

德泽水库上下游水流和输沙特征分析

程 晨

(上海河口海岸科学研究中心, 上海 201201)

摘要:文中通过2017年5月~9月在德泽水库的上下游开展的水流和含沙量测验资料,分析了该水域水流和输沙特征,结论如下:德泽水库枯水期和丰水期水位变化明显,降水主要集中在由枯水期向丰水期的过度时段;库区断面深泓垂向环流和断面平面环流受水位、降雨因素的影响,可表现为逆时针环流、顺时针环流和无环流形态;牛栏江对德泽水库水量和输沙量的贡献占主导地位,下游断面输沙量和流量的相关性较高,上游断面输沙量和流量的相关性较差。枯水期支流和干流上游输沙量随流量变化速率高于下游断面,丰水期支流和干流上、下游输沙量随流量变化速率较为一致。

关键词:德泽水库;水位;水流;输沙量

中图分类号:TV142

文献标识码:A

文章编号:1006-7973(2023)01-0095-03

一、引言

德泽水库—滇池补水工程是一项水资源综合利用工程,通过在德泽水库引水向滇池补充生态水量,改善滇池水环境,并在昆明发生供水危机时,提供城市生活及工业用水。牛栏江德泽水库水流和输沙特征影响补水工程水质和泥沙量。文中以实测资料为依据,分析了德泽水库附近水域水流特征和输沙情况,可为德泽水库—滇池补水工程泥沙治理提供科学依据^[1]。

二、资料来源

文中数据均源于实测资料,2017年5月~9月分别在德泽水库的上下游布置5个测量断面S2~S6(图1),在5月13日,6月9日,6月15日,7月19日,7月20日,7月21日,7月26日,9月8日开展了8个测次横断面水流和含沙量观测。其中,S2断面位于水库干流牛栏江和支流干河交汇口下游100m,S3断面位于交汇口支流(干河)上游480m,S5断面位于交汇口干流(牛栏江)上游100m,S4、S6断面分别位于支流(干河)和干流(牛栏江)的上游回水末端附近。



图1 断面布置示意图

三、结果分析

1. 水位和降雨量

德泽水库2014~2017年库区水位变化过程绘于图2,本次测量期间库区降雨量变化过程绘于图3。德泽水库枯水期和丰水期水位变化明显,水位落差约在25m左右,枯水期水位基本保持在1,775m以下,丰水期水位处于

1,780~1,790m左右。降水主要集中在由枯水期向丰水期的过度时段。由水位和降雨量将8个测次划分为4种背景条件,5月13日和6月9日处于枯水期无降雨时段,6月15日处于枯水期大降雨后时段,7月19日、20日、21日和26日处于丰水期降雨后时段,9月8日处于丰水期无降雨时段。

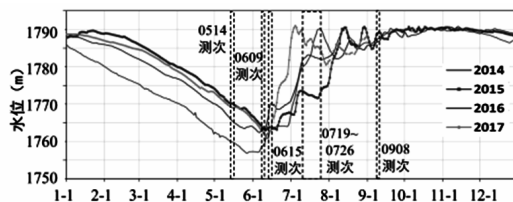


图2 德泽水库2014~2017年库区水位过程

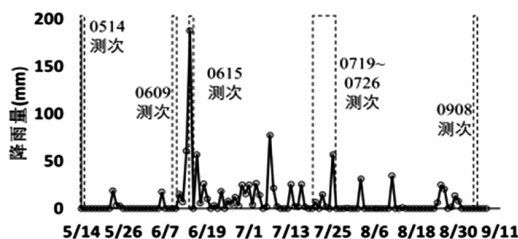


图3 测量期间德泽水库库区降雨量过程线

2. 库区断面深泓垂向环流特征

S2、S3、S5断面深泓位置垂线流速分布绘于图4~图6。其中,水流向下游运动流速为正,向上游回流流速为负。

枯水期无降雨或降雨后时段,上游来流量小,水位低,S2断面垂线环流表现顺时针环流,即中下层水体向上游回流,上层水体流向下游,流速均小于0.2m/s,S3断面底层水体均向下游流动,上层水体受到干流牛栏江水流入侵影响,向上游回流,S5断面基本无垂线环流现象,深泓水体均流向下游,流速在0.1m/s左右;丰水期降雨后时段,上游来流量大、水位高,S2断面无垂线环流现象,深泓水体均流向下游,流速较枯水期略大,然而仍小于0.3m/s,S3断面中上

收稿日期:2022-07-02

作者简介:程 晨,上海河口海岸科学研究中心。

层水体向上游回流,下层水体流向下游水库,呈垂向逆时针环流,S5断面多数情况出现顺时针垂线环流现象,流速小于0.3m/s;丰水期无降雨时段,S2断面垂线环流表现为逆时针环流,与枯季环流方向相反,流速小于0.2m/s,S3、S5断面同样呈垂线逆时针环流,表层向上游回流,垂线流速小于0.2m/s。

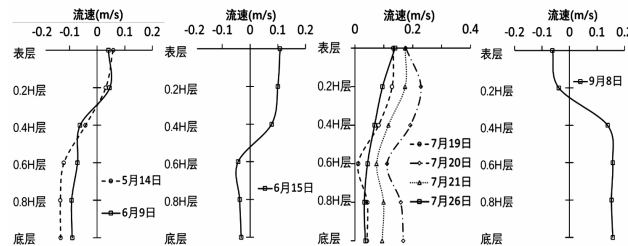


图4 S2断面深泓垂线流速分布

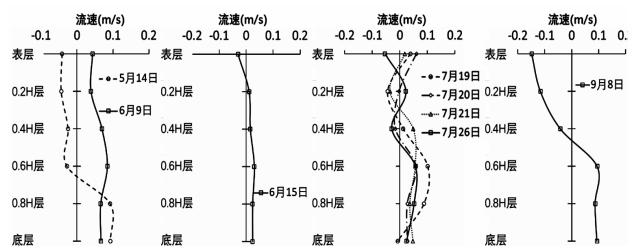


图5 S3断面测量深泓垂线流速分布

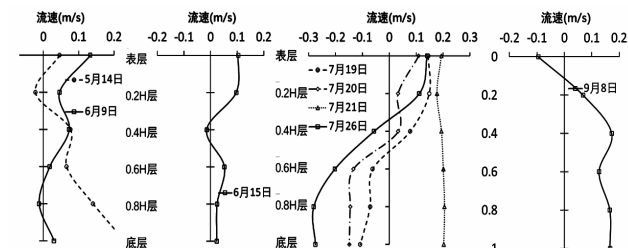


图6 S5断面测量深泓垂线流速分布

3. 库区断面平面环流特征

S2、S3、S5断面采样点垂线平均流速横向分布绘于图7~图9。其中,水流向下游运动流速为正,向上游回流流速为负。

枯水期无降雨时段,S2断面中部深泓向上游回流,两侧浅滩流向下游库区,S3断面主要以北侧向下游库区流动为主,S5断面基本流向下游库区,偶有回流发生;枯水期降雨后时段,S2断面表现为东北侧断面流向下游库区,西南侧水流回流至上游,呈顺时针平面环流,流速较小,断面流速均小于0.05m/s,S3和S5断面未有环流出现,断面水流均流向下游库区;丰水期降雨后时段,S2和S5断面水流基本均流向下游水库,支流的S3断面水流受到上游来水和干流牛栏江水流的顶冲,水流方向上、下游来回摆动,较为杂乱。丰水期无降雨过程时段,S2和S3断面均有平面环流出现,S2断面平面环流方向与枯季相反,为逆时针环流,断面东北侧向上游回流,西南侧向库区下游流动,S3断面中部向下游流动,断面两侧向上游回流,干流S5断面水流均向下游水库流动。

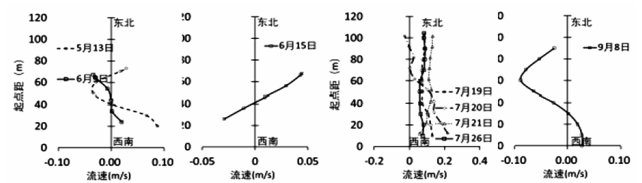


图7 S2断面深泓垂线流速分布

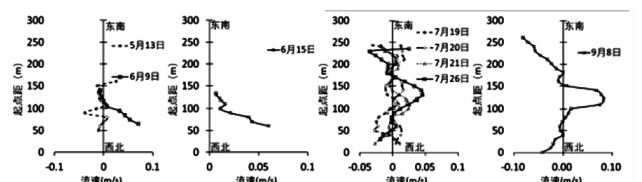


图8 S3断面测量深泓垂线流速分布

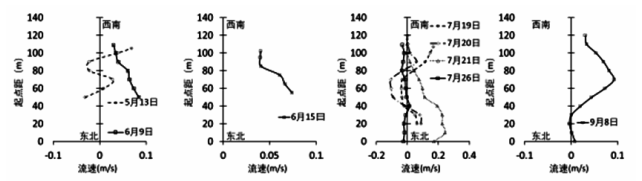


图9 S5断面测量深泓垂线流速分布

4. 流量、输沙率变化特征

历次测量各断面流量和输沙量成果绘于图10和图11,结果表明牛栏江对德泽水库水量和输沙量的贡献占主导地位,枯季干流(S5断面)流量和输沙量基本为支流(S3)断面的2~5倍,洪季干流(S5断面)流量和输沙量基本为支流(S3)断面的5~8倍。

各断面流量和输沙量对应关系图绘于图12,流量和输沙量变化过程基本一致,输沙量往往随着流量增减而增减,其中下游的S2,S3和S5断面流量和输沙量的相关性较高,上游的S4断面和S6断面流量和输沙量相关性较差,这是由于上游断面在枯水期和丰水期处于河流形态和水库形态的交替变化过程,输沙量对流量的响应不一致,造成相关性降低。

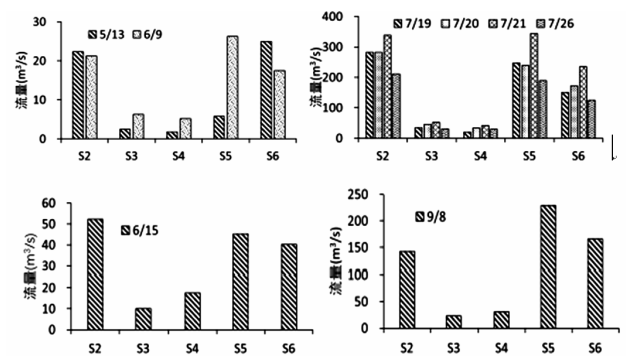
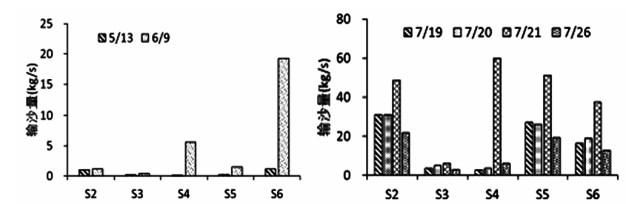


图10 历次测量期间各断面流量变化



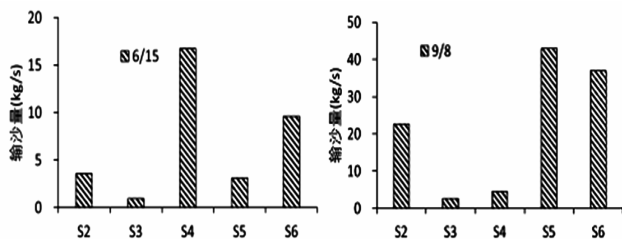


图 11 历次测量期间各断面输沙量变化

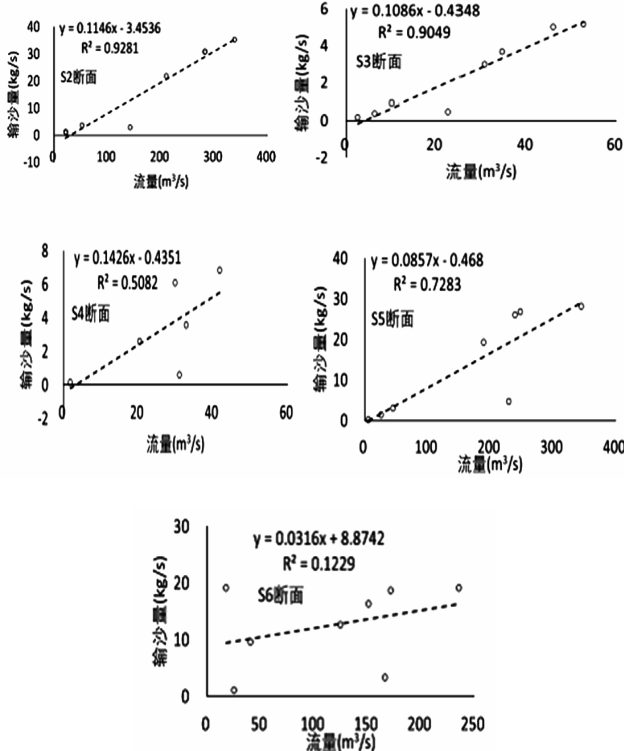


图 12 各断面流量和输沙量对应关系

将枯水期和丰水期干、支流上下游流量和输沙率分别统计可以发现 (图 13, 图 14), 枯水期, 库区含沙量整体非常小, 流量较低, 随着流量的逐渐增加, 支流和干流上游 (S4、S6 断面) 输沙率增长率明显大于下游 (S3、S5 断面), 如图 13 所示, 这可能是由于枯水期初期流量增加后, 上游河流形态水体水深小, 水流对河床有较强的冲刷作用, 因此上游断面输沙率升高明显, 但此部分较高含沙量粒径较粗 (图 15), 枯水期支流 (干河) 上、下游悬沙中值粒径分别为 $10\mu\text{m}$ 和 $6\mu\text{m}$ 左右, 干流 (牛栏江) 上、下游悬沙中值粒径分别为 $11\mu\text{m}$ 和 $6\mu\text{m}$ 左右, 这说明上游悬沙向库区输运过程中, 由于上游流量不大, 水动力较弱, 泥沙难以输移至距离较远的下游库区, 粗颗粒泥沙大部分发生了沉降, 因此下游河段输沙率升高较上游缓慢。

丰水期, 流量和水位均较大, 支流和干流上、下游含沙量随流量变化趋势较为一致, 上游和下游的悬沙粒径一致性同样较高 (图 16), 支流 (干河) 上、下游悬沙中值粒径均为 $6\mu\text{m}$ 左右, 干流 (牛栏江) 上、下游悬沙中值粒径均为 $5\mu\text{m}$ 左右, 这可能是由于丰水期水位整体较高, 上下游断面均处于水库形态, 因此上下游断面泥沙扩散输移较为一致。

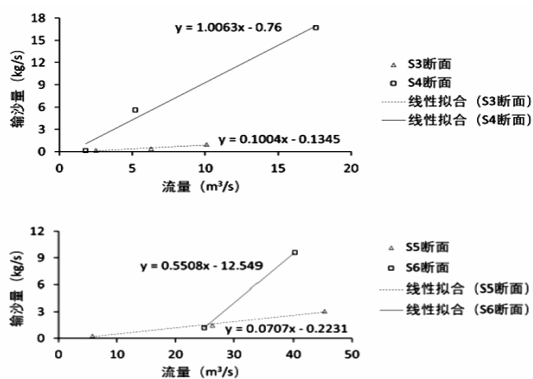


图 13 枯水期 S3~S6 断面流量和输沙量对应关系

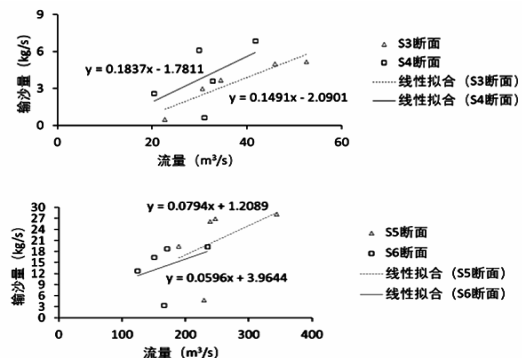


图 14 丰水期 S3~S6 断面流量和输沙量对应关系

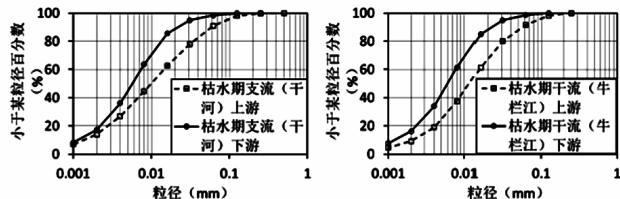


图 15 枯水期干、支流上、下游悬沙粒径级配图

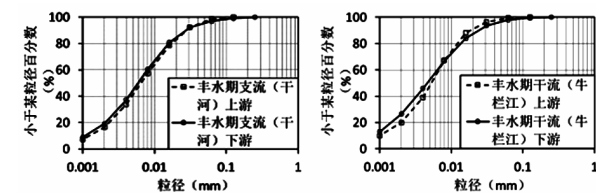


图 16 丰水期干、支流上、下游悬沙粒径级配图

四、结语

(1) 德泽水库枯水期和丰水期水位变化明显, 降水主要集中在由枯水期向丰水期的过度时段。(2) 库区深泓垂向环流和断面平面环流受水位、降雨因素的影响, 可表现为逆时针环流、顺时针环流和无环流形态。(3) 牛栏江对德泽水库水量和输沙量的贡献占主导地位, 下游断面输沙量和流量的相关性较高, 上游断面输沙量和流量的相关性较差。枯水期支流和干流上游输沙量随流量变化速率高于下游断面, 丰水期支流和干流上、下游输沙量随流量变化速率较为一致。

参考文献

- [1] 刘绍川, 杨吉健, 李浩东. 牛栏江干河泵站取水防沙治理一期工程可行性研究报告[R]. 昆明: 中国电建昆明勘测设计研究院有限公司, 2016.