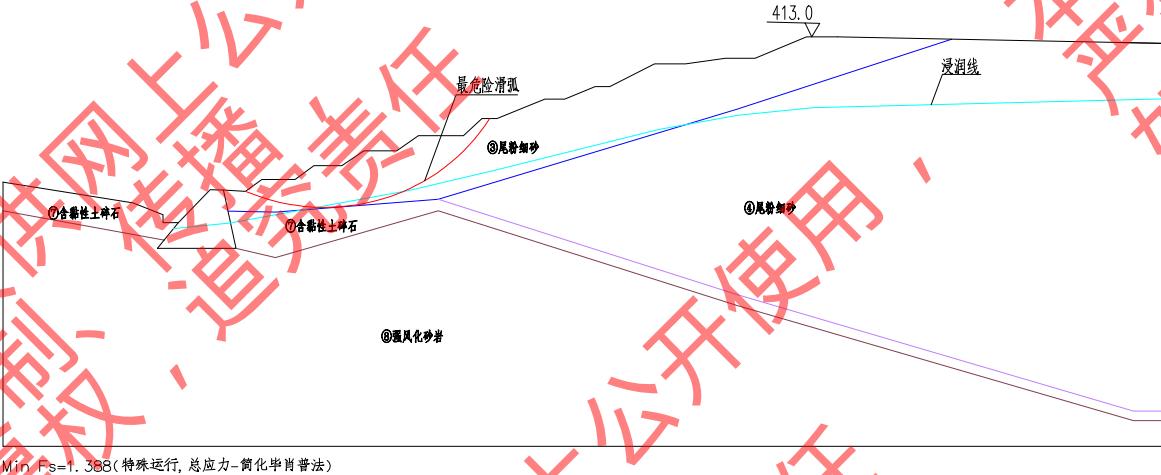
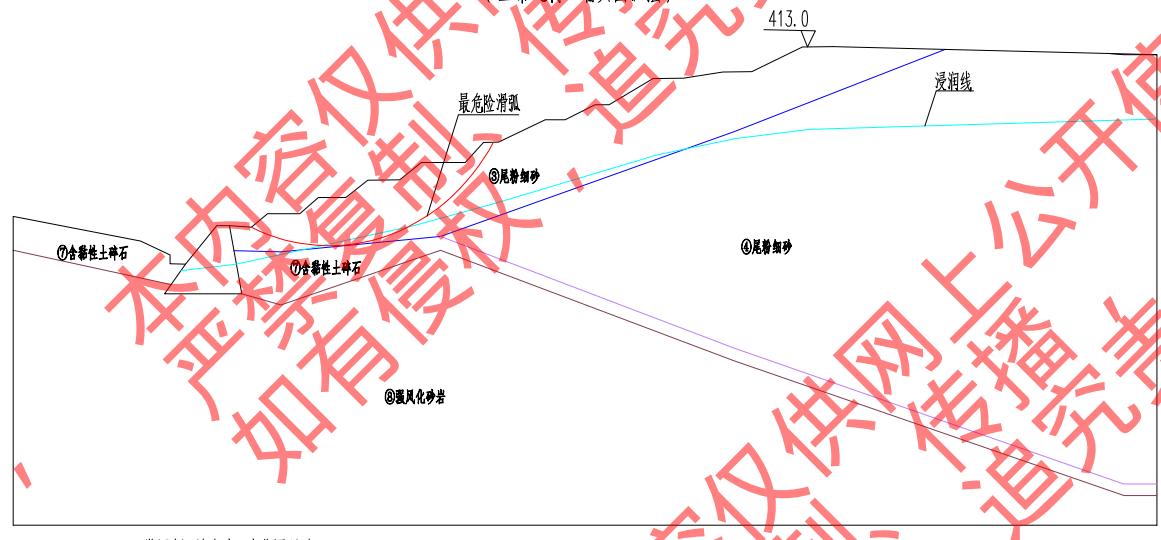


C-C剖面副坝抗滑稳定计算简图  
(特殊运行-简化毕肖普法)



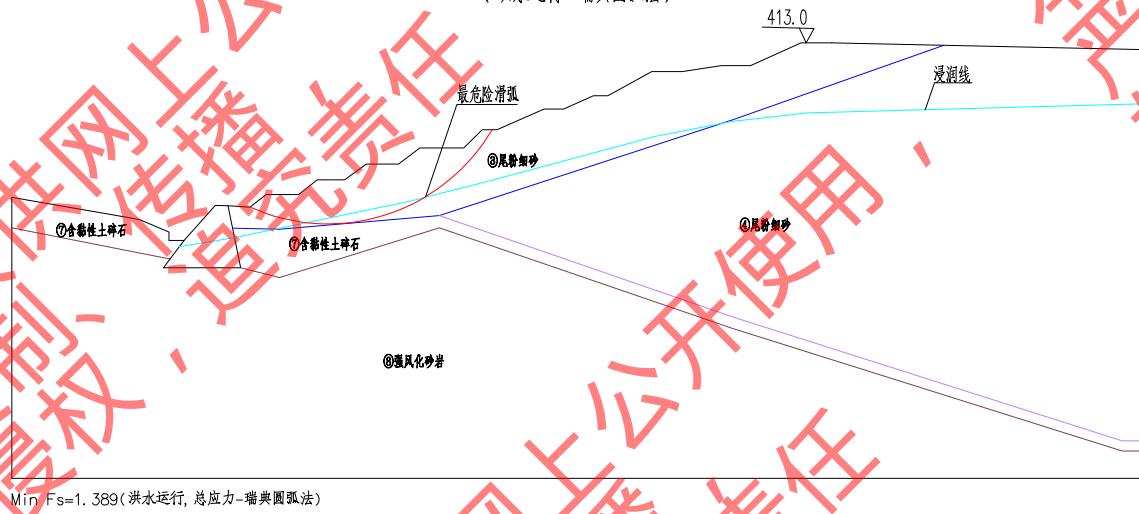
Min  $F_s=1.388$  (特殊运行, 总应力-简化毕肖普法)

C-C剖面副坝抗滑稳定计算简图  
(正常运行-瑞典圆弧法)



Min  $F_s=1.441$  (正常运行, 总应力-瑞典圆弧法)

C-C剖面副坝抗滑稳定计算简图  
(洪水运行-瑞典圆弧法)

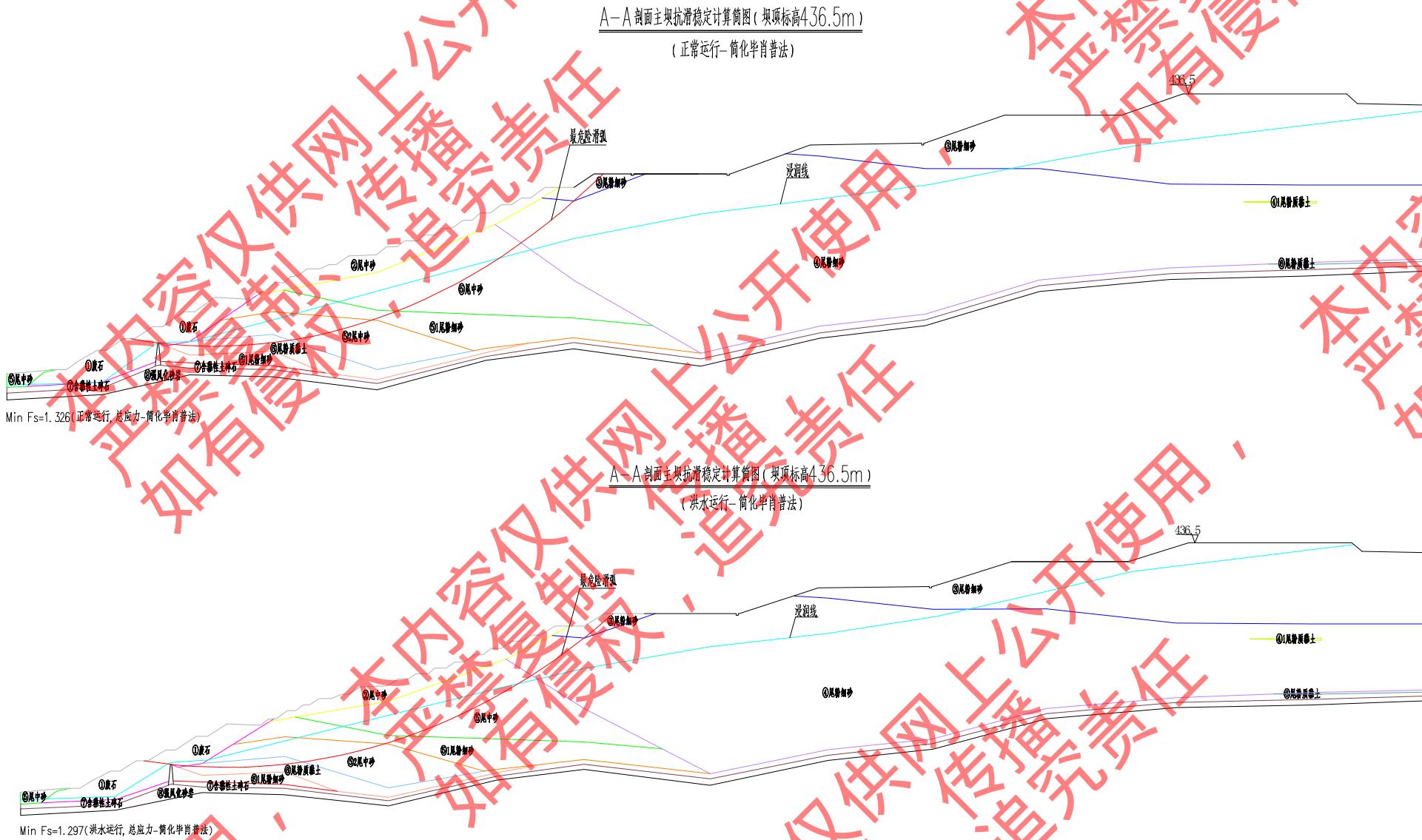


C-C剖面副坝抗滑稳定计算简图  
(特殊运行-瑞典圆弧法)



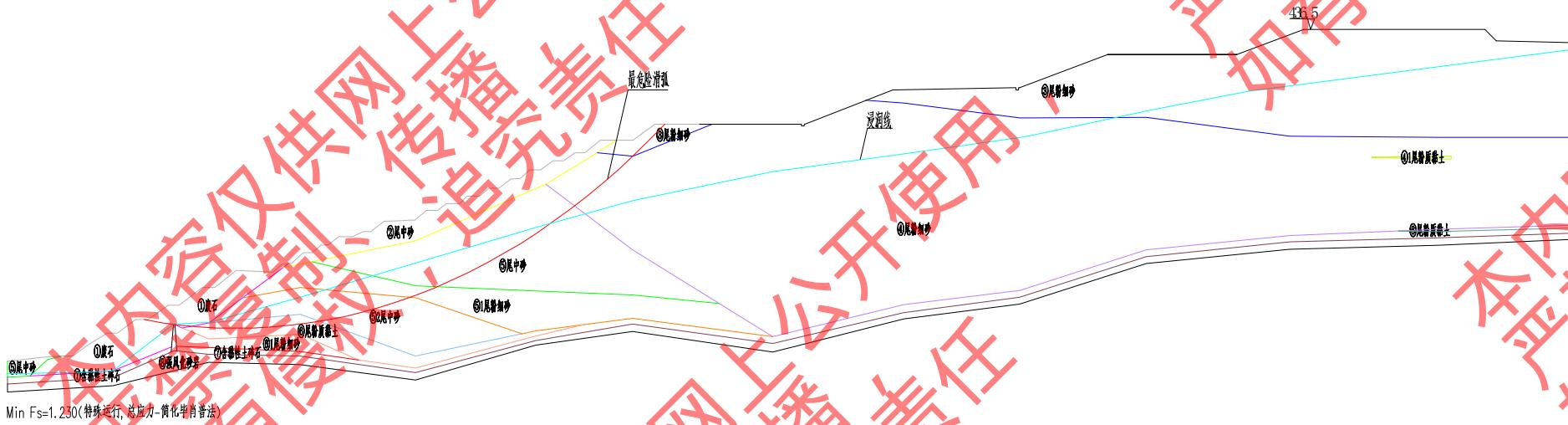
## (2) 下个评价周期尾矿库典型时期尾矿坝稳定计算

下个评价周期尾矿库典型时期（坝顶高程436.5m）的典型剖面（主坝A-A剖面）的正常运行、洪水运行和特殊运行三种工况下的抗滑稳定计算结果见下图。



A-A剖面主坝抗滑稳定计算简图(坝顶标高436.5m)

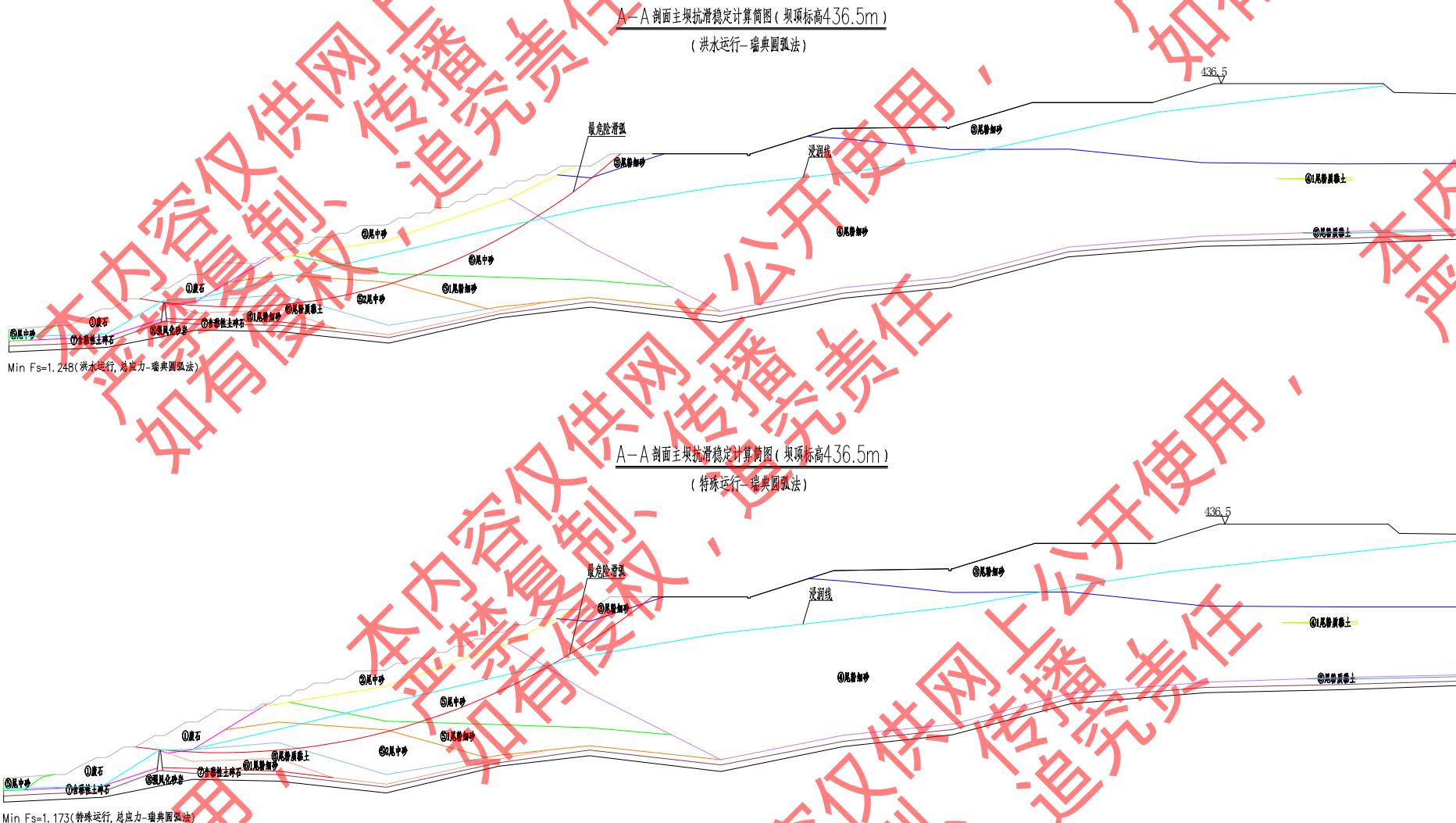
(特殊运行-简化毕肖普法)



A-A剖面主坝抗滑稳定计算简图(坝顶标高436.5m)

(正常运行-瑞典圆弧法)





### (3) 坝体稳定性计算结果与分析

表 5.2.2.4-1 坝坡抗滑稳定计算安全系数

位置	计算方法	最小安全系数						与规范要求的符合性	
		正常运行		洪水运行		特殊运行			
		计算值	规范要求值	计算值	规范要求值	计算值	规范要求值		
主坝 A-A 剖面 (坝顶高程 425.0m)	简化毕肖普法	<b>1.365</b>	1.30	<b>1.336</b>	1.20	<b>1.256</b>	1.15	符合规范要求	
	瑞典圆弧法	<b>1.287</b>	1.20	<b>1.268</b>	1.10	<b>1.185</b>	1.05	符合规范要求	
A-A 剖面 (坝顶高程 436.5m)	简化毕肖普法	<b>1.326</b>	1.30	<b>1.297</b>	1.20	<b>1.230</b>	1.15	符合规范要求	
	瑞典圆弧法	<b>1.267</b>	1.20	<b>1.248</b>	1.10	<b>1.173</b>	1.05	符合规范要求	
副坝 B-B 剖面	简化毕肖普法	<b>1.615</b>	1.30	<b>1.576</b>	1.20	<b>1.493</b>	1.15	符合规范要求	
	瑞典圆弧法	<b>1.542</b>	1.20	<b>1.504</b>	1.10	<b>1.415</b>	1.05	符合规范要求	
副坝 C-C 剖面	简化毕肖普法	<b>1.490</b>	1.30	<b>1.467</b>	1.20	<b>1.388</b>	1.15	符合规范要求	
	瑞典圆弧法	<b>1.441</b>	1.20	<b>1.389</b>	1.10	<b>1.317</b>	1.05	符合规范要求	

结论：坝坡抗滑稳定计算结果表明，该尾矿库在现状高程（坝顶高程 425.0m）和下个评价周期尾矿库典型时期（坝顶高程 436.5m），尾矿坝在正常运行、洪水运行和特殊运行三种运行条件下，坝坡抗滑稳定的安全系数计算结果符合规范要求，符合《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）和《尾矿库安全规程》（GB39496-2020）的要求。计算结果说明尾矿坝坝坡抗滑稳定性有保障，不会发生滑坡和局部坍塌等现象。

#### 5.2.2.5 坝体安全性评价

尾矿坝未发生浸润线出溢现象，坝体外坡及下游无渗漏出逸点，未发生流土、管涌等渗透破坏现象。

通过对现状尾矿坝（坝顶高程 425.0m）和下个评价周期尾矿库典型时期（坝顶高程 436.5m）尾矿坝进行抗滑稳定性分析计算，计算结果表明尾矿坝坝坡抗滑稳定的安全系数计算结果符合规范要求，符合《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）、《尾矿库安全规程》（GB39496-2020）的要求。尾矿坝的安全性有保证，坝体稳定，尾矿坝是可靠的。

## 5.3 防洪单元

### 5.3.1 防洪单元安全检查

本单元主要对尾矿库排洪方式、防洪标准、排洪系统、库外排洪系统、调洪演算、排洪系统检测、防洪安全检查进行符合性检查，分析与评价其安全有效性。详见表 5.3.1-1。

表 5.3.1-1 防洪系统安全检查表

序号	检查项目	规定及要求	检查依据	检查结果	结论												
1	防排洪方式	新建排洪系统续接至原有 2#排洪隧洞，原有 1#、2#排洪隧洞、排洪明渠本次设计继续利用。该尾矿库库尾分为两个支沟，北侧支沟新建排洪系统采用排水井~排水管型式，南侧支沟新建排洪系统采用排水斜槽型式，两支沟排洪系统交汇于新建转流井，转流井通过新建斜洞与现有 2#排水隧洞连接。	《扩容改造工程安全设施设计》(2018)	尾矿库现有 3 座框架式排水井。排水井之间采用 II 型排水管连接，1#排水井通过 I 型排水管连接至南侧新建 2#转流井。南侧支沟建有排水斜槽，排水斜槽连接至 2#转流井。2#转流井至 1#转流井之间采用 I 型排水管连接，1#转流井与 2#隧洞相连接。在 2#副坝前建有 III 型排水管连接 2#隧洞与 1#隧洞。	符合												
2		由于斜洞施工较困难，本次变更取消斜洞，将 2#隧洞在图示位置断开，新建 1#转流井将 2#隧洞与新建排洪系统相连。	《设计变更通知单》(2020)														
3	防洪标准	<p>1尾矿库的各使用期的防洪标准应根据各使用期库的等别、库容、坝高、使用年限及对下游可能造成的危害等因素，按下表确定。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>尾矿库各使用期等别</th> <th>一</th> <th>二</th> <th>三</th> <th>四</th> <th>五</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>洪水重现期(年)</td> <td>1000 或 PMF</td> <td>500 ~ 1000</td> <td>200 ~ 500</td> <td>100 ~ 200</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：PMF为可能最大洪水</p> <p>2当确定的尾矿库等别的库容或坝高偏于该等下限，尾矿库使用年限较短或失事后对下游不会造成严重危害者，防洪标准可取下限；</p> <p>当确定的尾矿库等别的库容或坝高偏于该等上限，尾矿库使用年限较长或失事后对下游会造成严重危害者，防洪标准应取上限。对于高堆坝或下游有重要居民点时，防护标准可提高一等。尾矿库失事后下游环境造成极其严重危害的尾矿库，防洪标准应提高，必要时可按可能最大洪水进行设计。</p>	尾矿库各使用期等别	一	二	三	四	五	洪水重现期(年)	1000 或 PMF	500 ~ 1000	200 ~ 500	100 ~ 200	100	GB 50863-2013 6.1.1	该尾矿库等别为三等，按《尾矿设施设计规范》(GB50863-2013)，《扩容改造工程安全设施设计》(2018)中该尾矿库库区共有四个沟谷，沟谷由西向东分别为区域一、区域二、区域三。区域一和区域三为库区外汇水区域，其汇水面积分别为 0.99km <sup>2</sup> 、0.44km <sup>2</sup> ，洪水计算采用 500 年一遇洪水标准；区域二的汇水面积在 415.0m、425.0m、440.0m、450.0m 标高时分别为 1.78km <sup>2</sup> 、1.75km <sup>2</sup> 、1.67km <sup>2</sup> 、1.66km <sup>2</sup> ，415.0m、425.0m 标高时采用 200 年一遇洪水标准，440.0m、450.0m 标高时采用 500 年一遇洪水标准。	符合
尾矿库各使用期等别	一	二	三	四	五												
洪水重现期(年)	1000 或 PMF	500 ~ 1000	200 ~ 500	100 ~ 200	100												
4	排洪	排洪系统采用钢筋混凝土排水斜槽。	《青龙宏源	(1) 排洪系统型式	符合												

序号	检查项目	规定及要求	检查依据	检查结果	结论
5	系统	拟建排洪系统采用排水井~排水管~隧洞~消力池~隧洞~排洪渠型式。其中排水井两座，为现浇钢筋混凝土框架式排水井，1#排水井内径2.5m，高10.2m，2#排水井内径2.0m，高10.2m。排水管分两种形式，1#排水管内径为2.0m，壁厚为250mm，2#排水管内径1.5m壁厚250mm，排水管均为钢筋混凝土结构。2#隧洞过水断面尺寸为1.8m×2.3m，其中隧洞底宽1.8m，直墙高1.4m，拱半径0.9m，坡度不小于2.0%，1#隧洞过水断面尺寸为2.4m×2.4m，其中隧洞底宽2.4m，直墙高1.2m，拱半径1.2m，坡度不小于3.0%；隧洞衬砌形式视围岩情况而定。排洪渠分为两种形式：I型排洪渠过水断面为2.5m×1.6m，壁厚200mm，C30钢筋混凝土结构，坡度不小于6.0%，II型排洪渠过水断面尺寸为3m×1.6m，坡度不小于3.0%；I型、II型排洪渠之间以内径1.2m钢筋混凝土预制管连接，坡度不小于53.0%。新建排洪系统正常使用后将原排洪系统进行封堵；封堵段为原转流井东侧上游50.0m的管线，采用水泥浆灌注。	铁矿尾矿库方案设计》(2004)  《加高扩容工程初步设计》(2013)	尾矿库现状有3座框架式排水井。排水井之间采用II型排水管连接，1#排水井通过I型排水管连接至南侧2#转流井。南侧支沟已设排水斜槽，排水斜槽连接至2#转流井。2#转流井至1#转流井之间采用I型排水管连接，1#转流井与2#隧洞相连接。在2#副坝前新建了III型排水管连接2#隧洞与1#隧洞。  (2) 排水井 尾矿库已设置3座框架式排水井，分别为1#排水井、2#排水井、3#排水井。现在用为1#排水井，进水口标高418.8m，内径3.1m，排水井顶部高程为424.0m；2#排水井进水口标高约为422.3m，井高为14.0m，内径2.6m；3#排水井进水口标高约为433.9m，井高为16m，内径2.6m。 排水井之间采用II型排水管连接，II型排水管内径1.2m，壁厚250mm；1#排水井通过I型排水管连接至南侧2#转流井，I型排水管内径1.5m。	
6		拟建排洪系统采用排水井~排水管~隧洞~消力池~排洪渠~隧洞~排洪渠型式。调整1#排水井进水标高为402.0m，顶标高为412.2m，取消2#排水井。1#排水井为现浇钢筋混凝土框架式排水井，6柱式，内径3.1m，高10.2m。1#排水井与隧洞之间仍以I型排水管相连，I型排水管内径2.0m，壁厚250mm，为C30钢筋混凝土结构。1#隧洞过水断面尺寸为2.4m×2.4m，其中隧洞底宽2.4m，直墙高1.2m，拱半径1.2m，坡度约为6.3%；2#隧洞过水断面尺寸为1.8m×2.3m，其中隧洞底宽1.8m，直墙高1.4m，拱半径0.9m，坡度约为1.5%。隧洞衬砌形式视围岩情况而定。排洪渠分为两种形式：I型排洪渠过水断面为1.8m×2.2m，壁厚250mm，坡度不小于5.0%，II型排洪渠过水断面尺寸为1.8m×1.0m，壁厚250mm，坡度不小于45.0%；I型、II型排洪渠均为C30钢筋混凝土结构。III	《加高扩容工程设计变更》(2014)	(3) 南侧支沟排水斜槽 库内南侧支沟建有排水斜槽，排水斜槽连接至2#转流井，排水斜槽为盖板式，断面尺寸均为1.0m（宽）×1.2m（高）。 南侧斜槽局部开挖较深，斜槽南侧边坡较陡，因上部征地原因，无法进行削坡处理。为保证排洪系统的安全，考虑到排水斜槽仅用于支沟回水，建设单位已按设计要求将陡边坡处斜槽掩埋；覆土之后的排水斜槽进水口标高为430.6m。  (4) 排水管 2#转流井至1#转流井之间	

序号	检查项目	规定及要求	检查依据	检查结果	结论
		型排洪渠底宽2.4m，迎水面边墙高1.3m，2#拦挡坝一侧边墙高2.4m，壁厚500mm，M7.5浆砌石结构，排洪渠内侧采用钢筋网护砌。		采用I型排水管连接，1#转流井与2#隧洞相连接。在2#副坝前设置了III型排水管连接原有2#隧洞与1#隧洞，III型排水管断面尺寸为宽1.8m，高2.3m。排水井、排水管、转流井、排水斜槽均为钢筋混凝土结构。	
		新建排洪系统续接至现有2#排洪隧洞，该尾矿库现有1#、2#排洪隧洞、排洪明渠本次设计继续利用。该尾矿库库尾分为两个支沟，北侧支沟新建排洪系统采用排水井~排水管型式，南侧支沟新建排洪系统采用排水斜槽型式，两支沟排洪系统交汇于新建转流井，转流井通过新建斜洞与现有2#排水隧洞连接。新建排水井共三座，均为框架式排水井，1#排水井井高为14.0m，内径3.1m，2#排水井井高为14.0m，内径2.6m，3#排水井井高为16.0m，内径2.6m；新建排水管分两种形式，I型排水管内径1.5m，壁厚350mm；II型排水管内径1.2m，壁厚250mm；I型排水管深入新建斜洞内；新建转流井一座，内径3m。在III型排洪渠处采用I型排水管将1#、2#排水隧洞连接；新建排水斜槽为盖板式，断面尺寸均为1.0m（宽）×1.2m（高），壁厚250mm；排水井、排水管、转流井、排水斜槽均为C30钢筋混凝土结构。新建排水井、转流井坐落至中风化岩层，排水管、排水斜槽坐落至强风化岩层，超挖部分采用C20毛石混凝土回填。	《扩容改造工程安全设施设计》（2018）	(5) 排水隧洞 1#隧洞断面型式为圆拱直墙式，尺寸为2.4m（宽）×2.4m（高），其中隧洞底宽2.4m，直墙高1.2m，拱半径1.2m。2#排水隧洞断面形式为圆拱直墙式，尺寸为1.8m（宽）×2.3m（高），其中隧洞底宽1.8m，直墙高1.4m，拱半径0.9m。	
7		区域二排洪继续利用现有1、2#隧洞及明渠等系统。			
8		根据现场实际情况，对排水管、排水井、排水斜槽位置做适当调整，排水井、排水斜槽进水标高不变。 为便于施工，将III型排水管断面型式变更为矩形，变更后III型排水管断面尺寸为宽1.8m，高2.3m，壁厚300mm，顶厚及底厚250mm，C30钢筋混凝土结构。 由于受周边环境限制，新建3#隧洞无法施工，因此本次变更设计采用新建IV型排水管将南侧支沟内洪水排出，新建排水管断面为矩形，尺寸为宽2.0，高2.0m，壁厚300mm，顶厚及底厚300mm，C30钢筋混凝土结构。	《设计变更通知单》（2020）		
9		南侧斜槽局部开挖较深，边坡较陡，由于征地原因，陡边坡无法进行削坡处理，无法保证边坡稳定。原设计调	《设计补充通知单》（2021）		

序号	检查项目	规定及要求	检查依据	检查结果	结论
		洪演算时仅考虑排水井进水，未考虑斜槽进水，南侧排水斜槽仅用于支沟回水。为保证排洪系统的安全，建议将陡边坡处斜槽掩埋，斜槽上覆土厚度不小于3.0m，并碾压密实。			
10	库外排洪系统	原设计要求新建排洪系统以斜洞连接至现有2#隧洞，连接处上游现有隧洞、排水管、排水井进行封堵；2020年3月25日，我公司出具变更，变更为将2#隧洞断开，在断开处新建1#转流井，以转流井将新建排洪系统与2#隧洞连接。2#隧洞断开后，断开处上游现有隧洞、排水管、排水井与排洪系统已不存在联系，随着尾矿坝的上升，隧洞、排水管、排水井将逐渐被尾砂充填，逐渐掩埋在尾砂中，因此取消对连接处上游现有隧洞、排水管、排水井的封堵。	《设计变更通知单》(2021)		
11		采用排水斜槽~隧洞方式。排水斜槽过水断面为1.0m×1.2m，现浇钢筋混凝土结构；隧洞过水断面为圆拱直墙式，圆拱半径为0.75m，直墙高1.25m，底宽1.5m。	《改造利用方案》(2008)	北侧1#副坝坝外支沟的汇水采用排水斜槽-隧洞-回水池方式排水。排水斜槽过水断面尺寸为1.0m×1.2m，钢筋混凝土结构；隧洞过水断面为圆拱直墙式，圆拱半径为0.75m，直墙高1.25m，底宽1.5m。	符合
12		在南侧支沟内新建3#排洪隧洞，与现有消力池相连。新建隧洞断面尺寸为2.5m×2.5m，其中隧洞底宽2.5m，直墙高1.25m，拱半径1.25m，坡度约为9.5%。	《扩容改造工程安全设施设计》(2018)		
13		由于受周边环境限制，新建3#隧洞无法施工，因此本次变更设计采用新建IV型排水管将南侧支沟内洪水排出，新建排水管断面为矩形，尺寸为宽2.0，高2.0m，壁厚300mm，顶厚及底厚300mm，C30钢筋混凝土结构。	《设计变更通知单》(2020)	南侧2#副坝坝外支沟的汇水采用排水管-消力池方式排水。排水管为IV型排水管，与现有消力池相连，过水断面尺寸为2.0m×2.0m，钢筋混凝土结构，排水管入口设置了防护栅栏。	符合
14		区域三为库外汇水区，原设计采用隧洞将该区域汇水排出库外，由于周边环境限制，隧洞无法施工。2020年3月，将隧洞变更为2.0m×2.0m方涵，本次变更补充区域三的调洪演算。调洪结果表明，洪水来临后，区域三最高水位为397.83m，低于1#副坝浆砌石坝坝顶标高398.0m。	《设计补充通知单》(2021)		
15	调洪演算	生产经营单位每年汛前应委托设计单位根据尾矿库实测地形图、水位和尾矿沉积滩面实际情况进行调洪演算，复核尾矿库防洪能力，确定汛期尾矿	GB 39496-2020 6.4.2	2025年5月，该企业委托铜源国际工程设计研究有限公司出具了《秦皇岛市富贵鸟矿业有限公司宏源	符合

序号	检查项目	规定及要求	检查依据	检查结果	结论
		库的运行水位、干滩长度、安全超高等安全运行控制参数。		尾矿库 2025 年汛期调洪演算》。调洪演算结论：“该尾矿库现状在 200 年一遇洪水入库后，尾矿库的干滩长度和安全超高满足《尾矿库安全规程》（GB39496-2020）三等库防洪要求，根据调洪演算推求，尾矿库现状条件下可承受的 24h 降雨量最大值为 430.0mm”。2025 年 10 月 17 日，因滩面较 5 月变化较大。铜源国际工程设计研究有限公司受企业委托以完成作业后的尾矿库现状为基础，出具了《关于<秦皇岛市富贵鸟矿业有限公司宏源尾矿库 2025 年度调洪演算报告>的补充说明》，结论为“该尾矿库现状在 200 年一遇洪水入库后，尾矿库的干滩长度和安全超高满足《尾矿库安全规程》（GB 39496-2020）三等库防洪要求”。	
16	排洪系统检测	排洪构筑物检查应有影像资料。对裂缝、孔洞、鼓包和排水井基座、转流井等重要部位录像或摄像时应辅以测量尺等工具进行详细测量并做好标识。	GB 39496-2020 9.2.11	该企业于 2025 年 04 月、2025 年 07 月、2025 年 08 月分别委托唐山宏华建设工程材料检测有限公司编制了《秦皇岛市富贵鸟矿业有限公司宏源尾矿库排洪系统检测报告》、《秦皇岛市富贵鸟矿业有限公司宏源尾矿库 IV 排水管检测结论》、《秦皇岛市富贵鸟矿业有限公司宏源尾矿库排水隧洞检测报告》，结论：该尾矿库排洪系统整体质量良好，运行正常。IV 排水管现龄期混凝土强度、钢筋间距和钢筋混凝土保护层厚度检测结果均符合设计要求。该尾矿库 IV 排水管整体质量良好。北侧蚂蚁沟排水隧洞及南侧黄台沟排水斜槽截面表观质量良好，几何尺寸满足设计及规范要	符合

序号	检查项目	规定及要求	检查依据	检查结果	结论
				求。本次检测的北侧蚂蚁沟排水隧洞及南侧黄台沟排水斜槽整体质量良好。	
17	防洪安全检查	防洪安全检查主要内容应包括防洪标准、防洪安全运行管理的主要控制指标及排洪构筑物安全检查等。	GB 39496-2020 9.2.1	防洪安全检查主要检查了防洪标准、防洪安全运行管理的主要控制指标及排洪构筑物的安全等。	符合
18		排洪构筑物安全检查的主要内容应包括构筑物有无变形、位移、损毁、淤堵，排水能力是否满足设计要求。	GB 39496-2020 9.2.5	排洪构筑物主要检查了坝肩沟，坝面排水沟，消力池等，未发现变形及损毁等情况。	符合

小结：该尾矿库排洪方式、防洪标准、排洪系统、库外排洪系统、调洪演算、排洪系统检测、防洪安全检查符合相关设计及《尾矿设施设计规范》、《尾矿库安全规程》的要求。

### 5.3.2 尾矿库洪水计算

根据企业提供的尾矿库 1:2000 库区实测现状地形图，现状尾矿库最大坝顶标高为 425.0m，现状尾矿库最大坝高为 71.0m，等别三等库，相应主要构筑物的等级为 3 级。本次调洪演算确定现状尾矿库防洪标准：洪水重现期为 200 年。根据尾矿库现状实测平面图，现状库区汇水面积按  $1.75\text{km}^2$  计算。

按照尾矿库现有的筑坝速度推算，下个安全评价周期时尾矿库坝顶标高可能达到 436.5m。确定下个安全评价周期的尾矿库防洪标准：洪水重现期为 500 年。当尾矿库坝顶标高为 436.5 时，库区的汇水面积约为  $1.66\text{km}^2$ 。

依据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）第 6.2.1 条规定，尾矿库洪水计算应根据各省水文图集或有关部门建议的特小汇水面积的计算方法进行计算。当采用全国通用的公式时，应采用当地的水文参数。对于三等及三等以上尾矿库宜取两种以上方法计算，宜以各省水文图册推荐的计算公式为准或选取大值。本次按《秦皇岛水文手册》中的单因子公式法和《尾矿设施设计参考资料》（冶金工业出版社）的推理论公式法计算洪水。

#### （1）方法一：《秦皇岛水文手册》中的单因子公式法

洪峰流量计算采用如下公式：

$$Q_p = \frac{C_p \cdot F}{(F + 2)^{0.4}} \quad (\text{式 5-1})$$

式中:  $Q_p$ ——某设计频率的设计洪峰流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) ;

$C_p$ ——某设计频率的洪峰模系数;

$F$ ——设计流域面积 ( $\text{km}^2$ ) 。

设计洪水总量计算采用如下公式:

$$W = 0.1 \times R_p \times F \quad (\text{式 5-2})$$

式中:  $W$ ——设计洪水总量 (万  $\text{m}^3$ ) ;

$R_p$ ——洪水径流深 ( $\text{mm}$ ) ;

$F$ ——流域面积 ( $\text{km}^2$ ) 。

洪水过程线计算采用如下公式:

$$\text{涨水历时: } T_g = 1.03 \times (F / J) 0.11 \times (W / Q_p)$$

$$\text{洪水总历时: } T = 5.56 \times (W / Q_p)$$

式中:  $T_g$ ——涨水历时 ( $\text{h}$ ) ;

$T$ ——洪水总历时 ( $\text{h}$ ) ;

$F$ ——设计流域面积 ( $\text{km}^2$ ) ;

$J$ ——河道比降 ( $\%$ ) ;

$W$ ——设计洪水总量 (万  $\text{m}^3$ ) ;

$Q_p$ ——某一频率的设计洪峰流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) 。

## (2) 方法二: 《尾矿设施设计参考资料》的推理公式法

洪峰流量计算公式如下:

$$Q_p = \frac{A(S_p F)^B}{\left(\frac{L}{mJ^{1/3}}\right)^C} - D\mu F \quad (\text{式 5-3})$$

式中:  $Q_p$ ——设计频率  $P$  的洪峰流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$S_p$ ——频率为  $P$  时的暴雨雨力,  $\text{mm}/\text{h}$ ;