水电水利
Hydropower and Water Resources
第 9 卷◆第 8 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

明白海水库渗流稳定分析计算

沐润标　邹迪
云南省红河州水利水电勘察设计研究院
DOI:10.12238/hwr.v9i8.6523

[摘　要] 土石坝在正常和非正常运用条件的荷载组合情况下,应满足稳定、渗流、变形以及规定的超高等要求,保证在合理使用年限内安全运行和充分发挥其经济效益和社会效益。采用Autobank7.7有限元软件计算水库大坝不同水位下的浸润线、渗流量,依据计算结果对坝体进行渗流安全鉴定,同时也为坝体进行抗滑稳定分析奠定基础。
[关键词] 复合土工膜防渗体土石坝；渗流；有限元分析
中图分类号：TV641.3　文献标识码：A

Understand the analysis and calculation of seepage stability in seawater reservoirs

Runbiao Mu　Di Zou
Yunnan Honghe Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute
[Abstract] Under normal and abnormal operating conditions, earth−rock dams must meet requirements for stability, seepage, deformation, and specified elevation surpasses to ensure safe operation and fully leverage their economic and social benefits within a reasonable service life. The Autobank7.7 finite element software is used to calculate the saturation line and seepage flow under different water levels of the reservoir dam. Based on the calculation results, the dam body undergoes seepage safety evaluation, which also lays the foundation for anti−sliding stability analysis of the dam body.
[Key words] composite geomembrane impervious core earth−rockfill dam; seepage; finite element analysis

1 引言：工程概况

拟建的蒙自市明白海水库位于云南省红河州蒙自市西北勒乡西北勒居民委员会附近,蒙自市明白海水库是一座以农业灌溉为主、人饮的小(1)型水利工程,总库容305.25万m³ 。

大坝均为复合土工膜防渗体分区坝,坝顶高程2058.00m,坝顶上游侧设高1.2m的C25钢筋混凝土“L”型防浪墙,防浪墙顶高程2059.20m,最大坝高25.20m,坝长255.72m(KD1+1852.45～KD1+441.17m);坝顶路面采用C25混凝土路面,厚20cm,下设20cm厚碎石垫层,坝顶面做成单侧排水坡,坡度为3%排向下游；下游侧设高0.3m,宽0.3m的C25砼路缘;路缘下游侧沿下游坝面设C25砼预制块护肩,沿坝面宽1.5m,厚0.30m。大坝上游坝坡设置两级坡,坡比自上而下坡比均为1:2.75,上游坝坡面采用C25预制混凝土块护坡。下游坡坡比为1:2.0,坝坡采用砼框格梁草皮进行护坡。

输水放空隧洞：兼具灌溉输水及水库放空功能。隧洞布置于大坝里程0+930.44m处,置于原地基层上,与膜下排水管并列布置,前段做龙抬头将管道穿过土工膜伸出库底,隧洞全长418.30m。

2 大坝渗流计算

2.1计算断面

根据大坝沿线断面变化情况,选取最大断面进行渗流计算。坝体断面设计图见图1,坝体及坝基渗流计算二维模型单元图见图2。

二维计算选取具有代表性的复合土工膜防渗体分区坝断面建立有限元模型,模型分为土工膜防渗体料和粘土垫层、坝基、库区开挖混合料及排水设施,并赋予不同的材料参数进行分析。

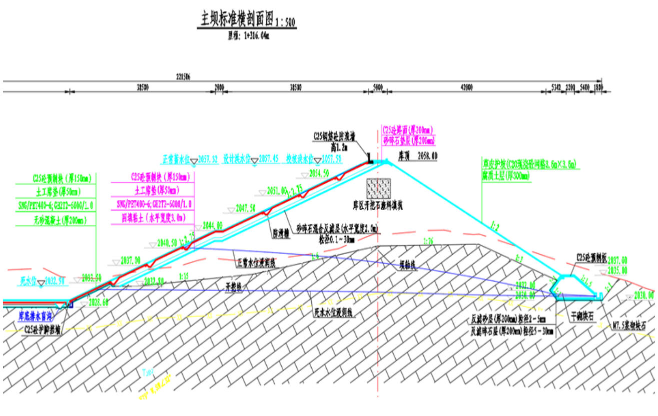

图1 标准断面图

第 9 卷◆第 8 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

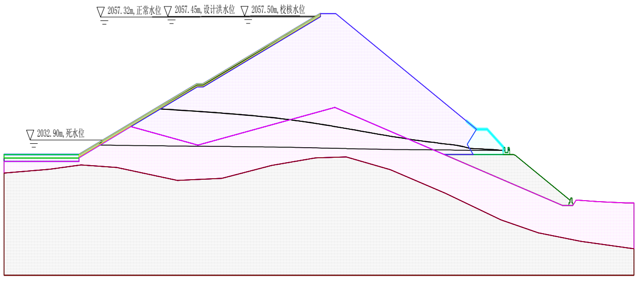

图2 坝体及坝基渗流稳定计算单元图

2.2计算参数

渗流计算所用岩土力学指标主要根据室内试验数据拟定。计算参数如下表：

土层	湿容重kN/m³	饱和容重kN/m³	浮容重kN/m³	孔隙率	渗透系数(cm/s)
粘土料	14.5	17.1	7.8	0.48	1.1×10^{-5}
库区开挖回填料	23	22	12	0.375	1.0×10^{-2}
土工膜					1.0×10^{-11}
砂碎石反滤层	21	22	12	0.375	1.0×10^{-3}
排水棱体	23	22	12		1.0×10^{-2}
坝基弱风化层	27.1	27.2	17.2	0.05	6.22×10^{-3}
坝基微风化层	27.4	27.6	17.6	0.03	2.20×10^{-4}

2.3计算工况

渗流计算应考虑水库运行中可能出现的各种不利条件，根据《碾压式复合土工膜防渗体分区坝设计规范》，不同的水位组合情况如下：

(1)上游正常蓄水位与下游相应的最低水位；

(2)上游设计洪水位与下游相应的最低水位；

(3)上游校核洪水位与下游相应的最低水位；

(4)库水位降落时对上游坝坡稳定最不利的情况。

2.4各工况渗流浸润线图

(1)稳定渗流和非稳定渗流坝体浸润线(选择部分断面展示)，如图3所示。

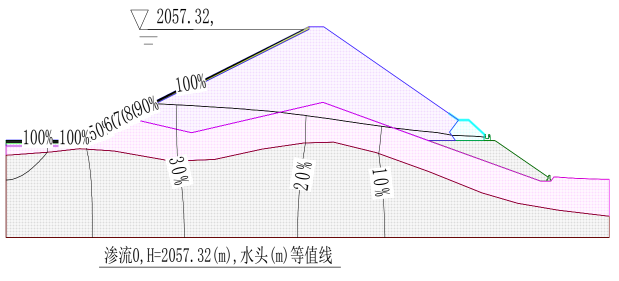

图3 正常蓄水位浸润线图

(2)渗漏量的计算。根据《碾压式土石坝设计规范》SL274-2020要求，渗透系数采用大均值，单宽渗流量q=2.23(m³/d)，渗径L=90.49m，年渗漏量约为7.377万m³，占正常库容305.25万m³的2.4%，所占比例有限，不影响水库正常蓄水。

(3)渗透稳定分析。根据《水利水电工程地质勘察规范》GB50487-2008，复合土工膜防渗体分区坝可能出现的渗透破坏形式为流土，根据该规范计算均质土坝的临界水力比降Jcr=(Gs-1)(1-n)/K。经计算均质土石坝允许的临界水力比降Jcr=(2.73-1)×(1-0.33)=1.16，而实际水力比降为0.005小于临界水力比降，大坝不会发生渗透破坏。

3 大坝稳定计算

根据复合土工膜防渗体分区坝土料的土工试验成果，结合取料位置、开采方式、料场范围、深度等因素；根据坝基、坝体不同分层的物理力学指标：根据土工试验结果，结合本工程的地质情况，坝体稳定分析计算采用的坝体、坝基物理力学指标见《坝基岩(土)体物理力学指标建议值表》。计算如下表：

土层	容重kN/m3	饱和容重kN/m3	浮容重kN/m3	孔隙率	渗透系数(cm/s)	内摩擦角(°)	凝聚力KPa
粘土料	14.5	17.1	7.8	0.48	1.1×10^{-6}	18.58	23.45
库区开挖石渣料	21	22	12	0.375	1.0×10^{-2}	35	0
土工膜					1.0×10^{-11}	20	5
C25无砂混凝土				0.4	1.0×10^{-3}	20	10
砂碎石反滤层	21	22	12	0.375	1.0×10^{-2}	35	0
坝基弱风化层	27.1	27.2	17.2	0.05	6.22×10^{-3}	30	150
坝基微风化层	27.4	27.6	17.6	0.03	2.20×10^{-4}	36	300

开挖隧洞封堵预留DN600管道，输水(放空)管道闸阀全开校核水位快速降至死水位需要325h，正常蓄水位降至死水位需要370h。

根据《碾压式土石坝设计规范》SL274-2020的要求，坝坡抗滑稳定计算采用计及条块间作用力的简化毕肖普法，计算使用河海大学力学系编制的《水工结构有限元分析系统》(AutoBank)软件进行，成果如下表：

运行条件	编号	工况	安全系数		允许安全系数	是否安全	
			上游	下游		上游	下游
正常运行	1	死水位稳定渗流期	1.45	1.4	1.25	安全	安全
	2	正常水位稳定渗流期	1.85	1.39		安全	安全
	3	设计洪水位稳定渗流期	1.85	1.4		安全	安全
	4	正常蓄水位正常降至死水位	1.3	/		安全	安全
非常Ⅰ	5	校核水位快速降至死水位	1.32	/	1.15	安全	安全
	6	校核洪水位形成的稳定渗流期	1.85	1.4		安全	安全
	7	坝体施工期(未蓄水)	1.44	1.41		安全	安全
非常Ⅱ	8	死水位稳定渗流期遇7度地震	1.21	1.19	1.1	安全	安全
	9	正常蓄水位形成的稳定渗流遇7度地震	1.53	1.2		安全	安全
	10	设计洪水位形成的稳定渗流遇7度地震	1.53	1.19		安全	安全
	11	正常降落+7° 地震	1.14	/		安全	安全

第 9 卷◆第 8 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

4 结论

经计算,拟建蒙自市明白海工程年渗漏量约为7.377万m³,占正常库容305.25万m³的2.4%,所占比例较小,不影响水库正常蓄水；实际水力比降为0.005小于临界水力比降,大坝不会发生渗透破坏；各种工况下,上、下游护坡稳定安全系数均满足规范要求。蒙自市明白海水库工程结构安全稳定,设计较为合理,可以继续开展下阶段工作。

[参考文献]

[1]碾压式土石坝设计规范:SL 274-2001[S].2002.

[2]肖元博.水利工程建设标准强制性条文与工程监理[J].区域治理,2018(26):243.

[3]《水利水电枢纽工程等级划分及洪水标准》SL252-2017[S].

作者简介：

沐润标(1994--),男,汉族,云南红河人,在读硕士研究生,水利工程师,研究方向：水利工程。