

戏河流域重力侵蚀规律的研究

李 昭 淑

(西北大学·西安市)

提 要

黄土高原水土流失严重,以小流域土壤侵蚀最为活跃,是产沙最集中的地区。小流域不同地貌位置,侵蚀方式、能力和产沙量,均有明显的区别。掌握这个规律,采取有效的治理方法,就可获得较好的效果。戏河是关中盆地水土流失较严重的小流域,受骊山隆升影响,土壤侵蚀十分强烈,大量泥沙倾入水库,不仅库容逐渐变小,经济效益减少,还给下游人民生命财产造成威胁。要减少水库泥沙,就必须加强流域水土保持工作。

关键词: 侵蚀地貌 侵蚀方式 综合治理

A Preliminary Study on the Rules of Gravitational Erosion in Xihe Watershed

Li Zhaoshu

(Northwestern University, Xian, Shaanxi)

Abstract

The loess Plateau is characterized by serious water and soil erosion. The most active soil erosion is in the small watershed in which sediment production is concentrated. There are the significant differences in erosion patterns, erodibility and sediment production in various landform locations in the small watersheds. The better results can only be obtained by having a good grasp of the rules and adopting effective controlling measures. The xihe watershed is a small watershed with serious water and soil erosion in Guanzhong basin. Affected by the rising of the Lishan Mountain, soil erosion here is so serious that the bulk of sediments are carried into the reservoirs, which not only reduces the storage capacity and economic returns but also threatens the lives and properties of the people in the lower reaches. Therefore, it is necessary to strengthen work on soil and water conservation in the small watersheds in order to reduce sediment deposited in the reservoirs.

key words: eroded landform erosion pattern comprehensive control

戏河位于陕西省临潼县骊山东翼，主河全长32.23km，控制流域面积115.49km²。流域地貌类型复杂，下游横贯渭河冲积平原，中游横穿黄上台塬，上游流经横岭黄土丘陵和骊山。上游是新生界地层出露区，以黄土和泥岩为主，由于岩性疏松，流水下切作用非常强烈，故横岭是黄土高原南缘关中盆地水土流失最强烈的地区。

一、戏河上游的地貌类型

戏河上游的地貌类型有低山和黄土丘陵两大类(图1)。低山地貌出露的地层岩性复杂，有太古界(太华群)变质岩，主要为暗灰色斜长角片麻岩、黑云母片麻岩、灰白色云母石英岩、灰白色绢云母石英岩等，还有中生代燕山期花岗岩，以中粗颗粒花岗岩出露较多。骊山属地垒低山，其北侧断层呈东西向，由于上盘急剧下降，断层崖明显。东部和南部以断层与黄土丘陵相接，呈复式阶梯断裂，因此，沿戏河河谷就有四处基岩露头出现，其中以响水潭出露的岩体规模

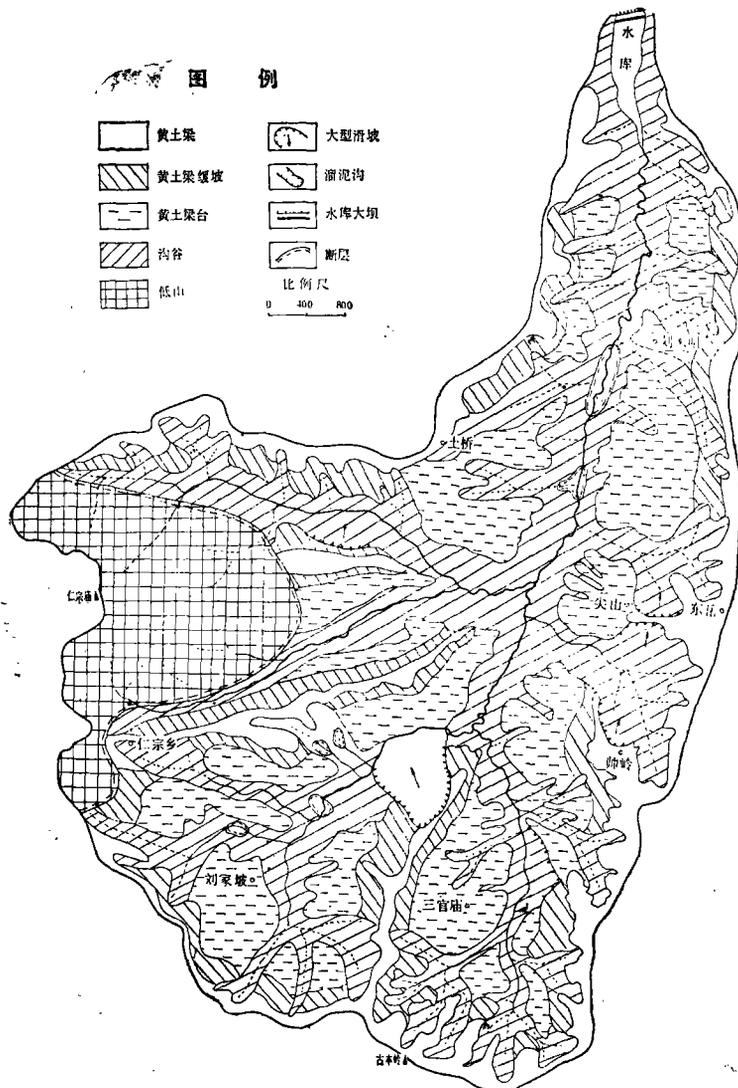


图1 戏河流域地貌图

最大。低山地貌最高峰是仁宗庙, 海拔1301m, 既是骊山最高峰又是流域海拔最高点。骊山因受多次构造运动, 岩石节理发育, 风化强烈, 局部地区岩石风化深达10m以上。山岭覆盖有薄层黄土。

黄土丘陵地貌以梁为主, 其下部出露地层是第三系红河组和白鹿塬组^[1], 上覆第四系黄土。按其形态划分为梁面、梁坡、梁台和沟谷四种(图2)。梁面是黄土堆积的高平面, 一般海拔900~1000m, 平均坡度小于5°, 由于两侧受到强烈侵蚀, 所以梁面较窄而狭长, 在流域内以东岳乡最宽为60m, 黄土丘陵区域梁面残存的面积较小, 梁坡是界于梁面和梁台之间陡峻的斜坡, 一般高出梁台约80m~100m, 坡度大于25°, 黄土堆积的厚度相当于其高度。梁台为第三纪末期的剥蚀面, 地势较平坦, 平均坡度约15°~25°。因受断裂构造和外营力的剥蚀, 是一个平坦波状的起伏面, 在现代流水切割下, 成为不连续的台面^[2]。台面水肥条件较好, 是流域的主要农业生产区。沟谷是指梁台以下河流强烈切割的谷地。两岸谷坡陡峻, 呈“V”字形。河谷出露的岩层主要是第三系泥岩, 河流阶地不发育, 只有在毛河口保存有三级基座阶地。

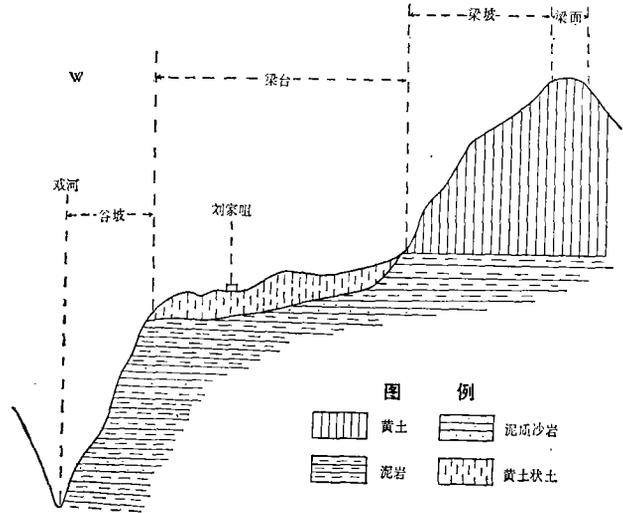


图2 戏河河谷横剖面图

二、戏河上游地貌分析

戏河地貌是内外营力长期相互作用的结果。内营力是地壳强烈隆升, 而外营力有风化、流水和重力作用等。黄土丘陵区受构造、岩性、地形、降雨、地下水、植被和人为诸因素影响, 在其不同部位所侵蚀的速度、强度、类型均有较大的差异。当前戏河流域水土流失严重, 水库泥沙淤积迅速, 严重威胁着水库下游的人民生命财产和交通运输安全, 所以做好流域的水土保持工作, 是当前急需解决的一项重要任务。

(一) 戏河上游地貌特征 本文拟从地貌形态计量分析。形态计量包括切割深度、密度和坡度。切割深度能反映流水作用垂直下切强度; 切割密度反映地表受径流侵蚀破坏程度, 坡度代表流水作用对地形变化的影响。它们之间有着密切的联系, 是反映侵蚀地貌最明显的指标。

戏河上游因受骊山强烈上升影响, 老第三系红河组出露地面, 第四系以来继续上升。因戏河强烈下切, 流水垂直侵蚀强烈, 所以冲沟十分发育。从梁面至沟谷底部相对高差在300m左右。切割密度为5 km/km²。地面坡度<5°的面积占丘陵区面积的2%, 6°~10°占12%, 11°~15°占25%, 16°~25°占23%, >25°的占38%。戏河上游黄土梁面和梁台面积占总面积的43%, 梁坡和沟谷面积占57%, 故知戏河上游各种侵蚀营力均较强烈, 地形十分破碎。

(二) 戏河上游侵蚀方式 戏河外营力侵蚀具有明显的垂直分带性。梁面以溅蚀和片蚀为主, 梁坡以沟蚀、滑坡、滑塌为主; 梁台片蚀和蠕移较显著; 沟谷陡壁泻溜作用严重。从各种侵蚀地貌类型分析, 梁面占总面积的18%, 梁坡占13%, 梁台占25%, 沟谷占44%。显然, 戏河侵蚀方式是以重力侵蚀为主。

戏河流水侵蚀主要是在汛期，流域多年平均降水量575.82mm、汛期（5~10月）降水量448mm，占年降水量的77.9%。据1959至1980年22年气象资料统计，共计发生暴雨1次，一日最大降水量为80.8mm。流域里因地形坡度陡峻，岩性疏松胶结差，每当降水地面产流之后，侵蚀十分严重。

重力侵蚀方式。流域里重力侵蚀方式有滑坡、崩塌和泻溜，其中以滑坡分布范围广规模最大（图3）滑坡产生的主要原因是，滑坡床多位于黄土与泥岩的接触面。黄土多孔隙，垂直节理发育，易于渗漏。下垫地层是第三系泥岩，胶结较好，起了隔水作用。地下水在黄土与第三系地层接触面上当湿润软化达到饱和就能形成滑动面，所以易于产生滑坡。在上游6 km²内，较大的滑坡有70处。其中最大的滑坡为黄坪滑坡0滑坡体就有25万m³；滑坡舌前缘迫使戏河向对岸掏蚀，每当洪水袭击时，滑坡舌前缘地域受流水侵蚀，土体受牵引力不断

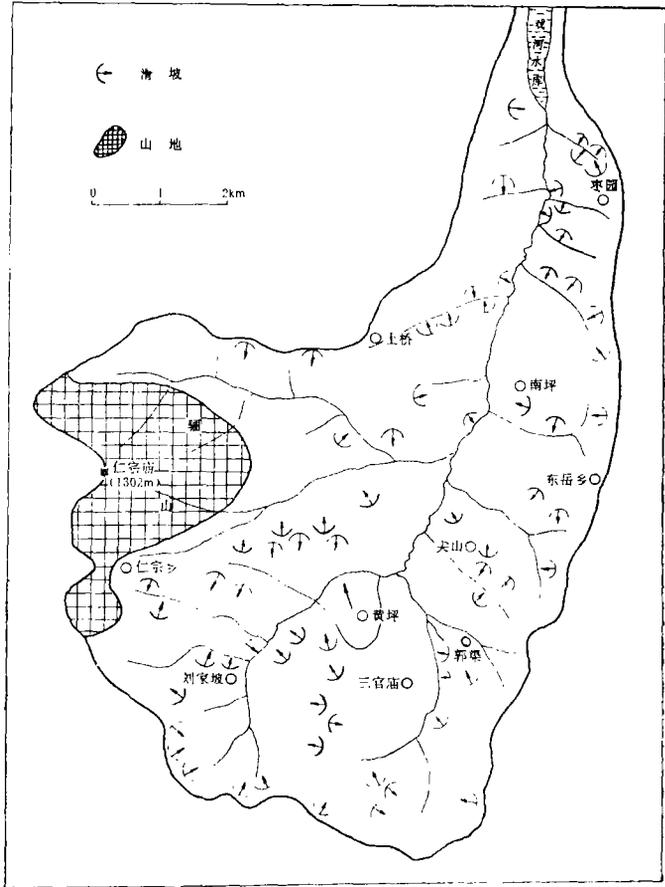


图3 戏河上游滑坡分布图

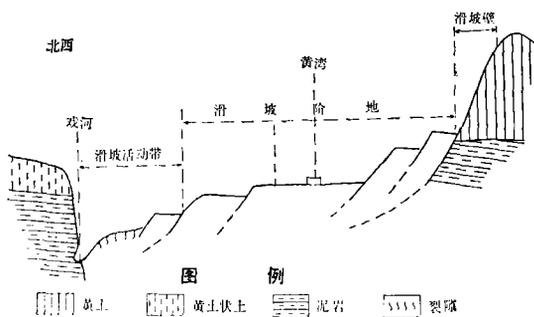


图4 黄坪滑坡剖面图

推向河床，形成滑体前缘活动带（图4），在滑坡体上横向裂系发育随滑体沉陷，许多民房不断被破坏泻溜。主要产生在第三纪泥岩陡坡和离石黄土陡崖上，岩石组成的颗粒是以粉沙为主。坡面岩石温差和干湿交替变化，发生强烈胀缩变化，形成稜状土块。每当冬末初春，受冻融的作用，随温度升高失去水分，粘着力减弱，在重力作用下顺坡面坠落坡脚或沟谷。洪水来临时，泻溜产生的物质就成为泥沙的来源。

（三）戏河上游岩石的物理及力学性质 戏河上游出露的岩石有第四纪黄土和第三纪泥岩，从表1可知其物理及力学性质特征。晚更新世黄土干容重1.25g/cm³，孔隙比1.166；湿陷系数0.135；压缩系数0.039cm²/kg。中更新世黄土干容重1.61g/cm³，孔隙比0.692；无湿陷，压缩系数为0.007cm²/kg。第三纪泥岩干容重为1.73g/cm³；孔隙比为0.577；压缩系数0.016cm/kg。由黄土和泥岩物理力学性质对比，黄土含水量和容重随深度增加而增大；泥岩因孔隙度小，含水量小。晚更新世黄土湿陷系数大，而中更新世黄土和第三纪泥岩，相对湿陷系数的数值和变

化都较小，容重与其相应的地层，随深度增加而加大。塑限和液限随深度变化不大。故知黄土力学性质较差，易遭受外营力侵蚀。第三纪红土泥岩有较高强度和较好的力学性质，抗蚀性较强。

表1 戏河泥岩与黄土的物理及力学性质分析表

土类	天然含水量 (w%)		容重		比重 (G)	天然孔隙比 (e)	孔隙度 (n%)	饱和度 (sr%)	液限 (wL)	塑限 (wp)	塑性指数 (Ip)	液性指数 (IL)	湿陷系数 (ds)	压缩系数 (cm ² /kg)	压缩模量 (Es)
	天然状态	干燥状态 (rd)	天然状态	干燥状态 (rd)											
泥岩(E)	14.2	1.95	1.73	2.72	0.577	36.6	67.0	31.1	18.1	13.0	<0	0.009	0.016	397	
黄土(Q ₂)	18.8	1.81	1.61	2.72	0.692	40.9	73.9	32.5	19.0	13.5	<0	0	0.007	240	
古土壤 (Q ₂)	9.6	1.96	1.79	2.74	0.532	34.7	49.4	38.0	18.8	19.2	<0	胀	0.004	380	
黄土(Q ₃)	13.5	1.43	1.25	2.70	1.166	53.6	31.5	28.5	17.9	10.5	<0	0.135	0.039		

三、戏河的水库泥沙淤积

戏河上游的侵蚀物质，通过流水搬运，堆积到1958年的一座水库里，该水库1963年已被淤满冲毁。1970年又建一座新水库，总库容674万m³，截至1986年底，库内淤积512.3万m³、实际有效库容仅66.7万m³，16年内每年平均淤积32.02万m³ [2]。

(一) 戏河水库泥沙与流域岩石粒径对比 水库泥沙主要来自上游黄土覆盖区，以悬移质泥沙为主，只有少量来自骊山的粗颗粒推移质。根据流域主要出露岩石黄土和泥岩与水库泥沙粒径分析对比(表2)，黄土和泥岩均以粉沙为主，其次是<0.005mm的粘土，水库泥沙粒径与其相同，但是水库泥沙因受骊山粗颗粒泥沙影响，有粗化现象。

表2 戏河上游黄土泥岩粒径与出库泥沙 径对比表

土类	mm					
	0.5~0.25	0.25~01	0.1~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	<0.005
岩石(老第三系)		16	15	32	10	27
黄土(中更新世)		5	6	37	19	33
古土壤(中更新世)		5	2	33	20	40
出库泥沙	4	2	10.9	27.9	27.5	27.3

(二) 水库泥沙与流域岩石的化学成分 水库泥沙是经过流水侵蚀和搬运作用，而堆积在水库中，因此，水库沉积物化学成分能够反映流域的岩性及侵蚀方式。

流域里的黄土化学成分(表3)，主要是SiO₂(占50%以上)，Al₂O₃(占12%)，CaO(占9.9%)其次是Fe₂O₃、MgO、K₂O、Na₂O、FeO、MnO。流域里第三纪泥岩化学成分和黄土接近，但泥岩的SiO₂、Al₂O₃含量高于黄土，CaO低于黄土，FeO、Fe₂O₃、MgO都较黄土高。水库沉积物的化学成分变化，SiO₂、Al₂O₃均较稳定，变化较小。FeO溶解高，经过流水搬运，在水库残留部分减少。Fe₂O₃黄土、泥岩含量均高，在水库里释放后仍有较多残留。CaO遇水溶解，形成Ca(HCO₃)₂流失，水库沉积物含量较少。从流域岩石和水库沉积物化学分析对比看，水库沉积物多来自泥岩，泥岩产沙方式以泻溜为主。

表3 戏河流域出露新生代岩石化学成份分析表

岩 样	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	N ₂ O	Na ₂ O	总量(%)
古 土 壤	62.2	12.74	0.49	6.06	2.89	0.92	0.16	1.64	0.60	37.7
黄 土	54	12.88	0.80	4.78	2.38	9.99	0.12	1.54	0.49	37.1
泥 岩	63.6	16.25	1.02	6.05	3.39	6.04	0.08	1.71	0.30	98.4
风变泥岩	54.6	13.57	0.66	5.40	3.25	6.86	0.11	1.83	0.19	86.5
水库沉积	48.4	13.58	0.43	5.83	1.62	0.78	0.26	1.51	0.61	73.0

(三) 戏河水库沉积物构造 戏河水库建成之后, 临时侵蚀基准面抬高, 发生大量沉积。沉积物的空间分布和相互位置关系, 是随降雨和径流而变化。汛期降水量多, 流域侵蚀强烈, 水库泥沙淤积相应增加。如1981年5月9日下午一次降水量69.1mm, 最大洪峰120m³/s, 最大含沙量120kg/m³, 进库泥沙2.2万。旧戏河水库(1958年~1963年)坝前淤泥厚度体18m, 平均每年淤积3.6m^[3]。

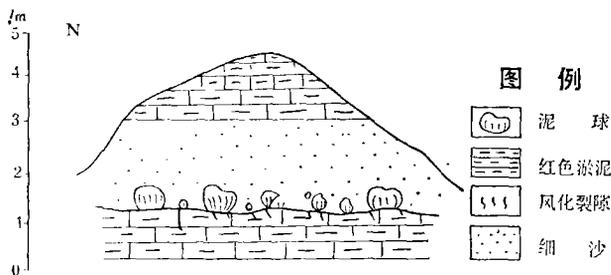


图5 旧戏河水库沉积物结构图

戏河水库沉积物具有水平层理, 是沉积物沿垂直方向变化形成的层状构造, 其颜色、结构、成分均有明显变化。水库沉积物以悬浮状沉积下来, 因之沉积物有周期性变化。每层厚约20cm~30m, 颜色呈红色或褐红色, 质地接近泥岩。

汛期暴雨洪水含有大量泥沙浑水进入水库, 往往能形成异重流。具有较强的侵蚀能力, 对水库床面进行侵蚀(图5), 同时, 淤积的层次也较厚, 旧戏河水库剖面, 在距大坝5m处有一凹凸不平的侵蚀面, 其上沉积物是淡红色黄色细砂和粉砂沉积物, 其下是红色粉砂与亚粘土堆积物, 侵蚀面有下覆物质的团块, 故认为是异重流作用而成。

四、戏河上游的治理

戏河流域自然地理条件复杂, 侵蚀方式多样, 构成了流域水土流失的特殊性, 治理措施应以生物与工程措施相结合, 进行综合治理。

(一) 梁面与梁台的治理 梁面与梁台的坡度平缓, 多小于15°, 是流域的粮食主要生产基地, 但地面微起伏较大, 片状侵蚀强烈, 土层变薄, 土壤肥力降低, 农作物产量低而不稳。应修建水平梯田、拦截径流, 蓄水保墒, 提高农作物的单位面积产量。梁台修水平梯田, 必须注意地下水影响, 以防坡面蠕动破坏梯田。梁面与梁台边缘、沟头溯源侵蚀强烈, 要采取保梁保台措施。

(二) 坡面治理 戏河上游地形破碎, 相对高差大, 地下水埋藏深, 人畜饮水困难, 干旱严重。斜坡就其组成岩性, 可分为黄土、泥岩和基岩。黄土斜坡由于疏松多孔, 垂直节理发育, 透水性强, 水稳性差, 遇水易崩解, 因此, 坡地沟蚀, 潜蚀和重力侵蚀均较活跃。第三纪泥岩粘土, 岩石较密实, 孔洞很少或没有、透水性差, 水稳性好, 斜坡稳定性好。泥岩物理风化和泻溜作用极

强。基岩斜坡是变质岩和花岗岩组成，岩石胶结好，密实硬度大，节理发育、易风化崩塌、斜坡稳定性最好。就斜坡岩层接触关系、黄土覆盖在第三纪和基岩之上。降雨时水沿着黄土孔隙，节理或裂隙下渗，遇到不透水层，地下水汇集，减小摩擦，易于发生土体滑动。

黄土斜坡天然含水量13.5%~18.8%，植物生长应该是良好，由于乱垦乱伐，植被破坏严重，促进了水土流失。首先应发展草皮护坡、有计划的发展水土保持林和经济林。在不稳定斜坡地段，搞好排水工程，稳定斜坡。第三纪泥岩斜坡由于泻溜作用，植物生长困难，有待进一步研究适应风化面的植物。

(三) 滑坡治理 戏河上游滑坡分布非常广泛，危害十分严重。滑坡治理的方针是以防为主，防治结合、因地制宜地采取防治措施。对目前处于蠕变变形阶段的滑坡，应加强监测，避免造成重大损失。

滑坡的利用。黄土高原有许多大型滑坡体阻塞沟谷，形成天然聚淤。滑坡堰塞湖或坝地或塌地，能蓄水、拦泥、发展灌溉、养鱼和造田。戏河上游的大滑坡如黄湾、郭渠等滑坡，前舌受流水冲刷，成为河流泥沙策源地，若能利用滑坡体建成拦泥库，不仅可拦泥蓄水，还能抬高河床、稳定边坡。

(四) 沟谷治理 戏河上游泥沙以悬移质为主，每当暴雨时，坡面冲刷剧烈，块体运动活跃，流水搬运泥沙较多，为了减缓水库泥沙淤积速度，就必须在上游兴建拦泥库和陂塘拦蓄泥沙。上游沿主河道有许多基岩出露处，受坚硬岩性影响形成狭窄的谷地、是兴建拦泥库较好的坝址。

五、结 语

戏河黄土侵蚀地貌，是内外营力长期相互作用的结果，外营力有风化、流水和重力作用，它们之间有密切关系，即泥沙有形成、搬运和堆积过程，侵蚀和堆积是流水作用不可分割的两方面，搬运是其间联系的“纽带”。戏河水库泥沙淤积量，决定于流域侵蚀强度。流域侵蚀愈强烈，水库淤积量愈大。戏河受重力作用，斜坡移动的土方量约有600万 m^3 ，较戏河设计库容500万 m^3 还要多，按照每年搬运34万 m^3 计算，这些物质只需17年就可将水库淤满。显然，流域泥沙来源非常丰富，如对戏河上游不积极采取措施、水库很快就会报废。

参 考 文 献

- [1] 张玉萍。“陕西蓝田地区新尘界”。中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，甲种专刊第14号 1978年
- [2] 李昭淑。“沈河水库产沙的研究”。《西北大学学报》，1982年