

黄前水库泥沙淤积情景模拟预测

张哲¹ 徐珊²

1 泰安市水文局 2 济南市水文局

DOI:10.32629/hwr.v4i9.3302

[摘要] 本文通过黄前水库蓄水以来的实测资料,分析当前水库淤积状况,计算黄前水库泥沙淤积量,并通过模拟情景预测不同时期淤积情况,为今后水库清淤和流域水土保持提供优化目标。

[关键词] 水库; 模拟; 泥沙淤积

中图分类号: P333.5 **文献标识码:** A

概况

黄前水库座落在大汶河北支石汶河上游,1960年8月建库,1962年6月设水文站,流域面积292KM²,比降0.97‰,流域多年平均降雨761毫米。流域内小(一)型水库3座,小(二)型14座,塘坝24座,总控制面积134.7KM²。水库坝顶高程213.3m,长1530m,顶宽6m,水库兴利水位209.0m,兴利库容8248万m³。1964年实测最大入库洪峰流量1850m³/s,1989年实测最小入库洪峰流量11.9m³/s,1990年8月16日,最大溢洪流量464m³/s。百年一遇设计入库洪峰流量2680m³/s,泄洪流量2640m³/s,最大年降雨量1964年为1303mm,最小年降雨量1989年为334.9mm。1984年、1990年、1994年最大来水量分别为1.03、1.28、1.47亿m³,1989年来水量仅48万m³为历史最小。1981年在黄前水库上游还设立了入库水量控制站下港水文站,控制面积145KM²。

泥沙淤积是水库运用中的突出问题,不仅缩减水库库容,降低水库调节水资源的能力,影响水库工程灌溉、防洪、城市供水和环保等综合效益的发挥,严重的还会导致水库功能的丧失和工程的破坏。计算黄前水库泥沙淤积量,特别是水库上游梯级水坝的拦沙拦泥作用,以及生态植被发挥的作用,水库淤积将处于何种水平,为水库解决淤积提供分析技术支持,通过模拟情景预测不同时期淤积情况,为今后水库清淤和流域水土保持提供优化目标。

表1 下港站悬移质输沙率年统计表

年份	年平均输沙率	年最大输沙率	年最大出现日期	年输沙量	年输沙模数
1996	0.81	217	1996-7-25	2.57	177
1997	0.066	23.1	1997-8-20	0.207	14.3
1998	0.42	95.8	1998-8-4	1.32	91
1999	0.005	1.18	1999-6-15	0.017	1.17
2000	2.76	872	2000-8-9	8.73	602

表2 黄前水库水位-库容-淤积量(2009年)关系表

序号	水位(m)	现库容(m ³)	原库容(m ³)	淤积量(m ³)
1	185	102553.6	300000	197446.4
2	190	2978440	3700000	721560
3	191	4046550	4900000	853450
4	193	6553843	7700000	1146157
5	195	9847989	11200000	1352011
6	196	11871539	13300000	1428461
7	197	14109808	15600000	1490192
8	198	16504165	18100000	1595835
9	199	19194415	20900000	1705585
10	200	22159163	24000000	1840837
11	201	25309378	27300000	1990622
12	202	28812153	30900000	2087847
13	203	32563784	34700000	2136216
14	204	36628023	38800000	2171977
15	205	40991717	43200000	2208283
16	206	45672557	47900000	2227443
17	207	50644086	52900000	2255914
18	208	55827643	58100000	2272357
19	209	61155268	63500000	2344732

1 黄前水库实际泥沙情况

黄前水库为山区型水库,流域泥沙变化特性突出,不同时期水土保持治理程度不同,水的含沙量变化较大。主要表现为汛期含沙量大,冬春季节含沙量小;年平均含沙量与最大含沙量差值较大,近

年来由于上游植被覆盖增大,水土保持较好,河流、水库含沙量有所降低。黄前水库上游梯级塘坝的建设,推移质淤积物拦截在上游,基本很少进入水库,这里主要分析悬移质情况。下港站悬移质输沙率见表1。

针对传统库区容量和淤积量测量及计算方法的存在诸多缺陷, 依靠现代高精度GPS定位技术、回声测深技术, 借助水下地形测量方法对库区实施测量, 根据水下地形变化的复杂程度, 用等间距、高密度的测点对测区水域进行覆盖。建立在高精度、高密度测点的基础上, 利用地形图绘制中的三角形构网方法, 对整个测区以三角网进行覆盖, 计算每个三角柱的水柱体积和淤积体积, 并对所有三角柱的水柱体积和淤积体积进行叠加, 便可获得库区库容和淤积量的精密计算结果。

2009年5-7月采用GPS定位系统对黄前水库进行淤积测量, 数据见表2。

2 泥沙淤积情景模拟

通过黄前水库流域上游悬移质输沙率监测资料, 根据实测水库淤积资料, 设置各种控制情景方案, 推导情景模拟水库淤积变化。

按照水位185-209米淤积量测量数据进行拟合结果如下:

General model Gauss3:

$$f(x)=a1*\exp(-((x-b1)/c1)^2)+a2*\exp(-((x-b2)/c2)^2)+$$

$$a3*\exp(-((x-b3)/c3)^2)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a1 = 7.539 (3.215, 11.86)$$

$$b1=2.345e+006 (2.305e+006, 2.384e+006)$$

$$c1=1.597e+005 (1.09e+005, 2.104e+005)$$

$$a2=201.6(198.8, 204.4)$$

$$b2=2.243e+006 (1.599e+006, 2.886e+006)$$

$$c2=4.454e+006 (-8.907e+005, 9.799e+006)$$

$$a3=22.76(-53.29, 98.82)$$

$$b3=2.074e+004 (-9.869e+005, 1.028e+006)$$

$$c3=8.087e+005 (-3.116e+005, 1.929e+006)$$

Goodness of fit:

$$SSE: 6.293e+005$$

$$R-square: 0.9993$$

表3 模拟2015年黄前水库水位-库容-淤积量关系表

序号	水位/m	情景模拟库容/m ³	原库容/m ³	淤积量/m ³
1	185	64166	300000	235834
2	190	2838139	3700000	861861
3	191	3880608	4900000	1019392
4	193	6330984	7700000	1369016
5	195	9585104	11200000	1614896
6	196	11593786	13300000	1706214
7	197	13820050	15600000	1779950
8	198	16193869	18100000	1906131
9	199	18862776	20900000	2037224
10	200	21801225	24000000	2198775
11	201	24922313	27300000	2377687
12	202	28406188	30900000	2493812
13	203	32148411	34700000	2551589
14	204	36205699	38800000	2594301
15	205	40562330	43200000	2637670
16	206	45239446	47900000	2660554
17	207	50205438	52900000	2694562
18	208	55385796	58100000	2714204
19	209	60699351	63500000	2800649

表4 模拟2020年黄前水库水位-库容-淤积量关系表

序号	水位(m)	模拟库容(m ³)	原库容(m ³)	淤积量(m ³)
1	185	36746	300000	263254
2	190	2737924	3700000	962076
3	191	3762078	4900000	1137922
4	193	6171799	7700000	1528201
5	195	9397329	11200000	1802671
6	196	11395391	13300000	1904609
7	197	13613080	15600000	1986920
8	198	15972229	18100000	2127771
9	199	18625891	20900000	2274109
10	200	21545555	24000000	2454445
11	201	24645838	27300000	2654162
12	202	28116213	30900000	2783787
13	203	31851716	34700000	2848284
14	204	35904039	38800000	2895961
15	205	40255625	43200000	2944375
16	206	44930081	47900000	2969919
17	207	49892118	52900000	3007882
18	208	55070191	58100000	3029809
19	209	60373696	63500000	3126304

Adjusted R-square: 0.9987

RMSE: 250.9

根据该拟合方程, 经计算求得:

水位186.038米处淤积量250000m³;

水位186.882米处淤积量300000m³;

水位187.179米处淤积量320000m³;

188.259米处淤积量410000m³; 水位189.008米处淤积量500000m³; 水位189.590米处淤积量600000m³; 死水位190.60米处淤积量819890m³; 水库死水位以下淤积量占总淤积量的35%。

发生暴雨时, 悬移质输沙率变化较大, 但持续时间不长, 随后输沙率基本相对稳定, 同时水库暴雨径流与泄洪同步进行, 而一般降雨时不是同步泄洪。因此, 泥沙淤积可以采用平均输沙率模拟预测。

按照兴利水位209m预计量比对, 年淤积65131m³。根据1996年至2000年监测的输沙模数平均值177t/km², 则黄前水库年淤积为51684t, 两者出现偏差的主要原因为1996年前的输沙模数高于177t/km², 1996年之前黄前水库上游不断加大植树造林, 修建塘坝, 水土保持效果明显, 因暴雨等产生的泥沙淤积明显减少。因此, 1973年至1990年代水土流失较重, 而之后较低, 以后会处于相对平稳水平。

在模拟泥沙淤积采用2009年之前情况, 除非发生特殊自然灾害, 实际发生淤积值不会高于模拟情况。

3 泥沙淤积预测

模拟情景1: 以2010年为基准年, 模拟2015年水库淤积。见表3。

模拟情景2: 以2010年为基准年, 模拟2020年水库淤积。见表4。

模拟情景3: 以2010年为基准年, 模拟2030年水库淤积, 见表5。

由于水库流域植被增加, 水土保持发挥功效, 降雨产生的泥沙减少, 减少了水库泥沙淤积, 2010年以后, 按照以后各年的淤积减少5%、10%、20%、25%。以2010年为基准年, 模拟这三种情况下的2030年水库淤积情况, 见表6。

[参考文献]

[1]刘月兰, 韩少华, 吴知. 黄河下游河道冲淤计算方法[C]. 黄河水利委员会水利科学研究论文集, 郑州: 河南科学技术出版社, 1989.

[2]涂启华, 扬赓斐. 泥沙设计手册[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.

[3]蒲成松, 谢波. 水库泥沙淤积计算方法及其在工程中的应用[J]. 人民珠江, 2002(1): 56-59.

表5 模拟2030年黄前水库水位-库容-淤积量关系表

序号	水位(m)	模拟库容(m ³)	原库容(m ³)	淤积量(m ³)
1	185	-18094	300000	318094
2	190	2537494	3700000	1162506
3	191	3525018	4900000	1374982
4	193	5853429	7700000	1846571
5	195	9021779	11200000	2178221
6	196	10998601	13300000	2301399
7	197	13199140	15600000	2400860
8	198	15528949	18100000	2571051
9	199	18152121	20900000	2747879
10	200	21034215	24000000	2965785
11	201	24092888	27300000	3207112
12	202	27536263	30900000	3363737
13	203	31258326	34700000	3441674
14	204	35300719	38800000	3499281
15	205	39642215	43200000	3557785
16	206	44311351	47900000	3588649
17	207	49265478	52900000	3634522
18	208	54438981	58100000	3661019
19	209	59722386	63500000	3777614

表6 年淤积减少10%、20%、25%模拟2030年水库淤积

序号	水位/m	原库容/m ³	减少5%时 模拟库容/m ³	减少10%时 模拟库容/m ³	减少20%时 模拟库容/m ³	减少25%时 模拟库容/m ³
1	185	300000	-12062	-6029	6036	12068
2	190	3700000	2559542	2581589	2625684	2647731
3	191	4900000	3551095	3577172	3629325	3655401
4	193	7700000	5888450	5923471	5993512	6028533
5	195	11200000	9063090	9104400	9187021	9228332
6	196	13300000	11042248	11085895	11173189	11216836
7	197	15600000	13244674	13290207	13381274	13426807
8	198	18100000	15577710	15626471	15723993	15772753
9	199	20900000	18204236	18256351	18360580	18412695
10	200	24000000	21090463	21146710	21259205	21315452
11	201	27300000	24153713	24214537	24336186	24397011
12	202	30900000	27600058	27663852	27791441	27855236
13	203	34700000	31323599	31388872	31519418	31584691
14	204	38800000	35367085	35433450	35566180	35632545
15	205	43200000	39709691	39777166	39912116	39979591
16	206	47900000	44379412	44447472	44583593	44651653
17	207	52900000	49334409	49403339	49541200	49610130
18	208	58100000	54508415	54577848	54716714	54786147
19	209	63500000	59794031	59865675	60008963	60080607

[4]秦毅, 石宝, 李楠, 等. 含沙量预报方法探讨[J]. 泥沙研究, 2010(1): 67-71.

[5]吴巍, 周孝德, 王新宏, 等. 多泥沙

河流供水水库水沙联合优化调度的研究与应用[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2010(12): 38.