

沉沙条渠工程设计探讨

Discussion on the Design of Sedimentation Channel Engineering

邓红军

Hongjun Deng

新疆疆南水利勘测设计研究院有限责任公司 中国·新疆喀什 844000

Xinjiang Jiangnan Water Resources Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Kashgar, Xinjiang, 844000, China

摘要: 论文以新疆喀什地区的某水利水电工程为参考,对水利工程的设计进行探讨。基于实际的工程建设条件、需求,在准确的计算验算的前提下,确保水利工程各细部设计内容科学合理,促使该水利工程能切实有效地发挥作用,满足该地区民众的生活用水需求、农业用水需求。也希望能通过该工程案例介绍,为从事水利行业相关人员提供一些思路,以促使中国全面发展,提高国民幸福度和满意度。

Abstract: This paper takes a water conservancy and hydropower project in Kashgar, Xinjiang as a reference to explore the design of water conservancy projects. Based on actual engineering construction conditions and needs, under the premise of accurate calculation and verification, ensure that the design content of each detail of the water conservancy project is scientific and reasonable, promote the water conservancy project to effectively play its role, and meet the domestic and agricultural water needs of the local people. I also hope to provide some ideas for personnel engaged in the water conservancy industry through the introduction of this project case, in order to promote the comprehensive development of our country, improve national happiness and satisfaction.

关键词: 沉沙条渠; 工程设计; 探讨

Keywords: sedimentation channel; engineering design; discuss

DOI: 10.12346/edwch.v2i1.9058

1 引言

在水利工程建设初期,需要根据工程所在地的需求和建设条件,因地制宜设计出可提供良好服务,且能可持续发展的水利工程,以确保该工程能取得较好的经济效益和社会正面评价^[1]。

2 工程基本情况说明

2.1 工程概况

该工程为喀什地区现代农业某产业园供水工程,属于产业园区人畜供水工程,供水对象为喀什地区现代农业某产业园。规划供水人口26000人,羊201万头,屠宰加工及有机肥加工用水及0.955万亩绿化用水,日供水量为5.46万m³/d,年引水量987.81万m³。

根据水利水电工程有关标准规定,考虑该供水工程在产

业园项目占比较小,综合上述分析,以年供水量确定该工程供水规模为小(2)型,工程等别为V等。永久性建筑物均为主要建筑物,级别为5级,临时建筑物为5级^[2]。

2.2 工程合理使用年限

该工程合理使用年限为30年,水工建筑物(引水闸、条形沉砂池、沉沙调节池)合理使用年限为50年,房屋建筑工程、泵站、蓄水池合理使用年限为50年,机电设备合理使用年限为30年。

3 沉沙条渠设计依据

3.1 沉沙条渠沉降分析

第一,计算条件。

①设计引水流量:1.7m³/s。

②入池沙量。

【作者简介】邓红军(1989-),男,中国四川蓬溪人,本科,工程师,从事水利专业、规划设计与技术咨询研究。

该工程沉沙条渠入池含沙量采用卡拉贝利水文站的实测含沙量，汛期（5—8月）入池平均含沙量为 9.04kg/m³，非汛期入池平均含沙量为 2.89kg/m³，年入池平均含沙量为 4.21kg/m³。沉沙条渠入池多年平均输沙量见表 1，多年平均入池悬移质沙量为 4.955 万 t，泥沙干容重按 1.65t/m³，则多年平均入池悬移质沙量为 3.003 万 m³。

③泥沙级配。

入池泥沙级配见表 1。

表 1 入池泥沙级配

粒径 (mm)	小于某粒径之沙重百分 (%)
0.002	9.2
0.004	17.2
0.008	28.6
0.016	46.2
0.031	68.2
0.062	87.4
0.125	96.2
0.25	98.6
0.5	99.8
1	100.0

第二，计算方法。

根据 SL/T269—2019《水利水电工程沉沙池设计规范》，附录 A。采用一维非饱和输沙法进行沉沙条渠沉降计算分析，将工作段划分成若干池段，池段号以 k 表示，粒径组用 i 表示，计算公式如下：

$$S_{i(k+1)} = S_{ik} e^{-\frac{\bar{\omega}_i L_k}{q}}$$

$$\eta_{ik} = 1 - e^{-\frac{\bar{\omega}_i L_k}{q}}$$

式中， S_{ik} 、 $S_{i(k+1)}$ ——k 池段上、下断面分组含沙量 (kg/m³)；

- η_{ik} ——k 池段分组泥沙沉降率；
- $\bar{\omega}_i$ ——粒径组的平均沉速 (m/s)；
- α_{ik} ——k 池段粒径组的恢复饱和系数；
- L_k ——k 池段的计算长度 (m)；
- q ——平均单宽流量 [m³/(s·m)]。

①泥沙沉速计算（张瑞瑾公式，此公式满足层流区、紊流区和过渡区的要求）。

$$\omega = -13.95 \frac{v}{d} + \sqrt{(13.95 \frac{v}{d})^2 + 1.09 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g d}$$

- 式中， ω ——泥沙沉速 (cm/s)；
- d ——泥沙粒径 (cm)；
- γ_s ——泥沙密度 (g/cm³)；
- γ ——清水密度 (g/cm³)；
- g ——重力加速度 (cm/s²)；

ν ——水的运动粘滞系数 (cm²/s)，

$$\nu = \frac{0.01775}{1 + 0.0337t + 0.00022t^2} ;$$

t ——水温 (°C)；

$$\bar{\omega}_i = \sqrt{\omega_i * \omega_{i+1}}$$

- 式中， $\bar{\omega}_i$ ——粒径组的平均沉速 (cm/s)；
- ω_i ——粒径组下限粒径沉速 (cm/s)；
- ω_{i+1} ——粒径组上限粒径沉速 (cm/s)。

②恢复饱和系数计算。

$$a_{ik} = 1.2 \left(\frac{\bar{\omega}_i}{u_{*k}} \right)^{0.25}$$

$$u_{*k} = \sqrt{g R_k J_k}$$

- 式中， $\bar{\omega}_i$ ——粒径组的平均沉速 (m/s)；
- u_{*k} ——k 池段水流摩阻流速 (m/s)；
- R_k ——k 池段平均水力半径 (m)；
- J_k ——k 池段平均水力坡度。

第三，全池分组沉降率，当工作段无溢流堰区时，按下式计算。

$$\eta_i = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - \eta_{ik})$$

式中，i——粒径编号，按粒径由小到大排列，i=1, 2, 3, … n。本次设计中 n=10；

- k——池段编号，从上游向下游排列，本次汇中 k=1；
 - η_{ik} ——k 池段 i 粒径组沉降率；
 - η_i ——i 粒径组沉降率。
- 第四，大于 i 粒径沉降率计算。

$$\eta_i = \frac{\sum_{i=m}^l \eta_i \Delta P_i}{\sum_{i=m}^l \Delta P_i}$$

式中，l——第 i 粒径组下限粒径级编号，按粒径由大到小顺序排列，l=m, m-1, …, 2, 1，当 l=1 时， η_i 为总沉降率为 η ；

ΔP ——入池悬移质泥沙第 i 粒径组沙重百分数，%。

第五，计算结果。

经过计算可以看出，沉沙条渠全沙沉降率为 53.55%，汛期、非汛期、年平均出池含沙量分别为 4.20kg/m³、1.34kg/m³、1.96kg/m³。由于克孜河沙量、含沙量年际变化较大，当发生高含沙洪水时，如含沙量高达 20kg/m³ 时，出池含沙量为 9.29kg/m³。

3.2 沉沙条渠淤积量分析

沉沙条渠多年平均入池悬移质沙量为 3.003 万 m³，根据沉沙条渠沉降结果分析，总沉降率为 53.55%，则沉沙条渠年均淤积量为 1.608 万 m³。年平均每座沉沙条渠淤积厚度为 0.54m。剩余 1.395 万 m³ 小粒径未沉泥沙，在 90 万立方米沉淀池内进行沉淀^[3]。

4 沉沙条渠工程设计内容

4.1 确定水源

根据当地的工程建设地周边的环境,该工程的水源主要来自两个方面,①主水源为地表水——克孜河河水:主要是保障生产、养殖、绿化和20000人生活饮用水及附属配套加工业统一用水需求。②附属水源为地下水——阿克喀什水厂:固定生产管理人6000人用水水源选择地下水,利用阿克喀什水厂2眼管井,将地下水一部分汇入勾兑水池,另一部分地下水经阿克喀什水厂现有净水设备除盐后的纯水与原水在新建蓄水池按1:1.34勾兑,然后由新建加压泵向产业园区管理人员区供水的布置方案。总水厂供水规模为53999.70m³/d。

4.2 确定水源工程设计参数

根据项目区最高日引水量60401.47m³/d,按日工作时间20小时,即供水流量为0.85m³/s。为提高保证率,水源工程引水流量按一级提升泵工作流量的2倍设计,即设计流量为1.7m³/s。一级提升泵设计为2用2备,当4台泵同时开启时,加大引水流量为4m³/s。因此,该工程渠道设计流量:沉沙条渠引水区长390m,设计流量1.7m³/s,加大流量3.4m³/s。90万m³沉淀调蓄池退水渠道总长1280m,设计流量2m³/s,非常运行条件下加大流量4m³/s。

4.3 渠道设计参数确定

①边坡系数该工程渠线以粉土、粉砂为主,根据有关设计标准的相关条例规定,结合八九乡干渠项目建设经验,根据现场做的休止角和内摩擦角值,沉沙条渠引、退水渠设计渠道内边坡系数取值为1.75,外边坡系数取1.5。90万m³沉淀调蓄池退水渠道,设计渠道内边坡系数取值为1.5,外边坡系数取1.5。

②糙率。该工程渠段明渠现浇混凝土衬砌,结合有关设计标准对不同模板浇筑的渠道衬砌面要求,结合当地施工情况,由于施工工艺的限制,在平面上和局部连接处很难实现衬砌面平整顺直,因此该工程渠道糙率取0.016。

③渠道高度。该工程为4、5级渠道,经水力计算复核:在沉沙条渠引水渠梯形渠道段,考虑伽师县八九乡干渠及沉沙条渠堤顶高程,本次引水渠设计断面高度2m,满足规范超高的要求。

而90万m³沉淀调蓄池退水渠,考虑库区周围安全,退水渠设计流量2m³/s,水深h=0.97m,非常运行条件下加大流量4m³/s,水深h=1.3m。满足规范超高的要求。

④岸顶宽度。根据工程规模、交通和渠道具体情况,该工程90万m³沉淀调蓄池退水渠,左岸渠堤宽均为5m,右岸渠堤2m。

⑤渠道板厚度。根据有关技术规范,结合当地施工情况,现浇混凝土板保护层厚度为6~12cm,渠道设计流量均为1.7~3.4m³/s,取渠底、渠坡现浇混凝土板衬砌厚度10cm。

⑥衬砌体强度等级。喀什市、伽师县灌区属寒冷地

区,而寒冷地区的冬季过水渠道抗冻等级比表内数值提高一级。结合灌区项目建设经验,沉沙条渠强度等级均为C40F300W6。90万m³沉淀调蓄池退水渠强度等级均为C35F250W6。现浇混凝土板采用Ⅱ级配,项目区道土对混凝土结构有强腐蚀,对钢筋混凝土结构中钢筋有强腐蚀,地下水有强腐蚀,地表水对混凝土结构有中等腐蚀,对钢筋混凝土结构中钢筋有中等腐蚀,对渠道板有影响,因此渠道板采用抗硫酸盐水泥。

⑦渠道横断面设计。结合该渠道的实际情况,并考虑经济因素,该工程渠道横断面设计采用窄深式。渠道纵坡1/5000,按照均匀流估算,渠道不存在淤积情况,渠道设计满足不冲流速的要求情况。此外该渠道渠底横缝间距设计为2.0m、渠坡横缝间距为2.0m,缝宽为2cm。伸缩缝缝宽为2cm,采用高压闭孔板和双组份聚氨酯填缝。

⑧渠道纵断面设计。渠道纵断面设计是根据工程实地放线资料,结合渠道的结构形式来进行的,该工程引、退水为在原地面新开渠道,基本属于完全开挖方渠道。

4.4 渠道冻胀设计

喀什市灌区最冷月份1月平均气温为-6.4℃,项目区最大冻深0.90m,故该地区为寒冷地区。根据地质勘察判定,渠道沿线均为冻胀性土。如采用混凝土板等刚性材料衬砌时,需要进行防冻胀设计。经计算,发现该渠道基础下土的冻胀位移量均超出梯形断面混凝土板衬砌结构的位移量范围,说明该渠道应采取抗冻胀措施。

为此该工程采用非冻胀性土质置换渠床冻胀性土的抗冻胀措施,换填材料采用砂砾石,结合喀什市已实施工程经验,设计厚度为45cm。

5 沉沙条渠工程设计方案

5.1 沉沙条渠位置

该工程经多次查勘,确定第一个位置在八九乡干渠(桩号2+185处)西北面,有50万m²左右的白碱滩地,与八九乡干渠渠道垂直布置。此处无法利用渠道水进行冲砂,同时无法退水。清淤时,条渠内必须自然蒸发干后,机械方可进入条渠内进行清淤工作。第二个位置位于八九乡干渠(桩号3+850处)北面,东西方向地带开阔,与八九乡干渠渠道平行布置,面积约100万m²左右白碱滩地。但此处北面500米处有一餐厨垃圾场。

经对比分析,该工程选择第一处位置。设计采用1座沉沙条渠,条渠设计容量为6万m³,平面形状为长方形,长度500m,底宽宽度60m,池深3.5m,中间用混凝土导水墙隔开。

5.2 沉沙条渠设置

5.2.1 沉沙条渠基本设计参数

沉沙条渠首端底高程为1216.62m、末端底高程为1216.52m,设计水面高程1219.04m,设计水深1.9~2.0m(即

平均设计水深 1.95m)，设计平均淤积顶面高程 1217.11m。防护堤内坡 1:2，外坡为 1 : 1.5。堤顶高程 1220.12m，堤顶两侧设置封顶板，宽 0.3m，厚 0.08m。沉沙条渠纵坡均为 1/5000，淤积厚度设计 0.54m。

5.2.2 沉沙条渠结构形式

沉沙条渠底部及岸坡均采用两布一膜 + 现浇混凝土板进行防渗。沉沙条渠底宽 60m，长 500m，高度 3.5m，在沉沙条渠中间 30m 处设置一道 490m 长导水墙。堤顶设厚度为 0.08m，宽 0.3m 封顶板。填缝材料采用高压闭孔板及双组份聚氨酯。设计渠道内边坡为 1 : 2，外边坡为 1 : 1.5。在左、右堤顶设宽度 5.0m 砂砾石路面，开挖临时边坡 1 : 1.5。

沉沙条渠进口设计孔口尺寸为 2m × 2m 的盖板涵与进水道衔接，长度 10.0m，水流通过盖板涵后进入沉沙条渠。

5.2.3 沉沙条渠堤顶高程设计

堤顶高程按设计洪水位加堤顶超高确定，参照有关规范，结合该工程沉沙条渠围堤总体走向、面积，设计风速、设计水深等参数，经计算，设计波浪爬高加风壅水面高，计算结果为 0.66m。由于该工程沉沙条渠围堤按照 5 级设计，安全加高 A 取 0.50m。安全超高 0.5m+ 风浪坡高 0.66=1.16m，确定设计堤顶高程 1220.12m，满足规范要求高出静水位 0.50m 的要求。

5.2.4 渠顶宽度设计

根据本工程的特点，沉沙条渠堤顶宽度主要满足清淤交通的需要，平时没有交通具体要求。设计堤顶宽度采用大于 10m。

5.3 沉淀调蓄池位置

沉沙条渠布置完成后，在沉沙条渠北面，有 40 万 m² 左

右的白碱滩地，地势开阔。因此沉淀调蓄池设于沉沙条渠北侧 80 米，与沉沙条渠平行布置。

5.4 沉淀调蓄池设置

该工程设计采用 1 座沉淀调蓄池，设计外半挖半填。根据调查，枯水期伽师县八九乡干渠有 30 天停水时间，因此需考虑 30 天调节库容。根据水量计算，这 30 天每天水厂供水量为 1.86 万方（ $1.86 \times 30 = 55.8$ 万 m³）。根据相关工程合理使用年限，为方便运行管理，本次设计确定沉淀调蓄池考虑 30 年淤积库容设计，30 年内不进行清淤工作。因此，确定沉淀调蓄池库容为 $55.8 + 1.395 \times 30 = 97.65$ 万 m³，沉淀调蓄池长 800m，底宽 240m，池深 7.9~8.0m。

6 结语

综上所述，不同地区的供水工程、渠道设计方案不同，为了确保水利工程切实发挥作用，造福于民众和当地的经济。在工程设计时，一定要认真全面地勘察工程所在地的环境，并参考相关设计规范、技术规程进行各种计算，以确保设计合理。通过合理的设计，使水利工程与周边环境相协调，能合理利用水资源，并保证水利工程长久有效的运转，带来更多投资效益。

参考文献

- [1] SL252—2017 水利水电工程等级划分及洪水标准[S].
- [2] 张艳鹤.河道建设中生态水利工程设计的应用分析[J].水电建设,2019(182):239-241.
- [3] 谢良平.浅析生态水利工程设计在河道建设中的运用[J].河南建材,2019,21(1):210-211.