩展,久而久之就发育为宽度5~10 mm的裂缝,遇到暴雨和巨大的径流后,土体会发生整体的滑塌或者崩塌,造成沟头的前进或沟壁的扩张。

地表径流来自沟头西面大面积的耕地在降雨时产生的超渗流,而且在耕地与沟头之间存在一个高度差,更给径流增大了能量。据调查,沟头在近10年的时间里前进了16 m,前进部分宽3 m,深8 m。

#### 3.4 人为诱发型

由于人类的活动而直接或者间接造成的沟头前进。董志塬地区还有相当一部分沟头溯源侵蚀属于人为诱发型。例如由于庆阳市最近几年城市和乡镇建设的迅速发展,人们为了排泄非常巨大的城市雨洪,使厂房、民居、建筑免受洪水的浸泡、冲刷,把这些

径流在没有任何防护措施的情况下人为地全部排到了附近的沟里,在沟壁和沟底没有任何的防护措施,从而使排泄出的沟壁发生滑塌等剧烈侵蚀;另外,在董志塬存在着很多不恰当的工厂选址,这些工厂挖掘土方直接造成了的沟头前进,如宁县洪洞乡张村砖瓦厂、西峰区什社乡任岭村砖瓦厂,挖掘土方直接使沟头发生前进。现以宁县洪洞乡张村砖瓦厂沟头为典型代表作分析。

如图4所示,沟头自南向北延伸,径流自北顺着道路流向沟头,沟头的西岸受到严重的侵蚀,道路已经遭受破坏。出于取土方便,工厂的位置直接选在沟头处,在生产过程中,工厂为了节约成本,就地挖掘土方,一方面人为挖掘土方破坏了沟头土体的结构,使黄土变得松散,沟坡变得陡直,从而降低了沟坡稳定性,容易发生滑塌甚至滑坡;另一方面深层挖掘降低了侵蚀基准面,间接加速了沟头溯源侵蚀。此外,人工切削坡脚还有可能导致地裂缝形成<sup>[9]</sup>。

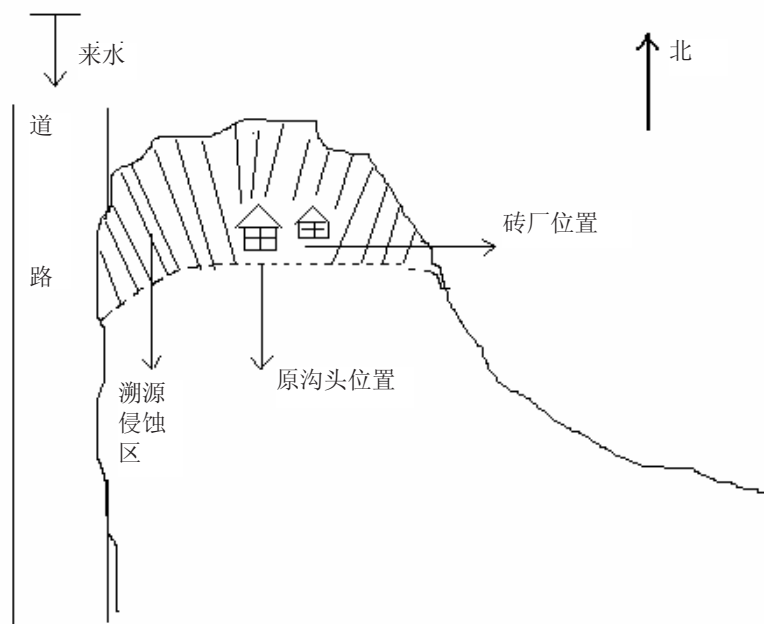


图4 宁县洪洞张村砖瓦厂沟头地形示意图

在人为因素影响的情况下,每次降雨产流对此处沟头均有不同程度的侵蚀,在近20年间的时间内沟头前进了54 m,前进部分宽48 m,深度达8.5 m,严重破坏了沟边道路和塬畔耕地。

除了上述4种沟头溯源侵蚀类型以外,在这次调查中还发现,受到“5.12”汶川大地震的影响而发生的沟头和沟壁滑塌、滑坡等现象也比较明显。例如西峰区肖金镇肖金中学南沟沟头侧壁滑塌体长15 m,宽2.5 m高度达20 m,西峰区陈户乡显胜铁楼沟头侧壁有两处滑塌,分别为长22.5 m,宽1.5 m,高12 m和长

21 m,宽1.5 m,高20 m,庆城县驿马镇驿马村沟道侧壁发生大面积滑坡,滑坡体分别长70 m,高80 m,厚4 m;长30 m,高20 m,厚2 m;长30 m,高25 m,厚3 m。

#### 4 结论

董志塬地区沟头溯源侵蚀分布是非常广泛的,已经对塬面的土地、农田、村庄民居、道路和工厂造成了严重的威胁。对董志塬地区近年来发生前进的沟头进行详细的实地测量和地形地貌特点分析的基础上,归纳总结出董志塬地区沟头溯源侵蚀发生类型分为水力冲刷型、陷穴诱发型、裂缝诱发型以及人为诱发型4种

类型,并分别结合典型实例针对每种类型加以分析,指出了每种类型的地形、汇水和来水等特点。希望在今后的研究或者防护措施的修建过程中起到一定的引导作用,进一步解决土地资源利用不合理的现状<sup>[10]</sup>,并且针对不同的溯源侵蚀类型提出合理有效的工程措施。

### 参考文献

- [1] 朱显谟.黄土区土壤侵蚀的分类.土壤学报,1956,4(2):99-115.
- [2] 朱显谟.泾河流域土壤侵蚀现象及其演变.土壤学报,1954,2(4):209-222.
- [3] 朱显谟.黄土高原水蚀的主要类型及其有关因素.水土保持通报,1981,(3):1-9.
- [4] 鲁有柱.沱河下游溯源侵蚀破坏浅析.西北水资源与水工程,1996,(4):64-67.
- [5] 伍永秋,刘宝元.切沟、切沟侵蚀与预报.应用基础与工程科学学报,2000,8(2):134-141.
- [6] 韩鹏等.细沟发育过程中的溯源侵蚀与沟壁崩塌.应用基础与工程科学学报,2002,10(2):115-124.
- [7] 朱显谟.董志塬区土壤侵蚀及其分类的初步意见.新黄河,1953,9:37-40.
- [8] 朱显谟.黄土区的洞穴侵蚀.人民黄河,1958,3:43-44.
- [9] 韩景卫,屈康庆,张掌权.宝鸡千河流域大海子地裂缝成因及减灾措施.水土保持通报,2004,6(3):50-53.
- [10] 魁永红.甘肃陇东黄土高原沟壑区生态环境建设与农业可持续发展对策.科技情报开发与经济,2007,17(26):132-133.