# 堆石混凝土坝应用实践



遵义市水利水电勘测设计研究院有限责任公司
张全意

# 报告提纲



1 堆石混凝土坝应用情况

2 创新应用与工程运行

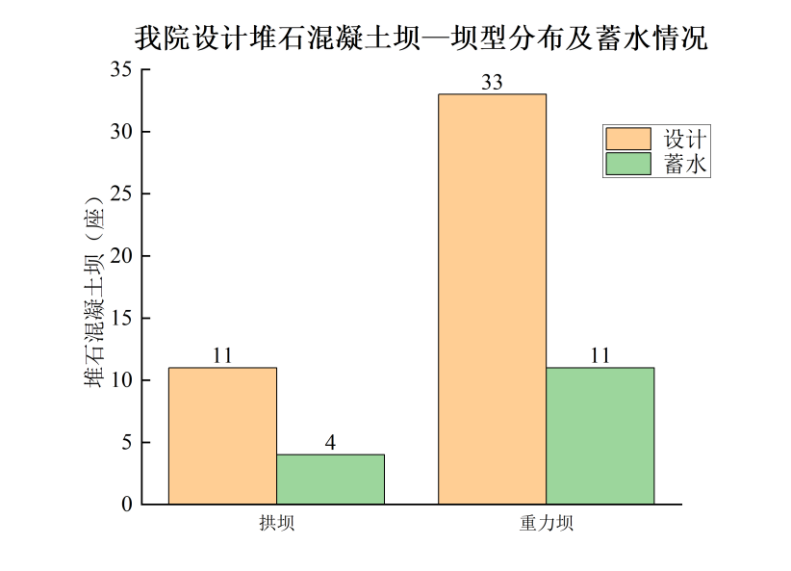
3 结语

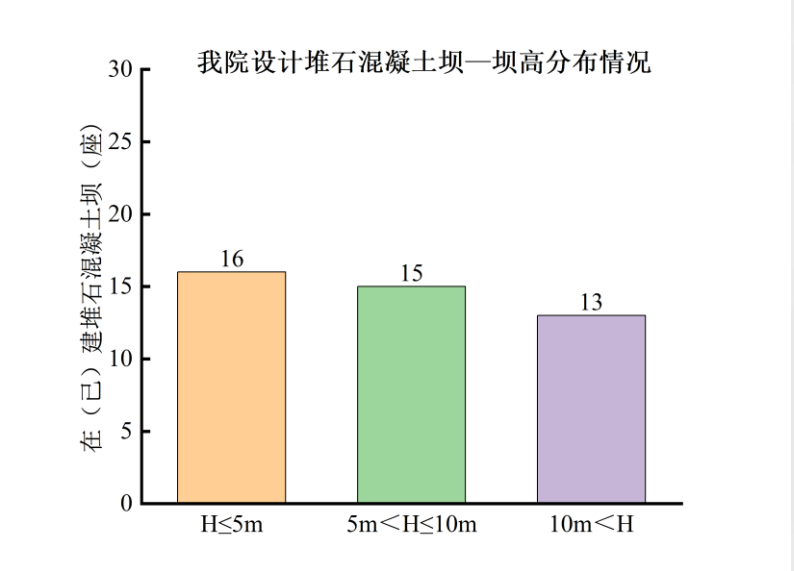
# 1 遵义市堆石混凝土坝应用情况

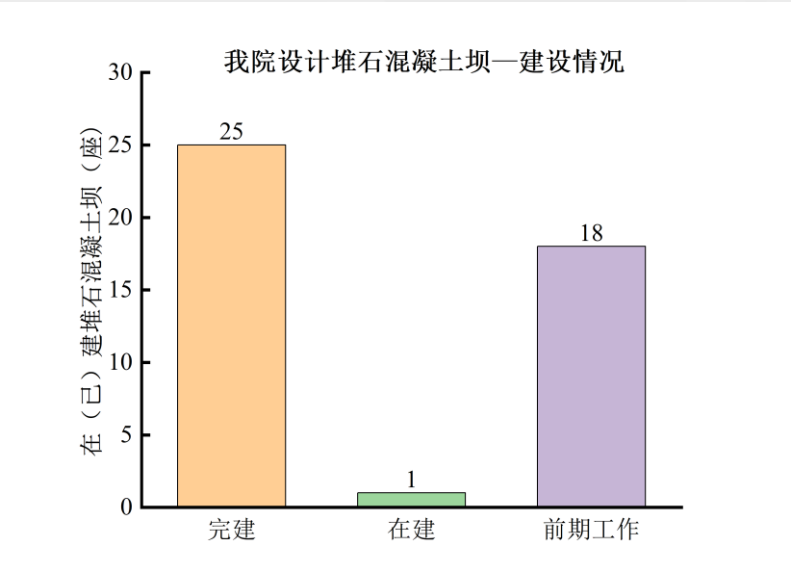


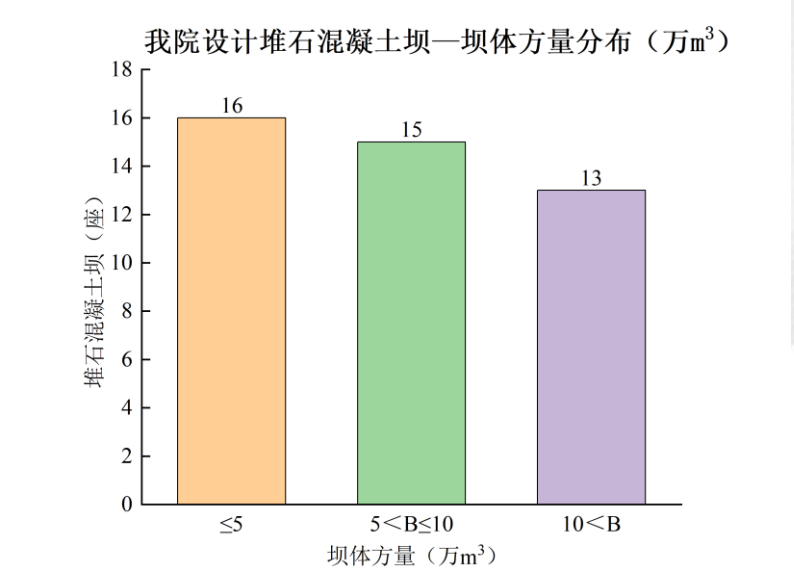
国内目前在（完）建堆石混凝土坝约169座(贵州省53座)。

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。



# 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 |
| | 沙千水库 | 赤水市长沙镇 | 642 | Ⅳ | 206.7 | 66 | 12 | 完建 | 已蓄水 |
| | 檫耳岩水库 | 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 | 已蓄水 |
| | 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 | |

# 报告提纲



1 堆石混凝土坝应用情况

2 创新应用与工程运行

3 结语

# 2.1 设计特点



## 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 | 沙千水库 | 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。**



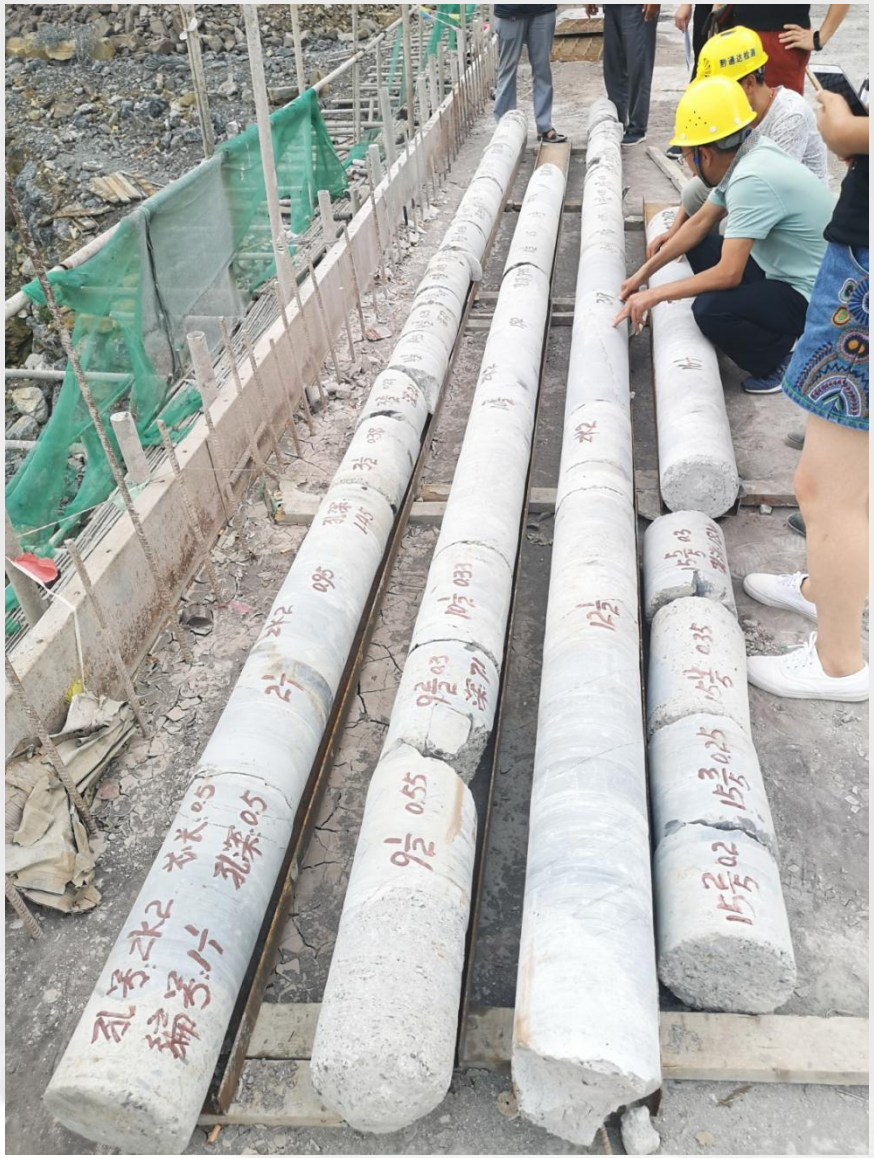




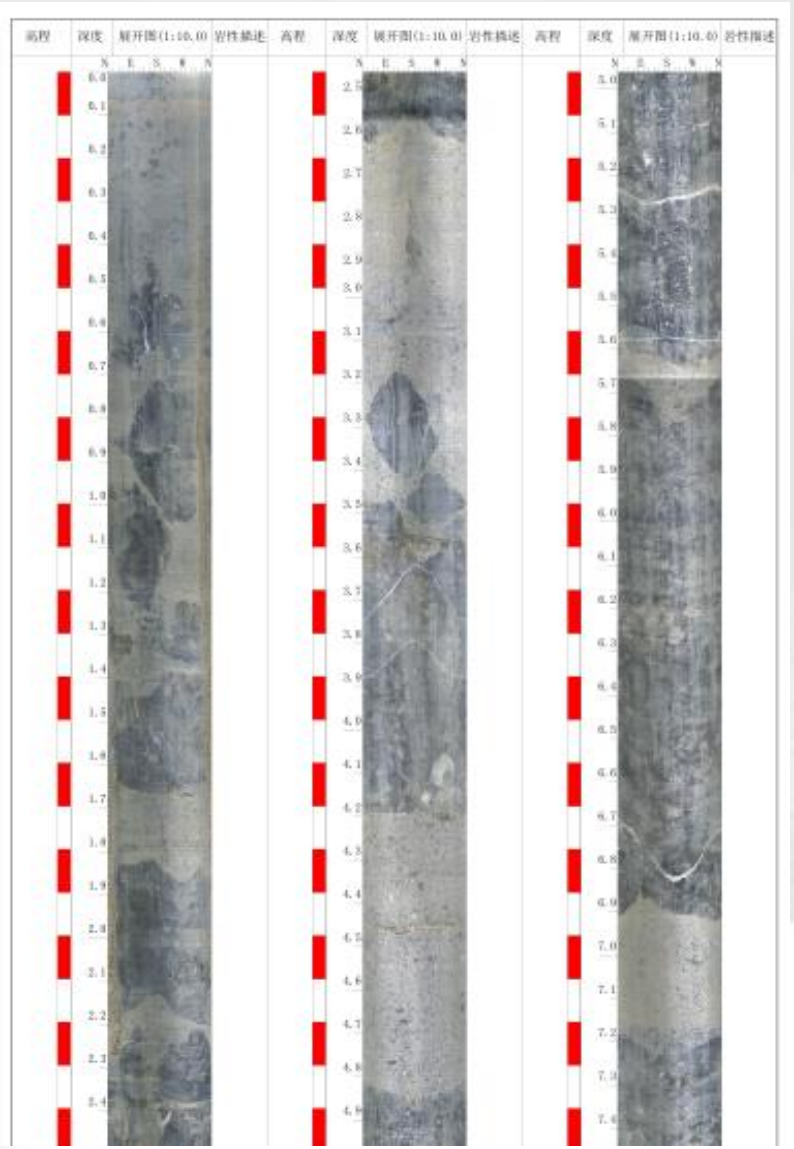


# 2.3 堆石混凝土拱坝—绿塘





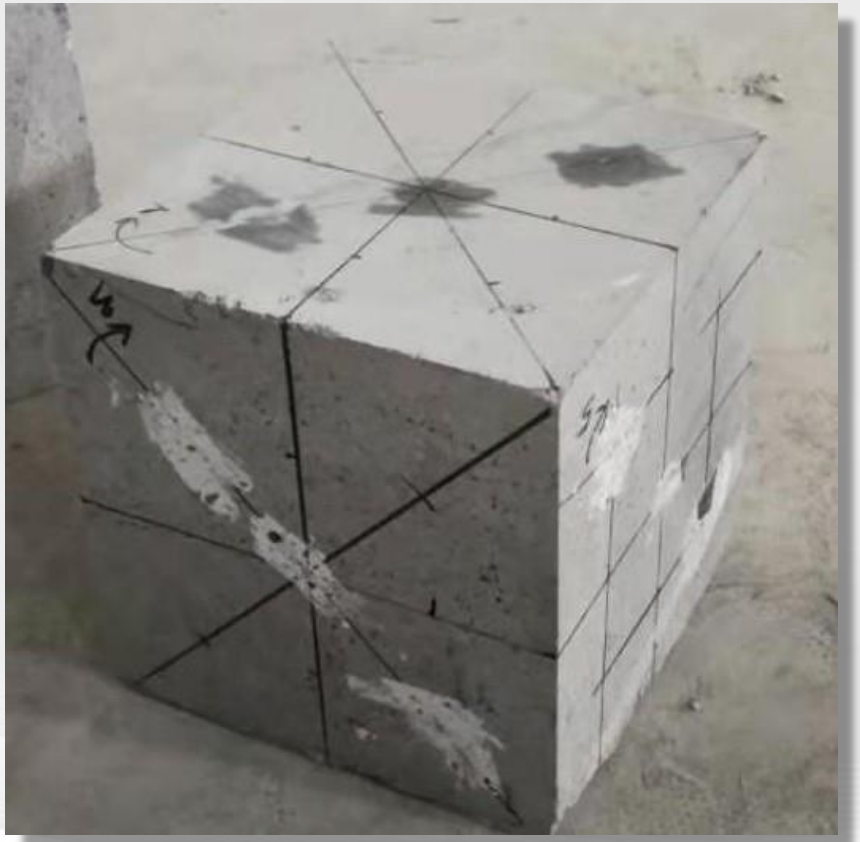




# 2.3 堆石混凝土拱坝—绿塘



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—沙千



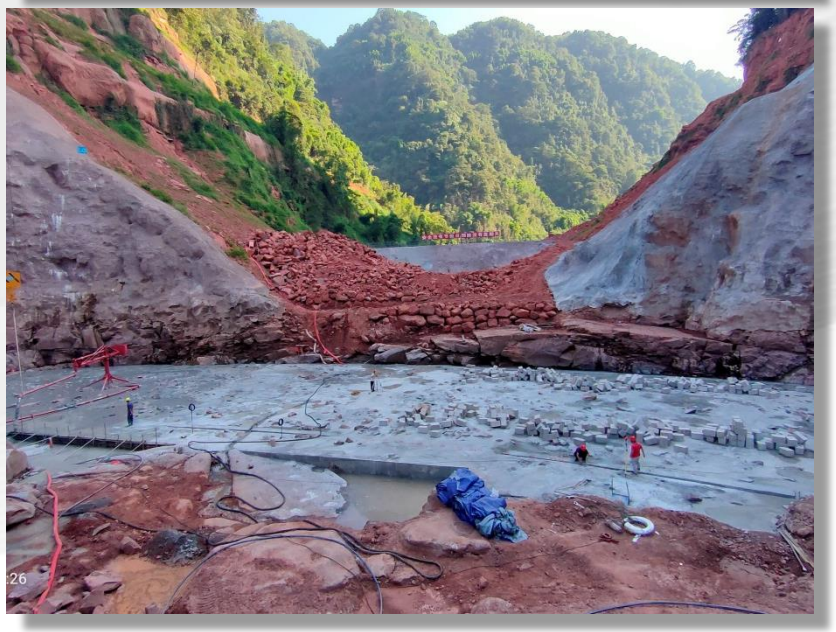
沙千水库位于贵州省赤水市，**堆石混凝土拱坝**，坝轴线长205m，**最大坝高66m**。为**贵州省建成的最高**堆石混凝土拱坝。

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—沙千



**堆石筛选与冲洗**

↓

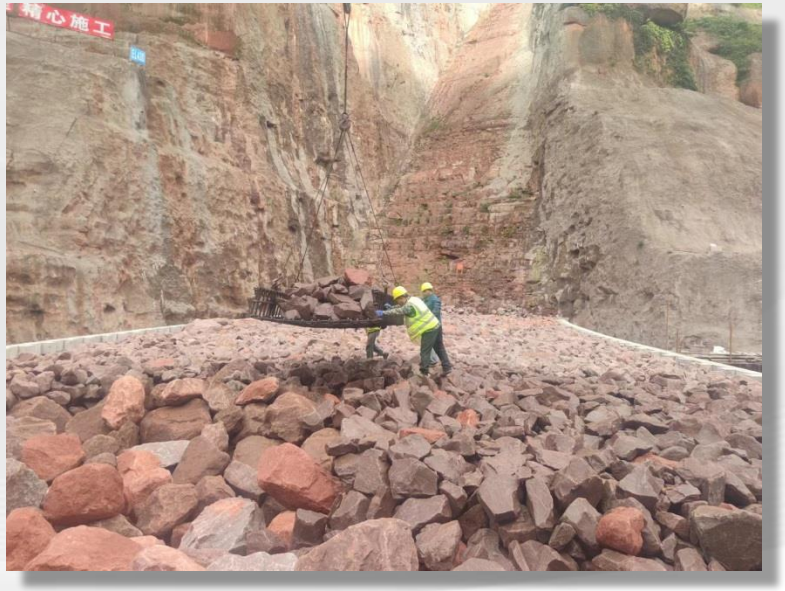
**堆石塔机入仓**

↓

**人工辅助堆石（较小粒径）**









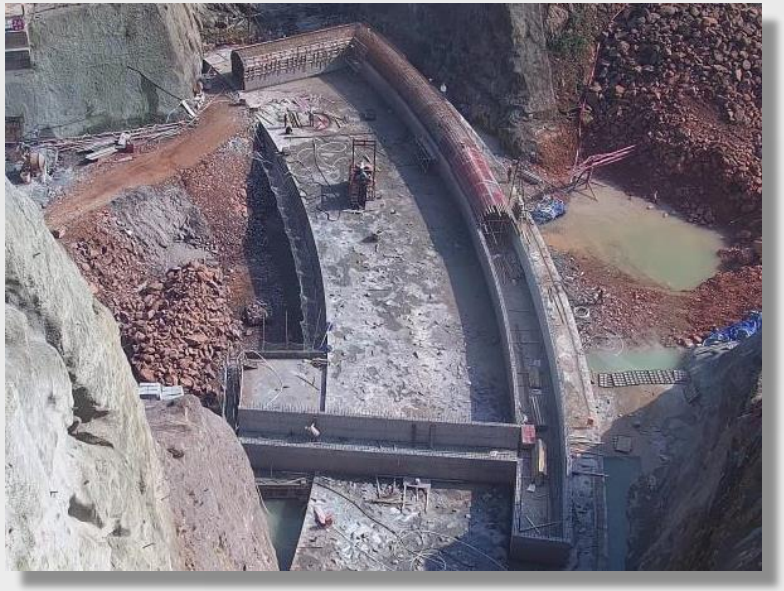

大坝于2021年9月浇筑垫层，于2023年1月11日封顶，累计浇筑方量约12万$m^3$。

目前已蓄水至正常蓄水位并溢洪。

# 2.4 堆石混凝土拱坝—沙千

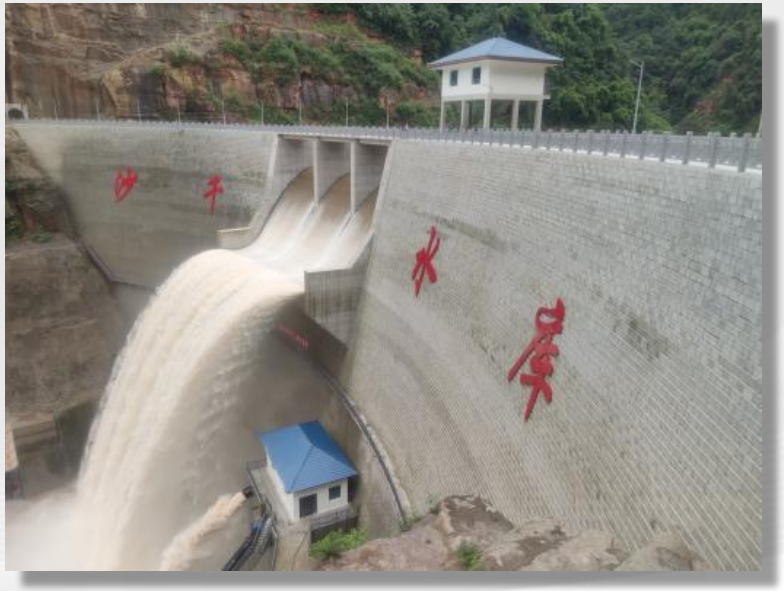












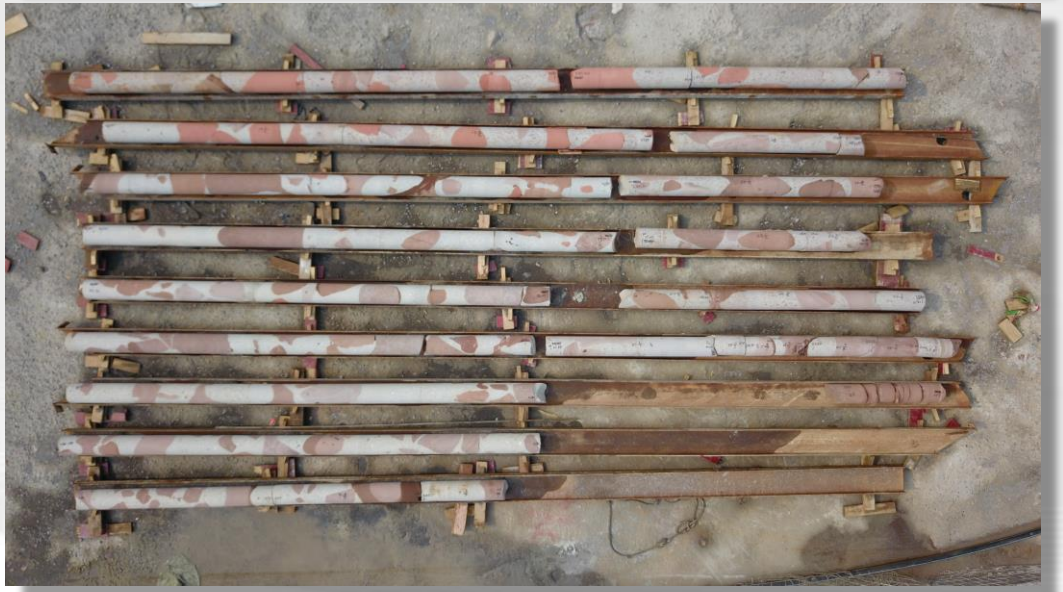



# 2.4 堆石混凝土拱坝—沙千





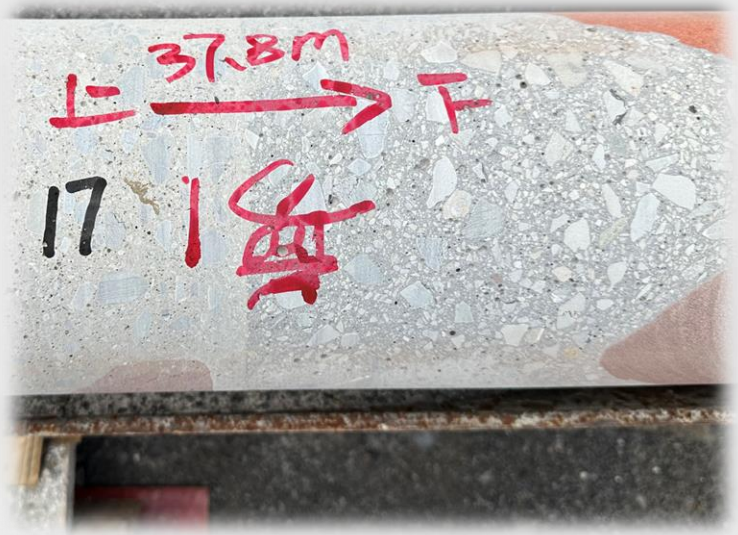






# 2.4 堆石混凝土拱坝—沙千





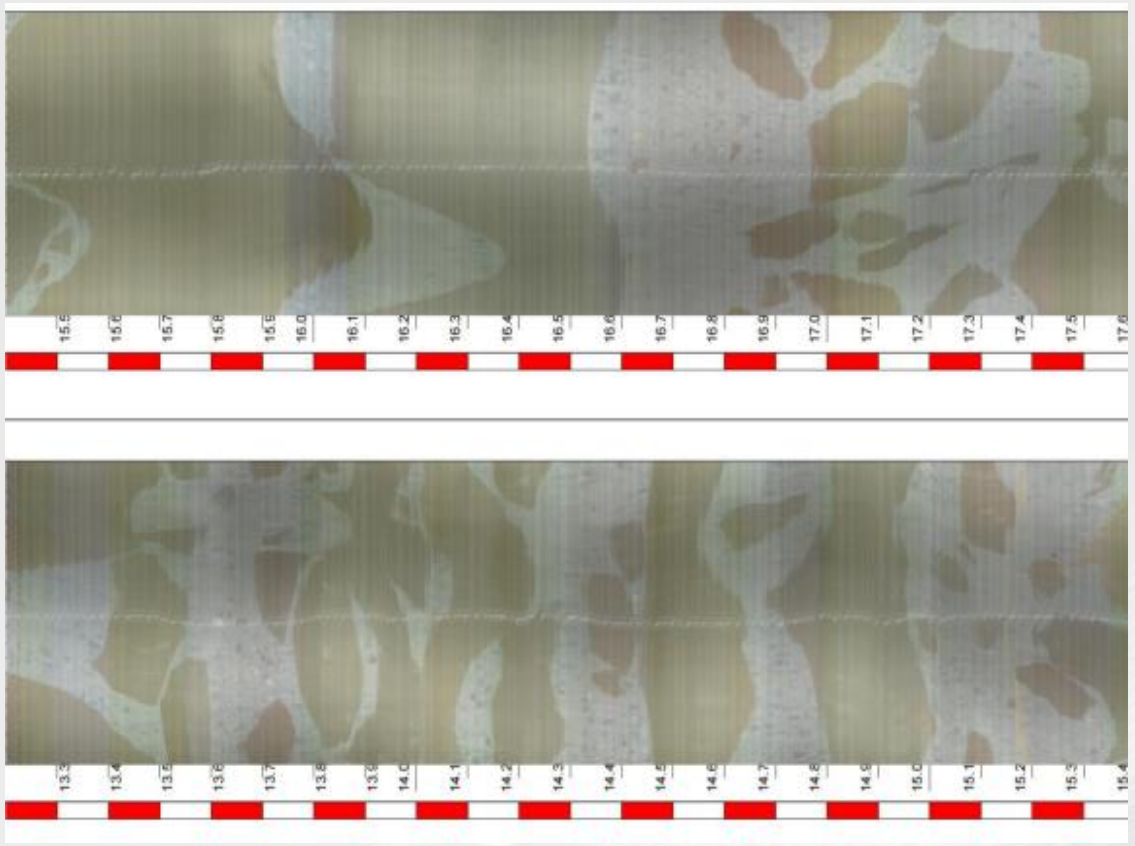



| 序号 | ≥1.5m芯样长度 | | |
|---|---|---|---|
| 1 | ZK1 | ZK2 | ZK3 |
| 2 | 1.75 | 1.75 | 2.26 |
| 3 | 1.85 | 3.60 | 3.84 |
| 4 | 3.05 | 3.56 | 4.22 |
| 5 | 2.50 | 3.45 | 4.24 |
| 6 | 2.92 | 1.85 | 3.07 |
| 7 | 3.65 | 3.45 | 1.83 |
| 8 | 2.24 | 3.93 | |
| 9 | 3.88 | 3.92 | |
| 10 | | 3.95 | |
| 11 | | 3.55 | |
| 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—沙千







小粒径集中区域及对应孔内电视

# 2.4 堆石混凝土拱坝—沙千



沙千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

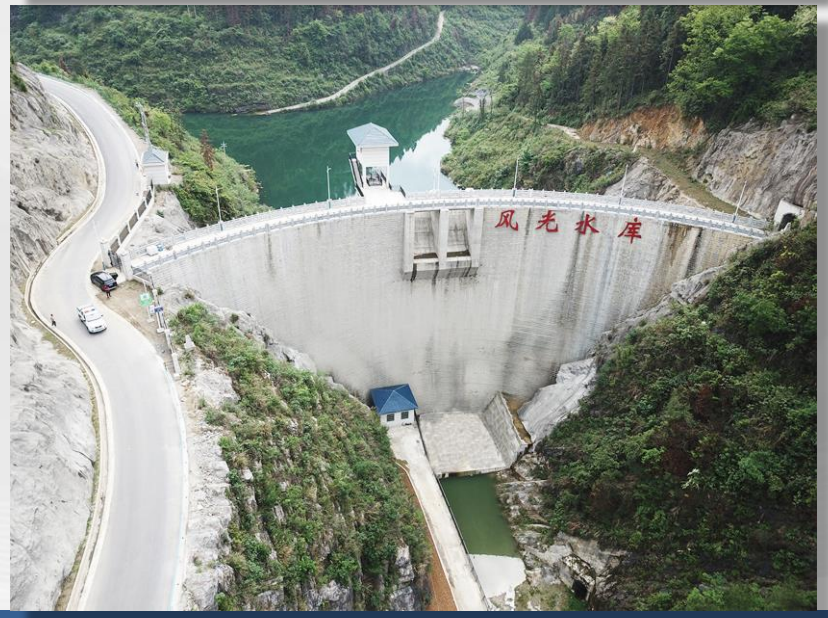


风光水库，总库容155万$m^3$，大坝为堆石混凝土**双曲拱坝**，最大坝高48.5m。

**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。**










# 2.5 堆石混凝土拱坝—风光



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。

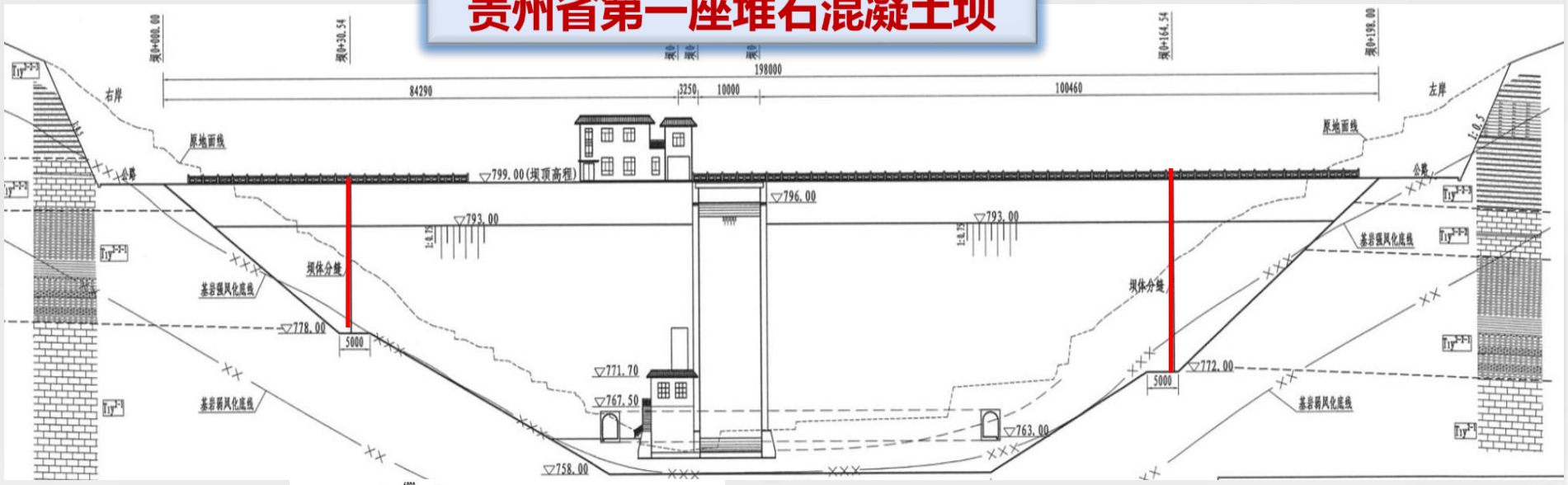
- 坝顶径向最大位移：0.58cm
- 坝顶切向最大位移：0.28cm
- 周边缝开合变化：0.442至1.514mm之间
- 堆石混凝土最大温升：9.9℃

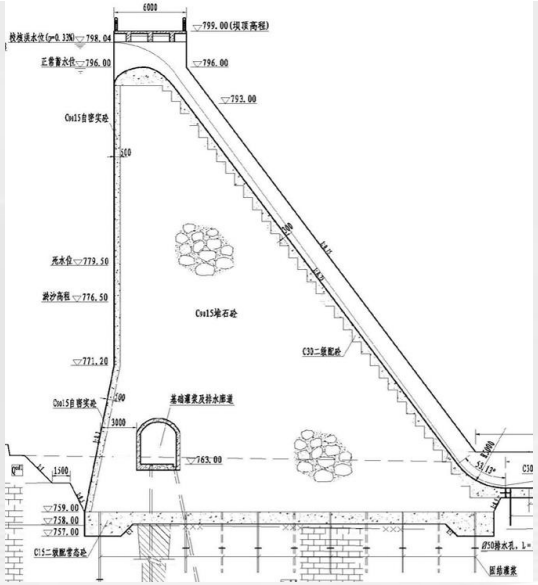
# 2.8 堆石混凝土重力坝—打鼓台

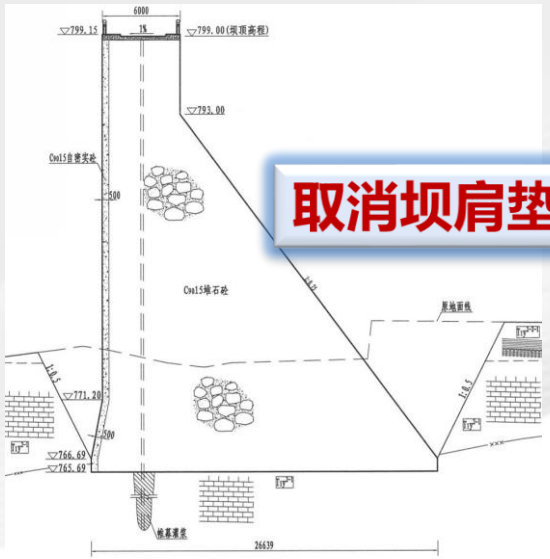


**打鼓台水电站是堆石混凝土重力坝，最大坝高41m，在基础变化处设永久横缝，最大缝距134米，2018年下闸蓄水，运行情况良好。**

**贵州省第一座堆石混凝土坝**




**取消坝肩垫层混凝土**

# 2.8 堆石混凝土重力坝—打鼓台



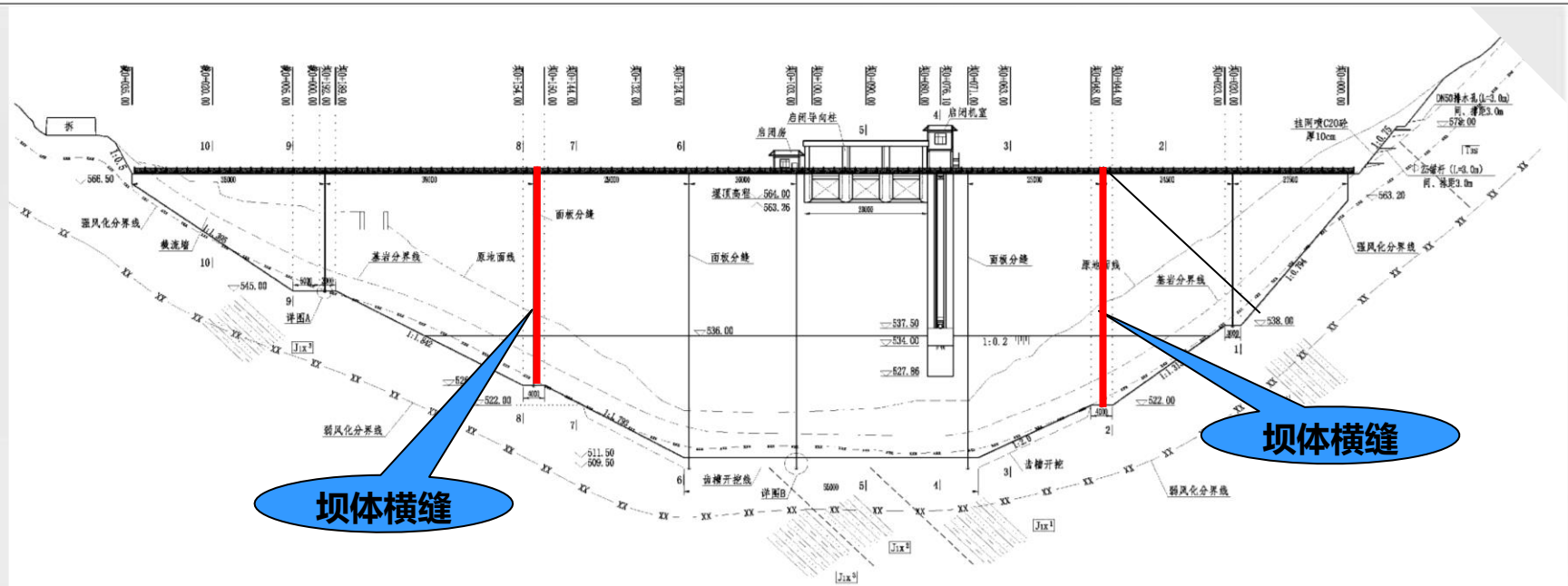


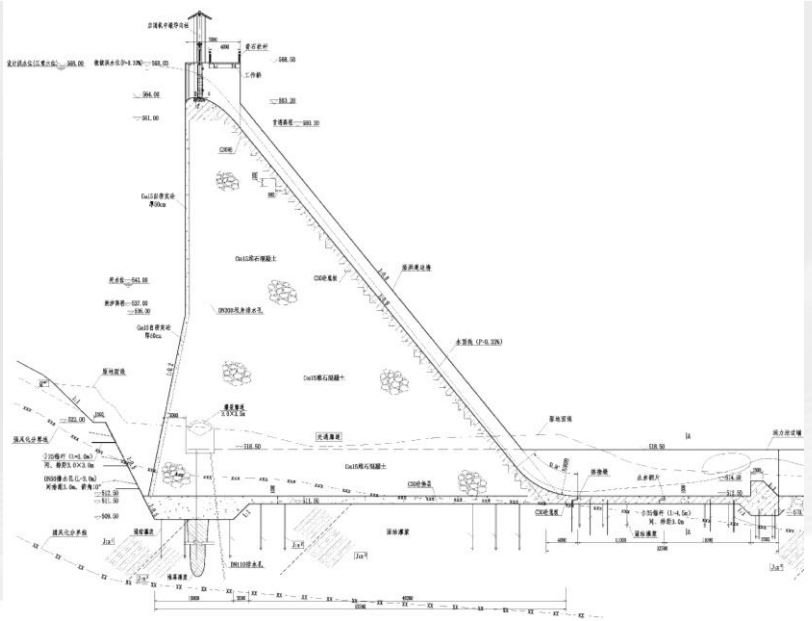


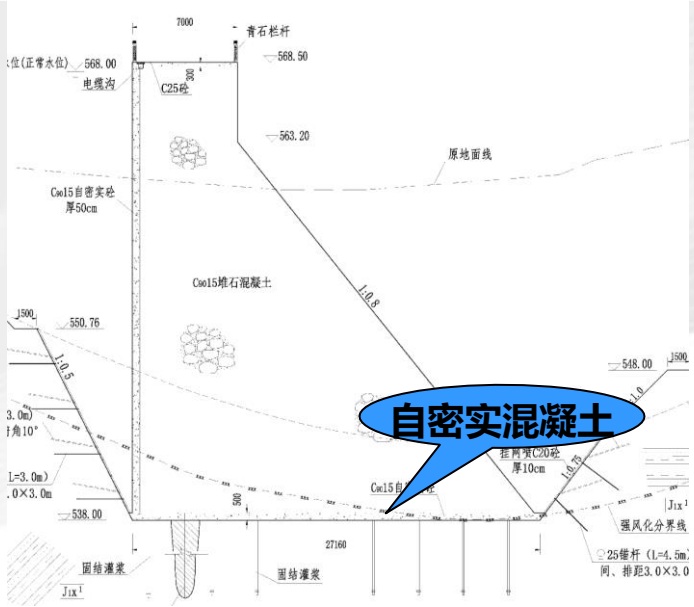
# 2.11 堆石混凝土重力坝—石坝河



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







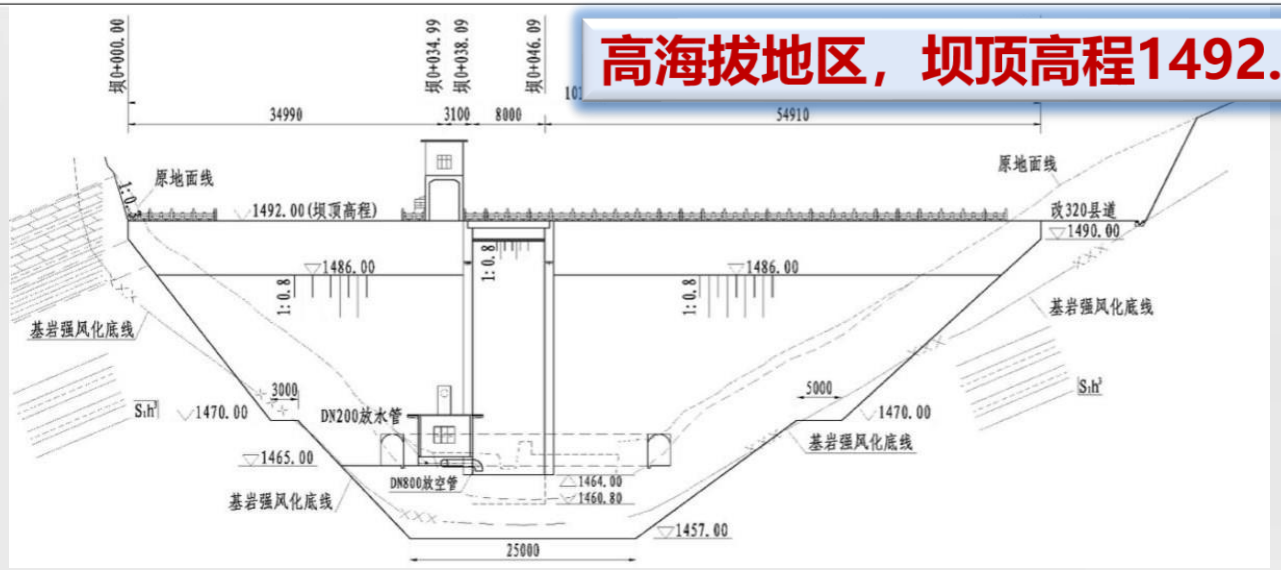


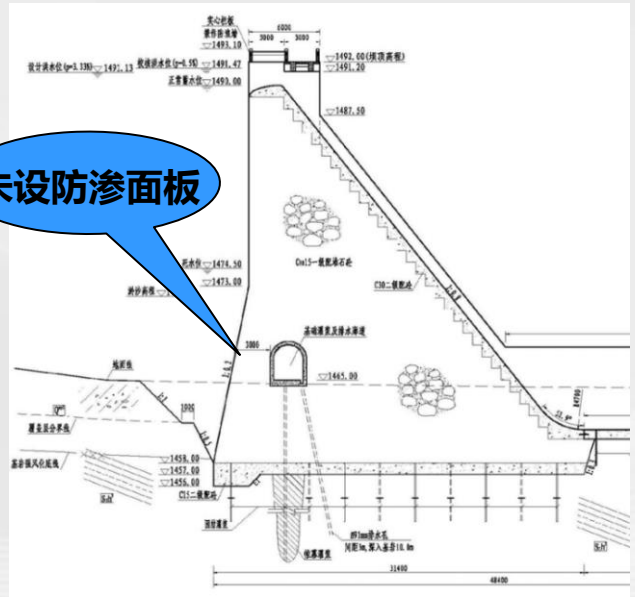


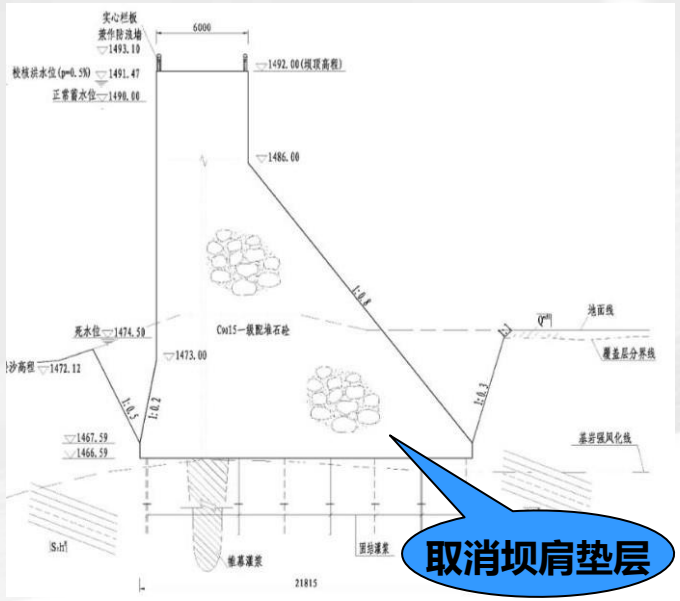
# 2.6 不设防渗层堆石混凝土重力坝—万家沟



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。



# 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 | 沙千水库 | 0.303 | |
| 7 | 猫溪沟水库 | 0.251 | |

# 2.12 各工程廊道渗水情况





沙千水库（蓄水后）



石坝河水库（蓄水后）



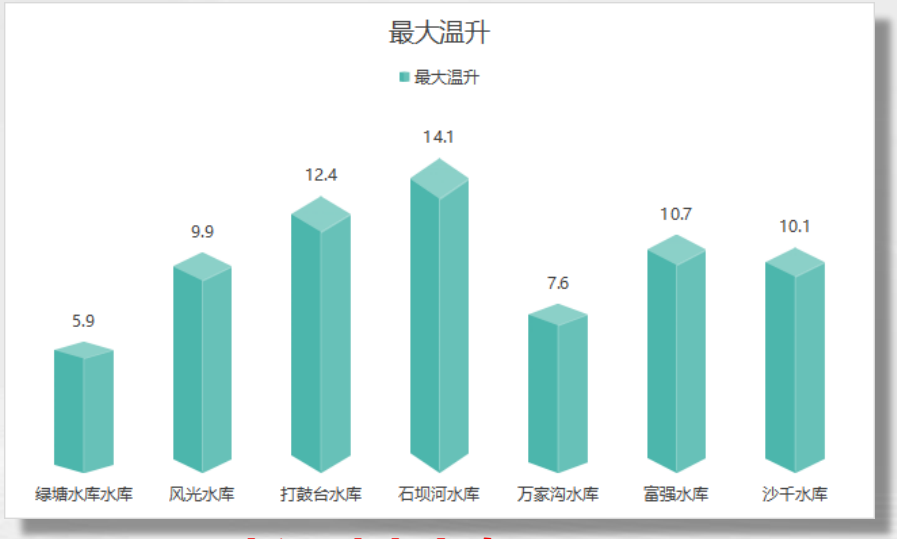
平正水库（蓄水后）

# 2.13 各工程温度监测情况

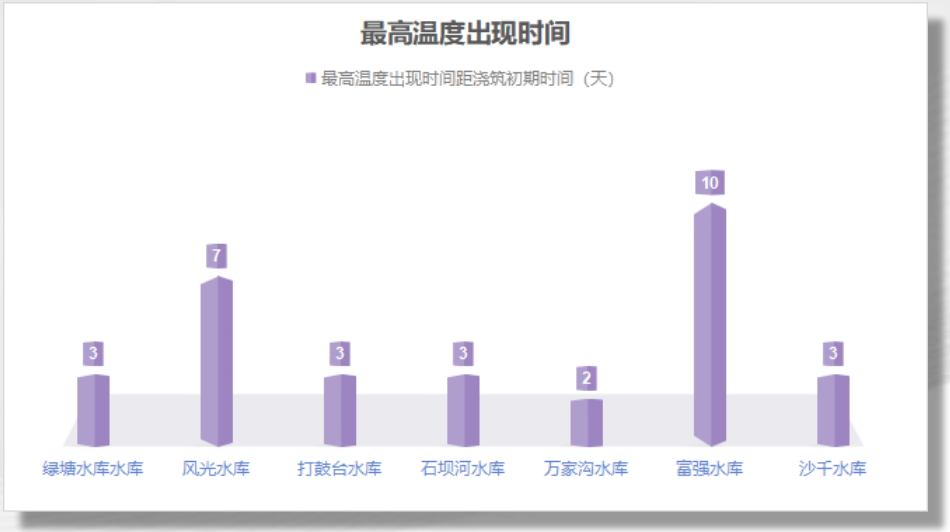


## 部分项目温度监测成果

| 工程 | 堆石率 | 最大温升（℃） | 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 |



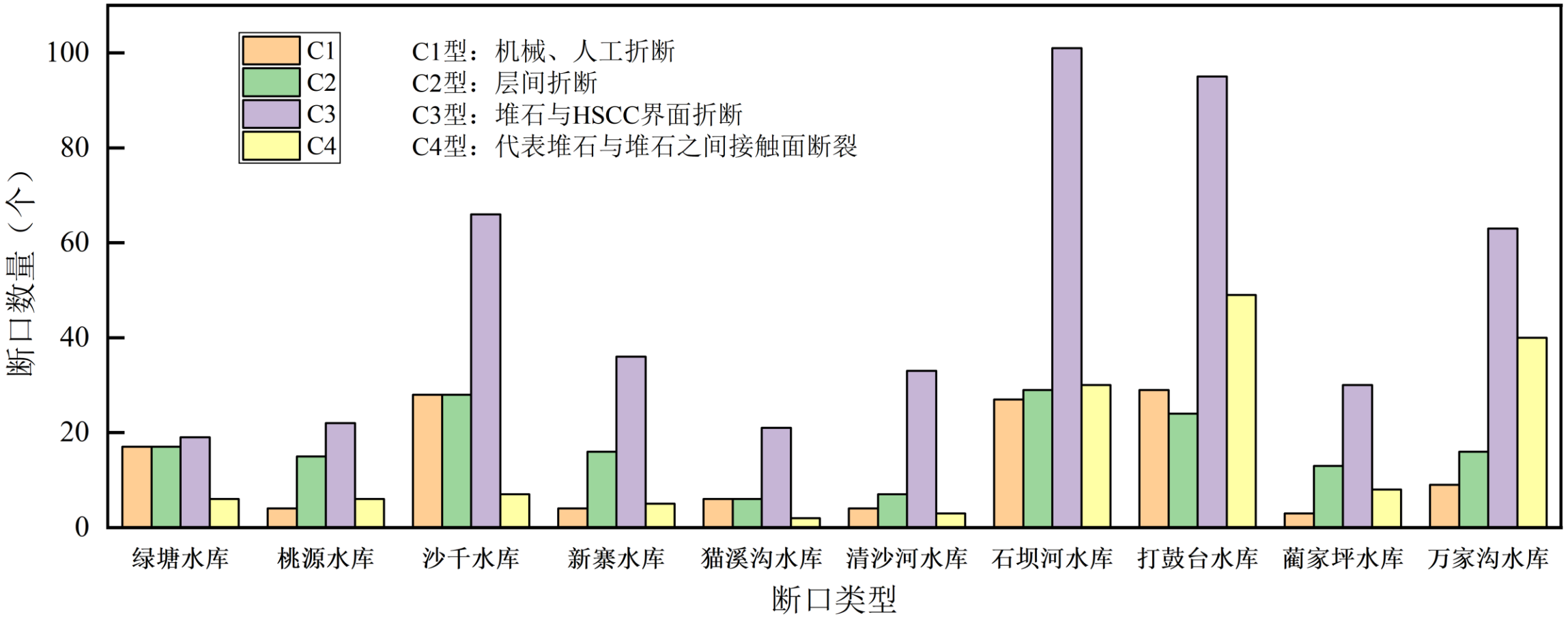

最大温升大多在5～15°



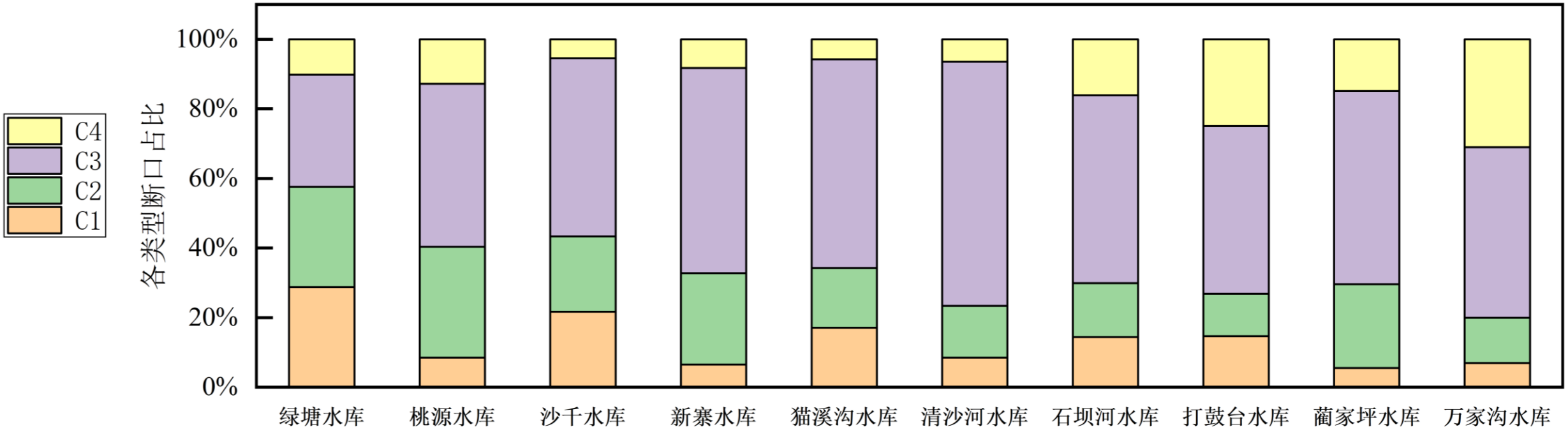

最大温升出现时间大多在浇筑后2～7天

# 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 | $3.56\times10^{-6}$ | 0～1.15 |
| 6 | 杨公岩水库 | / | / |
| 7 | 桃源水库 | $1.03\times10^{-5}$ | 0.53～0.57 |
| 8 | 龙洞湾水库 | $6.12\times10^{-6}$ | 0.26～0.79 |
| 9 | 风光水库 | $4.29\times10^{-6}$ | 0.22～0.98 |
| 10 | 绿塘水库 | $2.51\times10^{-6}$ | 0.01～1.28 |
| 11 | 沙千水库 | $5.84\times10^{-6}$ | 0.17～0.28 |

# 报告提纲



1 堆石混凝土坝应用情况

2 创新应用与工程运行

3 结语

# 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）