

堆石混凝土坝应用实践

An aerial photograph of a large, curved dam structure built across a river valley. The dam is a combination of stone and concrete. In the center, there is a power station with several buildings and a large blue structure. The surrounding area is lush green with dense forest. The river flows through the valley, and the dam effectively blocks it, creating a reservoir. The overall scene is a typical example of large-scale water engineering in a mountainous region.

遵义市水利水电勘测设计研究院有限责任公司

张全意

1

堆石混凝土坝应用情况

2

创新应用与工程运行

3

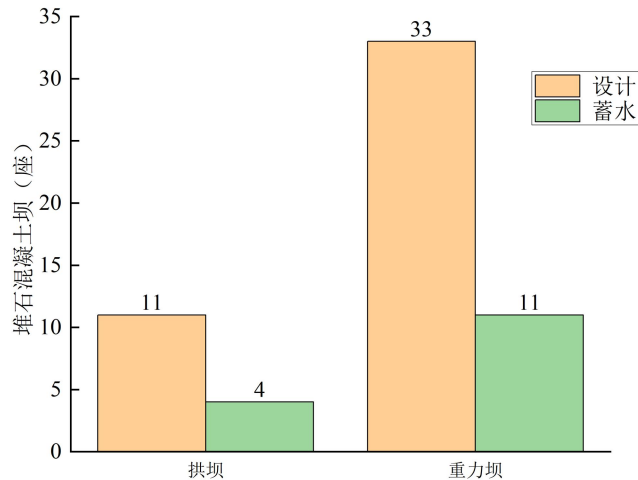
结语

1 遵义市堆石混凝土坝应用情况

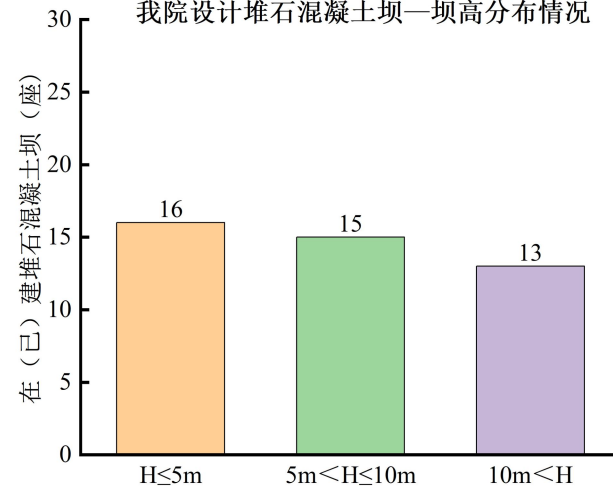
国内目前在（完）建堆石混凝土坝约**169座**（贵州省**53座**）。

我公司目前设计的堆石混凝土坝**44座**。其中，在（完）建**26座**，占国内在（完）建堆石混凝土坝的**15.4%**左右，目前，蓄水**15座**。

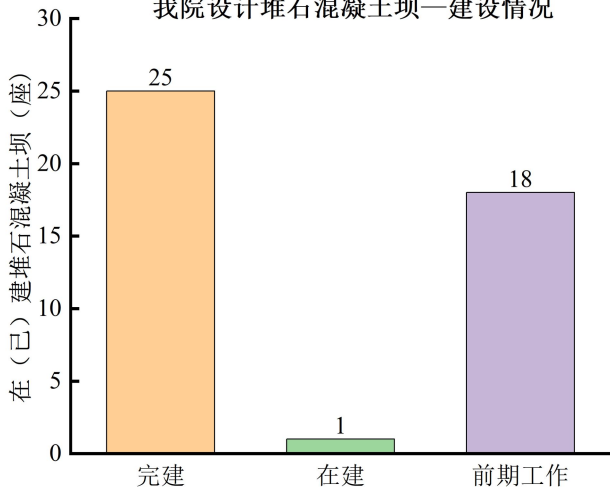
我院设计堆石混凝土坝一坝型分布及蓄水情况



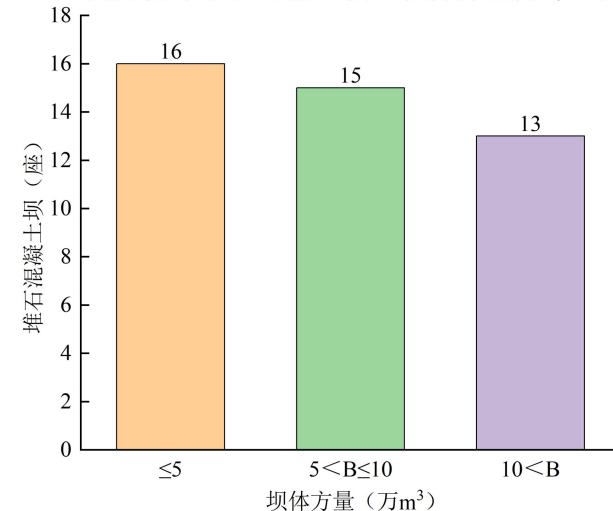
我院设计堆石混凝土坝一坝高分布情况



我院设计堆石混凝土坝一建设情况



我院设计堆石混凝土坝一坝体方量分布 (万 m^3)



1 遵义市堆石混凝土坝应用情况

坝型	工程名称	地点	总库容 (万m ³)	工程等别	坝轴线长 (m)	最大坝高 (m)	坝体浇筑量 (万m ³)	阶段	备注
拱坝	绿塘水库	遵义市新蒲新区	2040	Ⅲ	181.4	53.5	6.8	完建	
	龙洞湾水库	务川县浞水镇	174	Ⅳ	165.8	48	5.6	完建	已蓄水
	风光水库	正安县格林镇	157	Ⅳ	112	48.5	2.8	完建	已蓄水
	桃源水库	道真县桃源乡	128	Ⅳ	113	35	2.1	完建	已蓄水
	沙干水库	赤水市长沙镇	642	Ⅳ	206.7	66	12	完建	已蓄水
	擦耳岩水库	绥阳县坪乐乡	117	Ⅳ	179.5	46	3.9	可研已审	
	观音滩水库	赤水市元厚镇	160	Ⅳ	160.1	63.5	9.5	可研已审	
	寨上水库	红花岗区	468	Ⅳ	121.3	44	3.4	可研送审	
	龙灯水库	务川县丰乐镇	485	Ⅳ	133	40.5	3.5	可研送审	
	云峰水库	道真县三江镇	1270	Ⅲ	218.7	92	18	可研	
	茅垭水库	绥阳县茅垭镇	1803	Ⅲ	367.8	85	17.5	可研	
	重力坝	打鼓台水库	余庆县敖溪镇	619	Ⅳ	198	41	8	完建
万家沟水库		习水县仙源镇	44.5	Ⅴ	101	35	3.2	完建	已蓄水
猫溪沟水库		正安县凤仪镇	956	Ⅳ	150	44.5	6.6	完建	已蓄水
蔺家坪水库		仁怀市长岗镇	127	Ⅳ	123	33	3.8	完建	已蓄水
穿家坪水库		凤冈县何坝镇	616	Ⅳ	130	23.5	2	完建	已蓄水
新寨水库		余庆县白泥镇	32	Ⅴ	100	29	3.5	完建	已蓄水
石坝河水库		仁怀市茅台镇	149	Ⅳ	228	57	18.5	完建	已蓄水
富强水库		道真县上坝乡	367	Ⅳ	168	48	8.5	完建	已蓄水
吐香坝水库		正安县市坪镇	124	Ⅳ	86	30.5	2	完建	已蓄水
平正水库		播州区平正乡	66	Ⅴ	140	29.5	4.3	完建	已蓄水
巫家水库		正安县中观镇	544	Ⅳ	125	34	5	完建	已蓄水

1 遵义市堆石混凝土坝应用情况

坝型	工程名称	地点	总库容 (万m ³)	工程等别	坝轴线长 (m)	最大坝高 (m)	坝体浇筑量 (万m ³)	阶段	备注
重力坝	金塘湖	湄潭县高台镇	254	IV	188	35.5	12.2	完建	
	清沙河水库	息烽县永靖镇	361	IV	196.5	34.5	5.7	完建	
	太平水库	余庆县构皮滩镇	484	IV	191	43.5	8.4	完建	
	德隆水库	凤冈县土溪镇	1490	III	229	53	20.5	完建	
	茅坡水库	遵义市新蒲新区	4890	III	145	43	5.9	完建	
	车拗口水库	凤冈县	184	IV	114	50	7.8	完建	
	杨公岩水库	桐梓县容光镇	302	IV	200	65.5	19.4	完建	
	潭子口水库	凤冈县蜂岩乡	179	IV	255	27.5	3.8	完建	
	木林岩水库	仁怀市三合镇	59.6	V	135	34.5	5.9	完建	
	关口水库	道真县洛龙镇	614	IV	256	47	17.5	在建	
	红毛洞水电站	务川县丰乐镇	2640	III	134	59.5	11.6	初设已批	
	甘家沟水库	道真县上坝乡	151	IV	128	35	6.2	初设已批	
	曾家桥水库	桐梓县马鬃乡	321	IV	158	39	12.2	初设已审	
	高台水库	湄潭县高台镇	1310	III	159	56	13	可研已审	
	木根溪水库	正安县瑞溪镇	150	IV	240	26	7	可研已审	
	马蹄水库	遵义市播州区	1310	III	125	39.5	4.7	可研已审	
	岩底水库	遵义市红花岗区	349	IV	158	34	4	可研已审	
	高峰水库	遵义市新蒲新区	108	IV	125	45	7.5	可研已审	
	岩角塘水库	仁怀市九仓镇小湾村	1132	III	166	81	29.8	可研已审	
	白水洞水库	习水县桑木镇	1780	III	200	92	35	可研已审	
杨堡沟水库	绥阳县宽阔镇	148	IV	190	31.5	4.5	可研送审		
阳付沟水库	仁怀市高大坪镇	75.6	V	164.7	47	9.4	可研送审		

1

堆石混凝土坝应用情况

2

创新应用与工程运行

3

结语

1 坝体分缝设计

结合堆石混凝土材料特点，采用少分缝或不分缝全断面整体上升结构型式。

2 坝肩垫层

取消坝肩垫层或采用厚30~50cm自密实混凝土与坝体一体浇筑

3 堆石粒径

采用小于300mm粒径的石块，提高堆石率，减少胶凝材料用量、降低水化热



4 拱坝模板

拱坝上下游采用混凝土预制块模板，并作为坝体的一部分

5 上游防渗层

- 采用和坝体同等级的自密实混凝土浇筑
- 中低坝可取消上游防渗层

6 河床段垫层混凝土

河床段垫层混凝土采用堆石混凝土浇筑

2.2 已蓄水工程

序号	工程名称	坝型	坝顶高程 (m)	坝高 (m)	防渗层厚度 (m)	运行情况	
1	龙洞湾水库	拱坝	916	48	0.5	蓄水中	局部层间浸润
2	风光水库	拱坝	691	48.5	0.5	蓄水中	局部层间浸润
3	桃源水库	拱坝	1092.5	35	0.5	蓄水中	未见渗漏
4	沙干水库	拱坝	458	66	0.5	已溢洪	未见渗漏
5	打鼓台水库	重力坝	799	41	0.5	已溢洪	局部层间浸润
6	万家沟水库	重力坝	1492	35	未设	已溢洪	局部层间浸润
7	吐香坝水库	重力坝	1106.3	30.5	未设	已溢洪	未见渗漏
8	平正水库	重力坝	1141	29.5	未设	已溢洪	局部层间浸润
9	猫溪沟水库	重力坝	571.5	44.5	0.5	已溢洪	局部层间浸润
10	蔺家坪水库	重力坝	1119.5	33	0.5	已溢洪	未见渗漏
11	穿家坪水库	重力坝	804.5	23.5	0.5	已溢洪	局部层间浸润
12	新寨水库	重力坝	1032.5	29	0.5	已溢洪	未见渗漏
13	石坝河水库	重力坝	568.5	57	0.5	已溢洪	未见渗漏
14	富强水库	重力坝	990.5	48	0.5	蓄水中	局部层间浸润
15	巫家水库	重力坝	936.5	34	0.5	蓄水中	局部层间浸润

2.3 堆石混凝土拱坝—绿塘

绿塘水库位于贵州省遵义市，**堆石混凝土拱坝**，坝轴线长181.4m，最大坝高53.5m。首次采用**不分横缝、全断面整体上升浇筑**，岸坡基础采用**一体化浇筑高自密实混凝土垫层**，上下游采用**预制块模板**并作为坝体一部分。



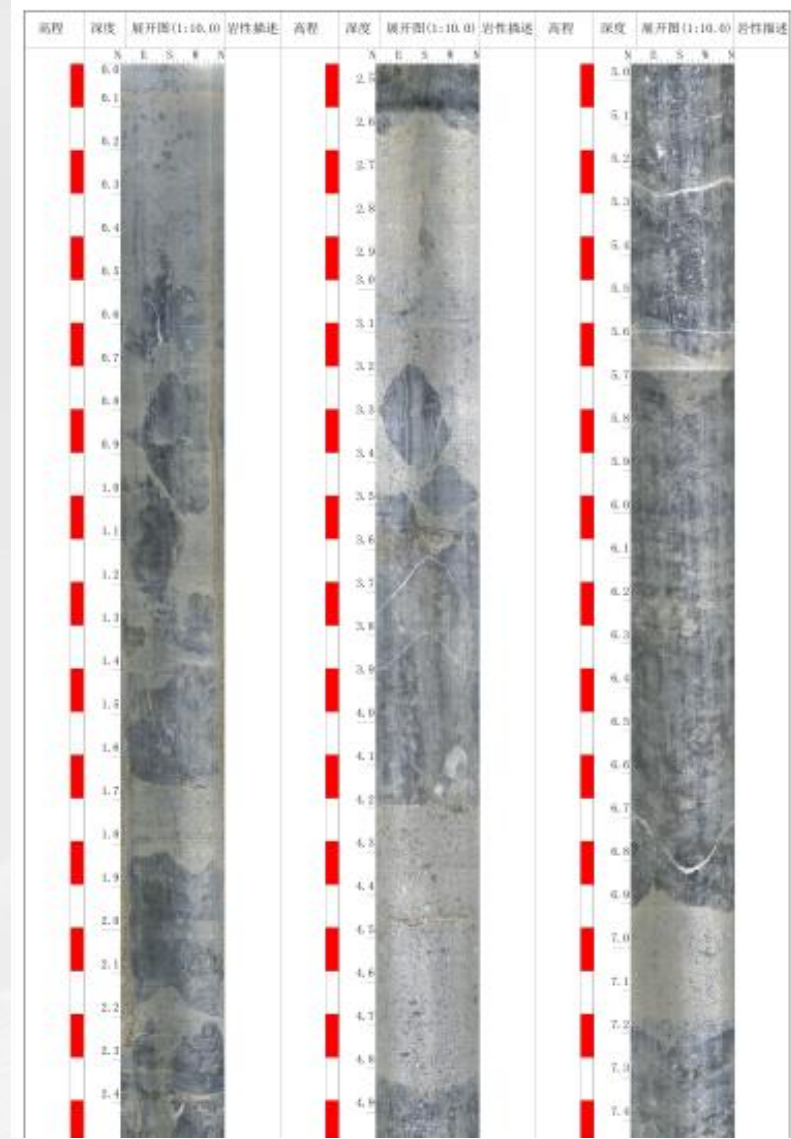
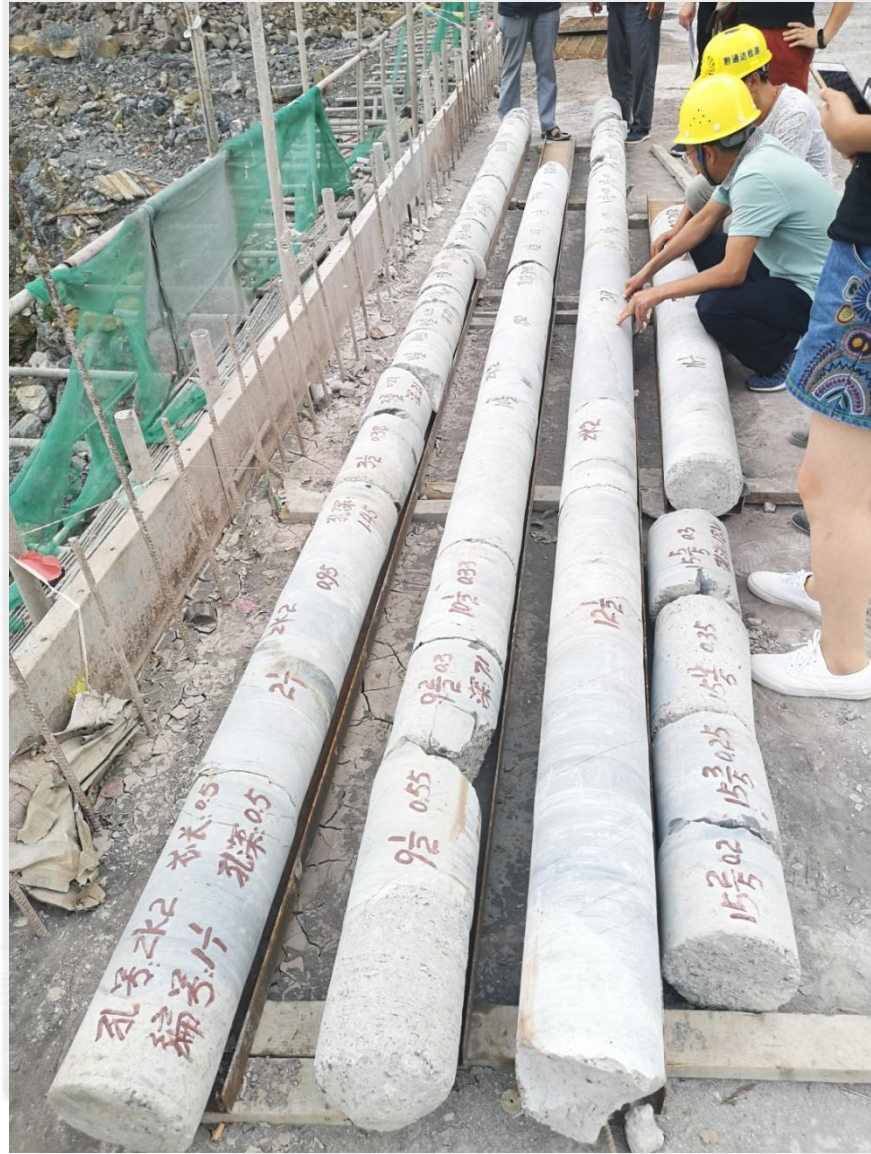
2.3 堆石混凝土拱坝—绿塘

大坝于2017年12月10日开仓浇筑，于2018年11月29日封顶，浇筑堆石混凝土约5.8万 m^3 。

由于库区移民征地问题至今尚未蓄水，**经历近五年空库运行并多次被动挡水，目前监测数据无异常。**



2.3 堆石混凝土拱坝—绿塘



2.3 堆石混凝土拱坝—绿塘

2018年，我院与贵州大学、北京华石纳固科技有限公司、遵义市水利水电建设总公司、遵义黔通达检测试验有限责任公司等单位合作，开展了《遵义市绿塘水库工程堆石混凝土相关性能指标研究》。



2.4 堆石混凝土拱坝—沙干

沙干水库位于贵州省赤水市，堆石混凝土拱坝，坝轴线长205m，最大坝高66m。为贵州省建成的最高堆石混凝土拱坝。

大坝采用不分缝全断面整体上升浇筑、预制块作为上下游模板、砂岩堆石料、河床堆石混凝土垫层、组合骨料等设计。



2.4 堆石混凝土拱坝—沙干

堆石筛选与冲洗

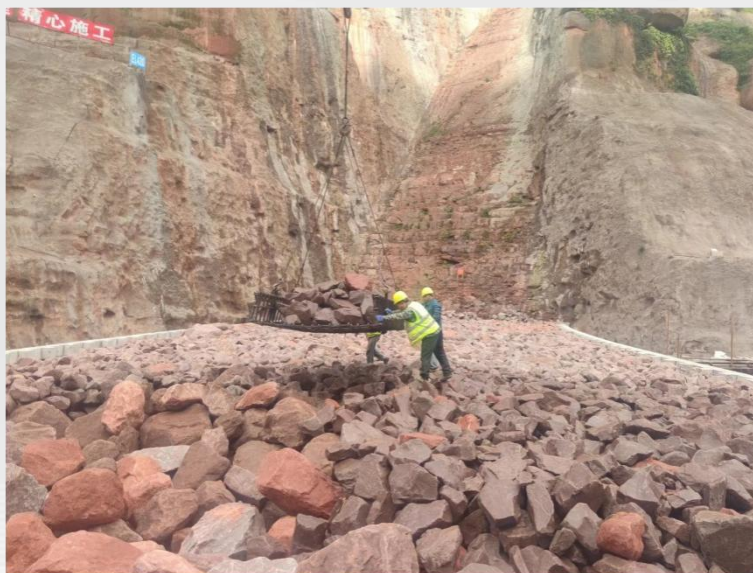


堆石塔机入仓



人工辅助堆石
(较小粒径)

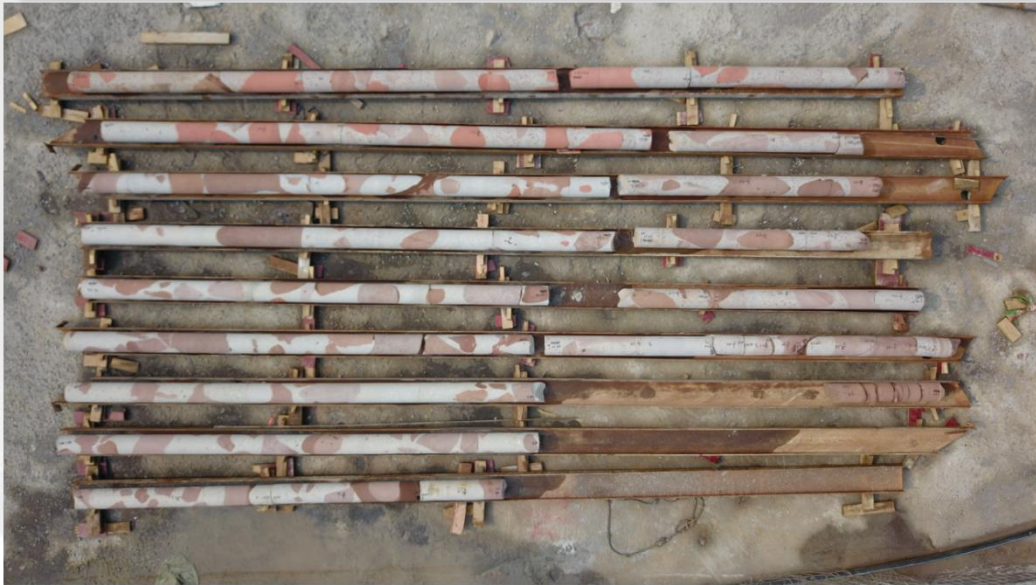
大坝于2021年9月浇筑垫层，于2023年1月11日封顶，累计浇筑方量约12万m³。目前已蓄水至正常蓄水位并溢洪。



2.4 堆石混凝土拱坝—沙干



2.4 堆石混凝土拱坝—沙干



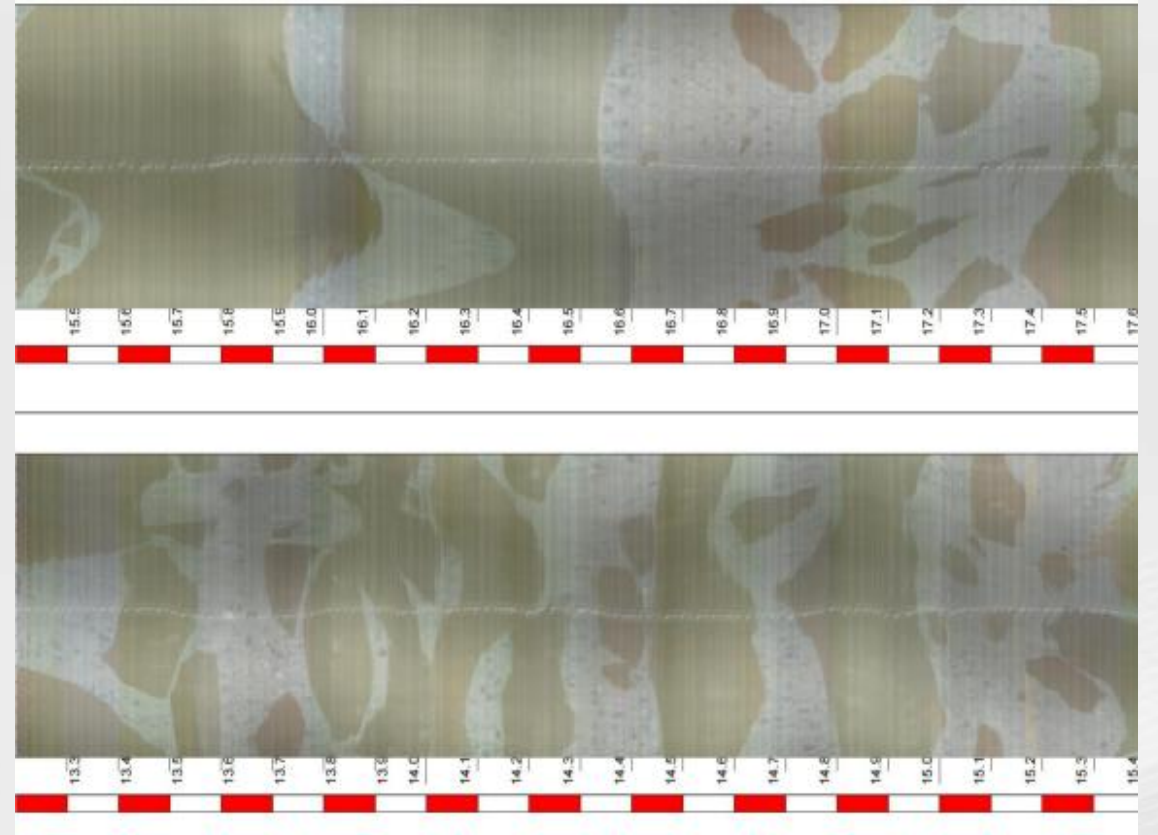
4.24m芯样

2.4 堆石混凝土拱坝—沙干



序号	≥1.5m芯样长度		
1	ZK1	ZK2	ZK3
2	1.75	1.75	2.26
3	1.85	3.60	3.84
4	3.05	3.56	4.22
5	2.50	3.45	4.24
6	2.92	1.85	3.07
7	3.65	3.45	1.83
8	2.24	3.93	
9	3.88	3.92	
10		3.95	
11		3.55	
12		1.52	
13		1.85	
合计 (m)	21.84	36.38	19.53
占总钻孔深度	49.2%	55.3%	67.3%

2.4 堆石混凝土拱坝—沙干



小粒径集中区域及对应孔内电视

沙干水库蓄水初期分别在上游水位425.50 m（死水位）、435.00 m、443.40 m、452.40 m高程进行了蓄水初期观测分析。

- 坝顶径向最大位移：**1.8cm**
- 坝顶切向最大位移：**0.35cm**
- 周边缝开合变化：**-1.34 mm至1.42 mm之间**
- 堆石混凝土最大温升：**10.1℃**
- 廊道渗水量：**0.303L/s**（主要来自坝基排水孔）

2.5 堆石混凝土拱坝—风光

风光水库，总库容
155万 m^3 ，大坝为堆
石混凝土**双曲拱坝**，
最大坝高48.5m。

**大坝不分横缝整体
浇筑，上下游采用预
制块模板并作为坝体
一部分。**



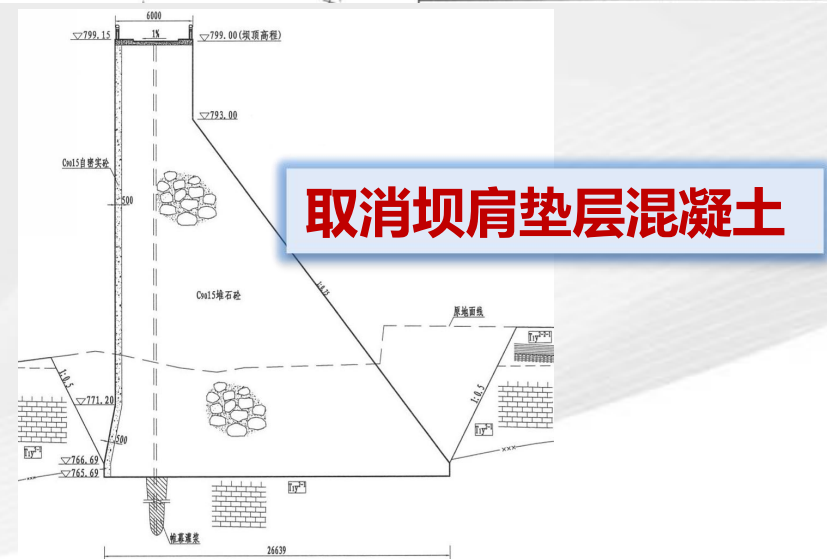
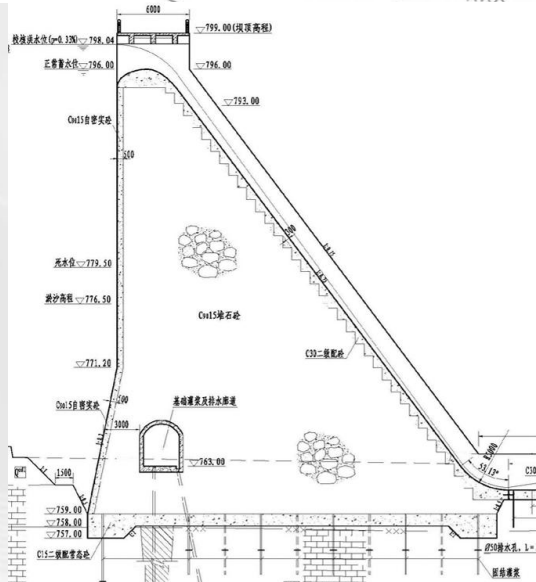
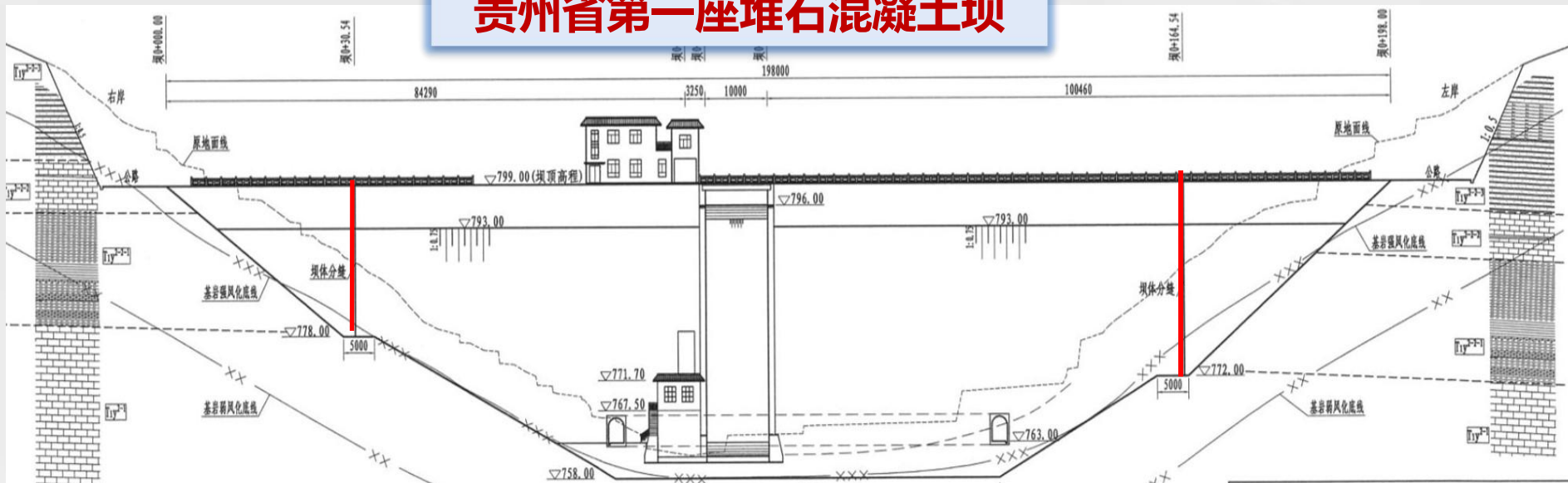
风光水库蓄水初期分别在上游水位663.00m（死水位）、670.00m高程进行了蓄水初期观测。

- 坝顶径向最大位移：**0.58cm**
- 坝顶切向最大位移：**0.28cm**
- 周边缝开合变化：**0.442至1.514mm之间**
- 堆石混凝土最大温升：**9.9℃**

2.8 堆石混凝土重力坝—打鼓台

打鼓台水电站
是堆石混凝土重
力坝，最大坝高
41m，在基础变
化处设永久横缝，
最大缝距134米，
2018年下闸蓄水，
运行情况良好。

贵州省第一座堆石混凝土坝

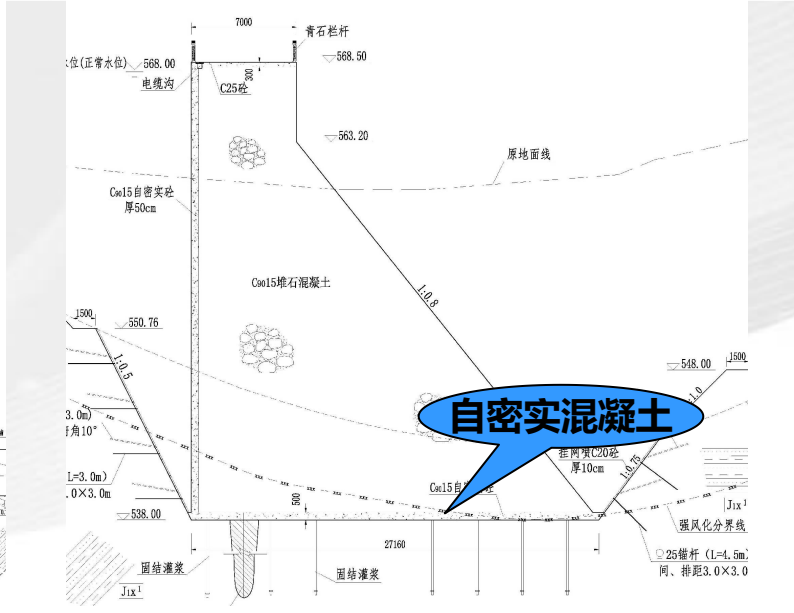
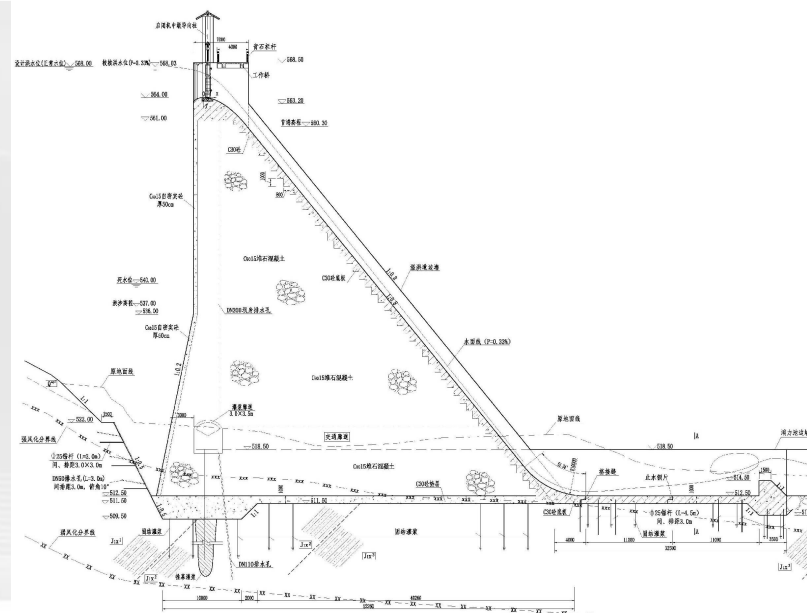
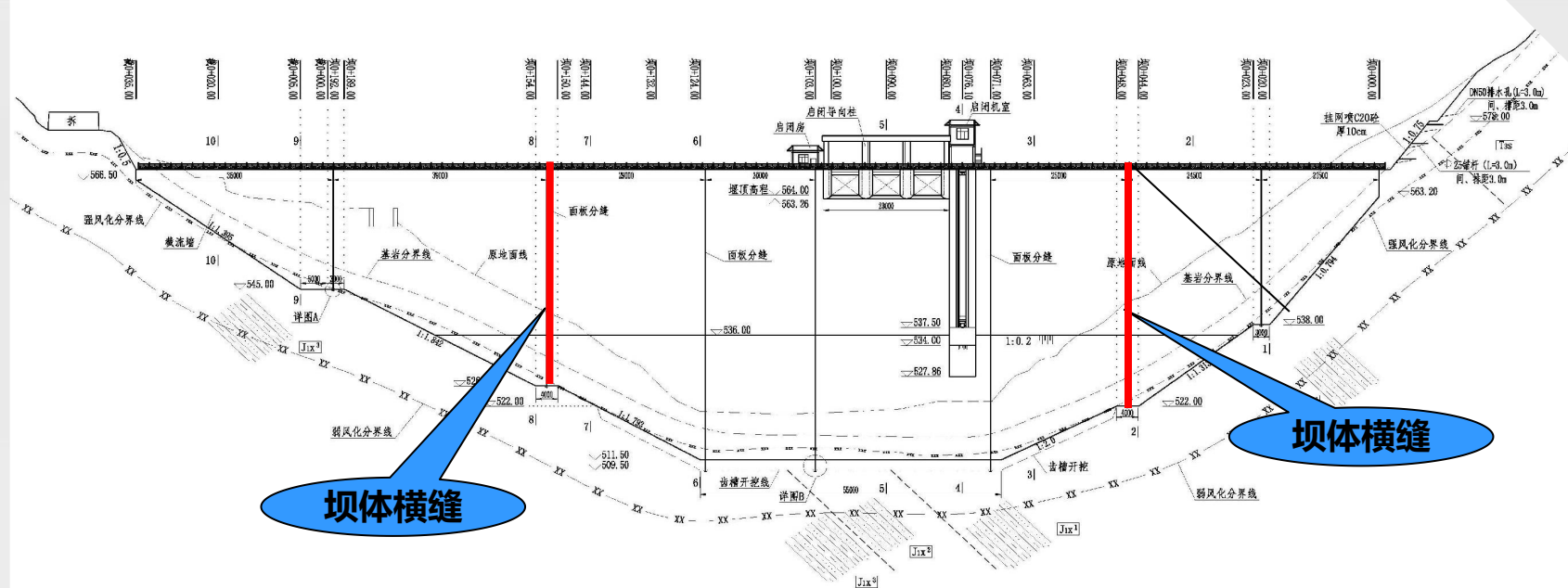


2.8 堆石混凝土重力坝—打鼓台



2.11 堆石混凝土重力坝—石坝河

石坝河水库位于仁怀市茅台镇，水库总库容149万 m^3 ，大坝为堆石混凝土重力坝，最大坝高57m。大坝在基础变化处设永久横缝，最大缝距106m。



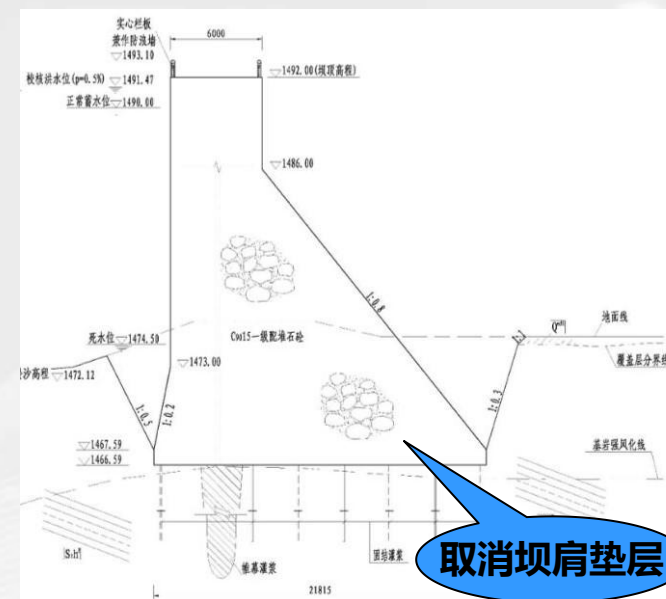
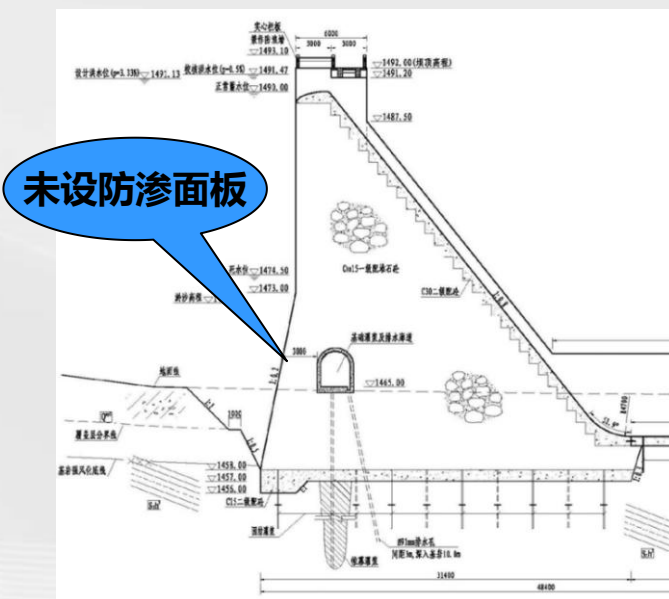
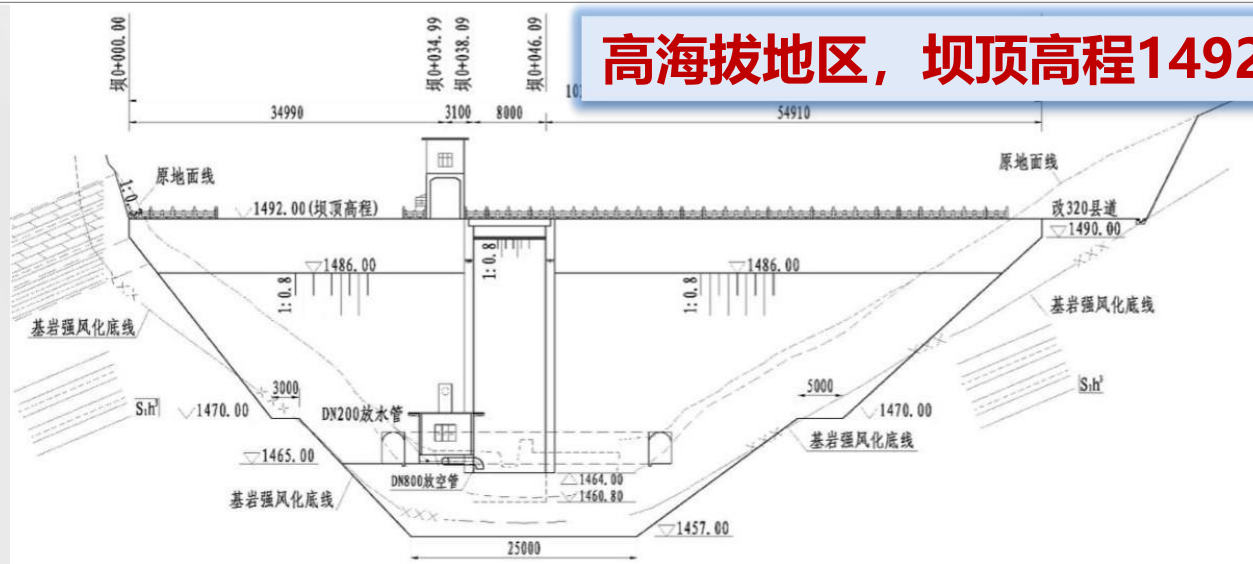
2.11 堆石混凝土重力坝—石坝河



2.6 不设防渗层堆石混凝土重力坝—万家沟

万家沟水库位于习水县，大坝为堆石混凝土重力坝，坝轴线长101m，最大坝高35m。大坝上游未设置防渗层，采用坝体自身防渗；同时取消了坝肩垫层混凝土。

高海拔地区，坝顶高程1492.00m



2.6 不设防渗层堆石混凝土重力坝—万家沟



2.6 不设防渗层堆石混凝土重力坝—万家沟



2.7 不设防渗层堆石混凝土重力坝—平正

平正水库位于遵义市播州区，大坝为堆石混凝土重力坝，坝轴线长140m，最大坝高19.5m。大坝上游未设置防渗层，采用坝体自身防渗；同时取消了坝肩垫层混凝土。



2.9 堆石混凝土重力坝—蔺家坪

蔺家坪水库，总库容127万 m^3 ，大坝为堆石混凝土重力坝，坝轴线长123m，最大坝高33m。坝体采用了**不分纵、横缝全断面整体上升结构型式**。



2.10 堆石混凝土重力坝—猫溪沟

猫溪沟水库，总库容956万 m^3 ，大坝为堆石混凝土重力坝，坝轴线长150m，最大坝高44.5m。坝体采用了**不分纵、横缝全断面整体上升结构型式**。



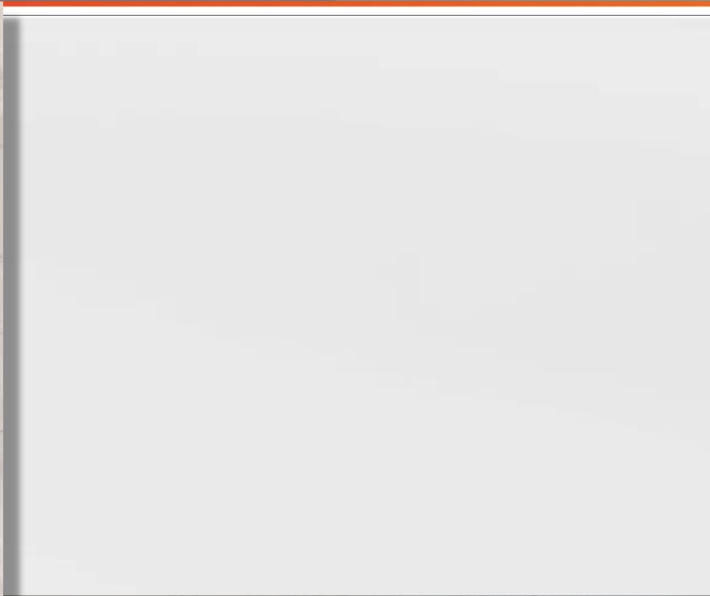
2.12 各工程廊道渗水情况

序号	工程名称	廊道量水堰测值 (L/s)	备注
1	吐香坝水库	0.102	主要来自坝基排水孔
2	万家沟水库	0.039	
3	平正水库	0.201	
4	打鼓台水库	0.203	
5	石坝河水库	0.285	
6	沙干水库	0.303	
7	猫溪沟水库	0.251	

2.12 各工程廊道渗水情况



沙干水库 (蓄水后)



石坝河水库 (蓄水后)



平正水库 (蓄水后)

2.13 各工程温度监测情况

部分项目温度监测成果

工程	堆石率	最大温升 (°C)	最高温度出现时间距浇筑初期时间 (天)
绿塘水库	灰岩, 53%	5.9	3
风光水库	灰岩, 53%	9.9	7
打鼓台水库	灰岩, 57%	12.4	3
石坝河水库	灰岩, 53%	14.1	3
万家沟水库	灰岩, 55%	7.6	2
富强水库	灰岩, 56%	10.7	10
沙千水库	砂岩, 53.5%	10.1	3

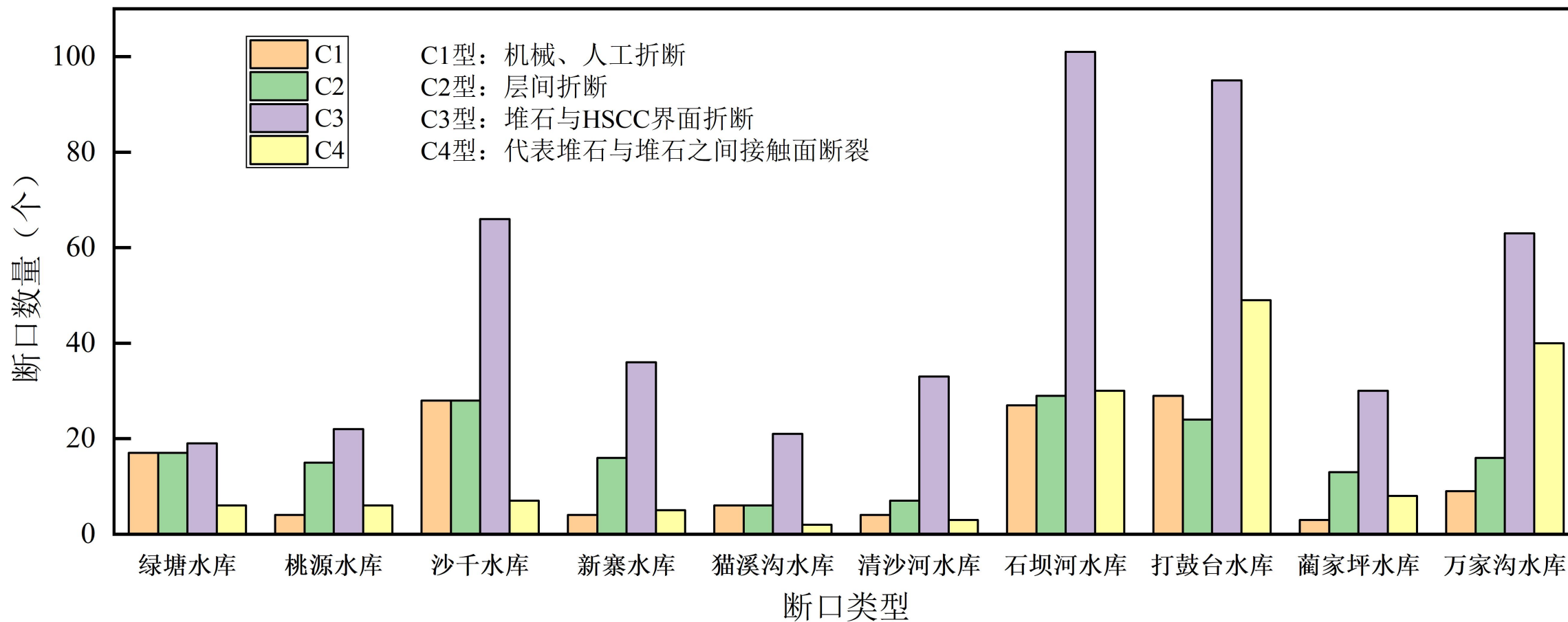


最大温升大多在5~15°

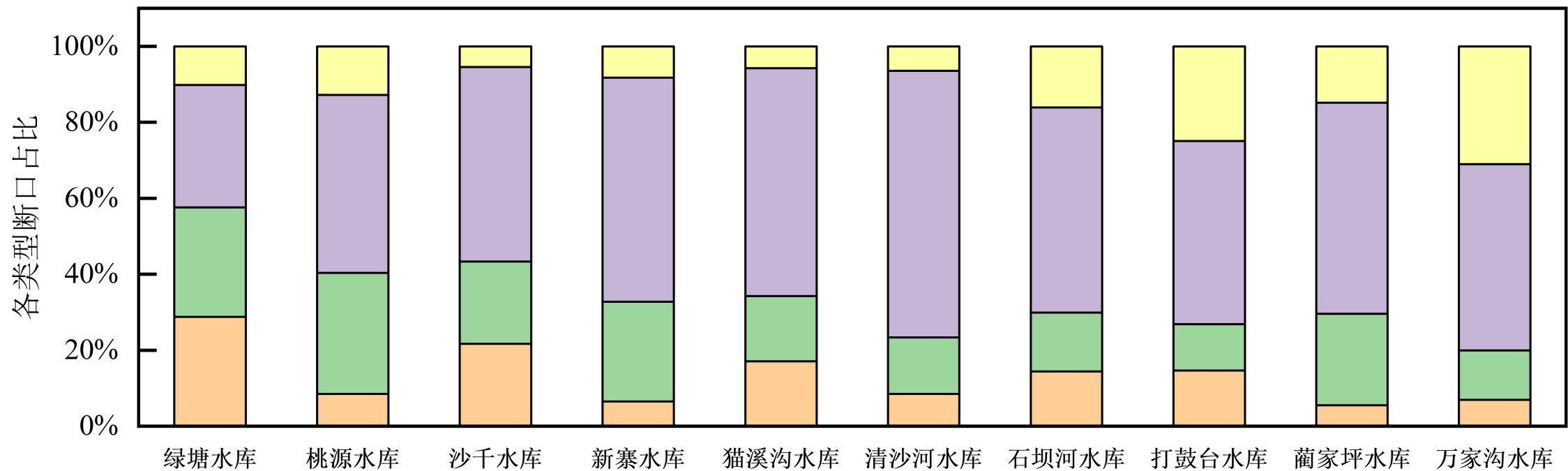


最大温升出现时间大多在浇筑后2~7天

2.14 各工程坝体取芯断口情况



芯样均以**C3型断口**占比最大，表明**HSCC与堆石胶结面**仍是**RFC材料最薄弱部位**。



断口类型	绿塘水库	桃源水库	沙千水库	新寨水库	猫溪沟水库	清沙河水库	石坝河水库	打鼓台水库	蔺家坪水库	万家沟水库
C4	10.17%	12.77%	5.43%	8.20%	5.71%	6.38%	16.04%	24.87%	14.81%	7.03%
C3	32.20%	46.81%	51.16%	59.02%	60.00%	70.21%	54.01%	48.22%	55.56%	12.50%
C2	28.81%	31.91%	21.71%	26.23%	17.14%	14.89%	15.51%	12.18%	24.07%	49.22%
C1	28.81%	8.51%	21.71%	6.56%	17.14%	8.51%	14.44%	14.72%	5.56%	31.25%

2.15 各工程坝体注（压）水情况

序号	工程名称	防渗层注水试验 (cm/s)	坝体压水试验 (Lu)
1	吐香坝水库 (未设防渗层)	/	0.33 ~ 2.3
2	万家沟水库 (未设防渗层)	/	0.46 ~ 2.9
3	平正水库 (未设防渗层)	/	0 ~ 1.29
3	打鼓台水库	/	/
4	德隆水库	/	/
5	石坝河水库	3.56×10^{-6}	0 ~ 1.15
6	杨公岩水库	/	/
7	桃源水库	1.03×10^{-5}	0.53 ~ 0.57
8	龙洞湾水库	6.12×10^{-6}	0.26 ~ 0.79
9	风光水库	4.29×10^{-6}	0.22 ~ 0.98
10	绿塘水库	2.51×10^{-6}	0.01 ~ 1.28
11	沙干水库	5.84×10^{-6}	0.17 ~ 0.28

1

堆石混凝土坝应用情况

2

创新应用与工程运行

3

结语

- 1、堆石混凝土大坝结构设计（坝体材料分区、坝顶宽度、廊道布置等）宜充分考虑施工可操作性，简化施工工序，提高施工强度，有利于工程质量和施工安全的控制，充分发挥其水化热低、施工快速、环境友好等材料特点。
- 2、堆石混凝土作为复合型筑坝材料，具有不均匀性，其**抗压强度、抗拉强度以及弹性模量等**取值有待进一步研究。
- 3、堆石混凝土筑坝技术已广泛应用实践，但工程设计中仍缺乏**部分支撑依据**，建议尽快出台和完善相关规程规范。

感谢聆听！ 请批评指正。

张全意

TEL:13595259990 (电话微信同号)