

# 浅谈生态拦截沟在仙鹅水库水源地保护中的应用

夏明华

新疆兵团勘测设计院(集团)有限责任公司云南分院

**摘要:** 论文对生态拦截沟措施的选址及布置、断面设计和植物措施等方面进行论述,将拦截沟外侧的富含化肥农药等污染物的农田径流予以拦截并引导至天然沟道或者生态库塘,起到保护下游水源地不受污染。通过本生态拦截的工程技术可推广至湖泊类水源地保护及治理中。

**关键词:** 生态拦截沟; 拦截; 农田排水; 水库水源地保护; 应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.06.088

## 一、引言

随着农业生产强度的不断提高,高农药、高化肥的使用已成为农业生产中不争的事实,与此同时,遗留在农田土壤中的农药和化肥逐年增多,一旦降雨形成径流,土壤中的农药和化肥将随着地面径流进入自然水体中。对于农业生产区域下游的水库、湖泊类等生活水源地来说,从农田土壤中携带至水源地水体中的TN、TP、NH<sub>3</sub>-N含量不断提高,由此会对水源地水质造成严重影响,因此,解决农田土壤中遗留的农药和化肥进入水源地的方案除在农业生产过程中进行降低之外,还在水源保护区外设置拦截措施以进行拦截并导流至保护区外就显得尤为重要。作为水源保护区最后一道屏障的生态拦截沟应运而生,其作用是将坡面上部的富含化肥农药等污染物的农田径流予以拦截并引导至天然沟道或者生态库塘,起到保护下部水源地不受污染。同时在生态沟中布置一定的植物措施,不仅可对拦截沟中的农田径流进行适当的沉淀及净化,还可美化环境。

## 二、生态拦截沟保护原理

生态拦截沟的保护原理是采用工程及植物等非工程措施对富含农药、化肥等污染物质的农田径流进行拦截及利用拦截沟中人工纵坡进行导输,沟道中植物等非工程措施进行吸附和吸收,通过对植物进行定期收割来进行转移,以达到控制农药及化肥不进入水源地,确保水源地得到保护的目。

## 三、工程选址

生态拦截沟主要拦截水源地外侧农田径流,一般选址应在水库、湖泊类水源地一级保护区边缘处,可在山丘地区25°以下的坡地上布置。进行实地勘查选址时,首先查明拦截水排水工程的位置、容积、地形、植被特点,收集当地的降雨等气象资料,大致确定生态拦截沟的路线和断面,以使排水沟上游集水区产生的径流能顺利输导至水源地径流以外,确保富含化肥等污染物的农田径流不进入水库污染源。

## 四、工程布置

根据地形特点,生态拦截沟布置应根据处理设施(库塘)的位置以及保护区区外地形共同确定。一般情况,生态拦截沟近似平行于等高线进行布置,沿线遇交通、冲洪沟处应设置必要的交叉设施。

仙鹅水库水源地保护工程共布置生态拦截沟共5条,总长为5.851km,分别汇入规划的湿地和径流区外。

其工程布置示意详见图1。

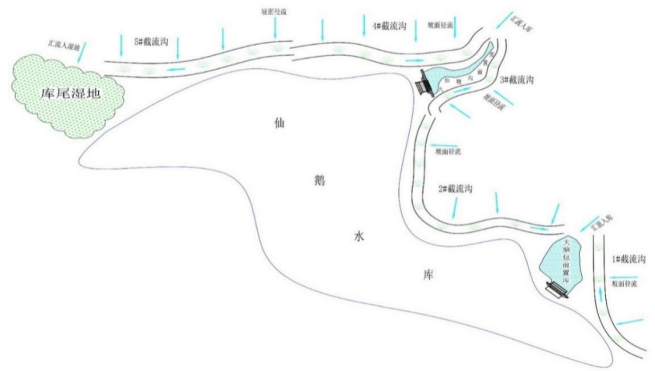


图1 生态拦截沟工程布置示意图

## 五、截流规模的确定

根据拦截功能要求及工程布置,生态拦截沟设计流量一般按初期雨水和暴雨洪水两种工况进行计算,经综合比较后确定。

### (一) 初期雨水流量计算

一般地区,设计暴雨重现期取1~3<sup>[1]</sup>,结合本工程区实际情况,取1年一遇暴雨强度。水库径流区1年一遇1h最大暴雨量为13.5 mm<sup>[4]</sup>,径流系数按非铺砌土路面取为0.25<sup>[1]</sup>。

初期雨水流量采用推理公式法进行计算,其计算公式(1):

$$Q = q \times \psi \times F \quad (1)$$

式中:Q——初期雨水设计流量, m<sup>3</sup>/s; q——设计暴雨强度,本工程取1年一遇1h最大暴雨量, mm/h; ψ——径流系数; F——集水面积, m<sup>2</sup>。

根据各段拦截面积的情况,其流量计算见表1。

表1 初期雨水流量计算表

| 编号 | 设计暴雨强度q/(mm/h) | 径流系数ψ | 集水面积F/(m <sup>2</sup> ) | 设计流量Q/(m <sup>3</sup> /s) |
|----|----------------|-------|-------------------------|---------------------------|
| 1# | 13.5           | 0.25  | 103680                  | 0.10                      |
| 2# |                |       | 196512                  | 0.18                      |
| 3# |                |       | 71306                   | 0.07                      |
| 4# |                |       | 352610                  | 0.33                      |
| 5# |                |       | 402084                  | 0.38                      |

### (二) 暴雨洪水流量计算

生态拦截沟主要建筑物级别为5级<sup>[2]</sup>。为确保工程安全并留有一定的富裕,拦截沟的设计洪水标准选择为10年一遇1h最大暴雨设计。水库径流区10年一遇1h最大暴雨量为36.3mm<sup>[4]</sup>,径流系数按非铺砌土路面取为0.25<sup>[1]</sup>。

暴雨洪水雨水流量采用推理公式法进行计算,其计算公式(1)。

根据各段拦截面积的情况,其流量计算见表2。

表2 暴雨洪水流量计算表

| 编号 | 设计暴雨强度q/(mm/h) | 径流系数Ψ | 集水面积F/(m <sup>2</sup> ) | 设计流量Q/(m <sup>3</sup> /s) |
|----|----------------|-------|-------------------------|---------------------------|
| 1# | 36.3           | 0.25  | 103680                  | 0.26                      |
| 2# |                |       | 196512                  | 0.50                      |
| 3# |                |       | 71306                   | 0.18                      |
| 4# |                |       | 352610                  | 0.89                      |
| 5# |                |       | 402084                  | 1.01                      |

(三) 设计流量确定

为了尽可能减少富含化肥及农药的农田径流进入水库水源地, 污染水体, 生态拦截沟流量确定时, 设计选用偏安全的暴雨洪水流量计算出的流量作为设计流量, 以确保生态拦截沟安全稳定地发挥生态拦截及疏导效果。

六、生态拦截沟设计

(一) 纵坡及糙率的确定

结合生态拦截沟沿线地形及地质条件, 拦截沟断面型式为一般选择梯形断面。沟底及边坡采用生态护坡, 经比选, 仙鹤水库生态拦截沟应进行必要的衬砌, 其纵坡不宜过大、容易造成冲刷破坏, 同时也不宜过小, 容易造成淤积, 后期清淤等运行管理费较高, 纵坡*i*一般取1/2000~1/5000, 经综合分析, 纵坡*i*取1/5000。

糙率*n*根据国家标准<sup>[3]</sup>推荐确定, 为0.022。

(二) 拦截沟水力计算

拦截沟水力计算国家标准<sup>[3]</sup>推荐公式, 即计算公式(2):

$$Q = A \times C \times \sqrt{Ri} \quad (2)$$

式中: *Q*—设计流量, m<sup>3</sup>/s; *A*—过水断面面积,

m<sup>2</sup>; *C*—谢才系数, m<sup>1/2</sup>/s, 采用公式  $C = \frac{1}{n} \times R^{1/6}$ , *n*

为糙率; *R*—水力半径, m; *i*—坡度。

拦截沟水力计算详见表3:

(三) 拦截沟横断面尺寸的确定

拦截沟沟深采用水深堤顶超高之和, 即计算公式(3):

$$H = h + F_b \quad (3)$$

式中: *H*—沟深; *h*—渠道水深, m; *F<sub>b</sub>*—堤顶超高, m。

拦截沟堤顶超高*F<sub>b</sub>*根据国家标准<sup>[3]</sup>推荐公式, 计算公式(4):

$$F_b = \frac{1}{4} \times h + 0.2 \quad (4)$$

式中: *F<sub>b</sub>*—渠堤超高, m; *h*—渠道加大水深, m。

拦截沟断面尺寸及沟深计算, 详见表4:

表4 拦截沟断面尺寸及沟深计算表

| 名称 | 底宽 <i>b</i> | 边坡 <i>m</i> | 水深 <i>h</i> /(m) | 堤顶超高 <i>F<sub>b</sub></i> /(m) | 沟深 <i>H</i> /(m) |
|----|-------------|-------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| 1# | 0.80        | 0.75        | 0.42             | 0.30                           | 0.80             |
| 2# | 0.80        | 0.75        | 0.60             | 0.35                           | 1.00             |
| 3# | 0.60        | 0.75        | 0.35             | 0.29                           | 0.80             |
| 4# | 0.80        | 0.75        | 0.82             | 0.40                           | 1.20             |
| 5# | 1.00        | 0.75        | 0.66             | 0.37                           | 1.00             |

(四) 拦截沟横断面设计

拦截沟断面采用梯形断面, 为确保抗冲要求, 底板均采用生态混凝土护砌, 边坡选择3种护砌方案进行比选, 方案一: 生态混凝土护坡; 方案二: 生态植生袋护坡; 方案三: 混凝土连锁块护坡。

1. 方案一: 生态混凝土护坡

底板及护坡均采用生态混凝土, 生态混凝土依据标准<sup>[5]</sup>, 强度不低于C20, 孔隙率不小于23%。渠底厚度12cm, 表面喷覆3cm厚含草籽种植土。边坡坡比1:0.75, 边坡厚度10~12cm, 因边坡内侧喷覆含草籽种植土时易造成土壤流失, 故边坡厚度宜比底板稍厚, 厚度取5cm。

典型横断面图见图2。

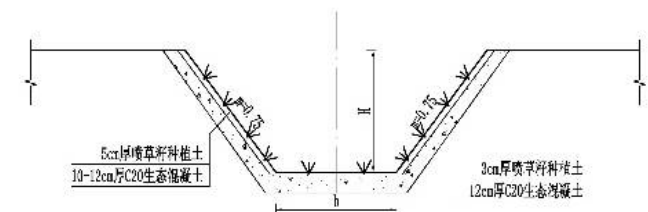


图2 生态混凝土护坡典型断面图

2. 方案二: 生态植生袋护坡

底板采用生态混凝土护底, 边坡采用生态植生袋护砌。底板生态混凝土厚度12cm, 依据标准<sup>[5]</sup>, 强度不低于C20, 孔隙率不小于23%, 表面喷覆3cm厚含草籽种植土。为方便生态袋堆码, 边坡坡比取1:1.5, 生态植生袋内装填含草籽种植土。

典型横断面图见图3。

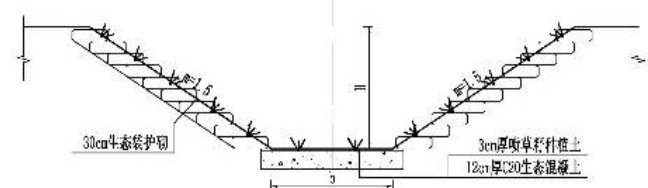


图3 生态植生袋护坡典型断面图

表3 拦截沟水力计算表

| 名称 | 流量 <i>Q</i> /(m <sup>3</sup> /s) | 底宽 <i>b</i> | 糙率 <i>n</i> | 底坡 <i>i</i> | 边坡 <i>m</i> | 流速 <i>V</i> /(m/s) | 水力半径 <i>R</i> /(m) | 谢才系数 <i>C</i> | 过水面积 <i>A</i> /(m <sup>2</sup> ) | 水深 <i>h</i> /(m) |
|----|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------|----------------------------------|------------------|
| 1# | 0.26                             | 0.80        | 0.022       | 0.002       | 0.75        | 0.55               | 0.14               | 32.83         | 0.46                             | 0.42             |
| 2# | 0.50                             | 0.80        | 0.022       | 0.002       | 0.75        | 0.67               | 0.19               | 34.39         | 0.75                             | 0.60             |
| 3# | 0.18                             | 0.60        | 0.022       | 0.002       | 0.75        | 0.59               | 0.12               | 31.75         | 0.30                             | 0.35             |
| 4# | 0.89                             | 0.80        | 0.022       | 0.002       | 0.75        | 0.78               | 0.24               | 35.75         | 1.15                             | 0.82             |
| 5# | 1.01                             | 1.00        | 0.022       | 0.002       | 0.75        | 1.02               | 0.21               | 35.12         | 0.99                             | 0.66             |

3. 方案三：混凝土连锁块护坡

底板采用生态混凝土护底，边坡采用混凝土连锁块护砌。底板生态混凝土厚度12cm，依据标准<sup>[6]</sup>，强度不低于C20，孔隙率不小于23%，表面喷覆3cm厚含草籽种植土。边坡采用10cm厚混凝土预制连锁块护坡，坡比取1:1.5，块间回填含草籽种植土，同时在护坡下设10cm厚混合砂垫层。

典型横断面图见图4。

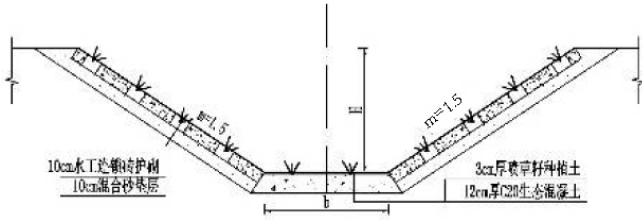


图4 混凝土连锁块护坡典型断面图

4. 断面衬砌方案选定

综合分析上述方案：混凝土连锁块体护坡虽施工简单快捷，但植物面积小、污染物吸附能力弱、价格较高的缺点；生态植生袋护坡虽具有透水性强，利于植物生长及植物面积大、污染吸附能力强的优点，但存在易老化，抗冲刷能力较差的缺点；生态混凝土护坡既具有稳定性好，抗冲刷性能强，植物面积大、污染物吸附能力强的优点；故，推荐投资适中、耐久性好，植物面积大、污染物吸附能力强的生态混凝土护坡方案。详见表5：

表5 拦截沟断面比选表

| 序号 | 方案项目                   | 生态混凝土护坡  | 生态植生袋护坡  | 混凝土连锁块护坡  |
|----|------------------------|--|--|---|
| 1  | 方案施工                   | 坡面修整-浇筑生态混凝土-喷土层-铺设毡布-浇水养护-草籽发芽-撤毡布-植被养护。            | 坡面修整-袋装土-堆码生态袋-浇水养护-草籽发芽-植被养护。                   | 坡面修整-铺砂垫层-铺设连锁式砌块-块间回填耕植土-浇水养护。                           |
| 2  | 投资/(元/m <sup>2</sup> ) | 144  | 135  | 148   |
| 3  | 优点                     | 抗冲能力强；孔隙率高，可为动物及微生物提供繁殖场所，植物面积大、污染物吸附能力强；喷土施工简单，效率高。 | 投资低；土袋利于生态系统的快速恢复，可为动物及微生物提供繁殖场所，植物面积大、污染物吸附能力强。 | 抗冲能力强；施工简单。   |
| 4  | 缺点                     | 需做降碱处理，降碱问题若处理不好，会影响植物的生长。                           | 稳定边坡较缓，开挖量较大；人工堆码，施工效率低；易老化，耐久性较差，抗冲能力稍差。        | 稳定边坡较缓，开挖量较大；块间回填料需人工，施工效率低；造价高；植物只能在块间种植，植物面积小、污染物吸附能力弱。 |

(五) 生态拦截沟植物配置

1. 植物种类配置

生态拦截沟选用草种应为根系发达，耐水湿，耐贫瘠且适宜项目所在区气候环境的地被植物，同时应具有较强的污染物吸附能力，并兼顾景观效果。结合当地气候条件，边坡上部选用三叶草、狗牙根和细叶麦冬；边坡下部及沟底土壤更为潮湿，选用耐水湿的沿阶草和苔草。

①三叶草多年生草本，高8~10cm。喜湿润温暖气候，较耐旱、耐寒。适宜于排水良好、富含钙质的黏性土壤生长。生长周期一般为2~6年。

②狗牙根根茎蔓延力很强，广铺地面，为良好的固堤保土植物。适于生长在排水较好、肥沃、较细的土壤上。较耐淹及耐盐，水淹下生长变慢。

③细叶麦冬喜半阴，湿润而通风良好的环境且耐寒性强。

④沿阶草生于山坡、山谷潮湿处、沟边、灌木丛下或林下，耐水湿，耐寒。

⑤苔草具有极强的营养繁殖能力，特殊生理整合作用以及顽强的生命力，适宜生长在极其脆弱的生态环境，可维持脆弱的生态环境。

2. 植物种植及管理

植物种植时，将含水率15%~20%的营养土混和搅拌成泥浆状，可采用人工或者喷混凝土喷机，按设计厚度喷涂在生态混凝土表面，为确保洒水养护时种植土的稳定及保墒，需在面层覆盖毡布一层，覆盖完后及时洒水养护，种子发芽后固坡后撤出毡布，同时根据生长情况还需进行补植。

为保持植物具有持续的生长能力，以确保自身的污染物吸附能力并防止植物残体淤堵沟道，需定期进行收割。

七、结语

生态拦截沟在仙鹅水库水源地保护项目中的应用，拦截了保护区外富含农药、化肥等污染物的农田径流，并导引至径流区外或者处理系统，明显降低了农田径流进入水源地总量，水源地得到较好的保护，具有一定的社会效益和生态效益。该生态拦截沟技术在水源地保护、水污染治理工程系统中，针对农田排水的拦截及处置具有一定的推广价值。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计标准. GB50014-2021 [S].  
 [2] 中华人民共和国水利部. 水利水电工程等级划分及洪水标准. SL 252-2017 [S].  
 [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 灌溉与排水工程设计标准GB50288-2018. [S].  
 [4] 云南省大理白族自治州水利水电勘测设计研究院. 《云南省大理白族自治州宾川县仙鹅水库工程初步设计报告》[R]. 云南：大理白族自治州水利水电勘测设计研究院，2013.  
 [5] 中国工程建设协会标准. 生态混凝土应用技术规程CECS361: 2013. [S].

作者简介：夏明华，1977年10月，男，四川营山，学士学位，水利水电高级工程师，研究方向：水利水电工程。