

(15)

76-81

渔子溪电站闸坝汛期的运行经验

盛学文

(映秀湾发电厂 汶川映秀 623003)

TV 747

摘要 渔子溪电站是一座径流引水式电站,担负着防洪和发电任务。近6年来,不断总结电站初期的运行实践,积极进行汛期运行方式的探索,成功地实行了闸前反冲、沉沙池反冲、不定期冲沙以及运行中冲沙,有效地解决了汛期洪水过程中因栅堵严重影响机组出力的问题,为径流电站汛期防洪、排污以及多发电提供了可借鉴的经验。

关键词 泥沙 漂浮物 堵塞 拦污栅 闸前反冲 汛期运行方式

引水式水电站、 闸门、 拦污栅、 堵塞

1 前言

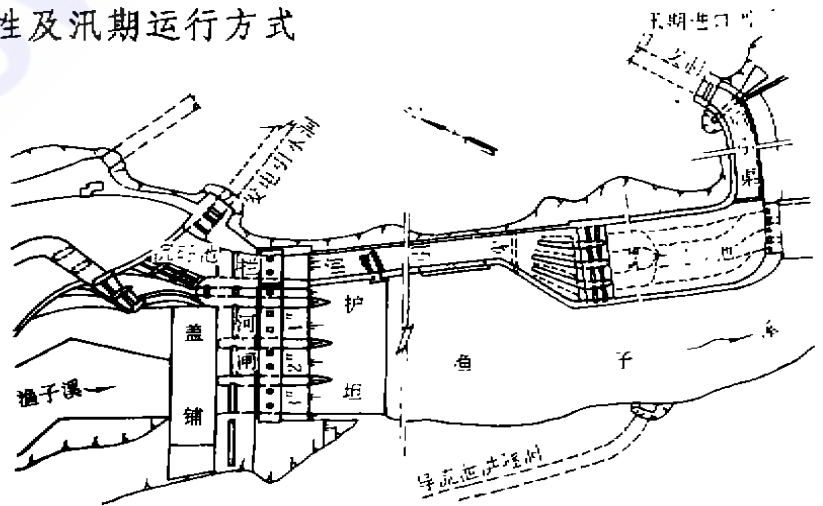
渔子溪一级水电站首部枢纽建在岷江支流渔子溪上,距河口约12km,闸址以上流域面积为1674km²,占渔子溪流域面积的96%。电站装机4×40MW,水库总库容40.3万m³,属于径流引水式电站。电站首部枢纽设有枯期和汛期两个进水口,经一条长8429m的压力隧洞引水至发电厂房。渔子溪是多泥沙河流,设计年平均悬沙输沙量120万t,推移质输沙量24万t,每年的6~9月暴发洪水,洪水夹着大量木棍、树枝和杂草很快堵塞拦污栅;大量泥沙(石)淤积库区和沉沙池。历年运行情况表明,洪水次数越多,洪水流量越大,造成电量损失也就越多。

电站自1972年投产以来,尽管每年汛期都采取了一些运行措施,但清污效果仍不理想。通过对清污设施的改进和近几年的运行实践,对汛期清排污物这一难题有所突破。

2 渔子溪电站工程特性及汛期运行方式

渔子溪电站首部枢纽详见附图,工程(部分)特性见表1。

电站汛期正常运行方式是:关闭枯期进水口(闸前)闸门,库区实行1184.0~1186.0m低水位运行,不超过束水墙和导流墙1186.0m顶高程,避免漂浮物直接进入取水口;水流经过清污闸(1983年建)、取水口粗拦污栅和沉沙池细拦污栅拦截砾



附图 渔子溪电站首部枢纽平面布置示意图

石和浮渣；经沉沙池沉沙，最后通过汛期进水口进入引水隧洞发电。

在汛期运行中，当遭遇大洪水时，取水口很快被污物堵死，全站实行全停机避峰；全开导流洞闸门、全开3孔拦河闸工作门和1孔冲沙闸工作门，以确保水工建筑物的安全。

表1 渔子溪电站工程(部分)技术特性表

序号	名称	数量及特性
1	设计洪水(1%)流量及洪水位	1260m ³ /s, 1188.4m
2	校核洪水(0.2%)流量及洪水位	1870m ³ /s, 1190.5m
3	水库总库容	40.3万m ³
4	水库有效库容	39.1m ³
5	洪水期水库运行水位	1184.0m
6	3孔泄洪闸尺寸(宽×高)及闸底高程	8m×9m, 1179m
7	1孔排沙闸尺寸(宽×高)及门底高程	2.5m×8m, 1179m
8	1孔引渠闸尺寸(宽×高)及门底高程	7m×3m, 1179m
9	导流洞工作门孔尺寸(宽×高)及门底高程	6m×5m, 1184.5m
10	清污闸挡砂坎高程及拦污栅栅条净距	1181~1181.5m, 0.09m
11	3孔粗拦污栅尺寸(宽×高)及底高程	4.6m×3.7, 1181.0m, 电动葫芦起吊
12	粗拦污栅允许前后水位差(即栅差), 粗栅净距	2.0m, 0.10m
13	沉沙池4孔细拦污栅(宽×高)及栅条净距	5.2m×7.95m, 0.05m
14	细拦污栅允许栅差	1.0m
15	沉沙池尺寸(宽×长)	25m×95.5m
16	沉沙池廊道排沙方式	连续水力冲沙, 1991年改为电动启闭
17	3孔排沙廊道(其中1孔在扩散段)闸门尺寸(宽×高)	0.8m×0.85m
18	1孔排沙廊道闸门尺寸(宽×高)	1.1×1.1m

汛期运行应特别注意以下问题：因沉沙池池身一段(长32m)在结构上存在着基础开挖深度不够的缺陷，当池内无水而外河道水位很高时，沉沙池池身有漂浮和滑动的可能。为此，《运行规程》规定：当闸下河道流量大于200m³/s时，池内必须充水至1182.0m以上。仅此一点，给电站汛期运行和防洪清污带来很大难度。

3 电站初期的汛期运行措施

电站初期第1、2次洪水及运行情况见表2。

表2 渔子溪电站1983、1984年第1、2次洪水运行情况表

日期	时 刻	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1983年	$Q_{入库}$ (m ³ /s)								145				
6月	栅差(粗/细)								2.5/0.5	2.0/0.4			
5日	(m/m) N (MW)	160	160	160	160	160	160	155	155	120	120	120	120
1983年	$Q_{入库}$ (m ³ /s)		130				191		192				
6月	栅差(粗/细)							1.2/0.2		清理粗栅			0.2/0.7
26日	(m/m) N (MW)	110	110	110	110	110	110	110	110	110	120	130	125
1984年	$Q_{入库}$ (m ³ /s)								181			227	
6月	栅差(粗/细)											2.0/0.2	清理
8日	(m/m) N (MW)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
1984年	$Q_{入库}$ (m ³ /s)					197			228				
6月	栅差(粗/细)				2.5/0.4	2.9/0.5							
24日	(m/m) N (MW)	160	160	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0

续表 2

日期	时 刻	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
1983年	$Q_{入渠}$ (m^3/s)								129				
6月	栅差(粗/细)											2.2/0.4	
5日	(m/m) N (MW)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
1983年	$Q_{入渠}$ (m^3/s)		186						175				
6月	栅差(粗/细)				0.3/0.8			0.2/0.6					
26日	(m/m) N (MW)	100	100	85	90	90	70	70	70	80	80	75	70
1984年	$Q_{入渠}$ (m^3/s)		186						147				
6月	栅差(粗/细)	粗栅	0.5/0.4										
8日	(m/m) N (MW)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
1984年	$Q_{入渠}$ (m^3/s)		178						140				
6月	栅差(粗/细)			冲洗	沉沙池		0.3/0						
24日	(m/m) N (MW)	0	0	0	0	0	80	120	110	110	120	120	120

从表 2 可以看出汛期洪水不仅严重阻塞拦污栅,而且大大影响机组出力。最严重的阻塞发生在 1977 年和 1981 年,粗拦污栅栅差达 4m 以上,细拦污栅栅差也达 3m。为了防洪排污,在初期(1986 年以前)采取了以下运行措施:

3.1 半机械、人工清污

半机械清污是指在运行中提起粗拦污栅进行清理再放下的办法。由于取水口水流方向与粗拦污栅构架面成锐角关系,在提升的过程中受水流冲击发生倾斜,容易卡入栅槽(也有木棒插入卡阻原因),其中 1983 至 1985 年就卡阻数次,有两次致使栅构架变形而更换。提升粗栅而进入沉沙池的漂物也相对增多,从而造成细栅的堵塞。

人工清污是指在运行状况下人工打捞沉沙池栅前浮渣的办法。这种方法是在一定水流速度的情况下进行,只能捞表面浮渣。当栅差在 0.2m 以上时,上部水流加快,无法打捞 1.5m 水面以下的卡阻物(插入的木棒等)。这种捞渣需要 4~10 人,劳动强度大,花费时间在 2~10h,当人员不充足时,就只有较长时间降低出力运行,很不经济。

3.2 运行中排污

运行中遇洪水上涨时,及时开启导流洞闸门能排放大量的洪水污物。其缺点是,渔子溪洪水涨势快,而导流洞进口距值班室有一里之遥,不便迅速启闭。实际上,在 150~200 m^3/s 的洪水初期,漂浮物已很快封堵了粗拦污栅,电站被迫减少出力,直至停机避峰。

运行中,当拦河闸的闸门开度小于 1m 时,水流就冲不走清污闸前的淤石。对沉沙池的淤沙,运行中开启池末各排沙廊道闸门排沙。1991 年以前,开启各廊道闸门全是人力手摇,调节十分不便,在一定程度上减少了开启闸门的次数,使沉沙池排沙达不到预想效果。

3.3 停机清理及冲沙

从 1983 年开始,实行每月 1~2 次的全停机冲沙,可以清除干净各道拦污栅片上的木棍、树枝和杂草,冲除沉沙池的全部淤积和冲走大量库区推移质。这种冲沙虽然效果好,但所需时间 5~8h,每年损失电量近 600 万 kW·h。在历年的运行当中,遇上大于 200 m^3/s 的洪水历时较长,各拦污栅在洪水初期就严重受堵,按规定沉沙池不能放空,也就不能清除栅上的大量污物,而只能采取长时间(1~4d)低负荷运行。

4 近期运行方式及效果

4.1 近几年污物堵塞情况

1983年修建的清污闸拦截库区推移质起到了显著作用,清污闸上的拦污栅也起到了拦渣作用。但同时也给运行引水增加了阻碍,即栅差大时,引用流量不足。从1985年起至1990年止,厂里虽在清污闸上研制安装了回转式清污机,但多数时间处于安装调试阶段,运转不正常,常发生清污闸堵塞影响出力。从1988年起,当清污闸受堵满足不了引用流量时,规定运行水位不准超越1186.0m束水墙和导流墙顶高程,只能压负荷以维持正常运行水位。在近几年的运行中,有以下污物堵塞拦污栅和取水口:

1. 即使是清污机处于最好运行状况的1990和1992年,因闸坝停电、木棒卡阻等原因在洪水期就停运7次。清污机停运后,大量的漂木堵塞清污闸和粗、细拦污栅。

2. 无论清污机是否正常,遇上陡涨洪水及上游耿达电站泄洪和冲沙,都会引起电站库水位陡涨陡落,漂浮物会在开闸前或开闸过程中超越束水墙和导流墙顶进入粗拦污栅前,每年都要发生3~8次。其原因是汛期水库无调节能力和启门速度缓慢等。

3. 由于每次洪水带来大量的推移质泥沙,库区运行水位很低,水流很快把库尾淤积推向清污闸。事实上,在250m³/s以上流量运行时,不到一周,最短1~2d,清污闸前2m的挡坎就已淤平,稍不注意,卵石就会进入清污闸,悬移质泥沙也在沉沙池内淤积。

4. 当发生超过630m³/s的洪水时,库水位很容易超过1186.0m高程,大量污物直接堵塞粗细拦污栅,清污机就失去了作用,这时,只能停机避峰。

4.2 运行措施及效果

近几年,电站针对以上污物问题,采取了以下运行措施并取得了一定的经验:

4.2.1 闸前反冲 1986年电站开始试行压负荷至40MW再进行反冲渣,即将沉沙池的引渠门关小(以满足沉沙池运行水位为限)的同时,迅速开启位于粗拦污栅下游的弧形冲沙门,将栅前漂物冲向下游其效果是:组织一次30min的反冲渣,可降低栅差0.3~0.5m,增加负荷5~15MW。

经过几次试验,发现这种反冲方

表3 电站1989、1990、1992年闸前反冲情况表

年 月 日 时—时	反冲前情况		反冲后情况		增加出力 (MW) 或其它说明
	栅差 (m)	出力 (MW)	栅差 (m)	出力 (MW)	
19890614 13:15—14:05	2.2	120	0.5	160	40
19890718 12:30—14:08	1.5	80	0.3	80	两台机小修
19890726 21:55—22:45	2.0	120	0.5	120	一台机故障
19890817 0:20—1:20	1.2	120	0.4	120	同上
19890817 13:00—14:30	2.1	120	0.6	160	40
19900617 13:00—14:00	未测	120		145	25
19900619 1:00—2:00	未测	100		140	40
19900717 17:00—18:00	1.2	120	0.3	120	一台机小修
19900717 23:00—24:00	未测	80		120	40
19900718 9:30—10:30	1.1	100	0.3	120	20. 一台机小修
19900720 8:00—9:00	1.6	135	0.5	160	25
19900726 14:00—15:00	1.5	40	0.4	80	40洪峰期
19900727 13:20—14:00	0.8	100	0.3	120	20
19900817 13:00—14:00	未测	120		135	15
19900908 7:00—8:00	2.0	0	0.5	40	40洪峰期
19900908 10:30—11:30	1.4	0	0.6	40	40
19920613 7:00—8:00	1.0	120	0.2	120	1#机故障
19920624 0:43—1:25	1.8	160	0.5	160	
19920626 7:15—8:12	0.3	0	0.6	16	避峰后反冲
19920703 12:30—13:30	1.2	120	0.2	120	一台机故障
19920716 12:25—13:50	1.5	120	0.4	120	一台机故障
19920731 12:20—13:50	0.4	80	0.3	160	80

法存在缺点:首先,在运行中频繁操作闸门,一有设备故障,损失会更大;其次,反冲不了清污网上的漂木,冲走粗栅上的漂木不多,很容易再堵;再次,洪水期库区淤积严重,这种反冲无法冲走淤积推移质。鉴于以上情况,电站采取了全停机反冲方法。与带负荷反冲的不同区别在于,闸前两道拦污栅处于静水状态,没有插入拦污栅的漂木自动上浮离开栅体,对冲走浮渣极为有利。放空水库还能冲走清污闸前的淤石。这种反冲可以把70%~80%的栅前和栅上的漂木拉走,可以减轻库区淤积。这种反冲只需0.5~1h,人员4~5人(即一个运行班组),反冲效果见表3。表3中未包括专为冲库区而进行的停机冲沙。

4.2.2 沉沙池反冲 沉沙池虽然有一套备用拦污栅,但到发现工作拦污栅形成0.1~0.2m的栅差时,底部淤沙已使拦污栅超重无法提升,所以自电站投产以来,并未采用备用栅清污法。

表4 电站1989、1990、1992年沉沙池反冲情况表

年·月·日 时—时		1989 0710 13—14	1989 0720 19—20	1990 0717 13—14	1990 0720 7—8	1990 0827 19—20	1990 0829 13—14	1990 0901 9—10	1990 0908 14—15	1990 0912 14—15	1990 0913 13—15	1992 0616 15—16	1992 0627 8—9	1992 0703 15—16	1992 0802 7—8
反冲前情况	栅差(m)	0.6	0.8	0.5	0.6	0.2	0.6	0.6	0	0.4	0.5	0.4	0.5	0.3	0.7
	N (MW)	160	100	90	135	40	80	70	0	70	80	160	160	40	100
反冲后情况	栅差(m)	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3
	N (MW)	160	120	120	160	80	120	160	40	120	80	160	160	80	160
增加负荷(MW) 或其它说明			20	30	25	40	40	90	40 流量 很大	50	两台机 故障停运			40	60

从1986年后期开始,电站根据闸首有两个进水口,沉沙池前后有两道溢流堰,后溢流堰顶比前溢流堰顶高0.1m的有利条件,并且在规程允许范围内,首次对沉沙池细拦污栅前的漂浮物进行了反冲。其基本原理是:在全停机(或调相)的情况下,局部开启枯期进水口工作门,大幅度关小引渠闸门,沉沙池内形成倒流(流速0.2~0.5m/s),2~3人用漂杆或长竹杆钉钯等轻轻驱赶,浮渣经前溢流堰顶冲到下游河床。这种反冲耗时1~1.5h,效果良好,详见表4。

1986年的首次反冲,清除当时的水面浮渣需要在停机情况下12人用5h才能打捞完成,而用以上方法反冲只花了1.5h,提前3.5h发电。从表4看,对沉沙池的每一次反冲都收到了降低栅差或增加出力的效果。1990年9月1日,沉沙池细拦污栅差已达1.2m,经几次减负荷后带70MW,水位才满足正常要求,而离申请的停机冲沙时间还差16h。于是,电站组织了1h反冲。反冲后多带90MW,运行12h,多发电102万kW·h(已扣反冲停机损失)。

沉沙池反冲渣的重要应用价值还在于它适合于较大洪水。因为沉沙池池身的缺陷,如遇上超过200m³/s的洪水,即使沉沙池污物(泥沙和漂木)如何严重,都不能冲洗沉沙池,结果只有减负荷运行,直到小流量(150m³/s左右)为止,这样很不经济。现在的这种反冲方式在很大程度上弥补了沉沙池结构的不足之处,为电站汛期多发点创造了条件。

4.2.3 不定期冲沙 电站初期实行的不定期冲沙(即全停机冲沙,历时5~8h)是指在洪水过

表5 电站近年停机冲沙情况表

年 份	停机冲沙		停机反冲		洪水情况	
	次数	历时h	次数	历时h	次数	三次大流量(m ³ /s)
1989	5	22.5	10	10.5	8	317,462,354
1990	10	50	25	31.5	11	317,347,450
1991	3	17	2	2	3	256,255,161
1992	6	33(含避 峰23h)	17	23	9	314,317,392

注:含不定期冲沙

程的末尾进行的全停机冲除沉沙池和库区淤积的泥沙。如果出现一次 2~3d 流量大于 $200\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水过程时,库区已发生相当程度的淤积,就只有采取另一类不定期冲沙(1~2h)。后一类不定期冲沙,往往是与闸前反冲渣结合在一起,但它又区别于闸前反冲渣。这是因为当栅差正常而淤积严重时,就必须实行这种全停机不定期冲沙。

怎样实行后一种不定期冲沙泥?在运行实践中,电站摸索了一些简便易行的办法,那就是洪水期间发现清污闸前水流呈细波浪状或运行中短时(5~10min)开大弧形冲沙门有砂卵石冲出时,就要及时停机 1~2h 冲除清污闸前的大部分淤石。1992 年 6~7 月就多次采用这种不定期的冲沙方法,确保了砂卵石不再进入取水口。这种不定期冲沙的优点在于:沉沙池是满池水,冲沙流量可以不受限制,在大于 $200\text{m}^3/\text{s}$ 流量的情况下,冲除库区在运行中冲不到的淤积(如库区右岸淤沙)以及冲走库中较大淤石很见成效。

近几年实行的各种停机冲沙(见表 5),对于消除洪水污物尤其是推移质泥沙发挥了积极的作用,确保了电站水工建筑物的安全运行。

4.2.4 运行中排沙 在往年的运行中,除了较及时地开启导流洞闸门排污外,主要是开启[#]1泄洪闸门排沙,当闸门开度小于 1m 时,时间一长效果就不明显。从每次库区放空观察看出,库区右岸[#]3泄洪闸孔前淤沙较多,而不定期的停机冲沙往往又是在 $120\sim 150\text{m}^3/\text{s}$ 下进行,对于上述淤沙的冲除效果不佳。从 1992 年汛期开始,当洪水含沙量大时,实行了各拦河闸门轮流开启,以尽量保持库区冲淤平衡。从几次放空水库的结果来看,这种运行中轮流冲沙的方法是可行的。

对沉沙池来说,粗颗粒泥沙是否进入引水系统,直接关系到电站高水头机组过流部件大修周期,这就要求运行中最大限度地减少洪水中的含沙量。电站根据多年沉沙池的运行经验,结合各个不同时期含沙量的情况,及时调整池末排沙廊道闸门的开度,以实现水力连续排沙。在 1991、1992 年 6~9 月的运行中,运行人员调整廊道闸门达 75 次,大大减少了沉沙池的淤积。1992 年汛期虽然遇上了 9 次洪水过程,但是冲洗沉沙池只有 3 次,仅此一项就比 1990 年(1990 年冲洗 8 次)少损失电量 300 多万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

5 结 语

象渔子溪这种迳流引水式电站,如何更好地搞好汛期运行,即使大洪水停机避峰,又如何使洪峰后尽快恢复电站出力?依然是值得我们认真探讨的课题。为此,除继续完善清污机,认真解决大洪水中的漂木卡阻停机问题,积极开展反冲渣,实行运行中冲沙以及不定期停机冲沙外;从现代化管理手段上,实现中、短期雨量及洪水预报,为运行方式(包括及时避峰)提供依据,实现各泄洪闸门运动操作,尤其是运动操作导流洞闸门会大量减少水库的污物,对库区淤积和沉沙池淤沙进行仪器监测,以便准确掌握冲沙节奏,在沉沙池试验安装清污机,不断提高运行职工的主人翁责任感和技术业务素质,以充分发挥工程巨大的经济效益。