



黄河水库泥沙观测研究成果交流会

水库泥沙报告汇编

前 言

在伟大领袖毛主席“要把黄河的事情办好”的伟大号召指引下，建国以来在黄河干支流修建了一系列的水库工程，为治理黄河和发展工农业生产作出了一定的成绩。在毛主席的无产阶级革命路线指引下，在各级党委的领导下，黄河水库泥沙观测研究工作也有了很大的进展，积累了丰富的资料，取得了不少的新成果。一九七二年十二月水利电力部黄河水利委员会革委会主持，第十一工程局革委会协助，召开了“黄河水库泥沙观测研究成果交流会”。参加会议的有三十八个单位，八十一位代表，其中有黄河以外其他河流的单位和代表。会议以批林整风为纲，交流了各水库的泥沙观测研究成果，总结了多沙河流水库规划设计和运用管理的经验，并进一步提高了对水、沙运动和水库、河道冲淤变化规律的认识。现将这次会议中交流的部分成果共二十一篇汇编成册，以便广泛交流，进一步推动多沙河流水库泥沙观测研究工作的开展。

伟大领袖毛主席教导我们：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”近年来，我们在水库泥沙观测研究方面虽然做了大量的工作，但水库泥沙问题很复杂，今后的任务仍然很艰巨。只要我们坚持毛主席的革命路线，加强党的领导，紧密依靠群众，深入调查研究，认真总结经验，就一定能够更深入、更全面地认识和掌握水库泥沙运动规律，在水库的规划设计和运用管理工作中取得更多的自由，为我国社会主义建设作出更大的贡献。

编 者

一九七三年十二月

目 录

刘家峡水库淤积资料初步分析及续建排沙洞必要性的论证	(1)
盐锅峡水电站防止草沙影响机组安全运行经验总结	(16)
内蒙黄河三盛公枢纽库区水文泥沙观测资料初步整理分析	(34)
泥沙冲淤对多沙河流洪水演算的影响	(57)
黄河龙门——潼关河段(北干流)滞洪滞沙分析	(64)
三门峡水库库区泥沙冲淤规律及计算方法的初步研究	(73)
三门峡水库排沙能力分析	(83)
三门峡水库潼关以下冲淤计算方法	(93)
关于在多沙河流上修建水库保持“有效库容”的初步分析	(102)
关于三门峡水库保持“有效库容”的几个问题	(112)
三门峡水电站取水防沙的几个问题	(124)
三门峡水库修建前后黄河下游的冲淤及输沙特性	(133)
水库不平衡输沙的初步研究	(145)
黑松林水库蓄清排沙引洪淤灌初步经验	(169)
多沙河流中小型水库的运用管理	(184)
多泥沙河道上的“缓洪蓄清”水库	(194)
闸得海水库冲淤变化及近两年非汛期蓄水运用情况的初步分析	(205)
红山水库泥沙淤积初步分析	(215)
山东省冶源水库泥沙淤积初步分析	(228)
多沙河流水库规划设计的探讨	(238)
陕北无定河延河流域水土保持调查研究报告(摘要)	(247)

刘家峡水库淤积资料初步分析及 续建排沙洞必要性的论证

刘家峡水力发电厂
水利电力部第四工程局

(一九七三年六月)

一、基本情况

刘家峡坝址位于甘肃省永靖县境内黄河上游,距河源约 1511 公里,控制流域面积约 172,000 平方公里。坝址以下 30 公里为盐锅峡坝址,盐锅峡水库回水与刘家峡电厂尾水相接,区间无大支流汇入。

刘家峡库区主要由黄河干流及支流洮河、大夏河等三部分组成。坝址在洮河与黄河汇口下游约 1.5 公里处;大夏河在坝址以上 27 公里处汇入。库区平面形状及测验断面位置见图 1,各主要库段原始地形特点如表 1。

本水库上游以黄河循化水文站(距坝约 120 公里)、大夏河冯家台水文站(距坝约 42 公里)及洮河沟门村水文站(距坝约 32 公里;沟门村上游 86 公里有李家村水文站)

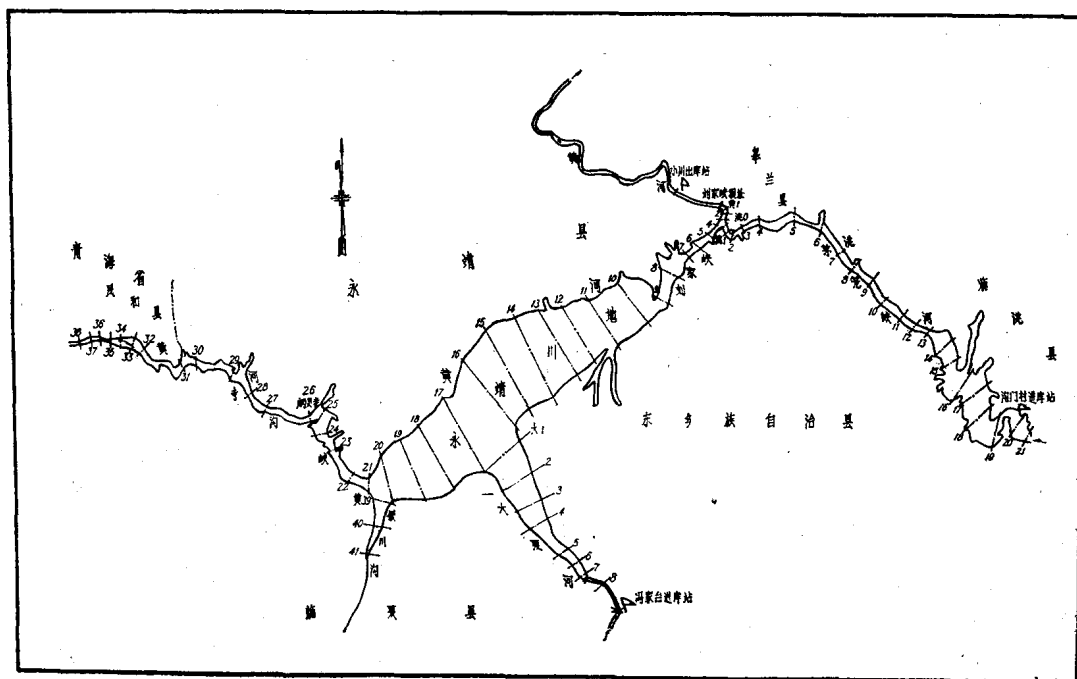


图 1 刘家峡水库测验断面位置示意图

表 1 刘家峡库区各段原始地形特点

河 流	黄 河			洮 河
库 段	刘家峡峡谷	永靖川地	寺沟峡峡谷	茅笼峡峡谷
长 度(公里)	8.5	23.8	22	20
宽 度(米)	100~200	3000~6000	100~200	100~200
平均比降(‰)	2	1.4	3.4	2.5~10.0
测验断面号	坝线~黄 9	黄 9~黄21	黄21以上	洮0~洮13

为进库站,下游以小川水文站(距坝约3公里)为出库站。因小川站流量、沙量系列较短,枢纽设计时用盐锅峡坝址下游的上洮水文站资料作为依据。各站水文泥沙要素见表2⁽¹⁾。

表 2 进出库水文站水文泥沙要素表

河 名	站 名	流 域 面 积		年 径 流 量		年 悬 移 质 沙 量		侵蚀模数 吨/平方公里
		万平方公里	占上洮%	亿立米	占上洮%	亿 吨	占上洮%	
黄 河	上 洮	17.3	100	263	100	0.87	100	502
	循 化	12.6	72.9	213	81	0.39	44.8	310
大夏河	冯 家 台	0.51	2.95	10.8	4.1	0.0414	4.76	812
洮 河	沟 门 村	3.02	17.5	48.5	18.5	0.268	30.8	888
	李 家 村	2.35	13.6	42.8	16.3	0.0425	4.88	181
区 间	上洮-(循+冯+沟)	1.17	6.76	-9.3		0.179	20.6	1530
	沟门村-李家村	0.67	3.87	5.7	2.2	0.2155	24.8	3220

由表2可见,洮河流域的水土流失比黄河干流严重。而洮河的泥沙来源又主要集中在李家村至沟门村的区间。

黄河循化站的多年平均流量为682秒立米,多年平均含沙量为1.76公斤/立米,实测最大含沙量为166公斤/立米(1970年8月7日)。洮河沟门村站的多年平均流量为154秒立米,多年平均含沙量为5.36公斤/立米,实测最大含沙量为536公斤/立米(1971年7月13日)。循化站与沟门村站多年平均各月悬移质输沙量分配如表3(表3的统计年份为1955~1970年,与表2的统计系列不尽一致)。干支流多年平均悬移质泥沙颗粒级配见表4。

表3的数字表明,刘家峡入库泥沙在年内分配非常集中。按7~9月三个月统计,循化站与沟门村站的沙量分别占全年沙量的72%与80%。在丰沙年份,汛期洮河洪峰、沙峰发生次数十分频繁。在沙峰过程中,还常常带来大量水草,曾对盐锅峡水电站的安全运行带来严重的困难,多次发生草、沙堵塞机组进水口拦污栅和淤堵工业用水管路、被迫降低负荷运行或停机清污等事故,造成重大损失^(2,3)。根据盐锅峡清污量推估,洮河的年草量约为2100立米(仅指对电站运行危害较大的水草)。因此,洮河水少、沙多、草多、库容小、距坝近的情况,形成本水库泥沙问题的一个特点,而洮河的水草和

表 3 循化站与沟门村站多年平均各月输沙量统计表

站 名	项 目	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月	全 年
黄 河 循 化	平均输沙量 (万吨)	3.1	6.0	24	69	275	405	1136	1172	578	280	63	7.8	4020
	占年输量 %	0.1	0.1	0.6	1.7	6.8	10.1	28.3	29.2	14.4	7.0	1.6	0.2	100
	最大输沙量 (万吨)	5.6	10	54	178	1210	1420	2890	2520	1318	1035	194	17	7900
	(年份)	(1956)	(1965)	(1968)	(1968)	(1967)	(1958)	(1959)	(1961)	(1967)	(1961)	(1961)	(1967)	(1967)
洮 河 沟 门 村	最小输沙量 (万吨)	1.1	2.9	14	16	27	53	234	214	59	34	7.5	2.9	1600
	(年份)	(1970)	(1957)	(1958)	(1958)	(1960)	(1966)	(1970)	(1956)	(1956)	(1959)	(1956)	(1970)	(1956)
	平均输沙量 (万吨)	1.0	1.7	11	73	204	193	866	1044	425	84	6.6	1.8	2910
	占年输量 %	0	0.1	0.3	2.5	7.1	6.6	29.8	35.9	14.6	2.9	0.3	0.1	100
	最大输沙量 (万吨)	2.5	3.4	46	406	1230	590	3640	3300	1860	338	23	4.3	6480
	(年份)	(1968)	(1966)	(1967)	(1965)	(1967)	(1963)	(1964)	(1959)	(1967)	(1961)	(1967)	(1962)	(1964)
	最小输沙量 (万吨)	0.3	0.8	0.6	1.5	7.1	16	198	71	3.5	5.1	1.3	0.6	557
	(年份)	(1956)	(1970)	(1955)	(1958)	(1966)	(1969)	(1965)	(1965)	(1965)	(1957)	(1957)	(1957)	(1969)

表 4 干支流悬移质泥沙颗粒级配表

取 样 地 点	小于某粒径 (毫米) 泥沙重量百分数 (%)									
	1.0	0.40	0.25	0.10	0.05	0.025	0.010	0.005		
洮河口以上黄河干流	100	99.5	97.7	88.4	73.2	50.6	27.9	16.8		
洮河沟门村	100	99.6	97.8	91.7	77.3	53.0	28.2	17.3		

泥沙也将是刘家峡水电站安全运行中的重要问题。另一方面，由于洮河来沙多集中在几个沙峰过程中，悬沙级配较细，粒径小于 0.025 毫米的泥沙约占 50%，又为洮河入库泥沙以异重流形式运行至坝前并排出库外创造了有利条件。

刘家峡水力枢纽是以发电为主，兼顾防洪、灌溉、给水的不完全年调节综合利用枢纽。坝顶高程为 239 米（假定标高，下同），最大坝高一百四十余米。正常高水位为 235 米，总库容 57 亿立米，其中黄河干流占 94%，洮河占 2%，大夏河占 4%。死水位为 194 米，死库容 15.5 亿立米。

在正常高水位时，水库面积约 130 平方公里，回水长度在黄河干流约 60 公里，在洮河约 30 公里，在大夏河约 15 公里。

枢纽设有机组五台，进水口底槛高程为 180 米。泄流建筑物有左岸泄水道（底槛高程 165 米）、右岸溢洪道（堰顶高程 215 米）和右岸泄洪洞（底槛高程 175 米）。

本水库于 1968 年 10 月 15 日正式蓄水，在蓄水前的施工期内，库区已有部分淤积。在初期运行的四年内，水库于每年 10 月底蓄至正常高水位，11 月开始泄水，至翌年 6 月底放空至死水位。

水库正式蓄水后至 1972 年底的库水位与各泄流建筑物流量过程线见图 2。

图 2 (a)

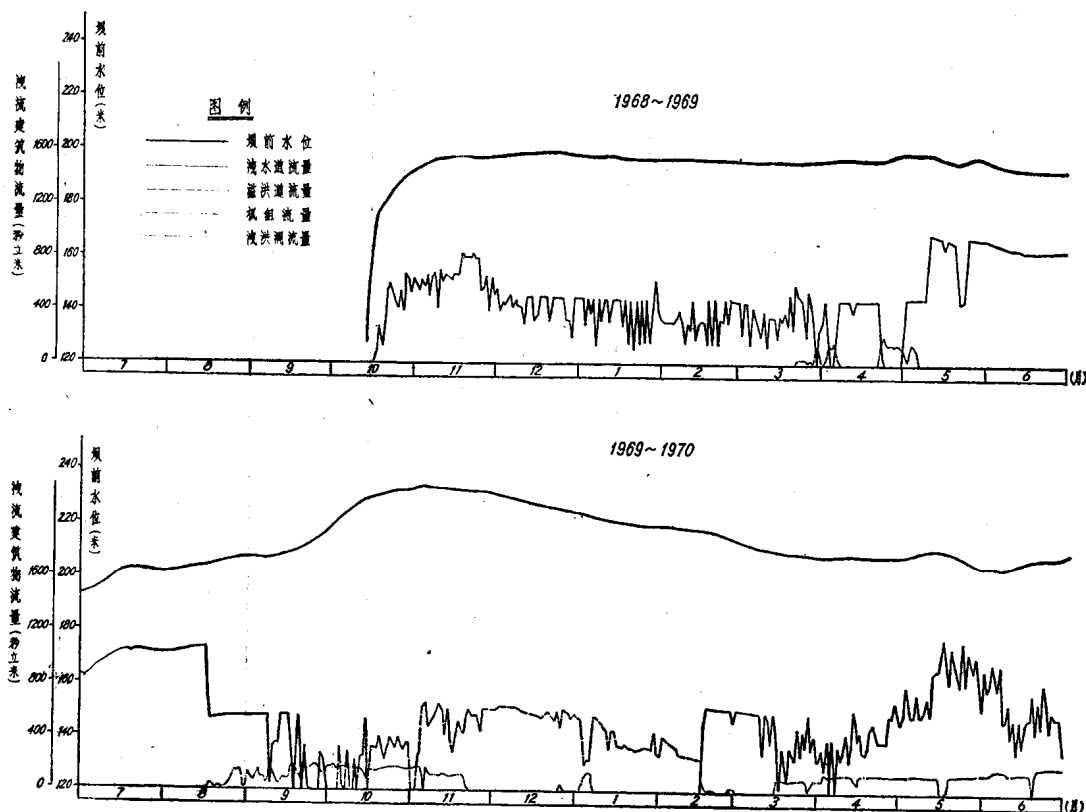
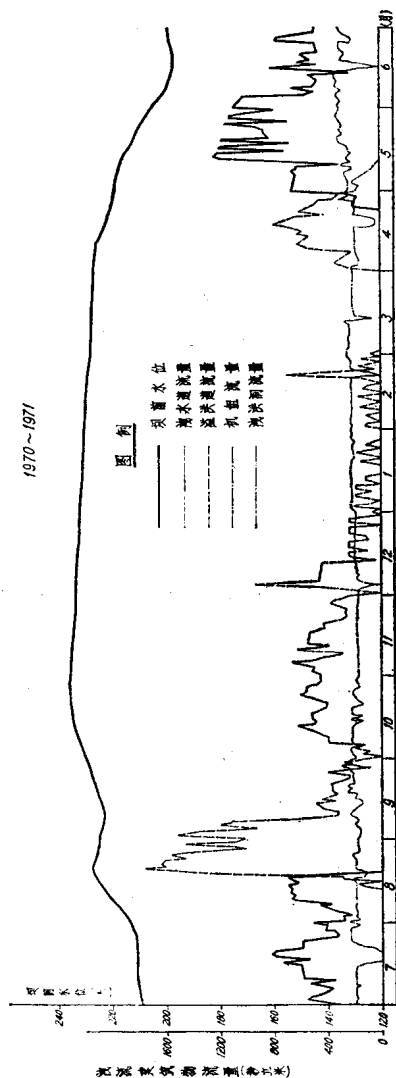


图 2 (b)

1970~1971



1971~1972

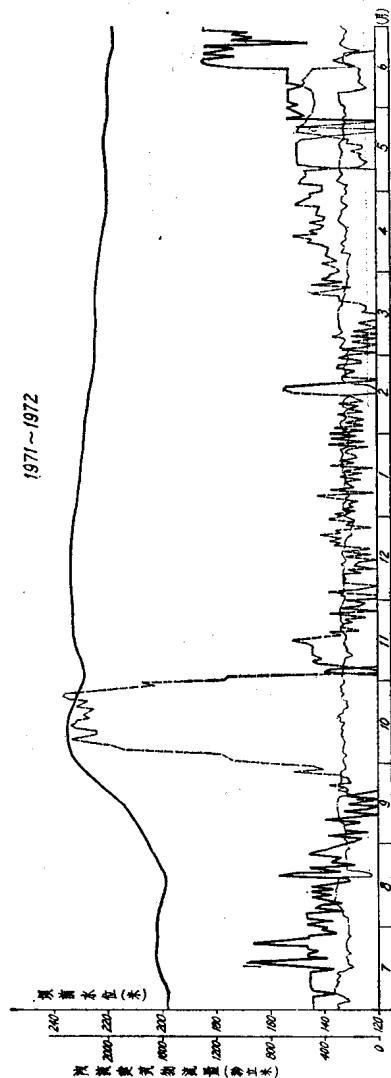


图 2 (c)

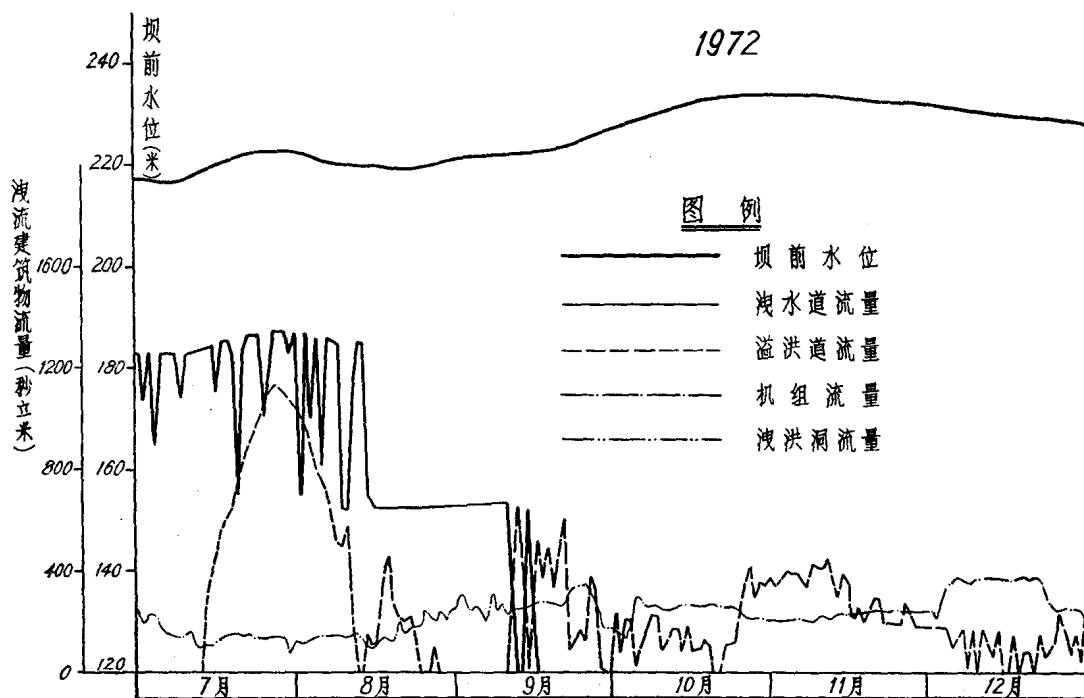


图 2 (a)、(b)、(c) 坝前水位及泄流建筑物流量过程线

二、水库淤积测验资料的初步分析

建库前测有 1/25000 库区地形图 (1958 年) 和 71 个淤积断面 (1966 年)。

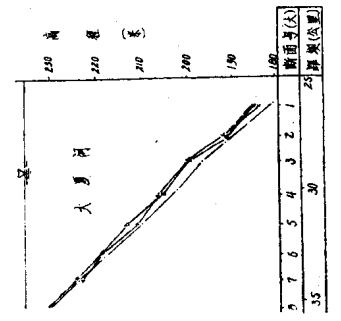
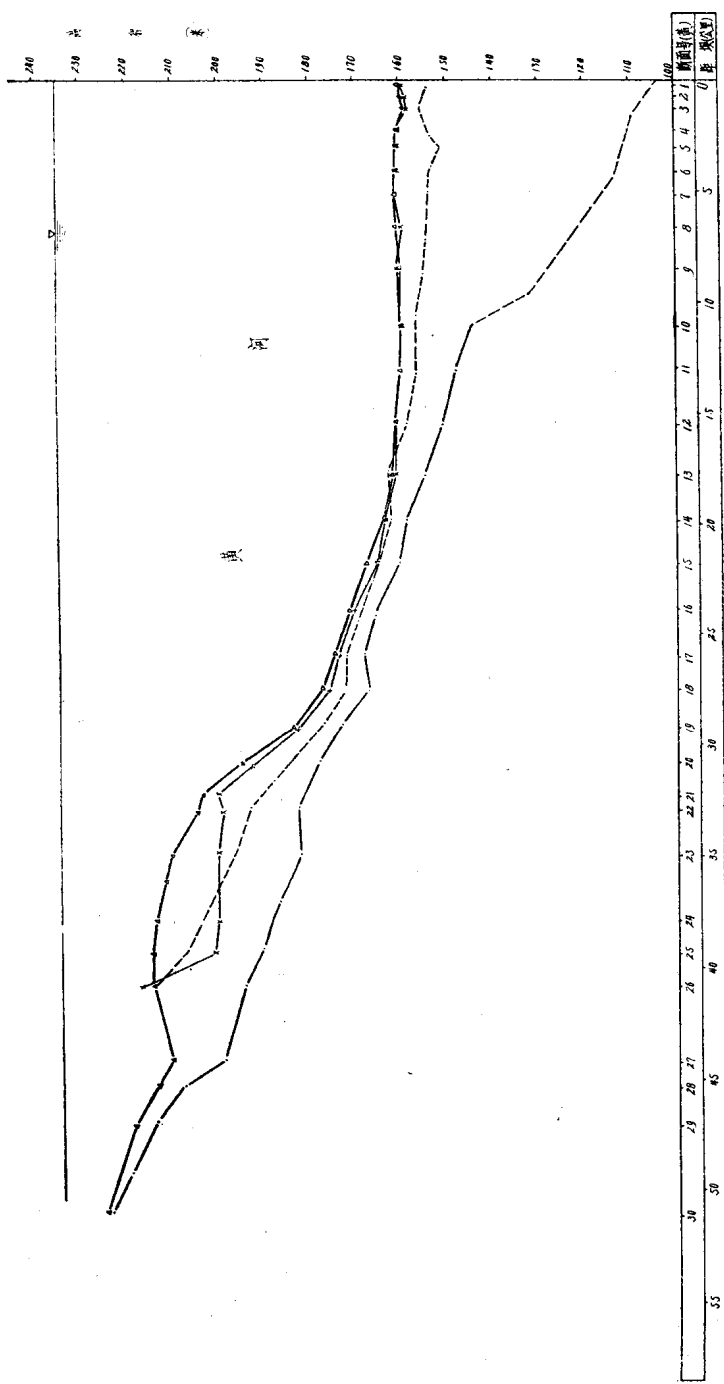
水库泥沙测验工作于 1969 年开始, 进行了淤积断面及坝前水下地形测量。

通过对泥沙测验资料的分析可看出, 自水库蓄水到 1972 年底, 洮河口库底淤高约 50 米, 坝前淤高约 54 米, 淤积面高程达 158.0~158.8 米, 已接近泄水道进口底槛; 泥沙淤积总量为 2.3 亿立方米, 主要在死水位 194.0 米以下, 但淤积逐渐向上发展 (见表 5)。

表 5 刘家峡水库不同高程以下泥沙淤积量

时 段	占总量 (%) 淤积量 (万立方米)	高程 (米)				
		155	175	195	215	235
1968~1971.6	14500	18.6	72.9	99.5	100	100
1971.6~1971.11	5533		44.5	68.0	100	100
1971.11~1972.11	2922			16.8	97.5	100

泥沙淤积沿库段的分配, 黄河干流的淤积量占总量的 80~90%, 其中大量淤积在库面宽阔的黄 9~黄 16 及寺沟峡出口下游段黄 16~黄 22 断面之间 (见表 6)。淤积纵剖面见图 3。



图例

- 1966年
- - - 1971年以前
- · - 1971年以后
- - - 1972年

注：黄河下游1966年以前淤积严重，1971年以后淤积较轻，1972年淤积更轻。

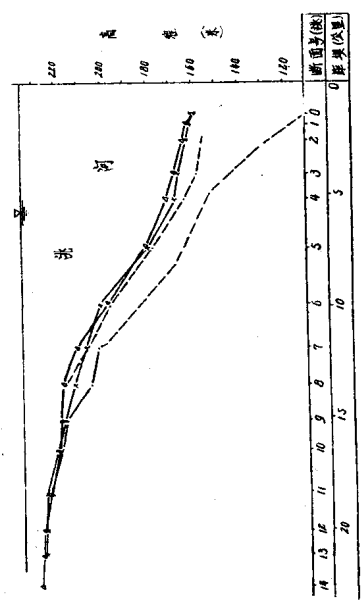


图 3 刘家峡水库淤积纵剖面 (最低点)

表 6 刘家峡水库泥沙淤积部位表

时 段	占总量 淤积量 (%) (万立方米)	库 段	洮 河	大夏河	坝~黄 9	黄 9 ~ 黄 16	黄 16 ~ 黄 22	黄 22 以上	黄河干流
1968~1971.6	14550		9.2	1.6	4.5	44.0	30.0	10.7	89.2
1971.6~1971.11	5533		7.7	15.1	15.6	0	45.0	16.6	77.2
1971.11~1972.12	2922		7.6	0	0	0	44.0	48.3	92.3

同时,从各年汛期水库运用水位与泥沙淤积部位的关系进行分析,两者关系甚为密切。例如 1972 年汛期库水位较高(见表 7),使入库泥沙大量淤在水库末端寺沟峡谷段及其出口附近库段,淤积量分别占年总量的 48.3% 及 44.0%。因此,如何正确地制定水库的运用方式,对减轻有效库容的淤积,延长水库寿命,是有重要意义的。

表 7 刘家峡水库历年汛期(6~9月)最低水位

年 份	1969	1970	1971	1972
水 位(米)	191.90	204.09	196.20	216.40

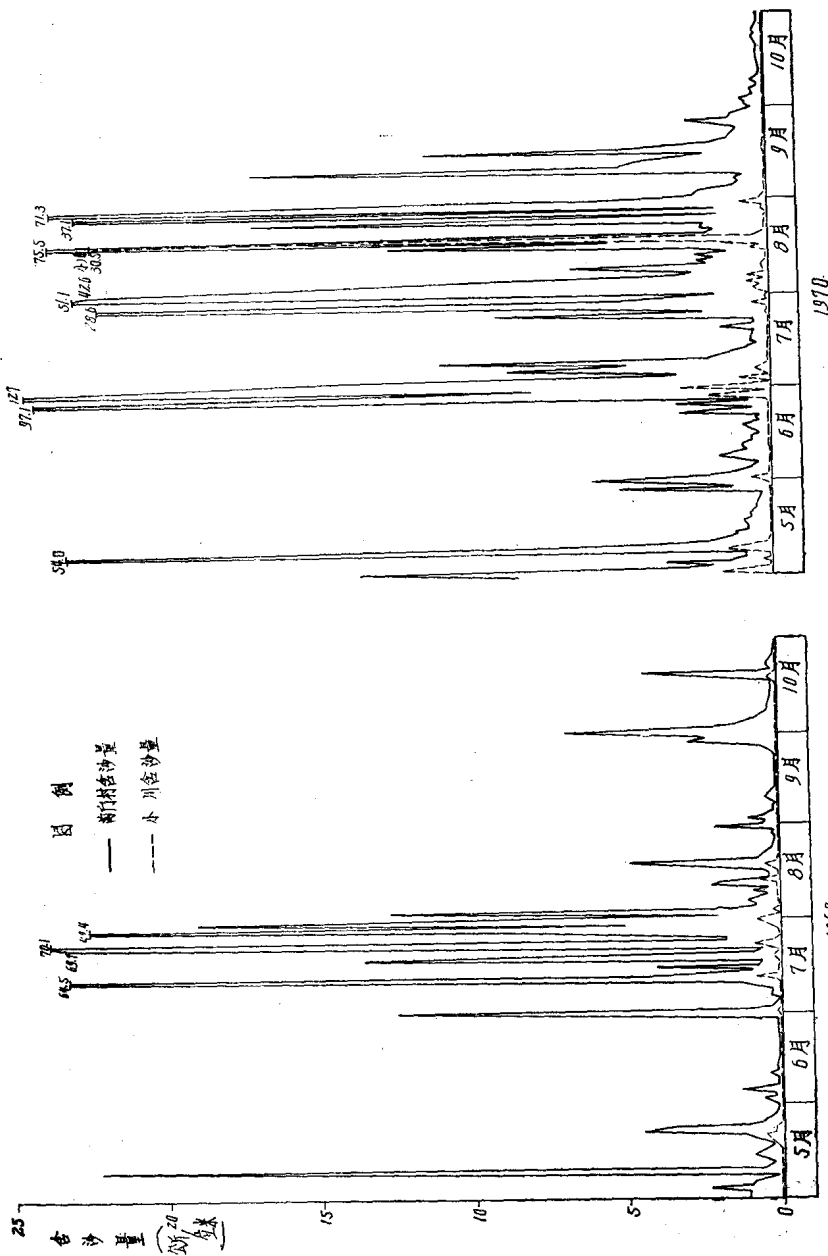
根据技术设计计算结果,水库蓄水 2~3 年后,在死水位以下的洮河库容以洮河口以下至坝前的部分库容即可淤满。但由于水库蓄水以来遇枯水少沙系列,目前这部分库容尚未淤满。但今后如遇丰沙年份,洮河库容将迅速淤满,洮河水草、泥沙将直抵坝前,给电站安全生产造成威胁。因此,必需加强泥沙测验,采取措施,排沙减淤,防患于未然。

三、水库排沙问题

自水库蓄水以来,每当上游降雨,洮河发生洪水时,只要泄水道开启泄流,所排泄的水都是浑水,而坝前水库的水则为清水,机组尾水管泄流也基本上是清水。这种现象说明,上游泥沙进入水库后,能形成潜流型异重流运行到坝前,并通过泄水道排出库外。

截至目前,还没有进行库区异重流测验,枢纽泄流建筑物也没有设置采沙样设备。从水文站实测资料可以看出,每当泄水道启闸泄流(泄水道流量过程见图 2),下游小川站的沙峰和洮河沟门村站的沙峰是相应的,而小川站和黄河循化站的沙峰对应关系就差一些。图 4 是 1969~1972 年汛期沟门村与小川的含沙量过程线。洮河库区在茅笼峡内,河道窄、坡降陡、库容小、距坝近,有利于进库泥沙形成潜流型异重流运行至坝前,并通过泄水道排出库外。黄河干流库容很大,回水很长,永靖川地库段宽达数公里,坡降较平,异重流在这开阔段内可能扩散沉淤下来。因此,我们暂时认为黄河干流泥沙很少排出库外,或其排出量占水库总排沙量的比例很小。

根据洮河沟门村进库与小川出库沙量进行统计,求得洮河全年与沙峰期(仅计算与泄水道开启时相对应的沙峰)的排沙比列如表 8。



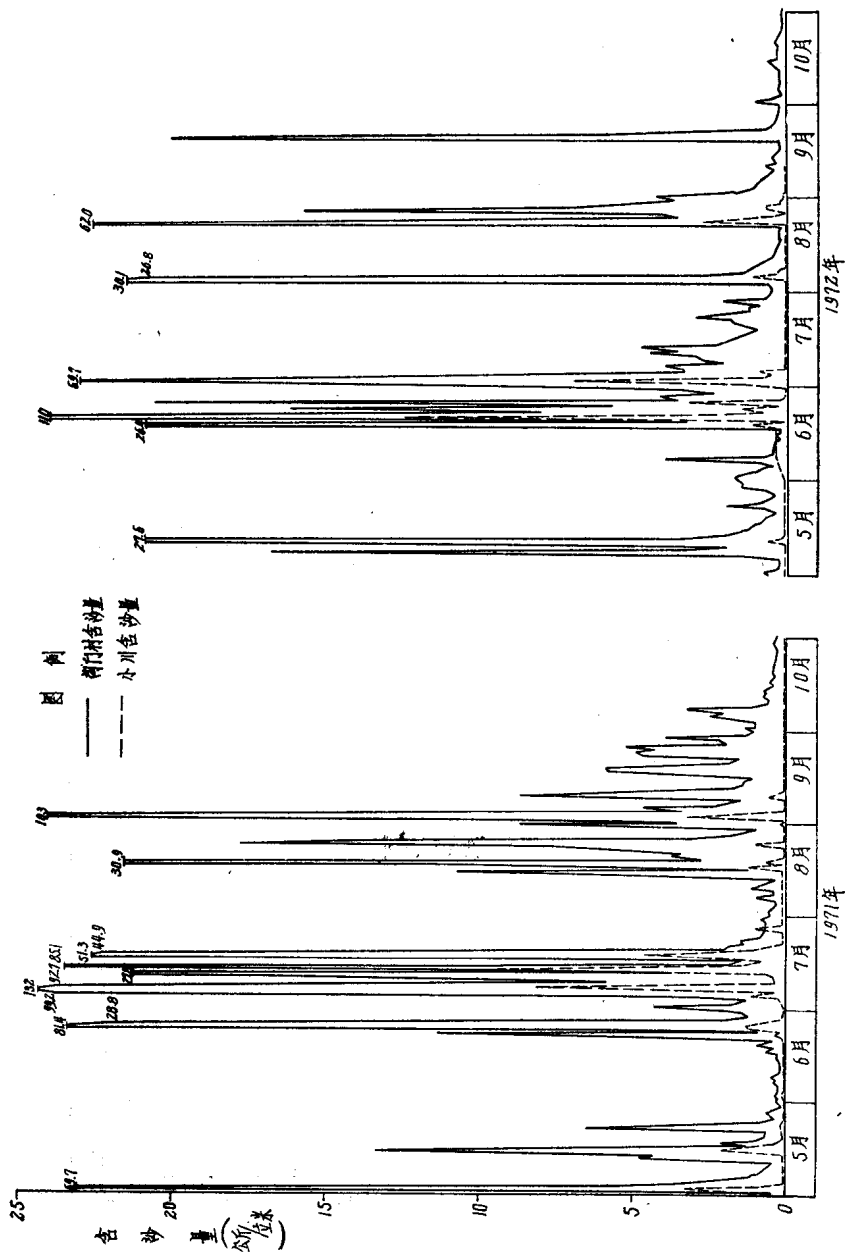


图 4 各年汛期沟门村、小川含沙量过程线

418090

表 8 洮河排沙比统计表

项 目	站 名	1969年	1970年	1971年	1972年	备 注
全年总沙量	沟 门 村 (万吨)	557	2540	1520	1180	洮河进库
	小 川 (万吨)	142	639	521	591	出库
	小 川/沟门村(%)	25.5	25.1	34.3	50.1	洮河全年排沙比
汛期沙峰总沙量	沟 门 村 (万吨)	394	1650	1340	960	洮河进库
	小 川 (万吨)	80.0	546	466	525	出库
	小 川/沟门村(%)	20.3	33.1	34.8	54.7	洮河沙峰排沙比
沙峰来沙量/全年来沙量(%)		70.7	65.0	88.2	81.3	
沙峰排沙量/全年排沙量(%)		56.3	85.5	89.4	88.9	

从表 8 可以看出, 洮河泥沙的排沙比是逐年提高的, 目前已达到 50.1% (全年排沙比) 或 54.7% (沙峰排沙比)。由此可见, 通过泄水道排沙是有一定效果的。

参考官厅水库的异重流排沙情况, 如以 $d=0.025$ 毫米的泥沙作为异重流的极限粒径, 以汛期各次沙峰中 $d<0.025$ 毫米的泥沙作为异重流泥沙进行统计, 求出洮河异重流排沙比如表 9, 表中 1972 年的异重流排沙比看来稍微偏大, 可能是由于测量与计算中的误差所致, 也可能是干流少量异重流泥沙出库所致。

表 9 洮河异重流排沙比统计表

年 份	异重流进库沙量 (万吨)	异重流出库沙量 (万吨)	异重流排沙比 (%)	备 注
1969	142	40.9	28.7	10次沙峰共39天
1970	675	294	43.6	8次沙峰共56天
1971	520	348	67.0	9次沙峰共67天
1972	342	346	101.3	6次沙峰共49天

随着水库的逐年淤积, 异重流的排沙效果是逐年增长的。原因主要是坝前淤积面逐年抬高, 使异重流在坝前的爬高减小, 有利于泥沙排出库外。表 10 是历年坝前淤积面的平均高程 (坝址天然河床高程约 104 米)。

表 10 历年坝前淤积面平均高程

时 期	机组进口栏污栅前淤积面高程 (米)	黄 1 断面淤积面高程 (米)
1969 年汛后	140	140
1970 年汛后	156	155
1971 年汛前	156	154
1971 年汛后	158	160
1972 年汛后	158	160

泄水道进口底槛高程为 165 米, 1969 年汛后坝前淤积面高程为 140 米, 而 1969 年汛期异重流泥沙已能通过泄水道排出库外。可见异重流在坝前能爬高达 25 米以上。

异重流的排沙效果主要取决于异重流到达坝前时, 泄水道闸门是否开启。如沟门村出现沙峰, 而泄水道关闭不泄流, 洮河异重流运行到坝前受阻后, 将形成浑水水库, 泥沙在坝前落淤, 从而加快了坝前淤积面平行抬高的速度。例如 1970 年 8 月 19 日泄水道闸门关闭后, 8 月下旬与 9 月上中旬洮河连续出现沙峰, 沟门村入库沙量为 655 万吨, 而小川出库沙量仅 27.5 万吨, 这时段 96% 的泥沙在库内淤积下来, 使坝前淤积面抬高得很快 (1970 年汛后比 1969 年汛后淤高 16 米)。因此, 正确掌握异重流到达坝前的时间, 及时开启泄流建筑物, 不使异重流在坝前受阻, 排沙效果就能增大, 对控制坝前淤积面高程也是有效果的。

我们在坝址现场还观察到如下的情况。1972 年 5 月右岸泄洪洞 (泄洪洞进口比泄水道进口高 10 米) 短期运用期间, 在一次库区降雨后, 泄洪洞曾泄出浓度较高的浑水。今年 4 月下旬以来, 库区降雨比较频繁, 机组 (进水口比泄水道进口高 15 米) 曾多次泄出浑水, 可见异重流已能通过机组排出库外。

四、排沙洞续建必要性和效果的分析

盐锅峡水电站的运行经验说明, 在 1964 年水库淤满形成径流电站以后, 到 1968 年刘家峡水库蓄水以前的各年汛期, 上游河道的水草、泥沙输移到坝前, 曾多次发生草、沙堵塞机组进口拦污栅和淤堵工业用水管路, 被迫降低负荷运行, 甚至停机清污, 同时泥沙严重磨损水轮机, 这些都造成了严重损失^(2,3)。为了使刘家峡水电站不致出现当年盐锅峡水电站的情况, 1968 年在大坝施工期间, 曾在 1 号与 2 号机组 (机组号顺序由右起算) 进水口前沿预留了排沙洞进口段, 进口底槛高算 165 米, 并进行了模型试验⁽⁴⁾。1971 年底我们又进行了排沙洞续建必要性和效果的分析工作⁽⁵⁾。

如上所述, 水库蓄水以来遇枯水少沙系列, 洮河来沙有一部分通过异重流形式排出库外, 即使在这样条件下, 坝前淤积面已达到 158~160 米, 距左岸泄水道和右岸排沙洞进口底槛只有 5~7 米。但是, 如遇一个丰沙年, 坝前淤积面将会抬高到 180 米以上。届时, 在汛期低水位运行期间, 洮河部分库段和洮河口到坝前库段, 将变成径流电站, 洮河泥沙和水草将要行近和通过机组, 完全有可能在刘家峡电站重演盐锅峡电站在 1964 年到 1968 年出现的那种严重局面。此外, 将来还存在洮河推移质泥沙对水轮机磨损的问题。因此, 必须对洮河的草、沙采取有效的处理措施, 以保证电站的安全运行。

首先分析一下, 如果不利用泄水道和排沙洞排除沙、草, 单纯依靠提栅清污能否保证电站安全运行。刘家峡电站吸取了盐锅峡电站的经验教训, 采用了通敞式拦污栅, 共有 32 孔, 每孔面积 $3.2 \text{ 米} \times 20 \text{ 米} = 64 \text{ 平米}$, 总面积为 2048 平米。盐锅峡电站每孔拦污栅面积为 $8 \text{ 米} \times 11 \text{ 米} = 88 \text{ 平米}$, 比刘家峡每孔面积稍大一些。盐锅峡电站每孔清污时间 (包括提栅、清污、落污等时间) 平均约 65 分钟。刘家峡电站因拦污栅提升高度比盐锅峡大一倍, 估计清污时间较长, 每孔约需 90 分钟, 则连续不间断地把 32 孔拦污栅清完一次的周期约为两昼夜。按照盐锅峡电站的经验, 当拦污栅上贴附水草的平均厚度

在 10~20 厘米时, 拦污栅被水草堵塞部分便基本上不过流了。也就是说, 把刘家峡的通敞拦污栅堵住, 只要 200~400 立米水草就够了。盐锅峡的经验还说明, 洮河的草量大而势猛, 来草量与来沙量是成比例的, 并估算出 1967 年 7 月 18 日一次洪峰两天内洮河的草量就有 750 立米。对比这些数字可见, 水草的堵塞速度比提栅清污的速度还要快, 通敞拦污栅还有被堵塞的可能。换句话说, 单纯依靠清污不能保证汛期低水位时电站的安全运行。

通敞式拦污栅虽然有进流面积大的优点, 在草量不大时能保留一定的进流面积。但在堵塞严重时, 优点也会转化为缺点, 这就是受它影响的不仅仅是一台机组, 而是整个电站所有机组的安全运行。刘家峡机组容量比盐锅峡大得多, 因此, 刘家峡电站的问题将比盐锅峡更为尖锐, 要求保证刘家峡电站安全运行的措施必须更为可靠。

泄水道对保证电站安全运行的作用有多大? 如前所述, 这四年来洮河泥沙通过泄水道排出库外的排沙比已由 25% 增至 50%, 说明泄水道对减少坝前泥沙淤积和减少通过机组的泥沙量是有一定作用的。至于泄水道对排除水草的作用, 由于目前洮河还有一定的库容, 洮河水草在洮河上游库段沉淤, 还没有输移到坝前, 尚难在原型中判断。根据表 11 列出原北京水科院 1:80 模型试验的一组结果⁽⁴⁾可见 (天然水草直径 4~10 厘米, 比重 1.015~1.13。试验中以直径 0.4~0.5 毫米、比重 1.048 的尼龙丝模拟水草。表 11

表 11 泄水道排草模型试验的一组结果

运 用 情 况	水 草 量 (支)						
	1# 机	2# 机	Ⅲ坝段	Ⅳ坝段	3# 机	4# 机	5# 机
泄水道关闭	4	11	2	2	12	9	28
泄水道开启	4	13	0	1	12	6	1

中数字供相对比较用), 开启泄水道能吸引, 排走行近 4 号与 5 号机组进水口的水草, 尤其是对 5 号机组的作用更为显著, 而对行近 3 号机组以及 1 号、2 号机组的水草则影响不大。这就是说, 泄水道只能保证 4 号与 5 号机组进水口拦污栅处于比较清洁的状态, 但还不能保证整个电站安全运行。因为拦污栅是通敞的, 如果拦污栅大部被堵塞, 而流量集中从 4 号与 5 号机组前几孔汇入, 流速增大所造成的拦污栅压差增大也很可观。据估算, 在均匀进水时为十几厘米的压差, 在集中几孔汇入时其压差可升高到 1.5 米左右, 再加上这几孔还有少量水草堵塞, 压差也就接近拦污栅设计水头了。因此, 仅仅依靠泄水道泄流以保证电站安全运行也是有困难的。

如果再考虑如下三点: (1) 泄水道泄量太大, 汛期经常泄流, 在枯水年份将与水库蓄水运用造成矛盾; (2) 泄水道泄流雾化对变电站出线的影响; (3) 泄水道高压闸门振动问题尚未解决, 不能部分开启, 也不宜频繁启闭等因素, 则更可确信不能单纯依靠泄水道以保证电站安全运行发电。

关于排沙洞的效果问题。排沙洞的名称本身并不反映它的实际, 设置排沙洞的根本目的不完全是为排沙, 更不是也不可能把洮河泥沙的大部分通过排沙洞排泄。而是由于排沙洞的泄流, 改变了坝前局部的淤积地形, 起到减少堵塞拦污栅的水草量和减少通过

水轮机的泥沙量的作用，从而保证电站的安全运行。

排沙洞保证电站安全运行的原理及其作用如下：

(1) 模型试验指出，由于排沙洞泄流，淤沙在水下形成天然休止角，因此，在洞进口周围将形成一个锥形冲刷坑。这个冲刷坑增大了1号与2号机组拦污栅前的局部河床水深，从而降低拦污栅前的行近流速，这就使在水流中的水草转向河底输移，并通过排沙洞向下游排泄，或者在冲刷坑内沉淀，并由于水草在水下也要维持天然休止角而滑向排沙洞排往下游。

排沙洞局部降低行近流速值可大致估算如下：水库淤积平衡建立之后，在汛初低水位运行期间，坝前水深约15米左右。由于排沙洞前冲刷坑的存在，使局部水深增大到30米左右，这就使坑内局部流速降低到0.3米/秒左右。据盐锅峡坝前观测，在垂线平均流速小于1~1.2米/秒时，水草大部沿河底运动；而当平均流速小于0.5~0.8米/秒时，水草就沉于河底。因此，可以预期，行近1号与2号机组进水口的水草将在冲刷坑内沉淀。因此，排沙洞首先是对洮河水草起到“检查”、“拦截”和“引导”的作用。

过去的模型试验成果也帮助证明了这点。在不同排沙洞流量下，拦污栅贴附的水草量与通过排沙洞排泄的水草量分配如表12：

表 12 排沙洞排草模型试验成果

排沙洞流量 (秒立米)	1#、2#机组拦污栅水草量 (%)	全线拦污栅水草量 (%)	排沙洞排泄水草量 (%)
80	1	9	90
180	0.4	2.2	97.4

可见排沙洞对拦截行近电站的水草，其效果是显著的，这就可以大大减轻拦污栅的堵塞。

(2) 由于排沙洞泄流所形成的冲刷坑，使泥沙和水草在拦污栅前停留落淤和堵塞失去依托和基础。也就是说，即使有少量水草行近1号与2号机组拦污栅，由于排沙洞的存在，也将滑向冲刷坑并排往下游；而在拦污栅前沉淀的泥沙，要么通过机组下泄，要么滑向冲刷坑由排沙洞排走。这样，将有助于进一步减轻拦污栅的堵塞。

(3) 排沙洞前的冲刷坑对拦截行近电站的推移质泥沙的效果也是显著的。表13是模型试验中两种塑料沙的试验成果（粗沙粒径1.0~1.6毫米，细沙粒径0.42~0.84毫米，比重1.04）。

表 13 排沙洞排沙模型试验成果

模型沙	排沙洞流量 (秒立米)	过机泥沙百分比(%)					排沙洞排沙 百分比(%)
		1#	2#	3#	4#	5#	
粗沙	80	0	1	7	3	2	87
	180	0	0	4	2	1	92
细沙	80	6	6	17	22	8	41
	180	3	1	10	9	13	64