

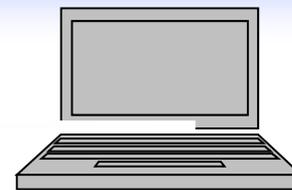
守口堡水库胶凝砂砾石坝设计

Shoukoubao reservoir cementing rockfill dam design



山西省水利水电勘测设计研究院
Shanxi Hydroelectric Investigation & Design Institute

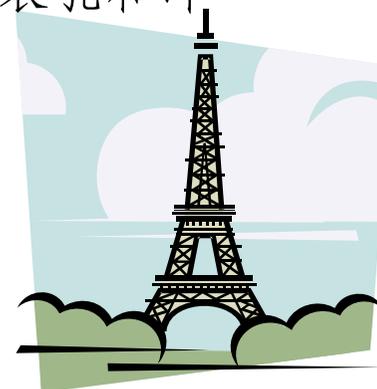
2014. 10



前言

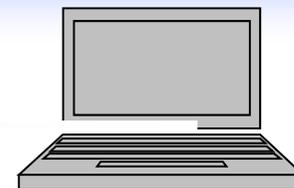
胶凝砂砾石坝是近年来出现的一种较为经济、施工简便且地基适应性强的新坝型。目前，国外已建成10余座胶凝砂砾石坝，主要分布在法国、希腊、日本和土耳其等国家；国内福建、贵州、四川等地有一些临时围堰工程应用，但尚无永久工程应用实例。守口堡水库胶凝砂砾石坝是我国第一个永久性工程，目前正在建设中。

守口堡水库位于山西大同阳高县黑水河上游，水库总库容980万 m^3 ，兴利库容423万 m^3 ，属小（1）型水库，工程等别为IV等。采用胶凝砂砾石筑坝，坝顶长366m，最大坝高64.6m，坝体中部设置溢流表孔和冲沙泄洪底孔。

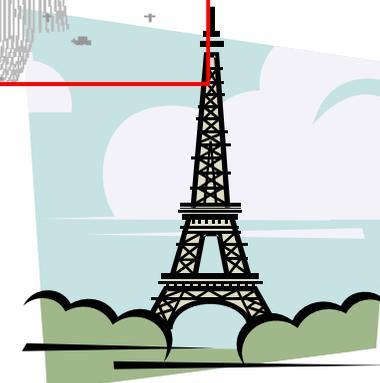
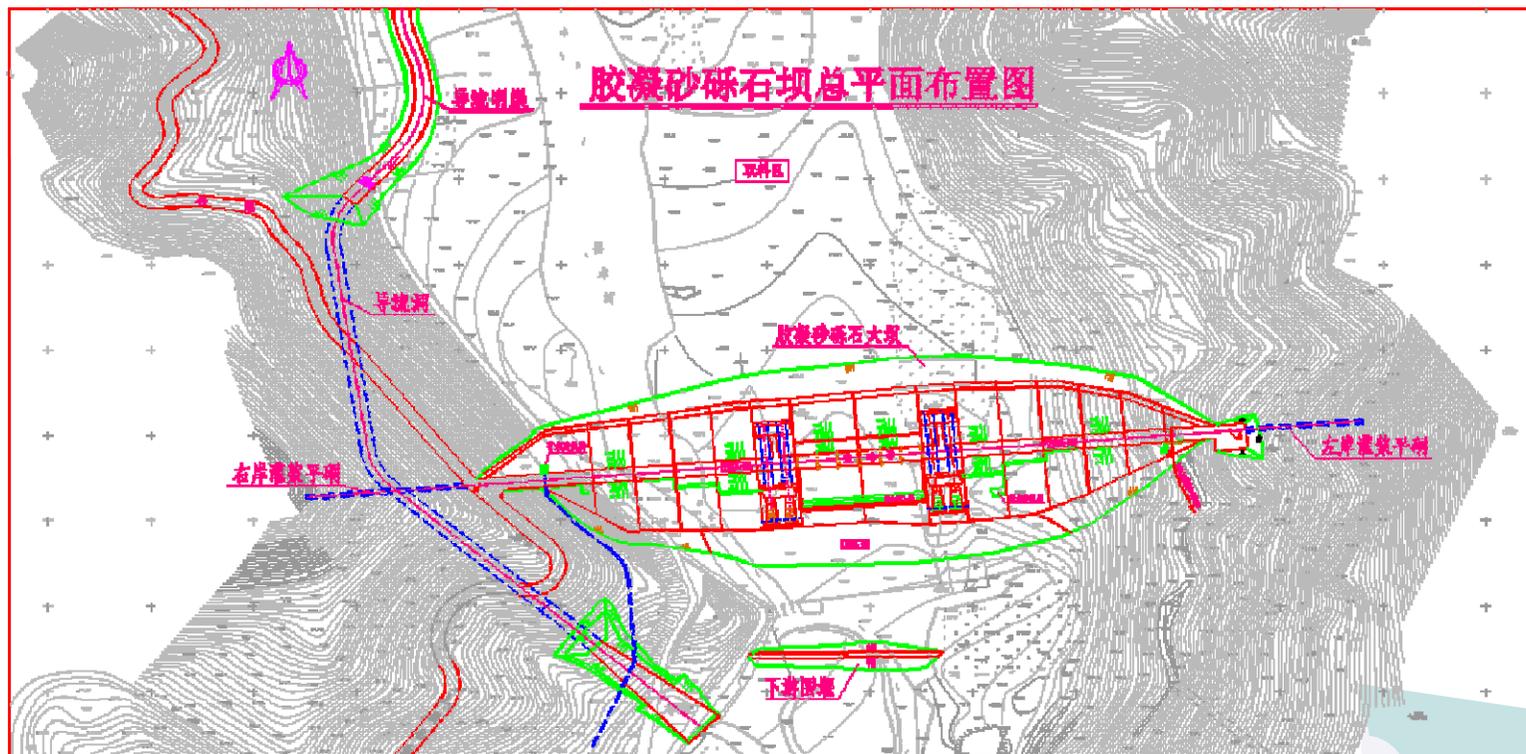


山西省水利水电勘测设计研究院

Shanxi Hydroelectric Investigation & Design Institute

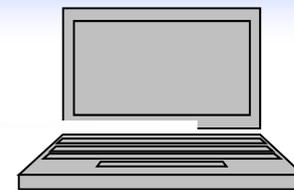


守口堡水库枢纽布置



山西省水利水电勘测设计研究院

Shanxi Hydroelectric Investigation & Design Institute

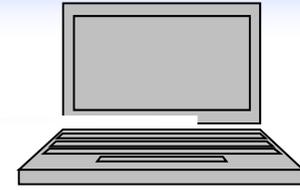


守口堡水库枢纽效果图



效果图

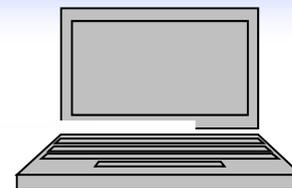




建坝条件

- 水库坝址区属U型河谷，河谷宽约220m，地面高程1204~1210m，地形较平坦，场地开阔，施工条件好，有利于施工布置和大型机械作业。
- 从坝轴线工程地质条件来看，基岩覆盖层厚度6~19.5m，基岩埋深较浅；坝基强风化层厚度0.9~5m，厚度不大；坝基无软弱夹层和大断裂发育，不存在深层滑动和浅层滑动问题。
- 水库坝址区砂砾料储量丰富，河谷地形开阔，开采条件好。有用层储量100万 m^3 ，其中粗骨料64万 m^3 ，细骨料36万 m^3 。水上60万 m^3 ，水下40万 m^3 。

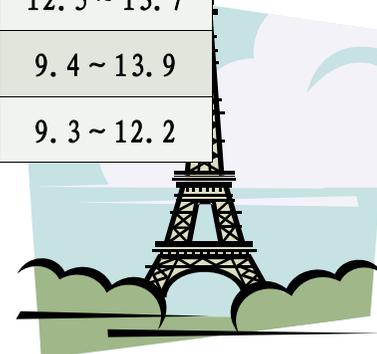


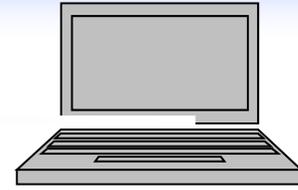


材料试验

- 试验内容：主要进行了原材料强度、胶凝砂砾石配合比、胶凝砂砾石强度、用水量与强度关系、富浆胶凝砂砾石防渗和抗冻性能、保护层和垫层胶凝砂砾石性能、胶凝砂砾石抗剪断等试验。
- 主要试验结果：采用的水泥用量为 $50\text{kg}/\text{m}^3$ ，粉煤灰用量为 $40\text{kg}/\text{m}^3$ ，外掺25%（原砂砾石料重量比）的开挖料，最粗、平均、最细级配砂砾石料经过外掺后，在施工适宜的用水量范围内（ $90 \sim 127\text{kg}/\text{m}^3$ ），胶凝砂砾石强度均满足设计要求。

级配类别	配合比材料用量 (kg/m^3)					抗压强度 (Mpa) 180d龄期
	用水量	水泥	粉煤灰	砂砾石料	外掺石料	
最粗级配	90 ~ 111	50	40	1830 ~ 1870	450 ~ 470	12.5 ~ 13.7
平均级配	101 ~ 118			1800 ~ 1840	440 ~ 470	9.4 ~ 13.9
最细级配	108 ~ 127			1790 ~ 1830	440 ~ 460	9.3 ~ 12.2

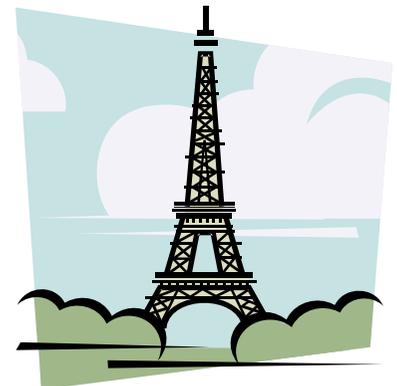




生产性试验

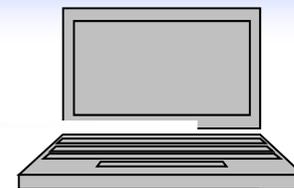
■ 试验主要内容:

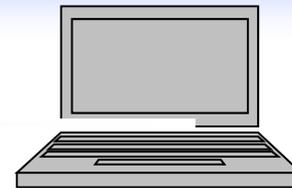
- 1、确定外掺石的粒径范围及掺量;
- 2、验证室内配合比的适应性, 确定施工配合比 ;
- 3、验证胶凝砂砾石专用拌和系统的拌和质量、生产能力及稳定性;
- 4、确定不同环境下胶凝砂砾石拌和物的初凝时间;
- 5、确定不同环境下胶凝砂砾石拌和物的暴露最长允许历时;
- 6、确定坝体填筑的施工参数和施工工艺;
- 7、确定填筑最大仓面;
- 8、确定上下游边坡的固坡工艺。



山西省水利水电勘测设计研究院

Shanxi Hydroelectric Investigation & Design Institute





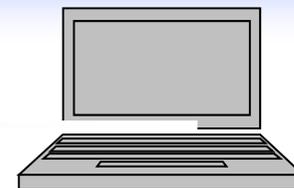
坝体布置及断面设计

- 胶凝砂砾石坝按挡水坝段、溢流坝段、底孔坝段布置，最大坝高61.6m，坝顶宽6m。
- 挡水坝段上、下游坝面坡比均为1:0.6。
- 溢流坝段为开敞式溢流堰，设6孔溢流表孔，每孔净宽9.0m，下游采用挑流消能方式。
- 底孔坝段孔口尺寸为4.0×4.8m，进口设事故检修门，出口设弧形工作门，下接挑流消能工。

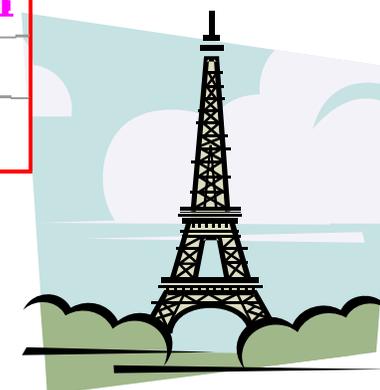
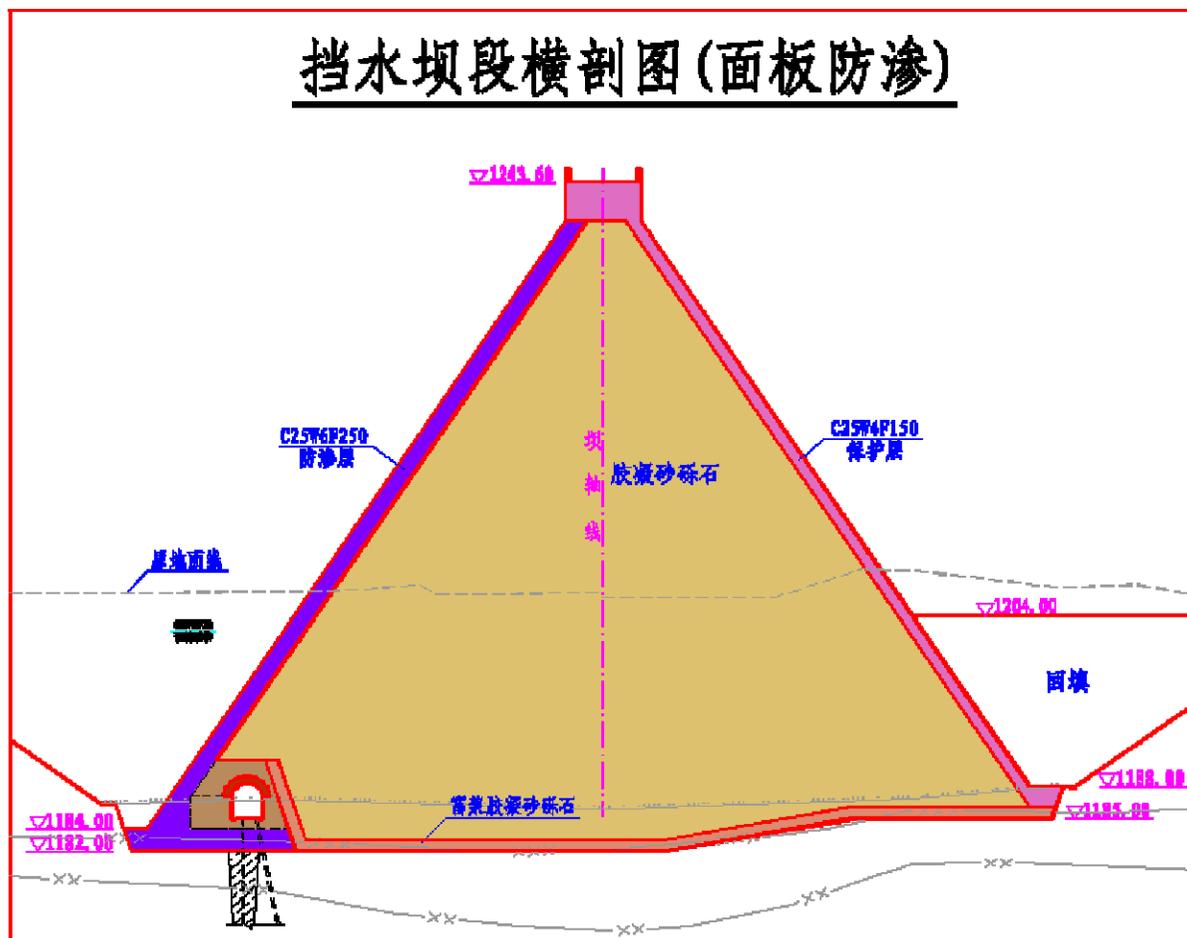
坝体材料分区

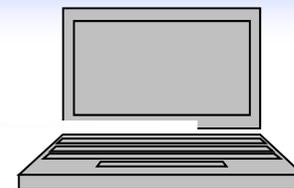
- 大坝主体为胶凝砂砾石，上下游防渗保护均采用常态混凝土。
- 坝体材料分为五个区，I区为坝体下游表面混凝土保护层；II区为上游坝体表面混凝土防渗层；III区为垫层混凝土；IV区为坝体内部胶凝砂砾石；V区为泄洪冲沙底孔和表孔周边抗冲磨混凝土。



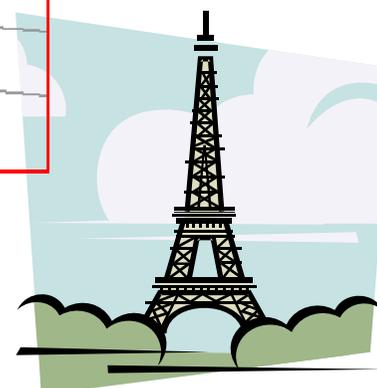
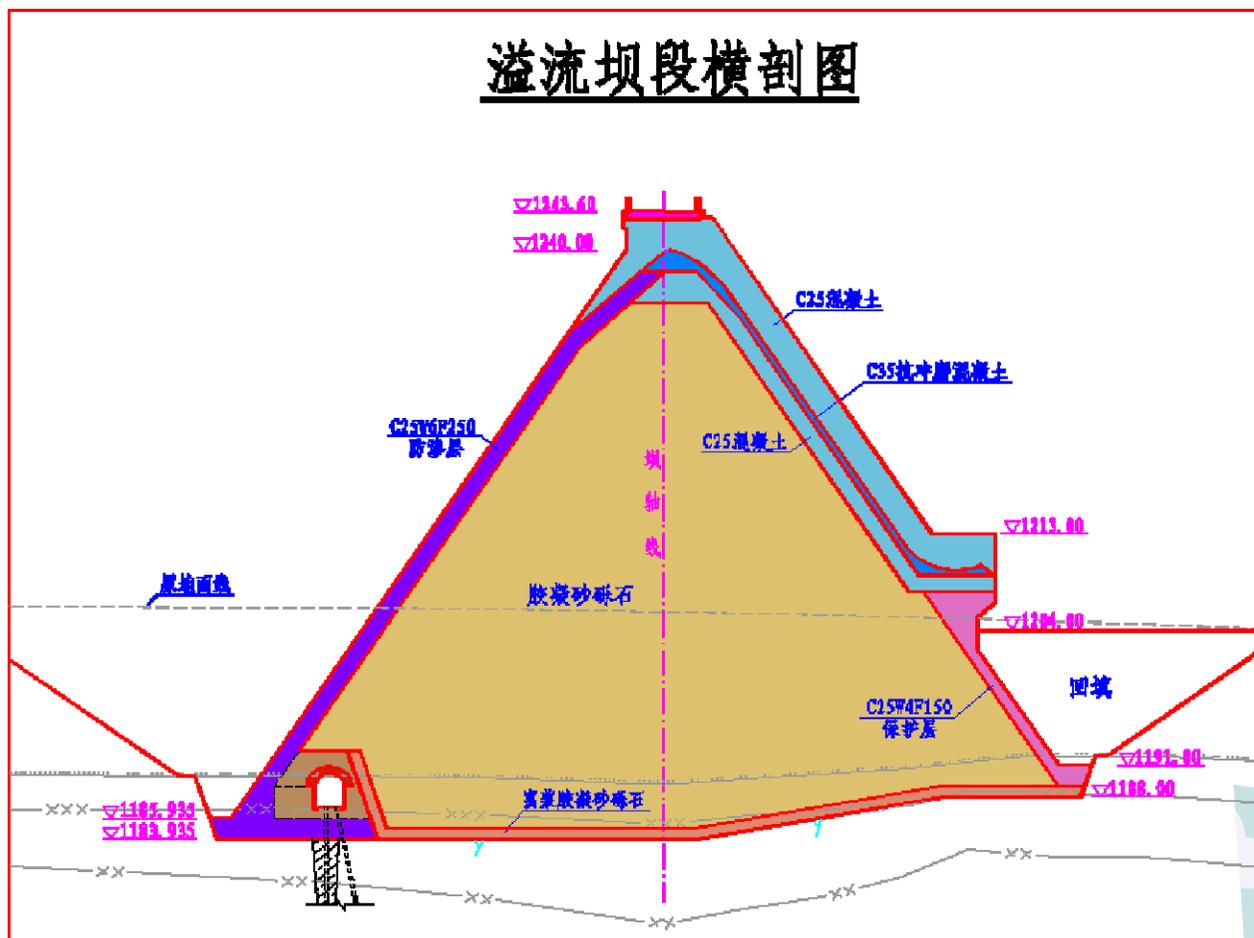


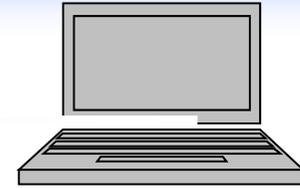
挡水坝段横剖图(面板防渗)



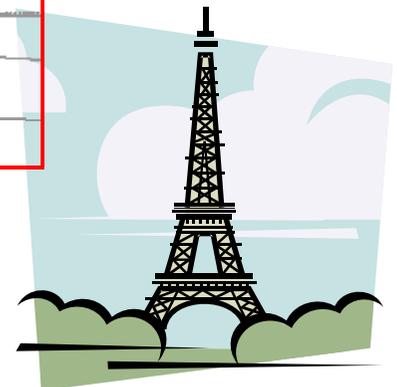
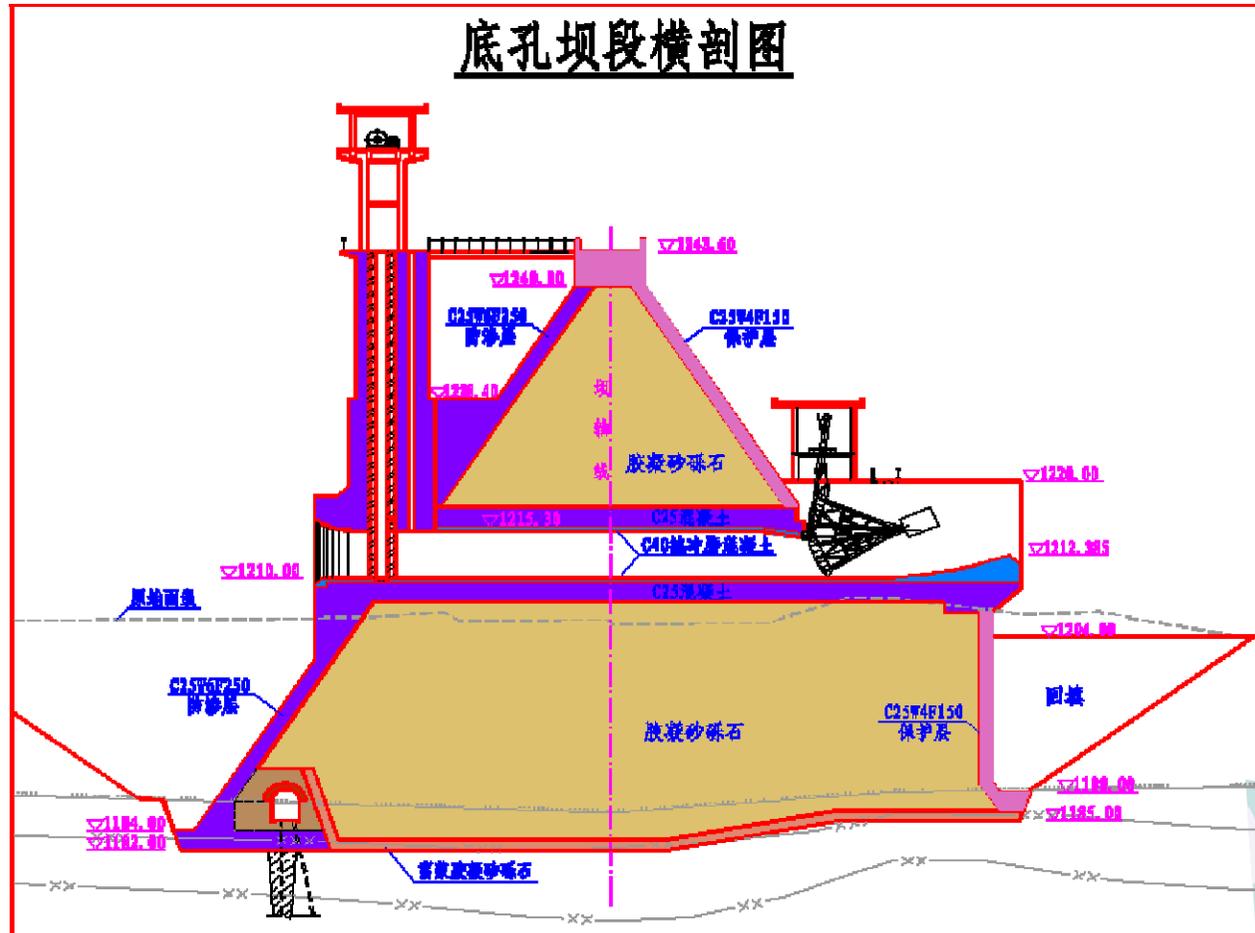


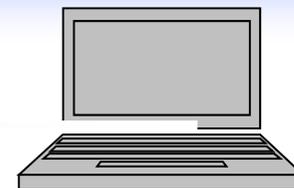
溢流坝段横剖图



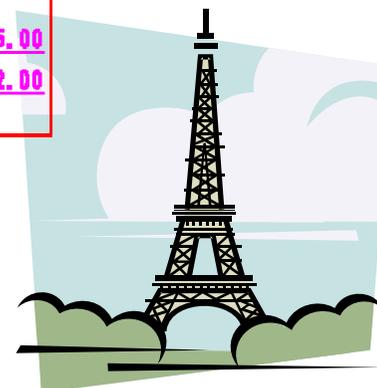
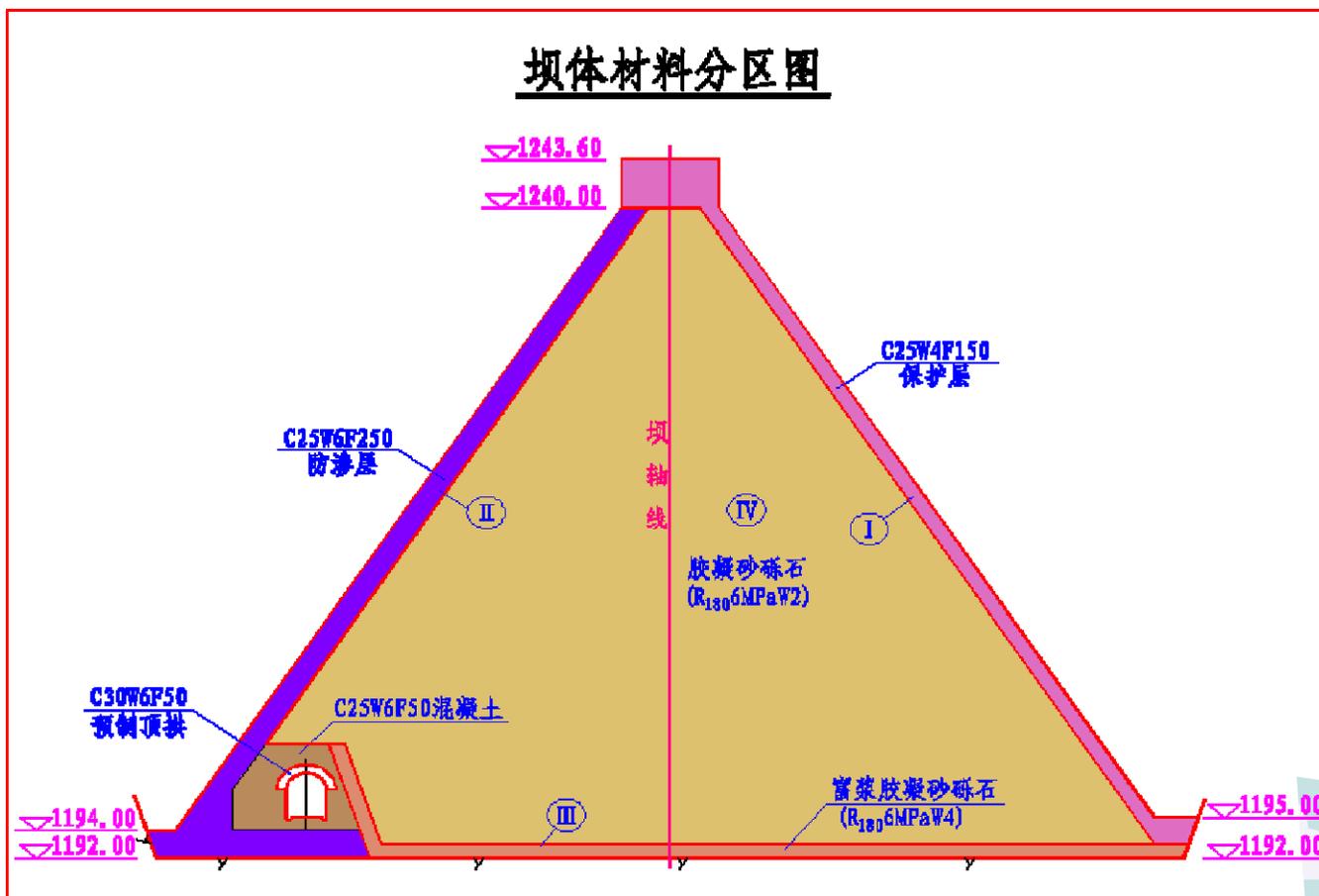


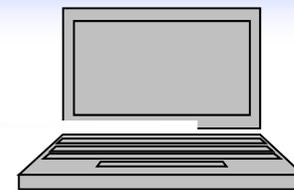
底孔坝段横剖面图





坝体材料分区图

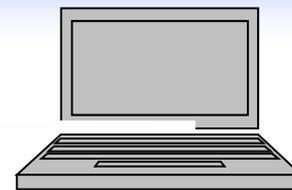




稳定及应力计算

- 守口堡胶凝砂砾石坝进入详细设计阶段时，国内尚无胶凝砂砾石坝稳定及应力计算的技术标准。为此，设计时，我院和中国水利水电科学研究院根据胶凝砂砾石的材料特性，以及碾压混凝土重力坝、混凝土面板堆石坝、碾压土石坝等计算方法分析对比，就胶凝砂砾石坝的计算方法进行了探索和研究，并借鉴国外胶凝砂砾石坝的设计经验，确定采用刚体极限平衡法进行坝体抗滑稳定计算、材料力学法进行坝体应力计算，这与今年颁布的《胶结颗粒料筑坝技术导则》规定（SL678-2014）相一致。
- 考虑胶凝砂砾石的长期耐久性研究尚无成熟的结论，而胶凝砂砾石坝是一种新的坝型，缺乏足够的实践经验，为保障长期安全性，适当提高了守口堡胶凝砂砾石坝稳定控制标准。也就是在《混凝土重力坝设计规范》（SL319-2005）规定的基础上，适当提高了安全系数取值。



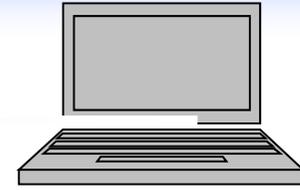


坝体防渗

根据国内外胶凝砂砾石试验结果，胶凝砂砾石筑坝材料的抗渗透溶蚀性能和抗冻融性较差，而守口堡水库位于严寒地区，防渗体和保护层的设置是必要的，国外现有的胶凝砂砾石坝均采用常态混凝土面板防渗。守口堡胶凝砂砾石坝比较了常态混凝土面板和二级配变态碾压混凝土两种防渗形式。

常态混凝土面板和二级配变态碾压混凝土均可作为防渗体，只是常态混凝土水泥用量大，为防止裂缝需在表面铺设温度钢筋，而变态混凝土水泥用量较小，无需设温度筋，施工相对简单，但碾压需要的厚度要大很多，混凝土用量大；综合比较后，设计选用常态混凝土防渗，上游防渗面板厚1.5m，同时考虑了抗冰冻的保护要求。

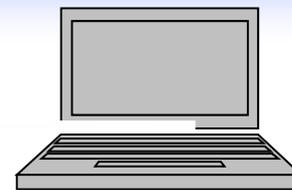




坝体分缝与排水

- 为了降低坝体内的扬压力，减小渗水对胶凝砂砾石坝体的不利影响，在靠近坝体上游面防渗层后布设排水管，至基础廊道。排水管采用PE花管，管径150mm，间距3m。
- 由于胶凝砂砾石坝胶凝材料少，水化热低，参考国外已建工程经验，坝体胶凝砂砾石未设横缝，只在上游防渗层和下游保护层设伸缩缝，沿坝轴线方向每15m设置一道，坝上游横缝内设两道止水，一道铜片、一道橡胶止水。下游水位以下横缝内设一道橡胶止水。



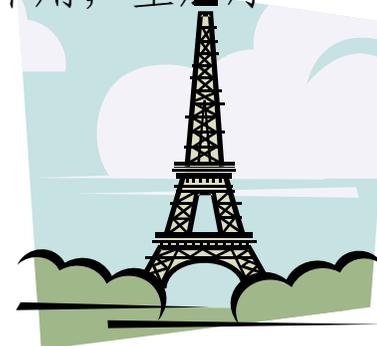


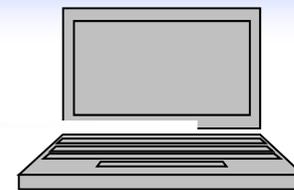
大坝建基面的设置

《混凝土重力坝设计规范》（SL319-2005）规定，坝高50~100m时，大坝建基面可在微风化至弱风化中部基岩上。考虑守口堡胶凝砂砾石坝坝体断面大，基底应力小，对坝基要求相对降低，将大坝建基面放置在弱风化顶部。这充分体现了胶凝砂砾石坝的适应能力，也与导则的规定相一致。

基础垫层的设置

基岩和胶凝砂砾石坝属于两种不同的介质，二者之间需要设置一个过渡层来调整两种介质的性能差异。参考国外已建工程做法，在建基面上铺设一层富胶凝砂砾石作为介质过渡垫层。设置垫层还可进行开挖面的找平，为坝基固结灌浆和帷幕灌浆施工提供方便。垫层厚度过小，难以起到过渡作用；垫层厚度过厚，影响坝身结构，最终确定垫层厚度为1.0m。

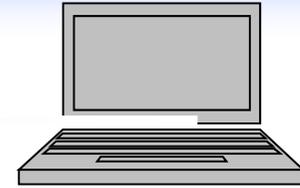




基础防渗及排水

- 坝基岩体在高程1149~1196m以上岩体属中等透水性，厚度3~28m，以下为弱透水岩体。高程1143~1149m的岩体为相对隔水层，透水率小于5Lu。
- 设单排帷幕灌浆，深入相对隔水层3m，轴线距坝上游坝踵面10m，帷幕深度20~40m，孔距2m。帷幕防渗标准为5Lu。
- 大坝基础上游坝踵和下游坝趾等应力变化较大的区域进行了固结灌浆，深度6~8m，排距、孔距3m，梅花形布设。
- 坝基排水孔距帷幕轴线2m，伸入基岩22m，孔距2m。坝体、坝基排水经廊道通至集水井，并抽排至下游坝外。



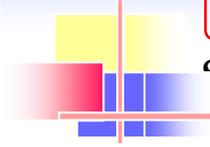


结束语

守口堡水库胶凝砂砾石坝为我国正在实施的第一座永久性工程，在设计和试验方面做了大量研究工作，这在国内是前所未有的。经过技术经济比较，守口堡水库胶凝砂砾石坝较原碾压混凝土重力坝方案节省投资1700多万元。同时，守口堡胶凝砂砾石坝在国内是第一个永久工程，设计方面有以下特点：

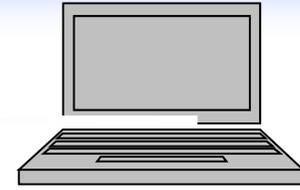
- (1) 上下游坝坡比为1:0.6，小于国外已建50m以上坝高坝坡比，从断面体积上节省了胶凝砂砾石用量。
- (2) 大坝建基面坐落在弱风化层顶部，减少了坝基开挖量、减小了坝高和坝体体积。
- (3) 胶凝砂砾石中砾石最大粒径控制在150mm以下，国外已建工程多数控制在80mm以下。
- (4) 坝高64.6m，突破了导则的适用范围上限50m。
- (5) 利用坝基开挖料筑坝，减少了弃渣，对保护环境和节约能源起到了积极作用。





山西省水利水电勘测设计研究院

Shanxi Hydroelectric Investigation & Design Institute



**请各位专家
多提宝贵意见，谢谢！**

