

## 平原水库沉沙条渠有关问题探析\*

苗润泽<sup>1</sup>,于晓龙<sup>2</sup>

(1. 山东农业大学, 山东 泰安 271000; 2. 山东黄河勘测设计研究院, 山东 济南 250013)

**摘要:** 论述了沉沙条渠入池含沙量选取、运行水位控制、泥沙沉降计算等几个关键环节, 并指出了设计计算原则及主要指标的计算方法, 供工程设计人员在沉沙条渠设计中参考。

**关键词:** 沉沙条渠; 运行设计; 平原水库

**中图分类号:** TU441<sup>+</sup>.4

**文献标识码:** B

条渠沉沙池是一种利用天然洼地、滩涂、筑成的长度较长的宽浅土渠。在沉沙条渠运行过程中, 选定条渠内的运行水位及如何控制池内泥沙的淤积, 对沉沙条渠能否达到设计规定的使用年限或延长使用年限是很重要的。该文主要从沉沙条渠入池设计含沙量、运行水位控制、泥沙沉降设计标准、出池含沙量控制和运用时间等方面进行论述。

## 1 沉沙条渠分类

沉沙条渠由进口段、工作段、出口段组成。根据地形条件可布置为湖泊形、梭形和条带形。按照运行条件, 沉沙条渠可分为自流沉沙、以挖待沉、扬水沉沙和自流与扬水相结合等型式。自流沉沙一般利用天然洼地或围堤形成自流沉沙。以挖待沉是指当条渠容积受到地形条件限制时, 通过开挖形成条渠。扬水沉沙是指当淤沙部分高于引水位时采用水泵扬水的一种沉沙方式。沉沙初期为自流沉沙运行, 当自流沉沙容积淤满后, 加高围堤增设泵站, 改为扬水沉沙运行, 即为自流与扬水相结合的沉沙方式。

## 2 入池含沙量的选取

入池含沙量及颗粒级配是沉沙条渠设计的重要参数指标。许多已建沉沙条渠采用年平均或汛期平均河流含沙量作为入池设计含沙量, 这种含沙量的选取方法与沉沙条渠实际运行有着较大的差别, 因为沉沙条渠的运行方式是不同的, 引水期内不同引

水时段的引水流量与含沙量是变化的。若采用引水期平均入池含沙量作为入池设计含沙量, 去掉非引水时段的数值, 则较为合理些。当汛期引水含沙量是控制条件时, 可取汛期引水时段的平均含沙量作为入池设计含沙量。所以入池含沙量的选取与引水时段紧密关联, 即入池含沙量应选取引水时段的平均含沙量。入池含沙量可按下式计算:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^T Q_i S_i}{\sum_{i=1}^T Q_i} \quad Q_i \begin{cases} Q_n & (Q_n \leq Q_d) \\ Q_d & (Q_n \geq Q_d) \end{cases}$$

式中:  $S$  为时段平均入池含沙量;  $S_i$  为天然河道日平均含沙量;  $Q_n$  为天然河道日平均流量;  $Q_d$  为设计引用流量;  $Q_i$  为实际引用日平均流量;  $T$  为时段天数。

## 3 运行水位的控制

沉沙条渠出口断面控制水位  $\nabla_{\text{出}}$  与进口断面控制水位  $\nabla_{\text{进}}$  是沉沙条渠运行期间的控制水位, 也是沉沙条渠设计的基本控制条件。条渠出口断面控制水位  $\nabla_{\text{出}}$  根据出水口下游输水渠道水位  $\nabla_{\text{下}}$  确定, 在按设计流量输水时, 出水口下游的输水渠道水位  $\nabla_{\text{下}}$  为定值, 其值加条渠出水口的水头损失  $\Delta Z_{\text{出}}$  即为条渠出口断面控制水位  $\nabla_{\text{出}}$ 。在沉沙条渠按设计流量输水的整个运行期间,  $\nabla_{\text{出}}$  值基本不变, 虽然条渠内的淤积会改变出水口的水头损失  $\Delta Z_{\text{出}}$ , 但因

\* 收稿日期: 2010-12-13; 修订日期: 2011-03-07; 编辑: 孟舞平

作者简介: 苗润泽 (1988—), 男, 山东济南人, 山东农业大学在校学生, 泥沙水力学专业; E-mail: sungh19640508@163.com。

条渠末端及出水口前一般淤积厚度较小,对出水口的水头损失影响不大,为简化计算,可认为在沉沙条渠按设计流量输水的整个运行期间, $\nabla_{\text{出}}$ 也为定值。条渠进口断面控制水位 $\nabla_{\text{进}}$ 根据进水口上游输水渠道水位 $\nabla_{\text{上}}$ 确定,在按设计流量输水时,进水口上游的输水渠道水位 $\nabla_{\text{上}}$ 也为定值,其值减条渠进水口的水头损失 $\Delta_z$ 进即为条渠进口断面控制水位 $\nabla_{\text{进}}$ 。

在沉沙条渠按设计流量输水的整个运行期间,条渠进口断面的实际水位是不断变化的。由于在运行初期的条渠流速及沿程水头损失很小,水面比降很缓,相应条渠进口断面的实际水位远远低于进口断面控制水位 $\nabla_{\text{进}}$ 。随着运行期的延长,落淤量及淤积厚度的增加,条渠流速及沿程水头损失逐渐加大,条渠进口断面的实际水位将相应逐渐增高。

## 4 泥沙沉降设计标准及出池含沙量控制

泥沙沉降速度是泥沙的重要水力特性之一。在对各级泥沙进行沉速计算时,应根据泥沙粒径级配曲线,对粒径级进行合理划分。对于粒径小于0.062 mm部分,采用沉降分析法;对于粒径大于0.062 mm部分,采用筛分析法所得悬移质颗粒级配。参考引黄灌区沉沙条渠设计及运用实践,沉沙条渠所沉降的泥沙多在0.05 mm以上。通过河南人民胜利渠和山西夹马口灌区的运行情况来看,黄河中下游灌溉工程沉沙池的设计出池泥沙允许粒径以不大于0.05 mm为宜,即沉沙条渠主要处理大于0.05 mm的泥沙,0.05 mm即是最小泥沙沉降设计粒径。

《水利水电工程沉沙池设计规范》(SL269-2001)中未对沉沙条渠的出池设计含沙量作硬性规定,根据黄河下游平原水库运行及供水要求,出池含沙量一般控制在 $1.5 \text{ kg/m}^3$ ,汛期出池含沙量最大不超过 $3.0 \text{ kg/m}^3$ 。出沉沙条渠的水流通过进入库区完成二次沉沙,从而达到满足输水供水要求之目的<sup>[1,2]</sup>。

## 5 泥沙沉降计算

条渠的泥沙沉降计算主要包括条渠内水面线推求和泥沙运行计算<sup>[3]</sup>。

水面线计算主要是确定各计算时段各断面的水深、流速及条渠进口断面水位。水面线从条渠出口

断面开始,逐段向上游推算。如上所述,条渠出口控制断面水位 $\nabla_{\text{出}}$ 受出水口下游输水渠道控制,在流量固定时,下游输水渠道水位保持不变,因此按设计流量计算时,沉沙条渠从运用初期到落淤厚度达到最大限度时,其出口断面控制水位 $\nabla_{\text{出}}$ 始终不变。在沉沙运用初期,由于条渠流速很小,沿程水面比降很缓,条渠进口断面水位远低于设计控制水位,随着淤积厚度的不断增加,上段水面比降逐渐加大,进口断面水深逐渐升高,当条渠进口断面水位达到最大控制水位时,即泥沙运行计算结束。

泥沙运行计算包括泥沙沉速计算和泥沙分组沉降率计算。泥沙沉速计算是通过粒径组上限粒径沉速和下限粒径沉速的计算,求得粒径组上下限粒径沉速的几何平均值。泥沙分组沉降率的计算一般有准静水沉降法和一度流超饱和输沙法两种。一度流超饱和输沙法是按照一维问题,在一定条件下,研究平均含沙量的沿程分布,其计算较为简便,目前这一概念在我国已为较多人所接受,在沉沙池设计中逐渐被越来越多的应用。沉沙条渠分组平均含沙量的沿程变化可按下式计算:

$$S_i = S_{0i} e^{-\frac{\alpha_i \omega_i \chi}{q}}$$

式中: $S_{0i}$ 、 $S_i$ 分别为进、出口断面分组含沙量; $\omega_i$ 为泥沙分组平均沉速; $\alpha_i$ 为分组恢复饱和系数; $\chi$ 为计算池段的长度; $q$ 为平均单宽流量。

## 6 泥沙淤积计算

沉沙条渠一般都较长,断面较宽,其沉降率计算按动床分池段逐时段计算。各渠段的时段淤积体积按下式计算:

$$V_k = \frac{3.6Qt_j(S_k - S_{k+1})}{\rho_d}$$

式中: $V_k$ 为 $k$ 渠段在某时段末的淤积体积; $S_k$ 、 $S_{k+1}$ 分别为 $k$ 渠段上、下游断面含沙量; $t_j$ 为计算时段历时长; $Q$ 为条渠内设计流量; $\rho_d$ 为泥沙干密度。

根据原型观测资料,条渠末泥沙淤积近于水平,为便于计算,假定 $k=n$ 条渠段(末条渠段)的上下游断面的淤积厚度相等,由下游向上游逐断面推算各时段末的淤积厚度。第 $n$ 条渠段上、下游断面淤积厚度按下式计算:

$$D_n, D_{n+1} = \sqrt{\frac{2V_n}{L_n(m_n + m_{n+1})} + \frac{1}{4} \left( \frac{b_n + b_{n+1}}{m_n + m_{n+1}} \right)^2} - \frac{1}{2} \left( \frac{b_n + b_{n+1}}{m_n + m_{n+1}} \right)$$

式中: $D_n$ 、 $D_{n+1}$ 为第 $n$ 渠段上、下断面淤积厚度; $b_n$ 、 $b_{n+1}$ 分别为 $k=n$ 渠段上、下断面底宽; $m_n$ 、 $m_{n+1}$ 分别为 $k=n$ 渠段上、下断面边坡系数; $V_n$ 为 $k=n$ 渠段的淤积体积; $L_n$ 为 $k=n$ 渠段的长度。

在 $k=n-1$ 至 $k=1$ 条渠段中,各条渠段上断面的淤积厚度按下式计算:

$$D_k = \sqrt{\frac{2V_k}{m_k L_k} - \frac{D_{k+1}}{m_k} (b_{k+1} + m_{k+1})} + \left(\frac{b_k}{2m_k}\right)^2 - \frac{b_k}{2m_k}$$

式中: $D_k$ 、 $D_{k+1}$ 为第 $k$ 渠段上、下断面淤积厚度; $b_k$ 、 $b_{k+1}$ 分别为第 $k$ 渠段上、下断面底宽; $m_k$ 、 $m_{k+1}$ 分别为第 $k$ 渠段上、下断面边坡系数; $V_k$ 为第 $k$ 渠段的淤积体积; $L_k$ 为第 $k$ 渠段的长度。

## 7 运用时间

随着条渠的运行,落淤量及淤积厚度不断增加,条渠流速及沿程水头损失逐渐加大,当条渠进口断面的实际水位达到进口断面控制水位 $\nabla_{\text{进}}$ 时,即表明此条渠正常运行的使用周期结束,需要进行清淤或使用另一沉沙条渠。

如果条渠进口断面的实际水位达到进口断面控制水位 $\nabla_{\text{进}}$ 时,条渠再继续运用,则会由于泥沙淤积厚度及条渠进口断面水位的增加,致使条渠进水口

输水渠道的水位不断雍高、流速逐渐减小,从而造成上游输水渠道泥沙淤积,输水能力下降。

## 8 结语

沉沙条渠作为以黄河为供水水源的平原水库的重要建筑物,其正常运行是延长水库使用寿命、发挥水库效益的重要条件。因此,沉沙条渠设计应根据黄河泥沙情况及水库运行条件,提出合理的运行设计,保证其在投入运用后的正常运行。随着社会进步和国家建设的发展,沉沙条渠工程不仅仅为减轻输水系统淤积、水泵磨损而设置,而且还逐渐在城市供水、工业供水、水沙资源调度、水环境整治等方面得到应用和发展。

## 参考文献:

- [1] 中华人民共和国行业标准水利水电工程沉沙池设计规范(SL269-2001)[S].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [2] 黎运菜,杨晋营,张金凯.水利水电工程沉沙池设计[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
- [3] 熊启钧.灌区建筑物的水力计算与结构计算[M].北京:中国水利水电出版社,2007.

# Study on Some Problems Occurred in Sinking Sand Irrigation in Pingyuan Reservoir

MIAO Runze<sup>1</sup>, YU Xiaolong<sup>2</sup>

(1. Shandong Agricultural University, Shandong Tai'an 271000, China; 2. Shandong Surveying and Mapping Institute of the Yellow River, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** In this paper, sand bearing amount choosing of sinking sand irrigation, running water level controlling, and settlement sand measurement have been introduced. Designing and measuring principles, measuring method of major ratios are pointed out as well. It will provide some references for designing sinking sand irrigation.

**Key words:** Sinking sand irrigation ditch; running design; Pingyuan reservoir