

# Ancient Flood Events in Upstream Reaches of the Ying River and the Depositional Response

Han Wu

School of Tourism and Geographical Sciences, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan  
Email: [1506219495@qq.com](mailto:1506219495@qq.com)

Received: Jan. 13<sup>th</sup>, 2015; accepted: Jan. 27<sup>th</sup>, 2015; published: Feb. 4<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by author and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Based on the test of grain size and magnetic ability from typical flood slack water deposits (SWD) in the Chuhe site, in upstream reaches of the Ying River, coupled with filed description, we analyze its physicochemistry features and discuss the sedimentary characteristics when floods happen. The results show that: 1) in the grain size of YH-CH profile, silt that varies from 47% - 85% is the main constituent, and the average level is 64.3%; clay content is less, between 3.2% and 9.5%, and its average level is 5.3%. Average sand-size particles' content is 17%; on the cumulative frequency curve, B, C, D, and E incline to the left, and however, SWD1 and SWD2 incline to the right. It is obvious that SWD1 and SWD2 are special ancient flood slack water sediments; 2) the section of low-frequency magnetic susceptibility (X-lf) is in line with high-frequency magnetic susceptibility (X-hf) broadly in a changing trend; the magnetic susceptibility value of B, C, D, and E is relatively high, and the magnetic susceptibility value of SWD1 and SWD2 is relatively low. According to the experimental analysis, we conclude that the profile recorded two kinds of flood. And the depth of the corresponding profiles respectively is from 60 to 80 cm and 180 to 200 cm; the energy of the first ancient flood that carried a lot of coarse matters is higher than that of the second ancient flood. In addition, the study of sedimentary characteristics provides the reference for the identification of ancient floods in upstream reaches of the Ying River.

## Keywords

Ancient Flood, Slack Water Deposits, Grain Size, Magnetic Susceptibility

---

## 颍河上游褚河段古洪水事件及其沉积响应

吴 汉

云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明

Email: [1506219495@qq.com](mailto:1506219495@qq.com)

收稿日期: 2015年1月13日; 录用日期: 2015年1月27日; 发布日期: 2015年2月4日

## 摘 要

通过对颍河上游褚河镇段一处典型的古洪水滞流沉积层剖面(SWD)的粒度、磁化率等指标进行综合研究,并结合野外特征描述,分析了该剖面理化特征,探讨了该地区发生洪水的次数。研究表明:1) 在YH-CH剖面粒度组成中以粉砂为优势粒径,含量介于47%~85%之间,平均含量为64.3%;粘粒含量较少,含量波动于3.2%~9.5%之间,平均为5.3%;砂级颗粒平均含量为17%;在累计频率曲线图上,B、C、D、E等层位偏左,SWD1和SWD2偏右;SWD1和SWD2分选较好且沉积颗粒较粗。2) 该剖面低频磁化率(X<sub>lf</sub>)和高频磁化率(X<sub>hf</sub>)具有相似的变化趋势,都呈现出B、C、D、E磁化率值相对较高,而SWD1与SWD2磁化率值相对较低,说明了SWD1和SWD2为典型的古洪水滞流沉积物。综合研究表明,YH-CH剖面记录两期古洪水事件,对应的剖面深度分别为60~80 cm、180~200 cm,其中第一期洪水较第二期洪水能量较高,携带的沉积物颗粒较粗。同时这些特征也为颍河上游的古洪水事件的识别标志提供参考。

## 关键词

古洪水, 滞流沉积物, 粒度, 磁化率

## 1. 引言

近年来,随着全球气候变暖,各种自然灾害频发,给全球多个国家和地区造成大量的财产损失,严重地影响到人类社会的可持续发展[1]。其中洪水灾害是当今人类世界面临的主要自然灾害之一,也是人类面临的最严重的自然灾害之一,造成的死亡人数占自然灾害引起的死亡人数的55%,引起的经济损失占到总经济损失的31% [1]。因此,了解洪水发生的规律,并建立相应的预警机制是当前防灾减灾的重要任务之一[2]。洪水发生规律是洪灾预报的前提,研究历史时期的古洪水有利于认识和把握洪水的出现规律[3]-[5]。

颍河地处淮河上游地区,是淮河最重要的支流之一,其流域地形绝大部分为地势开阔的平原,河道狭窄,下泄能力不足,极易发生各种水涝灾害。同时该地区深受季风气候影响,流域降水主要集中在6~10月份,较长时间的降水往往会带来洪水灾害。再加上近年来下游河道淤积严重,使得该地区汛期容易发生不同程度的洪涝灾害[6] [7]。因此,颍河流域是我国洪水灾害的重点区域,应加强研究。本文通过对颍河上游全新世沉积物进行粒度、磁化率等指标的研究,确定颍河上游古洪水事件的识别标志,建立古洪水发生序列,探讨颍河上游古洪水对全球及区域环境变化的响应,为颍河流域水利工程建设、洪涝灾害预测提供参考。

## 2. 研究区自然概况

颍河是淮河的一级支流,发源于河南省登封市嵩山南麓,在界首市入安徽,流经登封、许昌、周口、阜阳四市区,于安徽省颍上县注入淮河,全长619 km,流域总面积4万平方公里;登封至许昌为上游河,道狭窄,水流湍急;颍河至周口为中游,河道较宽,水流分散;周口至安徽阜阳为下游,水流较缓,河

道泥沙淤积。本文研究的区域位于颍河上游许昌市禹州段。本区属于暖温带季风区，气候温和，光照充足，雨量充沛，无霜期长，四季分明。多年平均气温达  $13^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ ，年平均降水量  $500\sim 700\text{ mm}$ ，年降水量集中于 7~9 月，森林覆盖面积 54%。颍河上游洪水年际变化极不稳定，流量变幅很大[8]。

### 3. 材料与方法

研究剖面位于颍河上游地区禹州市褚河镇褚河西岸，地理坐标为  $34^{\circ}06'23''\text{N}$ ， $113^{\circ}32'40''\text{E}$ ，高 220 cm (未见底)。剖面位于褚河边滩顶部，海拔高度为 15 m 左右。剖面总体呈黄色，以粉砂为主，顶部为中细砂夹少量粗砂，上部洪水滞流沉积明显层理清晰，下层层理稍差。

剖面总体可分为如下 7 层：

A 层，深度 0~20 cm，黄棕色，土质坚硬，属于耕作层，含有大量草根。

B 层，深度 20~60 cm，灰白色，土质松软，属于平水层，含有大量粉砂，多为平水时沉积下来的。

SWD1 层，深度 60~80 cm，灰白色，土质疏松，为古洪水层，含有大量粗砂，为洪水期沉积下来的。

C 层，深度 80~110 cm，黑灰色，土质较为松软，为平水层，含有大量粉砂，为平水时沉积下来的。

D 层，深度 110~180 cm，黄棕色，为河岸崩积物，层理不明显。

SWD2 层，深度 180~200 cm，为古洪水沉积层，层理较明显，且颗粒为大量粗砂。

E 层，深度 200~220 cm，为平水层，层理明显，颗粒较细。

从距地表 20 cm 取样，每样间隔 2.5 cm，有岩性明显间隔时按岩性取样，另在地表出现现代洪水处取样。共采集沉积物样品 92 个，全部用样品袋封装。将在野外采集的 92 个样品放在室内自然风干后，除去植物茎秆和陶片等人类活动遗物等杂质后，在许昌学院城市与环境学院沉积物实验室对样品进行了粒度、磁化率等指标测定，具体实验步骤如下：

粒度的测量是采用英国 Malvern 公司生产的 Mastersizer 2000 型激光粒度仪测量，具体实验步骤如下：

1) 称取约 0.25 g 风干沉积物样品放入 50 ml 的烧杯中，加入约 10 ml 浓度为 10% 的 HCl 溶液，在马弗炉里轻微加热，使其充分反应，除去样品中次生的碳酸盐类；2) 当气泡完全排完后，取下冷却，然后加入 10 ml 浓度为 10% 的  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，在马弗炉里适当加热，使其充分反应，除去有机质；3) 当气泡排完后，静置 24 小时，再放入适量的清水。然后小心抽取上部的清液；4) 再加入 5 ml 浓度为 10.05 mol 的  $(\text{NaPO}_3)_6$  进行分散；5) 最后采用英国 Malvern 公司生产的 Mastersizer 2000 型激光粒度仪，在超声波为 12.50 kHz，遮光度在 10%~18% 之间，转速为 2500 转/分，相对误差小于 4% 的条件下进行粒度的测定。每个样品重复 3 次，最后取其平均值为该样品的测量结果。

沉积剖面样品磁化率采用英国 Bartington 实验公司生产的 MS-2 型磁化率仪测量。测量方法和步骤为：

1) 称取粗略研磨至粒径小于 2 mm 的风干沉积物样品 10 g，装入  $10\text{ cm}^3$  无磁性塑料盒内，依次编号，待测；2) 使用 MS-2 型磁化率仪依次对每个样品进行低频磁化率(X-If)测量，频率设定为 0.47 kHz，测量时以物样品室的空气磁场作为背景值，每个样品测 3 次，取其平均值。测量完成后，将仪器测量频率设定为 4.7 kHz，用相同的方法测定所有样品的高频磁化率(H-If)。

## 4. 结果与讨论

### 4.1. 沉积物粒度组分及参数特征

#### 4.1.1. 沉积物的各粒级组分含量变化特征

粒度组成是指不同粒径的颗粒在沉积物中所占的百分含量，它是各种沉积物命名的基础。粒度组成和分布特征对研究沉积物来源、搬运条件和动力、沉积环境等具有重要的意义[9]-[11]。大量研究表明，粗粒沉积物一般形成于高能搬运环境中，而细粒物质则形成于低能搬运环境中[12]。在古洪水沉积物的研

究中，沉积物各粒级组分含量的变化是研究古洪水发生的重要依据，是研究古洪水常用指标之一。本文选取粘粒(<2 μm)、粉砂(2~65 μm)、砂级颗粒(>65 μm)等这几个组分进行研究，其垂直变化曲线如图1所示。

从该剖面粒度各组分变化趋势来看，这六层沉积物颗粒以粉砂为主，含量介于47%~85%之间，砂级颗粒含量分布在8.5%~32.2%之间，其中粘粒含量最少，介于3.2%~9.5%之间。粘粒含量在D层含量中最高，平均含量达8.2%，其次为E层，平均为7.3%。粉砂在B层含量最高，为67.5%，其次是C层和E层，含量分别为61.3%和57%，而粉砂在SWD1层含量最少，为42%。砂级颗粒在SWD1中含量最高，平均为40%，其次为SWD2，含量约为35.2%，砂级颗粒在E层中含量最少，为5%。从粘粒/粉砂的比值可以看出，B、C、D、E层位比值较低，反映了沉积时的风化作用相对活跃；而SWD1和SWD2比值较低，则反映了沉积时风化作用相对微弱。图中SWD1和SWD2显示，沉积物的颗粒由粗变细，可以确定此次洪水沉积分为两部分，起初是粗粒物质滞流沉积，当洪水位达到一定高度时，由于搬运能力降低，而产生细粒物质的平流沉积。

#### 4.1.2. 概率累计曲线

粒度累计频率曲线是图解沉积物粒度成分分布特征的一种重要方法。它可以用来表示沉积物中大于(或小于)某一粒径的颗粒含量，可以直观地表示出沉积物的粒度分布，常用来定性分析沉积物的粒度特征[13]。此外，还可以根据累计曲线上读出累计百分含量分别为5%、16%、50%、84%、95%等的特征值，进而计算出能反映沉积物的粒度特征及其沉积环境条件的重要粒度参数。各层代表样品的概率累计曲线如图2所示。

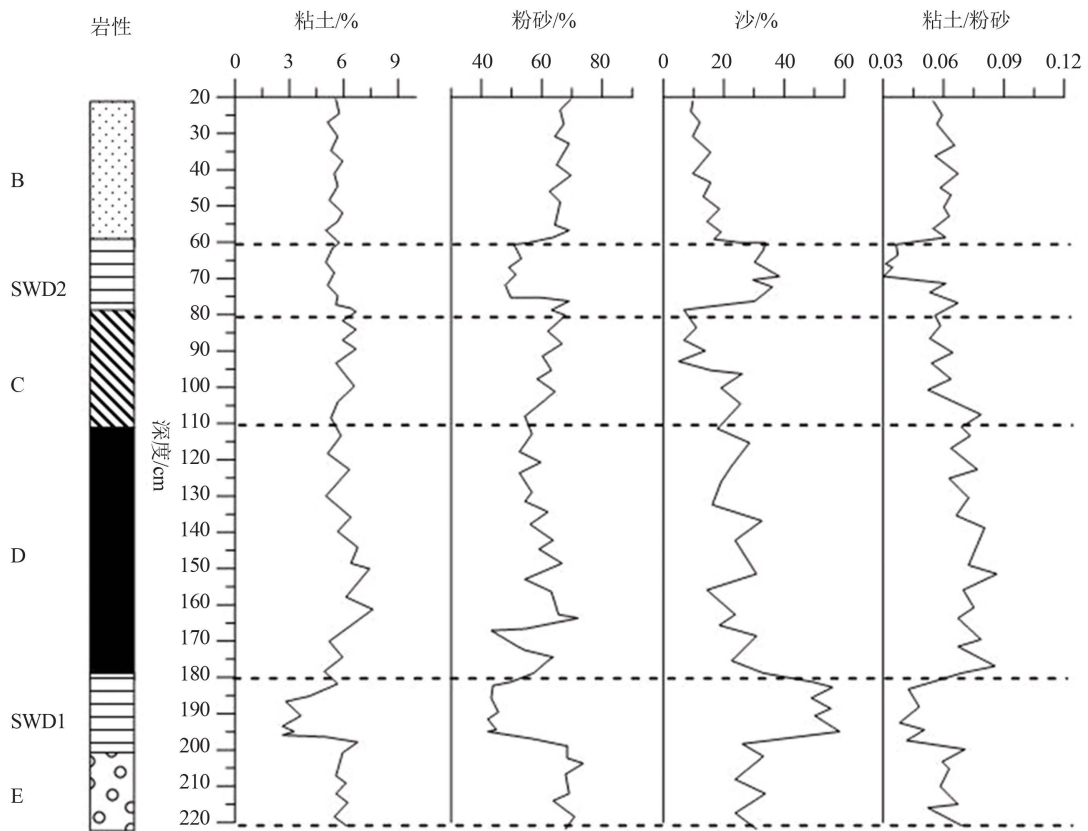


Figure 1. Variation curves of grain size of YH-CH profile, Chuhe section in the upstream of Ying River

图1. 颍河上游褚河段 YH-CH 剖面粒度分级对比曲线

从图 2 中可以看出, YH-CH 剖面中, SWD1 与 SWD2 粒度累计频率分布曲线都偏右, 说明沉积物颗粒相对较粗。而且, 相对于其他各层粒度累计频率曲线来看, SWD1、SWD2 粒度累计频率曲线更加偏右且更为集中。

#### 4.1.3. 沉积物粒度参数

在古洪水研究中, 常用的粒度参数有中值粒径、平均粒径、标准差、分选系数、偏度和峰态[14]。其中, 中值粒径是衡量沉积物颗粒平均大小的一种指标, 可以敏感地揭示出沉积物沉积时动力的大小; 而平均粒径一般用来表示沉积物颗粒的粗细, 并可以揭示出沉积物来源及沉积环境的变化; 标准差, 即颗粒大小的均匀性, 可以表示沉积物粒度的物质来源和分选程度; 分选系数也是常用来表示沉积物的分选性; 偏度常用来测量频率曲线的不对称程度的, 偏态与分选有密切关系, 分选很好的单峰沉积物, 频率曲线是对称的, 当有另一组或粗或细的颗粒少量加入时, 分选较差, 频率曲线变为不对称, 或为正偏或为负偏; 峰态是用来测量频率曲线两尾端与曲线中央部分分选的比率, 反映了颗粒粒径分布的集中程度[15]。

从表 1 中粒度参数特征分析结果可以看出, 中值粒径和平均粒径变化具有相似的变化趋势, 在 E 层, 中值粒径为 4  $\mu\text{m}$  和平均粒径为 13  $\mu\text{m}$ , 而在 SWD1 层, 中值粒径为 268  $\mu\text{m}$  和平均粒径为 290  $\mu\text{m}$ , 此外, 还可以看出 SWD1 层的粒度明显粗于 E 层, 在 215 cm 处明显转折, 代表了 E 层和 SWD1 层分布界限;

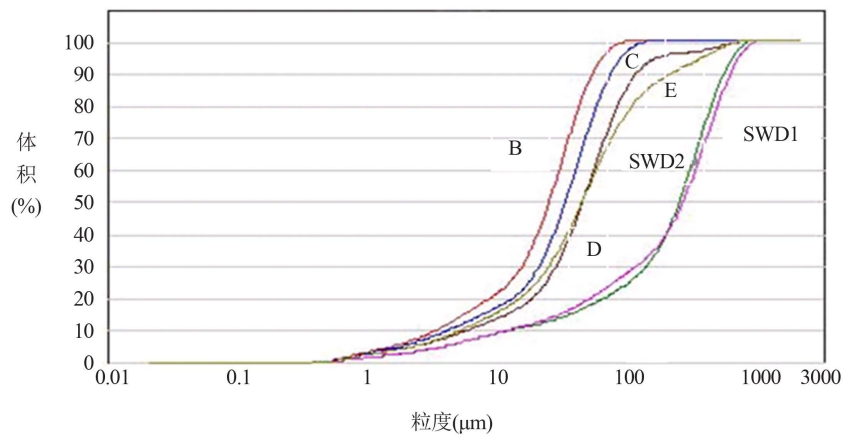


Figure 2. A comparison of accumulation frequency in YH-CH profile, Chuhe section in the upstream of Yinghe River

图 2. 颍河上游褚河段 YH-CH 剖面粒度累计频率曲线图

Table 1. Grain-size eigenvalues of deposit in YH-CH profile, Chuhe section in the upstream of Ying River

表 1. 颍河上游 YH-CH 剖面沉积物粒度特征值表

地层	深度/cm	Md/ $\mu\text{m}$	Mz/ $\mu\text{m}$	标准差 Q	分选系数 S	偏度 SK $\Phi$	峰态 Kg
A	0~20	-	-	-	-	-	-
B	20~50	5	12	1.91	1.23	0.29	0.97
SWD2	50~65	315	342	1.57	0.64	0.47	2.07
C	65~110	7	14	1.83	1.21	0.16	1.07
D	110~195	17	22	1.93	1.18	0.27	1.35
SWD1	195~215	268	290	2.28	0.79	0.58	1.64
E	215~250	4	13	1.86	1.33	0.24	0.96

在 C 层, 中值粒径为  $7\ \mu\text{m}$  和平均粒径为  $14\ \mu\text{m}$ , 而在 SWD2 层, 中值粒径为  $315\ \mu\text{m}$  和平均粒径为  $342\ \mu\text{m}$ , 同时也说明 SWD2 层的粒度组成明显粗于 C 层, 在 65 cm 处的转折则代表了 C 层和 SWD2 层的界限。

标准差值介于 1.5~2.5 之间, 属于分选性较差。从 B 层到 E 层, 标准差走向大致呈现出先由高到低, 再由低到高, 最后再由高到低的趋势, 其中标准差值最大时出现在 SWD1 层, 最小值出现在 SWD2 层。分选系数的变化与标准差变化趋势很接近, 其中分选性系数最大值出现在 E 层, 为 1.33, 分选性系数最小值出现在 SWD2 层, 为 0.64。总的来讲, 从 B 层至 E 层分选系数成下降的趋势, 分选性越来越好。YH-CH 剖面的 SWD1 与 SWD2 标准离差(Q)分别为 1.57 和 2.58, 而分选系数(S)则远远小于其他地层, 分别为 0.64 和 0.79, 这说明该剖面古洪水滞留沉积物的分选性较好。

从各层来看, 偏度值均介于 0.2~0.6 之间, 属于正偏态。偏度曲线的峰值出现在 SWD1 层, 该层均值为 0.58, 而低值出现在 E 层, 其均值为 0.24。从 B 层到 E 层, 各层的偏度均值呈现出波动状态。SWD1 与 SWD2 的偏度(SK)分布为 0.47~0.58, 都大于 0, 为极正偏, 粒度集中在粗粒一侧。峰态均值介于 1.0~2.1 之间, 其中峰值出现在 SWD2 层, 为 2.07, 低值出现在 E 层, 为 0.96。SWD1 与 SWD2 峰态(Kg)值为 2.07 和 1.64, 比较大, 即峰态较窄, 也表明了古洪水滞流沉积物的分选性比较好。

从粒度实验结果可以得出: YH-CH 剖面的古洪水滞流沉积物中粘粒和粉砂含量少, 粘粒/粉砂的比值也比较低, 颗粒以砂级颗粒为主, 且分选性较好。古洪水滞流沉积层的粒度分级及参数特征都明显区别于其它沉积物, 因此可作为古洪水滞流沉积物判别的依据。在 SWD1 向 D 和 SWD2 向 B 过渡界限处反映沉积物质以粉砂为主, 且分选性较好, 此处物质为洪水高水位时的平流沉积。由上述特征可以进一步说明 SWD1 和 SWD2 为典型的古洪水滞流沉积物。

#### 4.2. 颍河上游古洪水剖面的磁化率特征

磁化率是指矿物被磁化的程度, 常用来表征沉积物和土壤中铁磁性矿物含量, 因而它对于判断沉积物剖面各个层位的沉积学性质变化和风化成壤强度变化具有重要作用[16]。

从磁化率变化曲线(图 3)上可以看出, YH-CH 剖面的低频磁化率(X-lf)和高频磁化率(X-hf)具有相似的变化过程, 都表现为 E 层最高, D 层、C 层和 A 层次之, 过渡性 B 层较低。频率磁化率变化范围为  $35\sim 75 \times 10^{-8}\ \text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ , 其中最高值出现在 C 层和 D 层, 低频磁化率平均值分别高达  $60 \times 10^{-8}\ \text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $75 \times 10^{-8}\ \text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ ; A 与 B 低频磁化率值平均值分别为  $45 \times 10^{-8}\ \text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $60 \times 10^{-8}\ \text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ , 说明此时段沉积时期气候干冷, 风化作用较为微弱; 在 SWD1 与 SWD2 分别表现为一个低峰区。SWD1 磁化率平均值为  $30 \times 10^{-8}\ \text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ , SWD2 为  $35 \times 10^{-8}\ \text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ , 这说明古洪水滞流沉积物中铁磁性矿物的含量非常少, 沉积后受风化作用也比较微弱。此外, 频率磁化率对风化作用的反应更加敏感, 对风化活动的细节变化表现更为突出, 是很好的环境变化指示剂[16], 从图 3 中可以看出, YH-CH 剖面的频率磁化率变化波动明显, 详细记录了该地区沉积剖面不同风化作用过程。

从磁化率实验分析结果可以得出: SWD1 和 SWD2 低频磁化率和高频磁化率变化一致, 且波动最为剧烈, 说明当时气候比较不稳定, 处于气候剧烈波动时期。从总体上可以看出, 该地区气候呈逐步变干的趋势, 略微有些小的气候波动。磁化率的变化趋势则进一步验证粒度变化特征, 更能说明该沉积剖面中 SWD1 和 SWD2 为古洪水层位。

#### 4.3. 讨论

从上述可知, 颍河剖面沉积环境可以分为 5 层: A 层、B 层、SWD2 层、C 层、D 层、SWD1 层、E 层。不同的沉积环境中沉积物所表现的特征不同。从洪水形成时来看, 洪水发生时, 河道会带来突发性高水位水流, 对颍河剖面来说, SWD1 层和 SWD2 层代表洪水发生的层位。当洪水产生时, 就会为本地

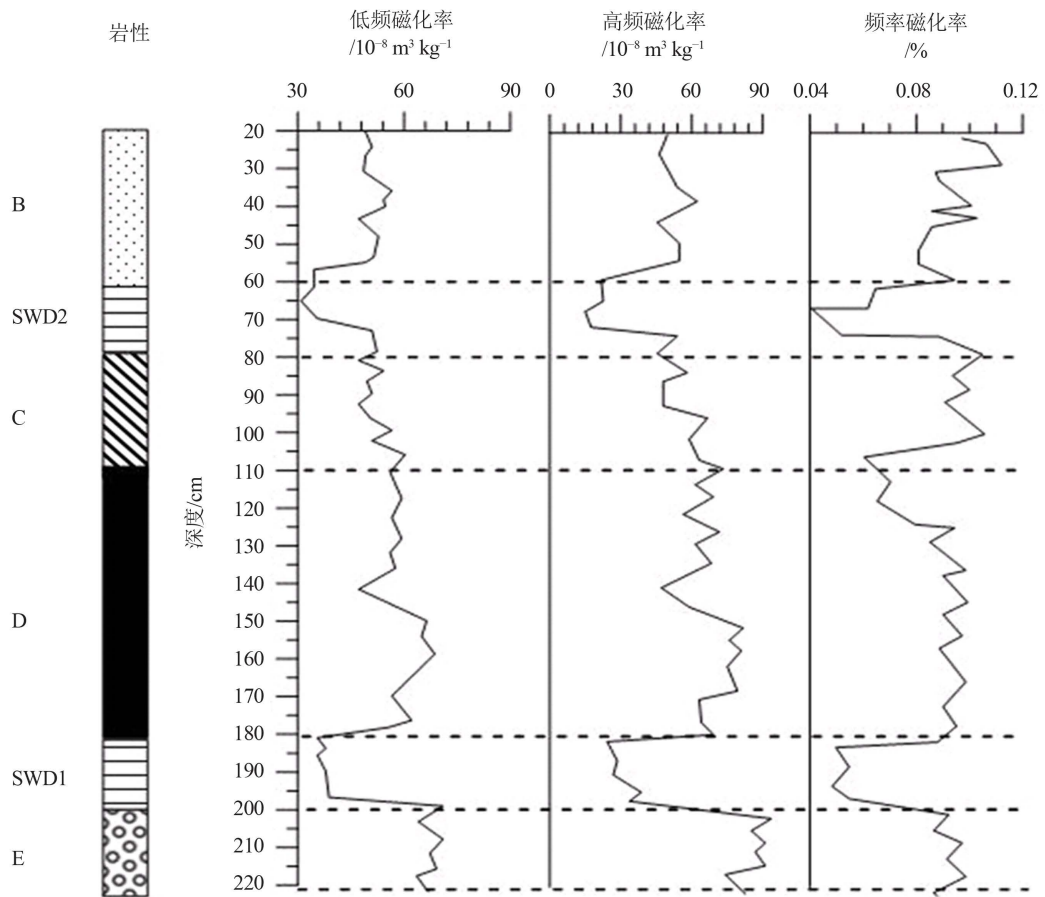


Figure 3. Susceptibility and frequency magnetic susceptibility in the YH-CH profile, Chuhe section in the upstream of Ying River

图 3. 颍河上游褚河段 YH-CH 剖面磁化率与频率磁化率曲线

带来颗粒较粗的沉积，而洪水消退过程中则形成静水条件下的悬浮物质沉淀[15]。因此，在确定这两个层位的洪水时，主要的依据则是沉积物粒度的突然增加(平均粒径变化中的峰值)，以及紧随其后粒度的迅速减小。在平均粒径变化幅度不大的时段，则同时考虑沉积物中粗粒级物质含量的突发性增加。

在研究古洪水沉积物过程中，沉积物的沉积层理、颜色变化、分层特点是判断不同时期洪水的重要标准，很多研究者根据沉积物野外特征来划分洪水期或判定洪水的发生。因此本文研究结合沉积物分层特征，根据剖面不同层位平均中值粒径变化，将 YH-CH 剖面划分出 2 期洪水(图 4)。

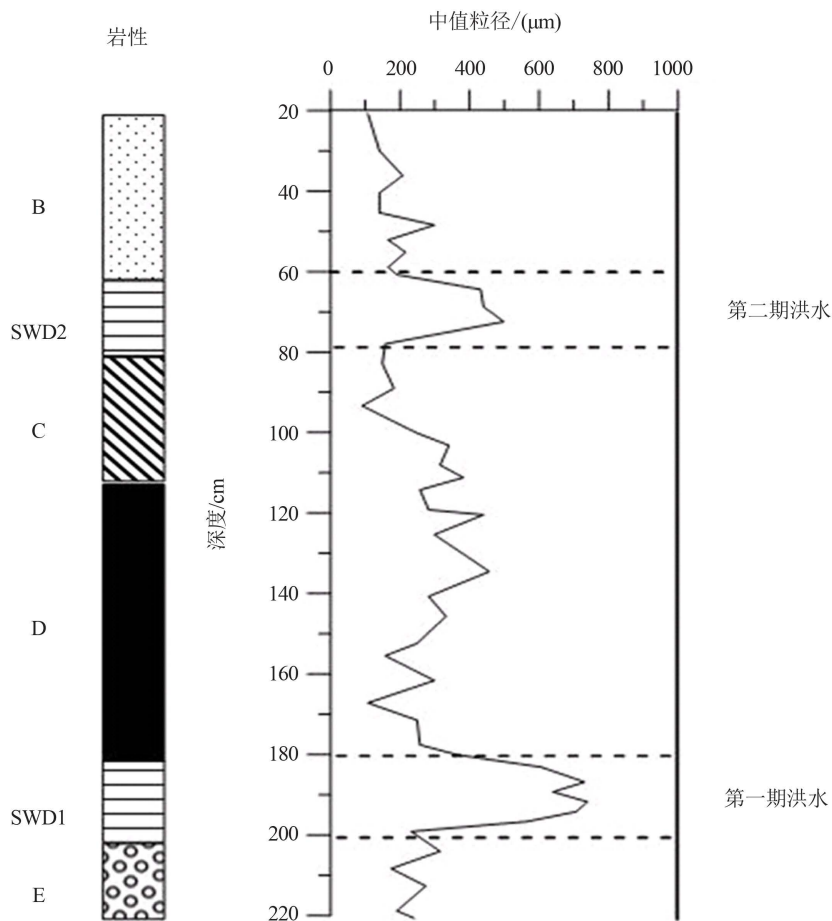
第一期洪水(SWD1)：该期洪水沉积物可以分为上下两个阶段沉积，第一阶段沉积时，由于洪水搬运能力较大，沉积物质以砂级颗粒为主，粘粒和粉砂含量较少，形成的是洪水滞流沉积物；第二阶段沉积时，由于洪水位达到最高，洪水的搬运能力最低，形成的沉积物为平流沉积物。

第二期洪水(SWD2)：该期洪水颗粒也分为滞流沉积层和平流沉积层，相对第一期洪水而言，颗粒相对较细，沉积剖面较较窄。

## 5. 结论

本文通过对颍河上游褚河镇段含有古洪水滞流沉积层进行粒度、磁化率等指标进行综合分析，分析 YH-CH 剖面沉积物理化特征，并探讨了该时段发生的洪水序列。本文研究获得的主要结论有：

- 1) YH-CH 剖面中的古洪水滞流沉积物野外特征表现为黄橙色，粗砂质，具有水平或者波状层理，明



**Figure 4.** The sequence of ancient flood in the YH-CH profile, Chuhe section in the upstream of Ying River  
**图 4.** 颍河上游褚河段 YH-CH 剖面古洪水序列

显区别于其他沉积物；而该剖面的平流沉积物表现为灰色，粘土质，具有水平微层理，区别于其他沉积物。由野外观察和室内分析，初步认为 YH-CH 剖面的地层，包含有两层典型的古洪水滞流沉积层。

2) 通过室内实验分析得出：该剖面粒度组成中以粉砂为主，含量介于 47%~85%，平均含量为 64.3%；粘粒含量较少，含量介于 3.2%~9.5%之间，平均含量为 5.3%；砂级颗粒平均含量为 17%；在累计频率曲线图上，B、C、D、E 等层位偏左，SWD1 和 SWD2 偏右；SWD1 和 SWD2 分选较好。此外，该剖面磁学特征显示，低频磁化率(X<sub>lf</sub>)和 高频磁化率(X<sub>hf</sub>)具有相似的变化趋势，都呈现出 B、C、D、E 磁化率值相对较高，而 SWD1 与 SWD2 磁化率值相对较低，也说明了 SWD1 和 SWD2 为典型的古洪水滞流沉积物。

3) 综合研究表明：该剖面记录了两期洪水，对应两个洪水滞流沉积层和两个洪水沉积平流层。就这两期洪水比较而言，第一期洪水沉积物质比第二期洪水沉积物质较粗，且堆积厚度较大，同时也说明了第一期洪水搬运能力较大。

### 参考文献 (References)

[1] 延军平, 黄春长, 陈瑛 (1999) 跨世纪全球环境问题及行为对策. 科学出版社, 北京, 84-90.  
 [2] 刘春腊, 马丽, 刘卫东 (2014) 洪水灾害社会经济损失评估方法研究述评. 灾害学, 2, 136-141.



- [3] 谢远云, 李长安, 王秋良, 等 (2007) 江汉平原近 3000 年来古洪水事件的沉积记录. *地理科学*, **1**, 81-85.
- [4] 谢悦波, 姜洪涛 (2001) 古洪水研究——挖掘河流大洪水的编年史. *南京大学学报(自然科学)*, **3**, 390-394.
- [5] 史新民 (2007) 全新世古洪水研究进展. *水文*, **3**, 24-28.
- [6] 周寅康, 王腊春, 张婕 (1999) 淮河流域洪涝变化的混沌特征. *自然灾害学报*, **1**, 42-48.
- [7] 周寅康, 张婕, 王腊春, 等 (1997) 淮河流域洪涝变化的信息维研究. *自然灾害学报*, **4**, 90-95.
- [8] 马子丰, 王线朋 (1996) 颍河水系水文特性简析. *水文*, **5**, 52-55.
- [9] 程鹏, 高抒 (2000) 北黄海西部海底沉积物粒度特征和净输送趋势. *海洋与湖沼*, **6**, 604-615.
- [10] 李九发, 李为华, 应铭, 等 (2006) 黄河三角洲飞雁滩沉积物颗粒度分布和粒度参数特征及水动力解释. *海洋通报*, **4**, 38-44.
- [11] 左书华, 韩志远, 赵洪波, 杨华 (2011) 九龙江口 - 厦门湾海域表层沉积物粒度分布特征及其动力响应. *水利水电工程学报*, **4**, 74-79.
- [12] 孔祥准, 刘健, 李巍然, 王淑利, 周良勇, 梁源 (2006) 山东半岛东北部滨浅海区表层沉积物粒度及矿物成分. *海洋地质与第四纪地质*, **3**, 21-32.
- [13] 张俊娜, 夏正楷 (2011) 中原地区 4 ka BP 前后异常洪水事件的沉积证据. *地理学报*, **5**, 685-697.
- [14] Folk, R.L. (1966) A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, **6**, 73-97.
- [15] 朱锐, 张昌民, 龚福华, 易雪斐 (2010) 粒度资料的沉积动力学在沉积环境分析中的应用: 以江汉盆地西北缘上白垩统红花套组沉积为例. *高校地质学报*, **3**, 358-364.
- [16] 李瑜琴, 黄春长, 庞奖励, 查小春 (2009) 泾河中游龙山文化晚期特大洪水水文学研究. *地理学报*, **5**, 541-552.