

石沟水库堆石混凝土重力坝绿色设计实践

陕西省水利电力勘测设计研究院

汇报人：庞 辉

2023/10/13

目　录

1　陕西省堆石混凝土发展情况
2　工程概况
3　堆石混凝土重力坝设计
4　“窑洞式”开挖在重力坝中的实践
5　总结

01 陕西省堆石混凝土发展情况

陕西省堆石混凝土发展情况



百佳电站

混凝土双曲拱坝

坝高69m

堆石混凝土9.2万m^3

镇安抽蓄拦沙坝

混凝土重力坝

坝高40m

堆石混凝土4万m^3

目前情况

完建（3）：百佳、石沟、镇安

在建（5）：东庄二道坝、远门河、龙王河、木桶沟、瓦房沟

2013 2017 2021 2022 2023

混凝土重力坝

坝高61m

堆石混凝土9.2万m^3

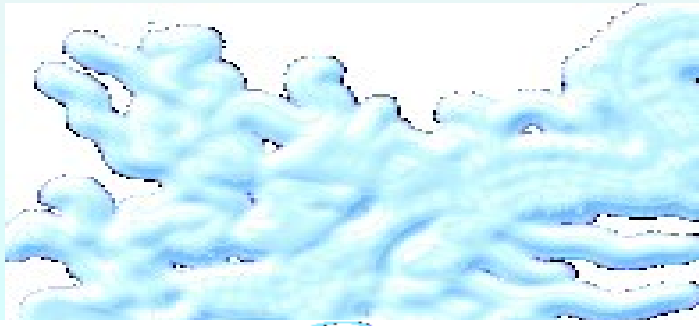
石沟水库

混凝土重力坝

坝高40.5m

堆石混凝土4.5万m^3

东庄二道坝



百佳电站





石沟水库

镇安抽蓄
拦沙坝





东庄
二道坝



02 工程概况



地理位置

石沟水库工程地处陕西省宝鸡市太白县境内，坝址位于汉江二级支流红岩河支流石沟河下游。坝址距太白县城5km，距西安180km，距杨凌120km。



工程任务

工程任务是县城供水和下游灌溉。

工程组成

工程由堆石混凝土重力坝、灌浆交通洞和进库道路三部分组成。

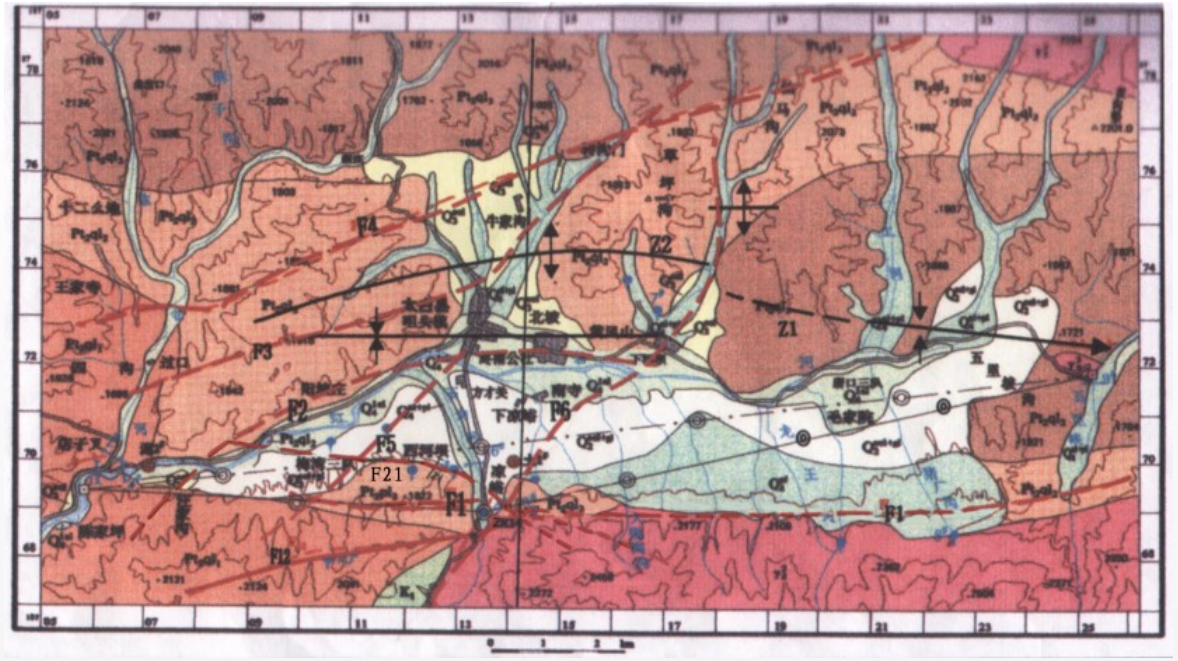
大坝坝体除了挡水坝段外，主要由有2底孔，1表孔和1个取水口组成。



总库容	工程规模	建筑物级别	最大坝高	设计洪水	校核洪水
万m^3	-	-	m	%/重现期	%/重现期
190	小（1）	4	61	3.3/30	0.5/200

区域地质

工程区位于秦岭山脉腹地，属秦岭中山区。工程区属构造相对稳定地区。地震基本烈度为Ⅶ度。



坝址区地质

坝址区地处石沟河下游峡谷河段，河谷呈深切“V”型。坝址区两岸坡植被茂盛，边坡大部分基岩裸露。总体左岸陡，右岸缓。其中左岸基岩裸露，岸坡直立，高度约100m以上，边坡较为完整，顶部卸荷强烈；右岸缓坡段坡面分布有崩坡积堆积物。







块石料场

石料场位于坝址右岸上游约200m。料场基岩裸露，表层强风化厚度约1～2m，岩性为中粗粒花岗岩，岩质坚硬。有简易公路通行，交通较方便。



项目	岩石名称	密度（kg/m³）	饱和抗压强度（MPa）	软化系数
块石料	中粗粒花岗岩	2600	175	0.84

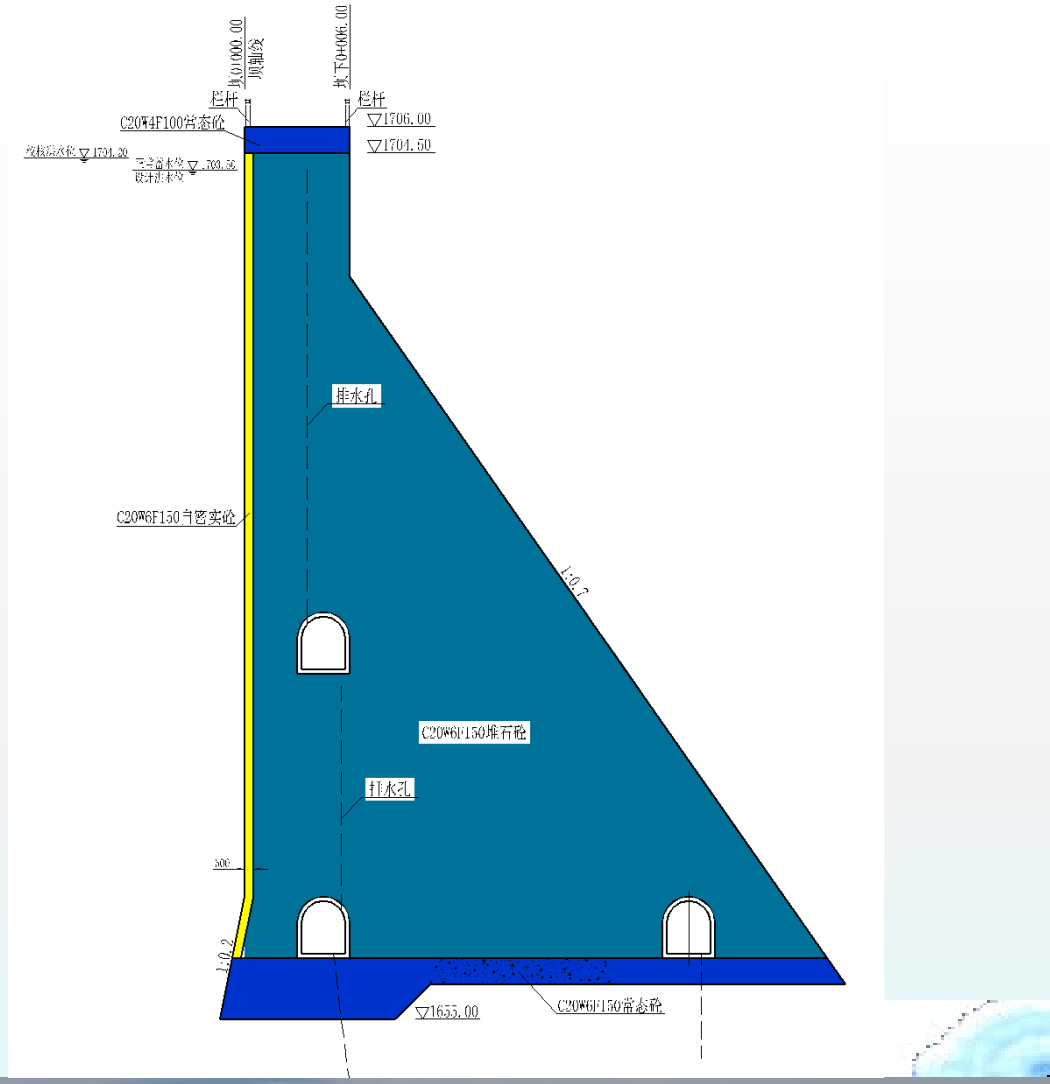
03 堆石混凝土重力坝设计

坝体结构

坝高61m，坝顶宽度6m，坝顶长度140m。由左右岸挡水坝段、底表孔坝段、放水坝段组成。

上游迎水面设0.5m厚自密实混凝土防渗面层，表面设置防裂钢筋。坝基垫层和坝顶部位为常态混凝土。

混凝土总方量11.5万m^3，其中堆石混凝土9.2万m^3。



堆石混凝土标号选择

堆石混凝土强度等级为C20，根据水头和气候分区确定抗渗抗冻等级为W6F150。



冲洗



码放



浇筑



冲毛



凿毛

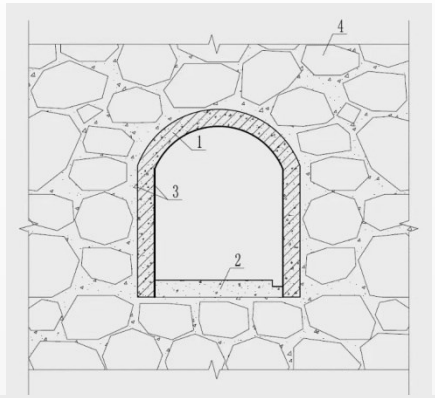


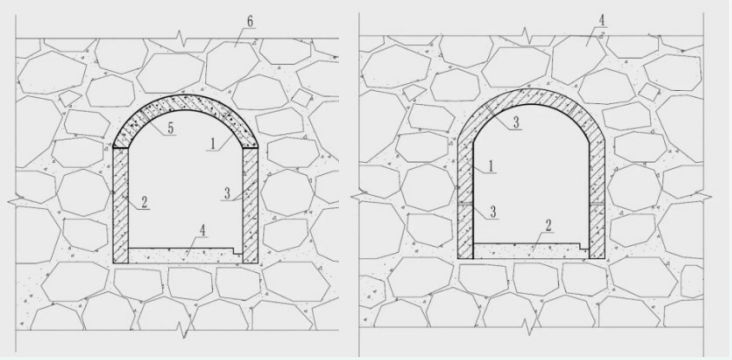
扩展度、塌落度检测

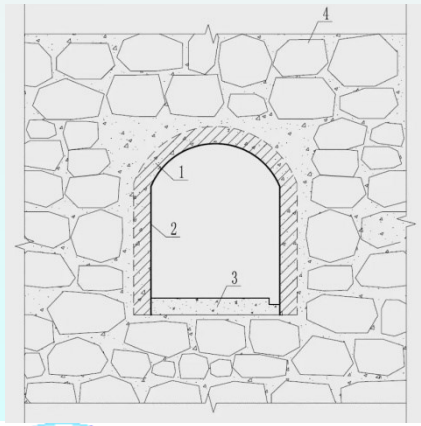
坝体廊道浇筑方式

廊道浇筑方式

- **现浇常态混凝土廊道**
  - 传统方式、工序多
- **混凝土预制廊道**
  - 速度快、吊装费用高
- **自密实混凝土廊道一体化浇筑**
  - 工序少、速度快、费用较低











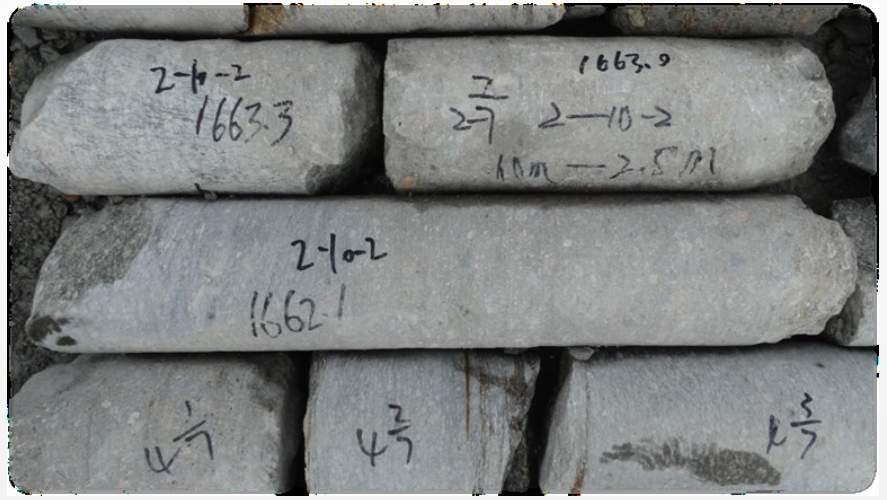


混凝土试块质量检测





堆石混凝土钻孔取芯及孔内超声波检测



项目	检测结果
测点数	117
m_x（平均值）	4178
s_x（标准差）	471

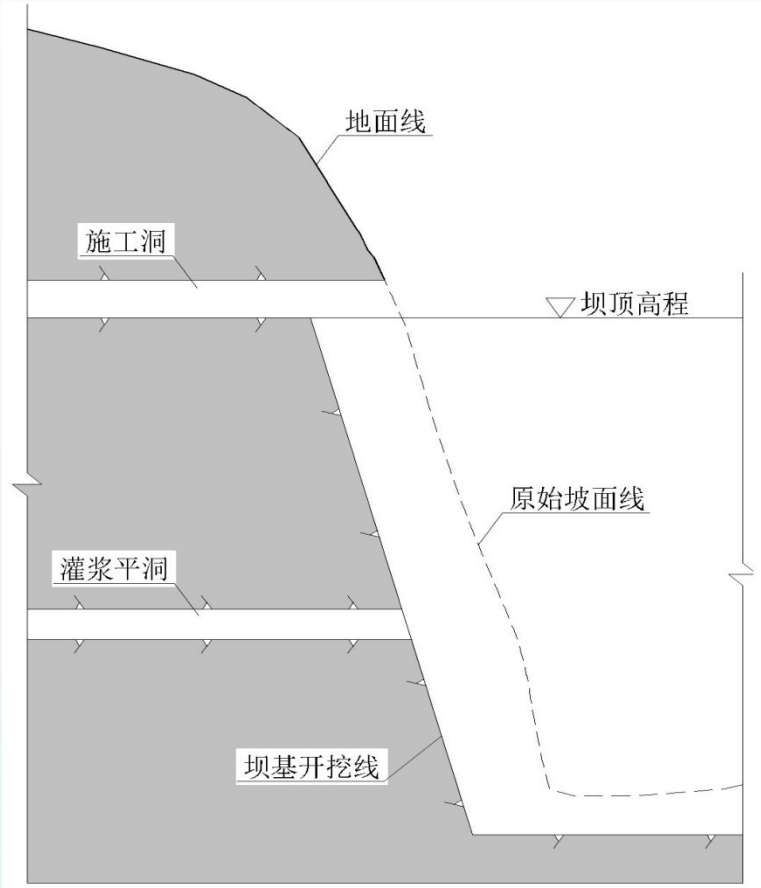
04 “窑洞式”开挖在重力坝中的实践

“窑洞式”开挖

“窑洞式”开挖是指对于岸坡陡峻的峡谷地段,先在坝顶高程相应坝肩范围内开挖交通洞,再利用交通洞按大坝体型进行分层开挖的开挖方式。

特点/优点

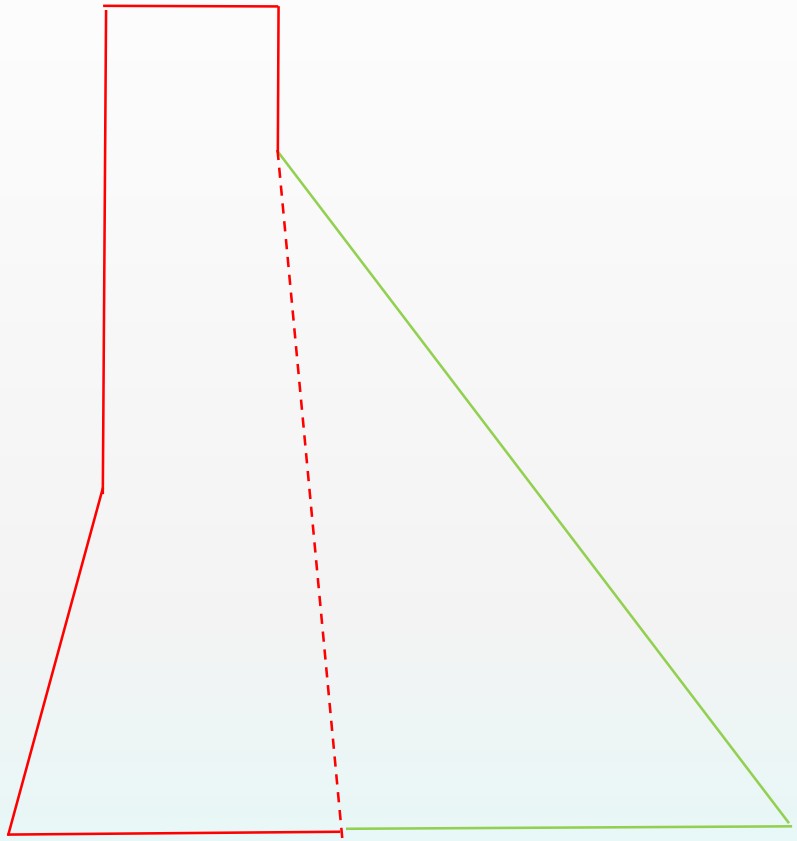
这种坝肩开挖方式将大坝体型和两岸高陡地形巧妙结合，可减少坝肩边坡的开挖高度和范围，减少对原有山体和周边环境的影响，具有开挖及支护工程量省、保护边坡生态环境和提高坝肩稳定等优点。





开挖设计总体思路

- 重力坝窑洞式开挖
  - 上游拱坝窑洞式嵌入
  - 下游一般明挖



“窑洞”开挖

出口段隧洞底宽由原5.5m扩大为8.0m，满足容纳6m宽的坝顶和向下挖出坝肩的“楔子”要求，并预留一定的施工空间。

“楔子”开挖及支护

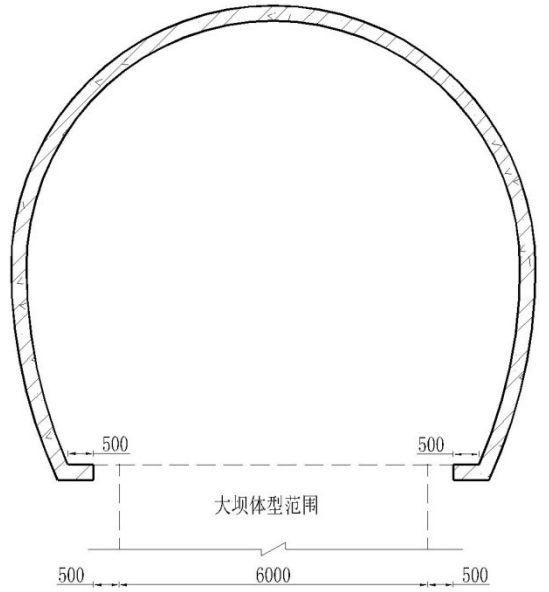
开挖：在坝顶宽度范围内，从洞底板1706.0m高程（坝顶高程）向下掏挖。

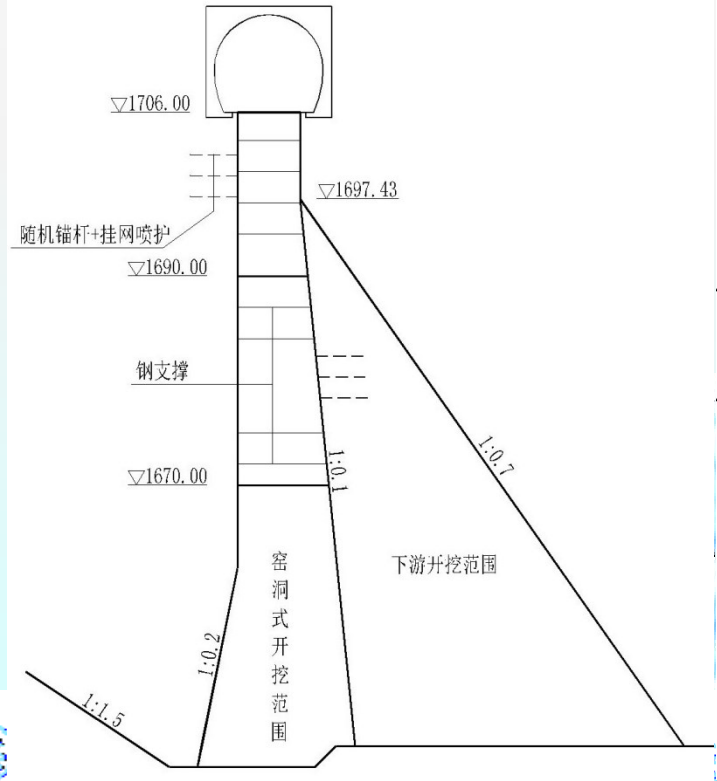
支护：在开挖的过程中设置了随机锚杆、挂网喷护和钢支撑支护措施。开挖成型后，在坝基接触面设置了固结灌浆和接触灌浆。

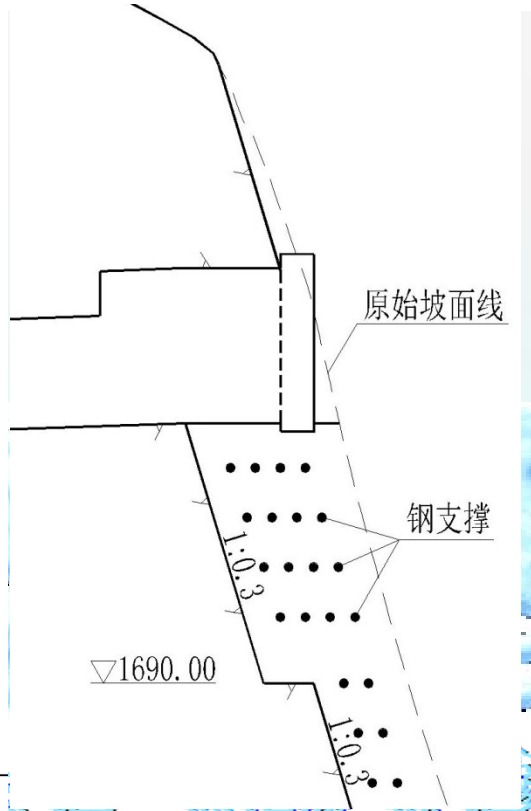
“楔子”下游面开挖

采用普通边坡开挖型式，确保该部分坝肩与基岩紧密衔接。开挖成型后与“楔子”部位相同，在坝基接触面设置了固结灌浆和接触灌浆。







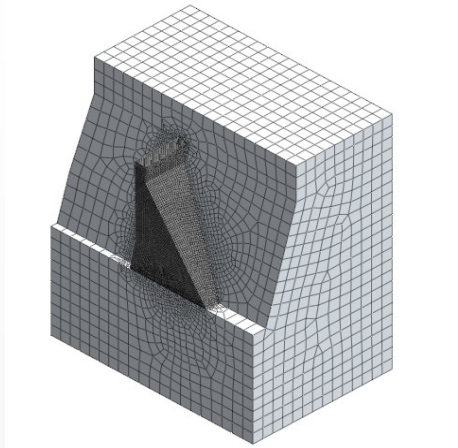


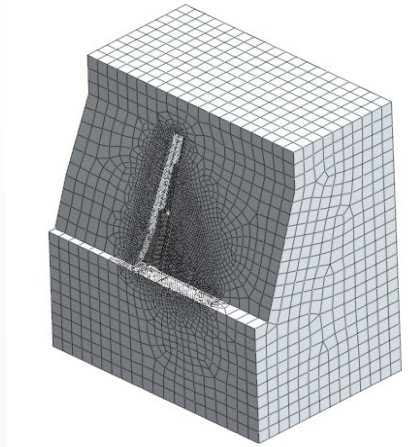
肩基础及坝体结构分析

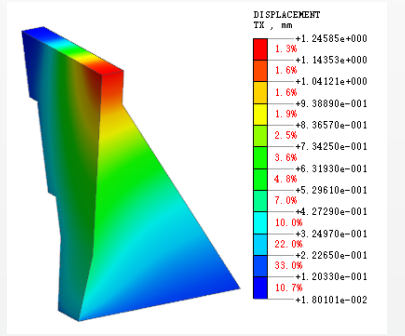
通过对坝体进行抗滑稳定计算，计算成果满足规范要求。

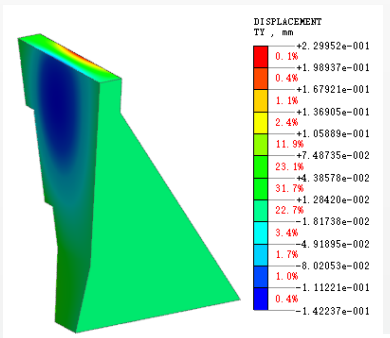
同时，为了分析坝肩的嵌入体和“楔子”周围基岩的应力应变情况，采用三维有限元软件进行分析。

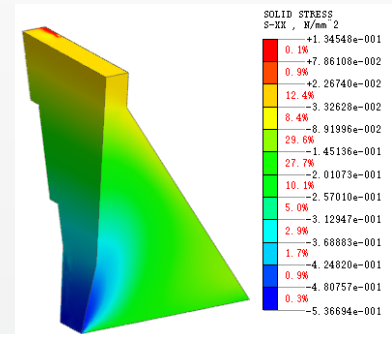
根据坝体位移与应力计算结果：由位移云图可以看出，坝体各向位移量级均为毫米级，均满足规范要求；除坝体与基岩接头段因应力集中现象拉应力稍大，其余坝段应力均满足规范要求。

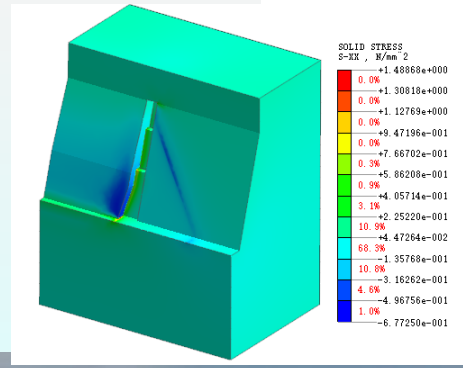


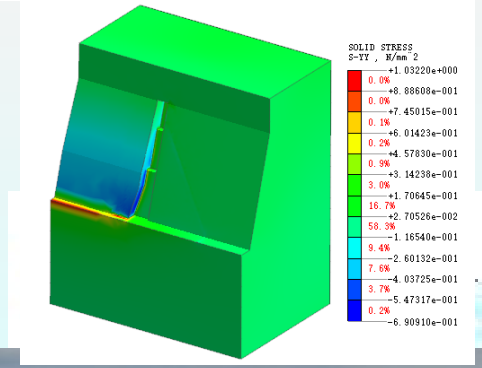


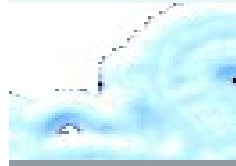












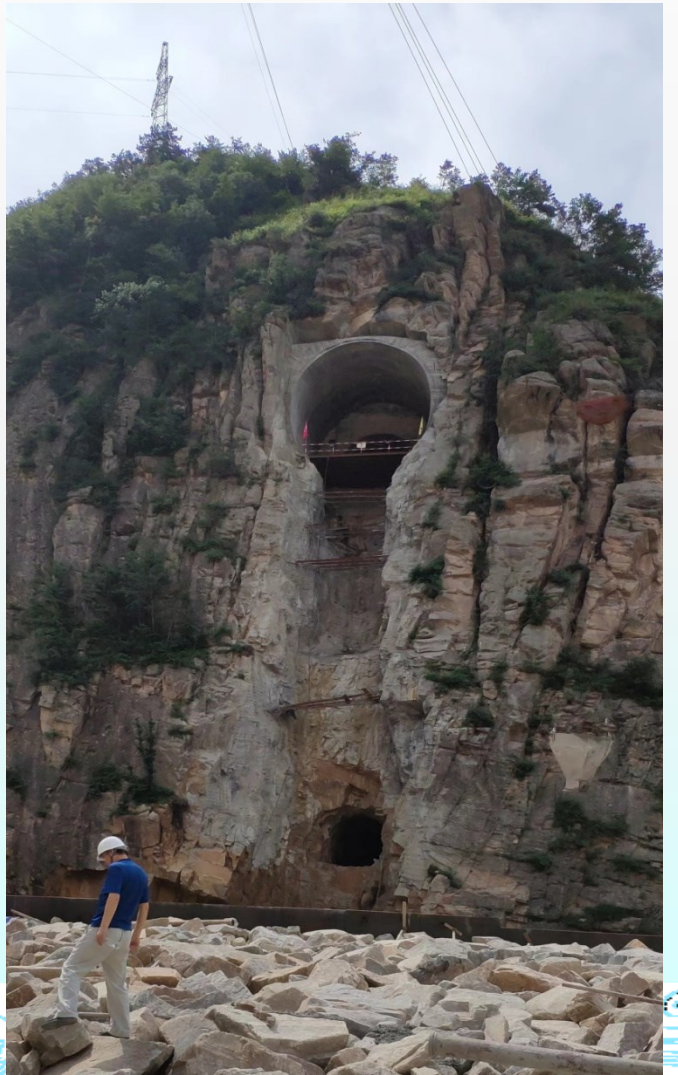
04

“窑洞式”开挖
在重力坝中的实践

实施效果

对比项目	开挖量（m^3）	坡面开挖面积（m^2）	开挖工期（d）
常规明挖方案	41000	7700	180*
“窑洞式”开挖方案	2800	1450	120

绿色







生态

04 “窑洞式”开挖在重力坝中的实践




05
总结

1、石沟水库采用堆石混凝土筑坝技术和“窑洞式”开挖技术是因地制宜采用新材料、新工艺以及“绿色”环保设计的一次有益实践，取得了良好的经济效益、生态效益和社会效益。

2、堆石混凝土技术具有经济高效、绿色环保等特点，随着自密实混凝土研究的不断深入、施工工艺和检测手段的不断发展、相关规范的不断完善，未来必将有更广阔的前景。

3、“窑洞式”开挖适用于岸坡陡峭、自身稳定、基岩条件好的坝肩开挖，具有节约工程量、加快施工速度、保护周边环境等特点，是一种环境友好的坝肩开挖型式。


谢谢聆听
敬请指正