

叶巴滩水电站俄德西沟泥石流防护工程设计

周顺文, 相昆山, 张永清, 杨玉川

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:通过对叶巴滩水电站俄德西沟泥石流防护工程设计,采用两道拦挡坝、进水塔及挡水坝拦挡的方案可基本保障俄德西沟泥石流不对俄德西沟渣场及相关场地、设备产生威胁。但泥石流是不好的复杂地质体,物理力学参数变异性大,泥石流灾害防治工程迄今处于探索阶段,其防治工程设计受诸多不确定因素的影响,必然存在着相当大的风险。因此,俄德西沟雨季应加强泥石流监测和预报,采取有效措施确保人员和财产安全。

关键词:叶巴滩水电站;俄德西沟;泥石流;防护工程设计

中图分类号:[TM622];[TV144];TU761.1

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)01-0048-04

1 工程概况及地质情况

1.1 工程概况

叶巴滩水电站位于四川与西藏界金沙江上游,系金沙江上游13个梯级水电站的第7级。电站枢纽布置方案由混凝土双曲拱坝,坝顶高程2894 m,最大坝高217 m,水库正常蓄水位2889.00 m,相应库容10.80亿 m^3 ,死水位2855.00 m,调节库容5.37亿 m^3 ,电站装机容量2285 MW,为一等大(1)型工程。

俄德西沟位于叶巴滩水电站坝址下游金沙江左岸,沟口1.5 km范围内规划为叶巴滩水电站工程的主要弃渣场,分为I、II区,俄德西沟渣场最终堆渣量600万 m^3 ,最大堆渣高度为285 m,为拦沟型渣场。

1.2 俄德西沟泥石流基本特征

俄德西沟水系较简单,距离俄德西沟沟口1.5 km处有右支沟汇入主沟。主沟沟谷狭窄、顺直、坡降大,两岸地形陡峻,常年流水。两岸岸坡崩坡积、滑坡体发育,松散物源丰富,稳定性较差。根据遥感调查和野外勘察,俄德西沟内的松散固体物质非常丰富,但分布较为分散,主要物源类型包括崩滑体和沟道堆积物源。

俄德西沟(右支沟汇口前)在20年、50年和100年一遇的条件下的泥石流为稀性。20年一遇、50年一遇、100年一遇的泥石流固体物质一次冲出量分别为0.48万 m^3 、1.0万 m^3 、1.68万 m^3 ,20年一遇泥石流规模较小,50年一遇中等,100

年一遇的泥石流规模中等。

俄德西沟右支沟20年一遇、50年一遇、100年一遇的泥石流固体物质一次冲出量分别为0.40万 m^3 、1.27万 m^3 、3.40万 m^3 ,50年、100年一遇泥石流为中等规模。

在施工期内,俄德西沟及右支沟存在爆发较大规模泥石流的可能性,对沟道内弃渣场、砂石加工系统及沟水处理建筑物产生威胁。因此,需要对俄德西沟泥石流进行防护设计;同时由于沟道常年有水,还需要进行沟水处理^[2]。

2 俄德西沟泥石流防护工程设计

2.1 防护标准

2.1.1 洪水设计标准

本渣场位于叶巴滩电站坝址下游,周边无城镇、大型工矿企业、干线交通等设施,根据渣场的堆渣量及堆渣高度、失事后果、水土保持设计标准等综合分析,选择俄德西沟弃渣场防洪标准为50年一遇,相应洪水流量为64.8 m^3/s 。

2.1.2 泥石流防治设计标准

俄德西沟泥石流防护工程的保护对象为俄德西沟永久渣场、电站施工期渣场顶面布置的3#砂石加工系统。防护工程设计时水电行业尚无泥石流防护工程相关设计规范,参照地矿行业标准《泥石流灾害防治工程设计规范(DZ/T0239-2004)》,综合考虑泥石流灾害的受灾对象、死亡人数、直接经济损失、期望经济损失和防治工程投资等因素,确定泥石流防治设计标准采用50年一遇,对应降雨强度取50年一遇。在50年一遇情

收稿日期:2018-12-09

况下,该工程泥石流特征参数见表1。

表1

	泥石流峰值流量 / $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	泥石流总量 / 万 m^3	固体物质总量 / 万 m^3
右支沟	39.30	3.11	1.27
俄德西沟(右支沟汇口前)	167.53	4.06	1.0
合计	206.83	7.17	2.27

2.2 设计方案

本着“因害设防、经济适用”的原则,本工程推荐采用预警、预报,拦挡、减势,排导清水,后期清淤、清障等综合防护措施。根据泥石流拦挡、停淤方式不同,研究了两个布置方案。

2.2.1 方案一

设置两道拦挡坝停淤减势,挡水坝挡水,排水洞宣泄水流。拦挡坝库容按照50年一遇一次泥石流固体物质量 2.27万 m^3 考虑。考虑到泥石流一旦发生则来势凶猛,两道拦挡坝的总库容按照拦截泥石流中的固体物质设计,对泥石流仅能起到一定减势作用,拦挡坝拦蓄的固体物质流量在泥石流总流量中占比较小,消减泥石流洪峰的作用有限,且难以量化计算,因此,排水洞按照泥石流洪峰水体流量 $206.83 \text{ m}^3/\text{s}$ 设计。

排水洞按无压洞设计,排水洞长 1.1 km ,进口高程为 $3\ 016.00 \text{ m}$,出口高程 $2\ 940 \text{ m}$,隧洞底坡 6.8% 。排水洞过水断面为 $6 \text{ m} \times 8 \text{ m} \sim 6 \text{ m} \times 5.5 \text{ m}$ (城门洞)。

布置2道混凝土重力式拦挡坝,位于右支沟汇口以下、排水洞进口之间。第一道坝距右支沟汇口约 60 m ,距排水洞进口约 240 m 拦挡坝高 18 m ,库容为 1.9万 m^3 ;第二道拦挡距坝右支沟汇口约 150 m ,距排水洞进口约 145 m ,拦挡坝高 17 m ,库容为 0.9万 m^3 。

挡水坝采用可利用工程弃渣的堆石坝坝型,坝轴线距排水洞进口 60 m ,坝前水位为 $3\ 025.48 \text{ m}$,坝顶高程为 $3\ 028 \text{ m}$ 。挡水坝最大坝高约为 26 m ,坝顶宽 10 m ,坝顶轴线长约为 81.53 m 。对坝体与坝基设置水平内铺盖和心墙进行防渗处理。

2.2.2 方案二

排水洞进口设分层过流进水塔拦渣排水,挡水坝适当增大高度,在坝前形成停淤库容,泥石流停淤库容在不小于设计标准下一次泥石流总量 $7.$

17万 m^3 ,排水洞进口上游设两道低拦挡坝减势,排水洞按50年一遇洪水 $64.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 设计。

在右支沟汇口以下、排水洞进口以上区间布置2道高 $10 \sim 12 \text{ m}$ 的混凝土拦挡坝,拦渣并减缓沟道坡降,削减泥石流流速和冲击力,同时起到固床作用。

排水洞按无压洞设计,排水洞长 1.1 km 。进口高程为 $3\ 016.00 \text{ m}$,出口高程 $2\ 940 \text{ m}$,隧洞底坡 6.8% 。排水洞过水断面为 $4 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \sim 4 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$ (城门洞)。

由于停淤减势的上游两座混凝土拦挡坝拦挡的泥石流固体物质非常有限,在位于淤积区的排水洞进口设置分层过流进水塔以宣泄洪水。进水塔溢流口应设在泥石流淤积高程以上。经计算, $3\ 033 \text{ m}$ 高程以下的库容 7.3万 m^3 ,满足拦蓄一次泥石流总量共 7.17万 m^3 要求。

挡水坝坝型及防渗方式均以方案一相同。设计流量下坝前水位为 $3\ 036.13 \text{ m}$,坝顶高程为 $3\ 040.00 \text{ m}$ 。挡水坝最大坝高约为 42 m ,坝顶宽 10 m ,坝顶轴线长约为 106 m 。

2.2.3 方案比选

方案一比较:拦挡坝的库容仅拦截一次泥石流中的固体物质,拦截量较小,对泥石流峰值流量的削峰有限;建于覆盖层上的拦挡坝溢流缺口高于原河床约 9.3 m ,地基应力较高、变形较大,拦挡坝一旦失事后形成的次生灾害相对较大。

排水洞进口位于拦挡坝下游,需下泄拦截大块石后的水体,需要的设计泄流能力较大,相应排水洞洞身断面尺寸大。排水洞进口高程较低,挡水坝的高度相对较低,坝前无停淤库容。拦挡坝具有停淤作用,越过拦挡坝的固体物质对挡水坝的冲击较小。

方案二比较:拦挡坝考虑一定的停淤减势作用,坝的高度最低,由于河床坡降陡峻,减势效果相对方案一较差;但溢流缺口仅高于原河床 $5 \sim 6 \text{ m}$,建于覆盖层上的拦挡坝一旦失事后形成的次生灾害相对最小。

排水洞进口位于拦挡坝下游、挡水坝前的停淤区,挡水坝对泥石流削峰后,只需按设计洪水量设计其泄流能力,相应排水洞的断面尺寸最小。排水洞进口进水塔溢流口高程较高,挡水坝的高度也相对最高;挡水坝坝前库容拦截一次泥石流

的总量,起到了对泥石流峰值流量削峰的作用;泥石流中的固体物质对挡水坝的冲击相对较大,坝面需要做好防冲保护。

方案比较见下表 2,方案二投资最小,风险低。参照《泥石流灾害防治工程设计规范》(DZ/T0239—2004)中“为保证下游安全,在同一河段内建造的拦挡坝不应少于 3 座”。除挡水坝起到停淤拦挡泥石流作用外,在排水洞至俄德西沟右支沟汇口之间适当位置还需修建 2 座拦挡坝,拦挡大块石、固床、降低沟床纵坡、减缓泥石流流速、减小对土石挡水坝的冲击力。因此综合考虑,推荐方案二。

表 2 方案比较表

项目	方案一	方案二	备注	
建筑物布置	拦挡坝	两道,坝高分别为 17 m、18 m	两道,坝高为 12 m	
	排水洞	洞宽 6 m,进口无进水塔	洞宽 4 m,进口设进水塔	
	挡水坝	堆石坝,坝高 26 m	堆石坝,坝高 42 m	
工程量	石方洞挖 /万 m ³	5.93	2.90	
	混凝土 /万 m ³	2.66	1.83	拦挡坝+进口
	洞身衬砌 /万 m ³	1.41	0.82	
	坝体填筑 /万 m ³	21	57	
投资	10 456	9 978	不含排水洞出口投资	
综合比较	排水洞断面大;挡水坝较低;两道拦挡坝相对较高,拦挡坝失事次生灾害相对较大,投资较大。	排水洞断面小;挡水坝较高;两道拦挡坝,高度一般,拦挡坝失事发生次生灾害相对较小,投资最小。		

2.3 建筑物设计

2.3.1 拦挡坝

2.3.1.1 坝线选择

考虑地形、地质、施工等条件,尽量选择在坝体工程量较小、拦挡库容较大处建坝。综合分析,在排水洞进口上游约 250 m 及 140 m 处设置两道拦挡坝。

2.3.1.2 坝型选择

拦挡坝坝型应该满足防治泥石流的要求,拦挡坝应不被泥石流冲毁,同时满足泄流、抗冲刷

的要求。考虑现场调查的泥石流最大块体体积 26.2 m³(当量直径 3.7 m),冲击力强,选择混凝土重力式拦挡坝。

2.3.1.3 坝顶高程

拦挡坝的主要功能是减势,坝的有效高度越大,其库容相应增大,拦蓄泥石流和减少泥石流冲击力的效果越明显。但综合考虑坝体稳定及工程投资等因素,结合该沟地形地质条件,确定 1#、2# 拦挡坝最大坝高为 12 m,1# 拦挡坝坝顶高程为 3 074.00 m,2# 拦挡坝坝顶高程为 3 053.00 m。

2.3.1.4 溢流缺口布置

当拦挡坝库内淤积满后,泥石流通过溢流口翻过坝体排向下游。溢流口设计成开敞式断面,根据实际地形条件,1# 拦挡坝溢流口宽度为 30 m、深为 3 m;2# 拦挡坝溢流口宽度均为 35 m、深为 3 m。

2.3.1.5 拦挡坝结构设计

1# 拦挡坝坝顶轴线全长 53.57 m,顶宽 4.0 m,上游面坡比上部为 1:0.7,下部为 1:2.5,下游面坡比 1:0.2。在坝顶中部设置溢流口,溢流口宽度为 30.0 m,深度 3.0 m。溢流坝身设置两层共 15 个泄水孔,孔口尺寸 1 m×1 m,两层孔口净距 1.5 m,每排孔口净距 2 m,其中上层共 8 个孔口,下层共 7 个孔口。

2# 拦挡坝坝顶轴线全长 65.32 m,顶宽 4.0 m,其他结构布置与 1# 拦挡坝相同。

拦挡坝需要过泥石流和水流,因此,在拦挡坝下游一定范围需要考虑防冲措施。在 1#、2# 拦挡坝下游 25 m 范围内铺设 1.5 m 厚的钢筋混凝土板防冲,在钢筋混凝土板下游 10 m 范围内铺设 2 m 厚的大块石防冲。

2.3.2 进水塔

排水洞进口处设置分层过流进水塔。进水塔溢流口高程以下挡水坝前库容按照拦蓄设计标准下一次泥石流总量 7.17 万 m³ 来设计,因此溢流口高程确定为 3 033.00 m。塔身正面布置四层泄水孔,用以宣泄一般洪水。

考虑到进水塔溢流口高程以下,塔身与挡水坝形成库容拦挡设计标准下的泥石流,排水洞设计和进水塔溢流口设计按 50 年一遇洪水流量 64.8 m³/s 计。

发生泥石流把塔身泄水孔淤堵后,由溢流口泄流,在50年一遇泥石流峰值流量下,上游水位为3 036.13 m,考虑超高,进水塔顶高程取3 040.00 m。

进水塔塔体尺寸为12 m×12 m×30.5 m×2 m(长×宽×高×厚),溢流口尺寸为8.0 m×7.0 m(宽×高),为整体框架结构。为了便于塔身过流和后期库内清淤排水,在塔身迎水面高程3 020.00 m、3 022.50 m、3 025.00 m及3 027.50 m处设置4排共20个泄水孔,孔口尺寸为0.5 m×1.5 m。进水塔基础座落在基岩上,采用固结灌浆与锚筋束(3C32、 $L=12.0$ m)加强其整体性,固结灌浆孔间距2.0 m、孔深8.0 m。

2.3.3 排水洞

俄德西沟左岸边坡大部分为崩坡积覆盖,覆盖层厚度10~20 m,仅局部(右支沟汇口下游约260 m处)有基岩出露。为方便与上游进水塔衔接布置,将排水洞进口布置在基岩出露处。为减小进口边坡开挖范围,进口段洞线与地形呈大角度相交。

排水洞进口高程为3 016.00 m,出口高程2 940 m,隧洞底坡6.67%。排水洞洞宽为4 m,根据洞内水面线,洞高分为两段,桩号(排)0+000~(排)0+200段过水断面高度5.5 m,桩号(排)0+220~(排)1+140段断面高度3.5 m,桩号(排)0+200~(排)0+220为渐变段。洞身采用锚喷支护;Ⅴ、Ⅳ、采用全断面钢筋混凝土衬砌;Ⅲ、Ⅱ类围岩洞段直墙底板采用钢筋混凝土衬砌。

2.3.4 挡水坝

挡水坝与渣场尾部结合布置,采用可利用工程弃渣的堆石坝型,坝轴线距排水洞进口80 m。

通过进水塔溢流口设计泄流流量 $64.8\text{ m}^3/\text{s}$ 时,相应的坝前水位为3 036.13 m。在考虑波浪爬高、壅高和安全超高后,确定坝顶高程为3 040 m。挡水坝最大坝高约为42 m,坝顶宽10 m,坝顶轴线长约为106 m。

挡水坝地基覆盖层深厚,透水性强。挡水坝填筑材料为工程开挖石渣料,需要单独挡水运行2年以上。为了坝体与坝基的渗透稳定,对坝体与坝基设置水平内铺盖和心墙进行防渗处理。坝

体复合土工膜心墙高42 m,复合土工膜水平内铺盖长230 m,其中坝轴线上游80 m,坝轴线下游150 m。挡水坝上游坝坡坡比为1:2,下游坝坡坡比为1:2.5~1:2,上游坡面采用1.5 m厚浆砌块石进行防冲保护。为防止坡脚覆盖层发生渗透破坏,增设反滤层和排水棱体。经计算,挡水坝坝体及基础渗流稳定、坝坡稳定均满足规范要求。

3 结论

通过对叶巴滩水电站俄德西沟泥石流防护工程设计,采用两道拦挡坝、进水塔及挡水坝拦挡的方案可基本保障俄德西沟泥石流不对俄德西沟渣场及相关场地、设备产生威胁。但泥石流是不良的复杂地质体,物理力学参数变异性大,泥石流灾害防治工程迄今处于探索阶段,其防治工程设计受诸多不确定因素的影响,必然存在着相当大的风险。因此,俄德西沟雨季应加强泥石流监测和预报,采取有效措施确保人员和财产安全。

为了确保一定有效容量停淤固体物质及泥石流,以调节汛期可能发生的泥石流,应定期(特别是汛前)清理渣场、拦挡坝、挡水坝及进水塔前堆积物。每年汛后应检查拦挡坝、排水洞及进水塔等建筑物淤积及损坏情况,如有损坏,应适时维护、维修。

参考文献:

- [1] 王永刚,易文明,郭长江.海孟底沟水电站热水沟泥石流防护工程设计[J].东北水利水电,2014,362(9):1-3.
- [2] 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司.叶巴滩水电站俄德西沟沟水处理及泥石流防护工程初步设计专题报告[R].2015.
- [3] DZ/T0239—2004,泥石流灾害防治工程设计规范[S].

作者简介:

周顺文(1986-),男,广西百色人,硕士,工程师,现供职于中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,主要从事水利水电工程工程施工导流工作;

相昆山(1988-),男,山东临沂人,硕士,工程师,现供职于中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,主要从事水利水电工程施工导流工作;

张永清(1988-),男,甘肃武威人,硕士,工程师,现供职于中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,主要从事水利水电工程施工导流工作;

杨玉川(1990-),男,河南开封人,硕士,助理工程师,主要从事水利水电工程,无人机综合应用等。

(责任编辑:卓政昌)