

官厅水库塌岸影响因素分析

宋 岳 段世委 陈书文

摘要 官厅水库是永定河上游一座大型水利工程，其塌岸问题由来已久，在国内非常典型。介绍了水库塌岸的历史与现状，论述了影响水库塌岸的因素，对水库塌岸进行了严重程度分级和长期塌岸宽度预测，并初步探讨了塌岸治理措施。

关键词 塌岸 影响因素 治理措施 官厅水库

中图分类号 TV62 文献标识码 A 文章编号 1007-6980(2004)01-0034-04

官厅水库是永定河上游的一座大型水利工程。水库库区位于河北省怀来县和北京市延庆县境内。水库设计洪水位 485.1 m，汛后最高蓄水位 479.0 m，汛限水位 476.0 m。工程于 1954 年建成，1955 年正式蓄水投入运行。由于库岸多由第四系上更新统松散堆积物组成，水库建成后，发生了严重的塌岸，部分库岸岸线已后移了 160 余 m，至今仍在发展。

1 库岸地形地质条件

官厅水库库区包括永定河干流库区和妫水河库区，库岸周长约 220 km。怀来县老君庄以西水面宽度为 1.5~2.0 km，以东宽达 5.0~5.5 km。在水库坝前地带，岸坡高度为 15~25 m，局部高达 30 m 以上，岸坡坡度 60°~90°；向上游至京包铁路桥附近，岸坡高度一般为 5~8 m，岸坡坡度 60°~90°；京包铁路桥以上，除延庆县城附近局部存在高 3~8 m 的陡立岸坡外，大部分库岸坡度较缓。

水库蓄水后，淹没了一级阶地及部分二级阶地，塌岸主要分布在尚未淹没的二级阶地地区。阶面宽度一般为几十米到数百米不等，阶面坡度 1°~3°，阶地前缘常形成陡立岸坡，高 5~8 m，局部达 10 m 以上。

官厅水库塌岸均发生在第四系松散堆积物组成的岸坡中，主要地层为上更新统和全新统。

1.1 上更新统

1.1.1 湖积层

广泛分布于水库两岸，位于上更新统冲洪积层及全新统水库淤积层之下，仅出露于水库岸边和陡壁下部。岩性以灰黄、灰绿色砂壤土、粉质壤土为主，夹有薄层砾或透镜体状粉质粘土、粘土及细砂。

1.1.2 冲洪积层

广泛出露于水库两岸。岩性为黄土状壤土、砂壤土及砂卵砾石、碎块石、碎石土等。该层土质疏松，水理性质很差，遇水崩解速度快，具有弱湿陷性，为水库岸坡的主要介质。

1.2 全新统

1.2.1 水库淤积层

广泛分布于水库库盆。岩性以灰黄色砂壤土、粉砂为主。库盆中心淤积厚度较大，向水库岸边厚度逐渐变小。

1.2.2 塌岸堆积物

沿库呈条带状分布于库岸坡脚地带。为库岸土体塌落后堆积而成，岩性主要为疏松的砂壤土、粉质壤土等。

根据岸坡物质组成及地层结构，将官厅水库第四系岸坡划分为土质岸坡、碎石土岸坡、土夹碎石岸坡、砂砾石岸坡、土夹砂砾石岸坡等类型。官厅水库大部分库岸为上更新统黄土岸坡；碎石土岸坡主要分布于北寨附近；土夹碎石岸坡主要分布在水库管理处—北寨之间；砂砾石或土夹砂砾石岸坡主要分布在右岸豆营及珠窝圆—曹窑之间。

2 塌岸的历史沿革

2.1 蓄水前库区地形地貌

官厅水库蓄水前，永定河和妫水河两岸分别发育有两级漫滩和两级阶地。其中，低漫滩高出河水面 3~5 m，总宽度约 700 m；高漫滩高出河水面 15~20 m，总宽度约 1 000 m；一级阶地高出河水面约 30 m，总宽度约 1 500 m；二级阶地高出河水面一般 45 m，总宽度约 3 200 m。水库蓄水后，漫滩及一级阶地全部被库水淹没；二级阶地在左岸残

留宽度约 600 m，右岸约 1 100 m，为水库库岸的主要组成部分。

2.2 水库塌岸发展过程

官厅水库自 1955 年蓄水，至 1959 年之间塌岸最为严重，为水库塌岸的快速发展阶段。

1955 年 8~10 月，水库蓄水至 469~471 m 高程，库岸发生了严重的坍塌，一般岸线后退数米，原来稳定的浑圆岸咀变成了平直的不稳定陡坡。

1955 年 12 月中旬，水库开始结冰，次年 3 月中旬解冻。解冻期间，塌岸十分严重。

1956 年 3~5 月，水库运行水位 477 m，此后库水位下降，9~11 月复又上升至 478 m，由于此间正逢强风季节，水库塌岸严重。该年为水库塌岸最严重的一年，部分库岸岸线后退 23 m。1959 年 9~12 月，水库运行水位达到 478.6 m，又逢强风季节，水库塌岸严重。

根据观测资料，1955 年至 1959 年，水库塌岸宽度 27.1~120.7 m，平均塌岸速率为 4.5~20 m/a。

此后，水库塌岸进入稳定发展阶段，塌岸与水库运行水位密切相关。1960 年至今，水库塌岸宽度 5.5~97.9 m，平均塌岸速率为 0.13~2.45 m/a。

根据水库管理处观测资料，水库建成至今，总的塌岸宽度一般 60~90 m，最大塌岸宽度达 160 m。目前，官厅水库塌岸主要发生在库首—京包铁路桥之间。

2.3 塌岸严重程度分级

由于库岸物质组成、岸坡形态及所处位置不同，造成水库塌岸发展很不均衡。综合考虑以上因

素并结合塌岸对经济及环境的影响，将官厅水库塌岸划分为严重塌岸段、中等塌岸段和轻度塌岸段 3 种类型。塌岸段分布见图 1。

2.3.1 严重塌岸段

一般为土质岸坡，岸坡高度中等—高，库岸前水上浅滩窄，水下浅滩不稳定。库岸为凸岸或位于迎风岸，库水面较宽，风浪及库岸流作用强烈，目前塌岸仍在发展。预测 479 m 水位运行时，塌岸活跃且宽度大。

此外，部分高度较低的岸坡，虽然其塌岸宽度不大，但塌岸可能威胁到村镇、铁路或公路，也划入严重塌岸段。

2.3.2 中等塌岸段

包括中等高度的土质岸坡和部分由碎石土(砂砾石)或土夹碎石(砂砾石)组成的高岸坡。库岸前发育有形态完整且趋于稳定的浅滩，但浅滩后缘高程低于 479 m，目前有塌岸发生。水库 479 m 水位运行时，预测仍有一定的塌岸宽度。

此外，部分库岸虽然目前塌岸现象不十分明显，预测塌岸范围也较小，但由于岸上分布有农田和经济林，塌岸可能造成较大损失，也划入中等塌岸段。

2.3.3 轻度塌岸段

该类岸坡高度低，坡度较缓，风浪对库岸作用微弱，库岸较稳定。在 479 m 水位运行时，预测塌岸宽度较小。此外，部分库岸虽然预测有一定宽度的塌岸发生，但因其上多为荒地，也划入轻度塌岸段。



图 1 官厅水库塌岸分布示意

经调查，官厅水库塌岸分布总长 58.7 km，其中严重塌岸段长 12.9 km，中等塌岸段长 22.7 km，轻度塌岸段总长 23.1 km。

3 影响塌岸的因素

塌岸是指水库库岸在波浪、库水位变化、冻融、水流冲刷等外力作用下，发生坍塌的现象。通过对水库塌岸产生的原因分析，影响水库塌岸的因素主要有：岸坡物质组成、岸坡形态与方向、波浪、库水位变化、库岸流、冻融、水流冲刷、水库淤积等。

3.1 岸坡物质组成

岸坡物质组成及土层性质是影响水库塌岸的内在因素。由碎石土、砂砾石组成的岸坡，抗冲刷能力较强，塌岸速度缓慢；由黄土状土、砂壤土及粉砂组成的土质岸坡，抗冲刷能力差，塌岸速度较快。

3.2 岸坡形态与方向

岸坡形态与方向对塌岸的影响主要表现在岸坡越高，坡度越陡，塌岸越严重；弯曲的库岸较平直库岸易发生塌岸；凸岸较凹岸塌岸更严重；与风向垂直的岸坡较其它方向的岸坡塌岸严重。该地区主导风向为 N 及 NW 方向，且这两方向风速较大，所以走向为 EW 向和 NE 向的岸坡塌岸现象较为严重。

3.3 波浪

波浪对塌岸的影响主要表现为波浪对岸壁土体的淘蚀，和对塌落物质进行搬运。波浪的高度与风速、风在自由水面的吹程及水深等因素有关。对于同一种类型的库岸来说，风速越大，水面越宽，水深越大，波浪的波能就越大，从而对岸坡的破坏力就越强。

3.4 库水位变化

水库水位发生变化，波浪的影响范围也随之变化。随着库水位上升，一方面使原来的水上浅滩处于水位以下，促使浅滩再造，并使库水直接作用于岸壁，从而加速塌岸的进程；另一方面库水位升高使水深加大、水面加宽，在同样风速条件下，波浪对库岸的破坏作用更强。在库水位下降时，尤其是库水位的突然大幅消落，造成岸坡土体内产生很大的渗透压力，使土体产生渗透破坏，进而发生塌岸。总的来看，水库高水位运行时，塌岸较为严重。

3.5 库岸流

下游段库区，由于水深大，靠近库岸地区，易形成较强的库岸流。库岸流可对库岸产生冲刷，并

对塌落物质进行搬运，加速塌岸进程。

3.6 冻 融

岸坡土体孔隙和裂隙中的水结冰后体积膨胀，产生冰劈作用，并破坏了土体结构，解冻后，土体强度降低，致使岸坡发生破坏。

3.7 水库淤积

永定河是一条多泥沙河流，水库建成至今，水库淤积相当严重，尤以永定河口三角洲地带为甚。水库淤积，加快了浅滩的形成，抑制了塌岸的发展。

综上所述，官厅水库塌岸是多种影响因素综合作用的结果，其中库岸的物质组成及土层性质是水库塌岸的内在因素；其它因素是外部因素，其中波浪及库水位变化是重要的控制性因素。

4 长期塌岸宽度预测

4.1 预测方法

长期塌岸宽度预测方法采用如下公式，见图 2。

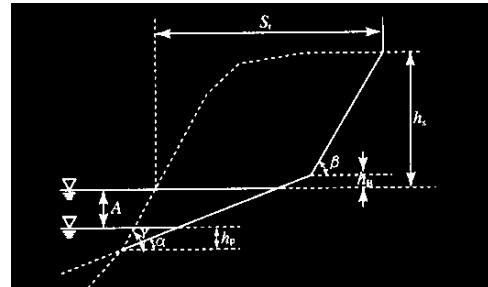


图 2 长期塌岸预测示意

$S_t = N[(A + h_p + h_B) \cot \alpha + (h_s - h_B) \cot \beta - (A + h_p) \cot \gamma]$
式中 S_t ——塌岸最终宽度，m；

N ——与土的颗粒大小有关的系数；黄土状土及砂壤土取 0.75，砂砾石、碎石取 0.5；

A ——水位涨落幅度，m，即汛后最高蓄水位与汛限水位之差；

h_p ——波浪影响深度，m；

h_B ——波浪爬升高度，m；

α ——浅滩冲刷后水下稳定坡角，(°)；

h_s ——汛后最高蓄水位以上岸坡高度，m；

β ——水上岸坡稳定坡角，(°)；

γ ——原始岸坡坡角，(°)。

4.2 塌岸预测结果

根据不同的岸坡类型，选择有代表性的剖面进行长期塌岸宽度预测，当库水位为 479 m 时，轻度塌岸段长期塌岸宽度一般小于 20 m，中等塌岸段长期塌岸宽度一般为 20~90 m，严重塌岸段长期

塌岸宽度一般为 90~160 m；总计塌岸面积约 2.8 km²（合 4000 多亩）。

5 塌岸的危害及治理措施

5.1 塌岸的危害

(1)官厅水库塌岸已使大片农田和部分水利设施被毁；预测水库今后仍将有数十至百余米宽度的塌岸发生，塌岸范围内大部分为农田、经济林和旅游度假点。

(2)丰—沙铁路沿水库右岸通过，部分铁路距库边不远。由于塌岸的发展，部分路基已成为库岸的组成部分，若塌岸继续发展，将对铁路路基构成威胁。此外，京包铁路大桥桥头地段塌岸现象明显，需加强防护措施。

(3)水库塌岸造成了大量的水土流失，加速了水库的淤积，降低了水库蓄水效益和防洪能力。

5.2 治理措施初探

官厅水库建库以来塌岸不断，至今仍在发展，因此，对其进行治理是非常必要的。由于水库塌岸段长，影响因素和各段塌岸严重程度也不相同，因此，总体上治理难度较大。建议在工程治理时，应结合地质条件分别采用不同的治理措施。

对于岸坡较高、坡度较陡的严重塌岸段，可采用浆砌石挡土墙进行防护。挡土墙基础需坐落在第四系上更新统沉积地层上。确定建基面高程时，还

应考虑岸前浅滩的稳定性。

对于岸坡较低，坡度较缓的中—轻度塌岸段，可采取坡脚堆石或块石铅丝笼等简易工程措施。虽然该种措施坚固程度不高，但可以大大减缓塌岸的进程和规模。此外，部分库岸还可以采取植树、种草等生物措施，使工程治理与环境治理结合起来。

6 结语

官厅水库库岸多由第四系上更新统松散堆积物组成。由于工程建设前，对塌岸问题认识不足，对大部分库岸未采取任何防护措施，建库以来，塌岸十分严重。水库塌岸是由多种因素综合作用下产生的，其中库岸的物质组成及土层性质是水库塌岸的内在因素，波浪及库水位变化是水库塌岸重要的控制性因素。水库塌岸造成了很大的经济损失，并引发了一系列的环境和社会问题，对塌岸进行治理非常必要。塌岸治理过程中，应根据不同的地质条件因地制宜，采取经济合理的治理措施。

作者简介

宋 岳 男 教授级高工 中水北方勘测设计研究有限责任公司 天津 300222
段世委 男 高工 中水北方勘测设计研究有限责任公司 天津 300222
陈书文 男 工程师 中水北方勘测设计研究有限责任公司 天津 300222

（收稿日期 2003-12-10）

·书讯·

《碾压式土石坝设计》一书现已出版发行

由中国工程设计大师林昭编写的《碾压式土石坝设计》一书现已出版发行。本书包括碾压式土石坝设计的全部内容：枢纽布置；各种断面和适用条件；各种筑坝材料及填筑标准的确定；对各种坝基的处理方法；土石坝与岸坡接头以及与混凝土建筑物的连接型式；坝体结构；各种有关计算（如渗流、坝坡稳定、沉降、坝体应力应变等）；土石坝抗震及监测等。

本书内容力求精练、实用，基本涵盖了土石坝设计的所有内容，不仅介绍必要的计算公式、图表和设计指标范围值，还根据作者数十年的实践经验，并参照一些技术文献和国内外大量土石坝工程实例，用相当多的篇幅阐述各种坝型的优缺点和特色、筑坝材料的选择、坝基处理措施、抗震和活断层上筑坝的工程措施等，指出设计中应该注意的各个方面，实用性比较强，可供从事土石坝设计的技术人员及大专院校水工结构专业的师生参考。

本书定价：19.80 元，预购者，直接邮汇至《水利水电工程设计》编辑部，地址：天津市河西区洞庭路 60 号，邮编：300222，联系电话：022—28702854。