

# 盐田区翠岭等 5 座水库除险加固工程方案

## 翠岭水库

### 一、工程概况

翠岭水库原名为骆马岭水库，位于深圳市盐田区盐田街道北山道后山上，库区海拔 300m 以上，处于盐田河支流上。



翠岭水库主要建筑物包括主坝、1 号副坝、2 号副坝、溢洪道、输水涵管和放空涵管组成。

#### ①主坝

主坝为浆砌石重力坝，坝高 27.5m，坝顶高程 336.2m，坝长 103m，坝顶宽 4.0m；坝顶设 1m 高防浪墙，墙顶高程 337.2m。溢流坝设在主坝中部，堰顶高程为 333.21m，宽 16m，溢流堰采用 WES 实用堰，采用挑流消能方式。

#### ②副坝

1#副坝在右岸第一垭口，为均质土坝，坝顶高程 337.0m，坝高 12.5m，坝顶宽 4.0m，坝长 60m，防浪墙顶高程 338.0m，上游迎水面为干砌石护坡，坡比为 1: 2.26，坡脚采用混凝土护脚，下游为草皮护坡，坡比为 1: 2.5，坡后设置 30cm 宽排水沟。

2#副坝在库区西侧，为均质土坝，坝顶高程 340m，坝高 11m，坝顶宽 10.3m，坝长 45m，上游迎水面为干砌石护坡，坡比为 1: 2.8，下游已被填土回填平整。

### ③输水涵管

设在主坝左岸非溢流坝段的中部，进水口高程 318.2m，管径 1.0m。进水口段设平面钢闸门，坝顶设启闭机排架，采用电动启闭机起吊。

### ④放空涵管

放空涵管设在主坝右岸非溢流坝段的中部，进水口高程 311.2m，管径 0.3m，进水口段设斜拉式闸门，启闭机房设在左坝肩，采用手动卷扬式启闭设施。

## 二、工程存在的主要问题

①放空涵管其放空功能已经丧失，且进口控制闸门和内部钢管锈蚀严重，闸门启闭机设备陈旧落后，运行可靠性低。

②主坝浆砌石体属强透水性，影响坝体耐久性和防渗性差。

③副坝防浪墙局部浆砌石混凝土破损。

④副坝混凝土护坡存在明显裂缝。

## 三、除险加固主要设计内容

### 3.1 主坝加固设计

本次加固主要对砌石坝进行坝体充填灌浆，其目的是为提高坝体密实度、容重和抗剪断能力，以加强结构的整体性与稳定性。

#### (1) 非溢流坝段灌浆方案布置

灌浆的范围为坝底基础岩层顶面。具体布置如下：

①坝顶范围坝体充填灌浆布置：共布置 1 排，坝顶中心线布置，孔距为 2.50m，

非溢流坝段共布置 32 个孔。

②下游坡坝体充填灌浆布置：左岸非溢流坝共布置 7 排，右岸非溢流坝共布置 6 排，钻孔垂直于坝坡面，排距为 4.0m，孔距为 2.5m，呈梅花形布置。

坝体充填灌浆共 136 孔，总进尺 1460m。

### (2) 非溢流坝段上游面裂缝处理

本次加固设计修补上游面裂缝材料采用聚脲弹性防渗材料进行加固处理，非溢流坝上游坝面裂缝采用喷涂聚脲弹性防渗材料进行修复处理，喷涂厚度为 1cm，喷涂面积共为 1524m<sup>2</sup>。

### (3) 溢流坝段灌浆方案布置

溢流坝段上游面及溢流流面为钢筋混凝土面板，从现场检查的情况来看，溢流坝段结构完整，无明显缺陷及裂缝，本次对溢流坝段的加固主要靠增强其防渗及抗冲刷性。

①溢流坝段上游坝面裂缝采用喷涂聚脲弹性防渗材料进行修复处理，喷涂厚度为 1cm，喷涂面积共为 409m<sup>2</sup>。

②溢流坝段溢流面为提高其抗冲能力，本次加固措施为溢流面及溢流面边墙刷涂聚脲弹性防渗材料，厚度为 0.5cm，刷涂要求施工时严格控制刷涂厚度，刷涂后表面平整光滑，刷涂面积共为 605m<sup>2</sup>。

## 3.2 副坝加固设计

根据安全评价资料及现场踏勘情况，现状游坝坡为砼护坡，表面平整，存在多处裂缝，分析该裂缝产生原因为温度变化引起的，面板混凝土内、外温差形成的温度应力及干缩导致裂缝的产生。该裂缝虽已采用沥青修补，但沥青长时间使用后，在热、氧、光辐射、雨水等的作用下，沥青的性质会发生质量衰减，发生不可逆的老化，老化的沥青路面表现为表面干枯、脆化、进而出现开裂、松散等现象。补过沥青后的裂缝为黑色，外观不佳。综合沥青耐久性不强，外观欠佳的缺点。

本次加固设计修补上游面裂缝材料采用聚脲弹性防渗材料进行加固处理，聚

脲弹性防渗材料防渗能力强，伸长率大，适用于处理混凝土伸缩缝、裂缝、抗渗及抗冲磨等方面的缺陷，喷涂厚度为 1cm。

### 3.3 输水涵管加固设计

本工程主坝现状有两根坝体涵管，分别为 DN300 放空涵管和 DN1000 的输水涵管。针对坝下涵管存在的问题，根据水库各建筑物现状及场地条件，综合考虑工程措施的经济性、可操作性、施工难易性等方面因素，结合现状坝下涵管使用情况，本工程对 DN300 放空涵管采用紫外光修复坝下涵管。

工法简介：采用卷扬机把碾压好树脂的玻璃纤维软管拉入待修的旧管道中，再用压缩空气使软管张开紧贴旧管内壁，使用紫外线加热固化软管，形成一层坚硬的“管中管”结构，使已发生的破损或失去输送功能的地下管道在原位得到修复。管道原位修复，无需开挖，方便快捷。

### 3.4 其他加固设计

#### (1) 溢流坝挑坎

溢流坝挑坎反弧段长期积水，不便于管理人员清理砂石垃圾。本次设计在溢流坝挑坎两侧墙增设 DN100 排水管，防止挑坎反弧段长期积水。

#### (2) 水库管养房

经现场踏勘，水库管养房外墙破损掉漆，内墙存在渗水问题。本次设计对管养房进行装修翻新，面积共 351m<sup>2</sup>。

### 3.5 安全监测设计

根据《深圳市盐田区翠岭水库大坝安全评价报告》及《大坝安全监测系统鉴定及监测资料分析报告》，本水库大坝安全监测系统存在的主要问题为：可进一步优化水位、降雨、坝体渗压、渗流量等自动化监测。

按照本次除险加固设计原则，结合大坝安全监测系统现状，拟定安全监测设计方案如下：将已有的环境量、渗流自动化监测数据与深圳水库智能管理平台无缝对接。

### 3.6 电气设计

经常现场查看，由于目前水库目前用电设施基本完善，而原一库一策方案拟增加引入一电源作为双电源，但水库所处地较为偏远，附近并无双电源，此方案较难实施。该水库为小 I 型，主电源再加上柴油发电机作为备用电源基本可满足闸门启闭要求，故本次改造暂不对主电源进行改造，本项目翠岭水库除险加固工程的电气内容，拟在管理房二楼（现状为一接待室）设置一个中控室，将增加 20kW 用电负荷，包括一个 5kW 电源箱（空调、照明等）及约 10kW 的二次电源箱，而新增负荷不大，原有箱变容量有足够余量。具体电气设计内容如下：

- （1）为中控室设置配电箱及二次电源箱；
- （2）为中控室单独做防雷接地保护设计；
- （3）为输水涵出口蝶阀配电；
- （4）为放空管进口闸门启闭机配电；
- （5）闸门启闭机的自动化监控系统。

### **3.7 金结设计**

本工程金属结构拆除更换的设备含有输水涵管及其进水口闸门和启闭设备、放空涵管及其进水口闸门和启闭设备、输水涵管出口蝶阀、放空涵管出口闸阀等。本工程总计闸孔（槽）2 套，闸门 2 扇，启闭机 2 套，闸前各设一套水位变送器，手电两用蝶阀 1 套。

### **3.7 信息化设计**

总体架构包括感知、基础设施、数据及应用展示等层面。

#### **（1）智能感知**

物联感知采用物联网技术，包括水情、工情和视频等采集内容，其主要为业务应用提供数据支撑，通过水库的监测监控相结合，形成翠岭水库智能感知监测体系。

#### **（2）基础支撑**

基础设施是为翠岭水库工程信息化运行提供信息安全基础设施运行环境（包

括网络环境)、软硬件资源等。基础支撑包含基础设施和数据层,数据层主要利用盐田区智慧水务已经建设的数据库表,同时汇聚共享至区大数据资源中心。

### (3) 智慧应用

业务应用包括应用层和用户层等内容,应用层业务覆盖了翠岭水库日常管理需求;展示层包括大屏端、电脑端、移动端等人机交互展示方式,丰富展现手段和内容。

### (4) 标准规范体系

标准规范是利用盐田区智慧水务相关标准体系,保障水库的各个组成部分能够协调一致地工作,是保障各类信息互联互通,是保障项目建设过程和运维管理的规范、有序、高效的重要基础。

### (5) 信息安全体系

本项目的信息安全体系主要是边界安全、物理安全和数据安全组成。

# 三洲塘水库

## 一、工程概况

三洲塘水库位于深圳市盐田区盐田街道黄必围村后山顶，属盐田河流域，北靠梅沙尖，南临大鹏湾。



三洲塘水库主要建筑物包括大坝、溢洪道、输水涵管等。

### ①大坝

大坝为均质土坝，坝顶高程为 360.62m，最大坝高 15.0m，坝顶宽 5.5m，坝顶长 158.0m；混凝土防浪墙顶高程为 361.87m，墙高 1.25m，墙宽 0.30m；上游坝坡为混凝土面板护坡，坡比为 1:2.39；下游坝坡设马道，马道高程 354.15m，马道以上坡比为 1:1.88，采用草皮护坡，马道以下坡比为 1:2.79，采用碎石护坡，马道以下坡面采用十字型交叉排水沟；大坝设有排水棱体，排水棱体顶高程 341.7m，外坡比为 1:1.48。

### ②主溢洪道

主溢洪道为开敞式溢洪道，宽 7.57m，堰顶高程为 356.61m，在大坝右岸岩石山脊上开凿而成，侧墙为直立岩石，左侧墙浆砌石衬砌 0.5m，右侧墙浆砌石分两级衬砌 1m，每级衬砌高度为 0.5m，底板用混凝土护面。

### ③副溢洪道

副溢洪道位于环库公路中段水库东面，底宽 3.0m，堰顶高程为 356.61m，由 2 孔混凝土平板闸门控制，为 1987 年抗洪抢险时开挖并修缮完成。

### ④泄洪隧洞

2019 年新建的泄洪隧洞位于水库大坝右侧山体内，隧洞采用塔式进水口，塔底设有工作闸门及事故闸门各 1 扇，塔顶设检修平台和启闭机室，启闭机室通过工作桥与坝顶衔接，进口通过渐变段与洞身段衔接，渐变段长 3.0m；隧洞洞身段为有压隧洞，断面形式为圆形，洞径 2.0m，为 C30 钢筋混凝土结构，洞身段长 55m；隧洞出口接钢管，管径 2.0m，钢管段长 43.23m；下游斜坡段消能出口接现状主溢洪道。

## 二、工程存在的主要问题

①溢洪道进水口前端部分原状土坡未防护；溢洪道挑流鼻坎处边墙高度偏低，挑流鼻坎底部混凝土局部开裂，浆砌石边墙存在裂缝；出口段底板混凝土表面局部破损、开裂；主溢洪道控制段底板底部局部脱空。

②副溢洪道运行状况差，进口未封闭。

③大坝上游护坡局部存在明显裂缝，护坡底部混凝土局部脱空。

④泄洪隧洞钢管段内壁局部焊缝区域存在锈斑；混凝土段内部存在一处裂缝等缺陷。

## 三、除险加固主要设计内容

### 3.1 大坝加固设计

**存在问题：**大坝上游混凝土护坡基本平顺，护坡混凝土有 23 条较明显裂缝，其中近水平裂缝 9 条，长度范围 2~3m，宽度范围 2~3mm；近垂直裂缝 14 条，长度范围 2~4m，宽度范围 1~2mm。

**加固措施：**本次对加固措施对上游面混凝土面板采用环氧砂浆和 HK-968 弹性环氧涂料进行防护处理，先采用环氧砂浆抹面，厚 1cm，再喷涂 HK-968 弹性环氧涂料，3mm，面积共计约 2553.24m<sup>2</sup>。

### 3.2 溢洪道加固设计

**存在问题：**（1）主溢洪道进水口前端部分原状土坡未防护；（2）溢洪道引渠段两岸为原状岩石开挖边坡，未进行支护，存在岩石风化塌落风险；（3）经水面线复核计算，引渠段人行桥到陡槽段溢洪道边墙高度不足，水位已高出边墙，危及大坝下游坡面稳定。（4）出口段底板混凝土表面局部破损、开裂，浆砌石边墙存在裂缝。（5）溢洪道两侧无防护措施，三洲塘水库日常游客众多，存在安全隐患。

#### **加固措施：**

##### （1）主溢洪道进口加固方案

主溢洪道进口为土坡未防护，考虑到进口处流速较小（2.77m/s），本次加固采用雷诺护垫进行加固防护，雷诺护垫底部设一层土工布，雷诺护垫抗冲刷能力强，能很好的适应地基的不均匀沉降。

##### （2）主溢洪道引渠段加固方案

桩号 0+000~桩号 0+032.18 范围（人行桥前），采用边坡进行喷锚支护措施，喷锚顶部范围在计算千年一遇水面线上 0.5m；采用  $\Phi 25$  锚杆支护，梅花型布置，锚杆单根长 3m，间距 1.5m，排距 1.5m，外插脚  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ；并设 PVC 排水管，管径 50mm，长 1.5m；最后挂  $\Phi 8$  钢筋网，素喷混凝土厚度 100mm。

桩号 0+032.18~桩号 0+058.03 范围（人行桥后至陡槽段），拆除现有浆砌石挡墙，重建 C25 砼挡墙，挡墙高度为 2.42m~1.78m，为减少开挖量，结合现场地质条件，挡墙形式采用衡重式挡墙。

##### （3）主溢洪道地板加固方案

本次除险加固设计对主溢洪道底板及下游侧边墙进行环氧砂浆抹面，厚度 1cm。

#### (4) 主溢洪道增设防护栏杆

本次除险加固沿溢洪道左右两侧侧墙布置栏杆，栏杆高度 1.2m，材质采用不锈钢的。

### 3.3 副溢洪道加固设计

**存在问题：**副溢洪道位于环库公路中段水库东面，底宽 3.0m，高 2.42m，堰顶高程为 356.61m，由 2 孔混凝土平板闸门控制。副溢洪道不参与泄洪，且进口闸门破损，出口灌木生长茂盛。根据《深圳市盐田区三洲塘水库大坝安全评价（复核）报告》对运行管理或除险加固的意见和建议，建议对临时副溢洪道进口段进行封堵。

**加固措施：**对副溢洪道采用 C20 混凝土封堵并灌浆密实。

封堵体的型式必须在安全可靠的前提下，力求简单适用、施工方便。本工程封堵断面为方型，封堵体最大作用水头为 3.07m，借鉴国内方型、低水头封堵体设计经验，本工程采用四周不扩挖的矩型封堵体结构。

副溢洪道封堵措施如下：

①高压水冲洗原溢洪道内壁污垢及洞内杂物。

②砼浇注前先将预埋灌浆和回浆管用扁钢固定好。

③砼浇注是封堵施工一道重要工序，一定注意施工质量。本工程设计采用泵送砼，把搅拌好的 C20 自密实砼用泵通过导管压力输送到洞内，同时校对浇注方量。

④浇注完成后，先对预埋注浆管充水浸泡 2 天后，再进行灌浆，采用 1：1 水泥砂浆，灌浆压力初定 0.3MPa，实际压力根据现场情况确定。

为了达到不振动能自行密实，硬化后具有常态混凝土一样的良好物理力学性能，配制的自密实混凝土在流态下必须满足以下要求：

#### a.黏性适度

在流经较长的输水涵管后，仍保持成分均匀。如果黏性太大，滞留在混凝土

中的大气泡不容易排除。黏度用混凝土的扩展度表示，要求在 500~700mm 范围内。如黏性过大即扩展度小于 500mm 时，则流经输水涵管会带来一定的困难；如果黏性太小即扩展度大于 700mm 后，则容易产生离析。因此，自密实混凝土要求粉体含量有足够的数量，粗骨料应采用 5~15mm 或 5~25mm 的粒径，且含量也比普通混凝土少。绝对体积应在 0.28~0.33m<sup>3</sup> 之间。含砂率应在 50%左右。

#### b.良好的稳定性

浇筑前后均不离析、不泌水，粗细骨料均匀分布，保持混凝土结构的匀质性，使水泥石与骨料、混凝土与钢筋具有良好的黏结，保持混凝土的耐久性。

#### c.适当的水灰比

如果加大水灰比，增加用水量，虽然会增大流动度，但黏性降低。混凝土的用水量应控制在 150~200kg/m<sup>3</sup> 之间。要保持混凝土的黏性和稳定性，只能依靠掺加高效减水剂来实现。采用聚羧酸类减水剂比较好，也可采用氨基磺酸盐，掺量为 0.8%~1.2%(占水泥重量)。

#### d.控制粉体含量

要保持混凝土具有良好的稳定性，粉体含量是关键。混凝土中小于 80 $\mu$ m 的粉体含量即胶凝材料用量应在 400~550kg/m<sup>3</sup> 之间。当水泥用量较多时，可以掺用粉煤灰、矿渣粉或石灰石粉取代一部分水泥，以降低水化热量。必要时，可以采取减少水泥用量、掺用少量的增黏剂，以保持适度的黏性。一般采用生物聚合物多糖增黏剂。

#### ⑤水泥浆液灌浆

自密实混凝土浇筑完成后 7d，水化热散热过程中发生热胀冷缩，混凝土收缩后与涵管之间产生了空隙，需要再在灌浆管注入水泥浆进行灌浆。灌浆时灌浆机接通进浆口，回浆管出口安装耐压力 $\geq 0.6\text{MPa}$  的阀门，开启灌浆机灌浆，待回浆口阀门有水泥浆溢出时关闭，灌浆机压力开始上升，当上升到 0.4MPa 时停止灌浆，观察压力表压力变化情况，如若压力下降，说明管内缝隙还未填满，再次开启灌浆机灌浆，直到压力表在停止灌浆时间 10min 内不下降为止。

### 3.4 输水涵管加固设计

**存在问题：**经现场查看输水涵洞混凝土段内部存在裂缝，出口钢管存在锈斑。

**加固措施：**本次设计对输水涵洞混凝土段内部存在的裂缝进行砂浆抹面；对出口钢管存在的锈斑进行除锈处理，并对钢管段进行防锈蚀及防腐处理。

### 3.5 其他加固设计

#### (1) 防浪墙裂缝修补

**存在问题：**坝顶防浪墙开裂、瓷砖局部缺失。

**加固措施：**对现状防浪墙裂缝采用 8505 密封胶进行修补和瓷砖修补。

#### (2) 坝顶下游侧增设栏杆

**存在问题：**三洲塘水库坝顶道路与周围的碧道相连，是一座开放型的水库，日常游客众多，现大坝下游侧无设置防护措施。

**加固措施：**沿坝顶道路下游侧增设防护栏杆，采用不锈钢栏杆，栏杆高度 1.2m。

### 3.6 安全监测设计

根据《深圳市盐田区三洲塘水库大坝安全评价报告》及《大坝安全监测系统鉴定及监测资料分析报告》，本水库大坝安全监测系统存在的主要问题为：大坝右岸量水堰水尺存在锈蚀、刻度难辨认，需重新安装水尺；左岸量水堰堰前淤积严重，水尺刻度难以辨认，且堰板底部及侧边漏水，量水堰后存在 2 处渗水点，需对左岸量水堰进行改造；可进一步优化水位、降雨、坝体渗压、渗流量等自动化监测。

按照本次除险加固设计原则，结合大坝安全监测系统现状，拟定安全监测设计方案如下：

(1) 更换右岸量水堰水尺，并对左岸量水堰进行改造，增设量水堰计。

(2) 将已有的环境量、渗流自动化监测数据与深圳水库智能管理平台无缝对接。

### 3.7 电气设计

本工程的电气现状情况是，水库用电主电源由一个 10kV 回路接入箱变，经箱变降压为 0.4kV 后提供低压用电，另有一 25kW 的柴油发电机作为应急备用电源，并设有双电源切换箱。水库的现有用电包括有闸门启闭机、管理房用电、路灯照明、视频监控用电等。配电设施基本完善，但由于泄洪出口蝶阀需要更换为电动蝶阀，故需要为之进行配电。另外在管理房的二层拟设立一个中控室，须按中控室布置进行配电设计。结合实际情况以及本次改造需要，本工程电气一次改造内容包括以下：

- (1) 为更换的电动蝶阀配电；
- (2) 中控室配电；
- (3) 中控室的防雷接地；
- (4) 在原电气一次基础上增加闸门启闭机的自动化监控系统。

### 3.8 金结设计

根据三洲塘水库安全评价报告成果，金属结构设备主要存在以下问题：

① 泄洪隧洞进水口工作闸门门体及吊耳状况良好，主轮轻微腐蚀，止水橡皮局部破损， 闸门右下角和左下角侧止水与底止水处漏水较重，闸门各构件未发现明显腐蚀情况。泄洪隧洞进水口事故检修闸门存在漏水情况，闸门门体及吊耳状况良好，主轮轻微腐蚀， 止水橡皮局部破损，闸门右下角和左下角侧止水与底止水处漏水较重，闸门各构件未发现明显腐蚀情况。泄洪隧洞蝶阀（1#）连接螺栓轻微腐蚀，其他构件未发现异常，运行情况良好；供水管蝶阀（2#）外观质量良好，运行正常。

进水口工作闸门启闭机动滑轮经常处于水下，存在腐蚀，其余各构件、电气设备和保护装置现状情况良好，运行正常。进水口事故检修闸门启闭机各构件、电气设备和保护装置现状情况良好，运行正常。

②泄洪出口段有一手动蝶阀（1#），管径 DN2000，，泄洪工况时需要打开蝶阀（1#），将洪水排向溢洪道，据了解，该阀门在雷雨天气时手动操作都极为不

便，有必要更换为电动。

本工程拟将 1#和 2#手动阀门更换为电动，并对锈蚀的金属结构部分进行防腐处理，修复损坏的止水带等。

泄洪出口段手动蝶阀（1#）管径为 DN2000，原为手动，现更换为电动，电源由启闭机房引接，距离约 200 米。电动阀门的控制箱设在启闭机室。该闸门故考虑为现地操作，不设 LCU 柜监控。

根据安全鉴定的结果，输水涵工作闸门、事故闸门以及管道等均存在锈蚀，事故闸门的存在漏水现象，现拟对锈蚀的金属结构部分进行防腐处理，并修复损坏的止水带。

### 3.9 信息化设计

总体架构包括感知、基础设施、数据及应用展示等层面。

#### （1）智能感知

物联感知采用物联网技术，包括水情、工情和视频等采集内容，其主要为业务应用提供数据支撑，通过水库的监测监控相结合，形成三洲塘水库智能感知监测体系。

#### （2）基础支撑

基础设施是为三洲塘水库工程信息化运行提供信息安全基础设施运行环境（包括网络环境）、软硬件资源等。基础支撑包含基础设施和数据层，数据层主要利用盐田区智慧水务已经建设的数据库表，同时汇聚共享至区大数据资源中心。

#### （3）智慧应用

业务应用包括应用层和用户层等内容，应用层业务覆盖了三洲塘水库日常管理需求；展示层包括大屏端、电脑端、移动端等人机交互展示方式，丰富展现手段和内容。

#### （4）标准规范体系

标准规范是利用盐田区智慧水务相关标准体系，保障水库的各个组成部分能

够协调一致地工作，是保障各类信息互联互通，是保障项目建设过程和运维管理的规范、有序、高效的重要基础。

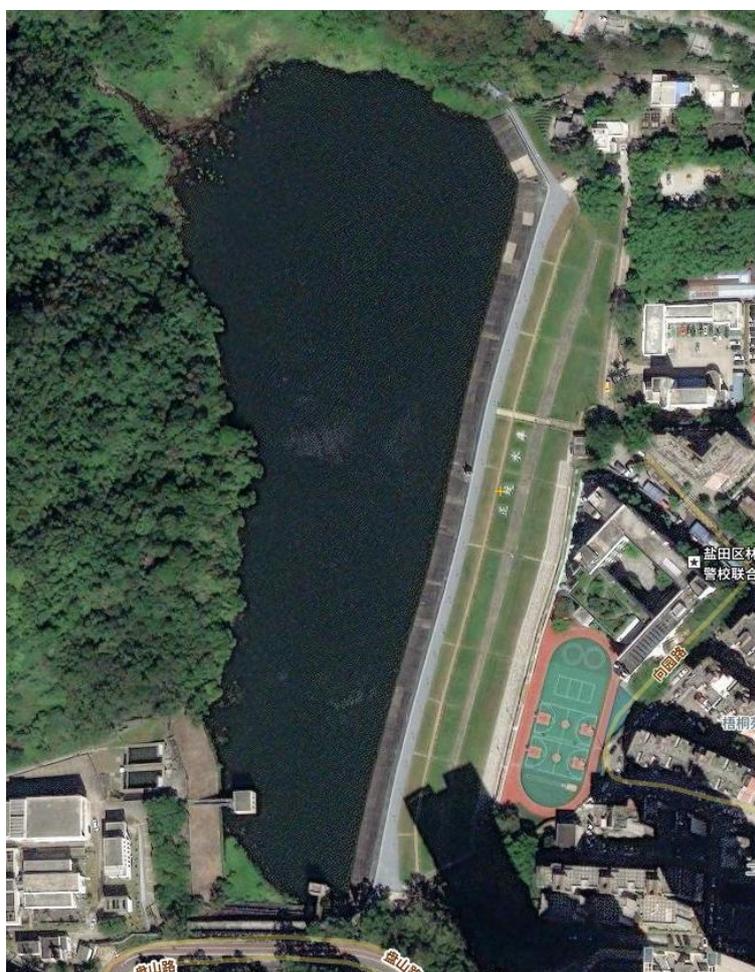
#### (5) 信息安全体系

本项目的信息安全体系主要是边界安全、物理安全和数据安全组成。

## 正坑水库

### 一、工程概况

正坑水库位于沙头角街道径口村，北靠梧桐山，南临大鹏湾。发源于梧桐山山脉南麓。



正坑水库主要建筑物包括大坝、溢洪道、输水箱涵等。

#### ①大坝

大坝为均质土坝，2020年坝体新设防渗墙，坝顶高程50.50m，坝高14.82m，坝顶宽4.00~4.50m，坝长330m，设1.0m高防浪墙，上游坝坡为混凝土面板护

坡，坝坡坡比为 1:2，下游坝坡为草皮护坡，坝顶至高程 46.77m 坝坡坡比分别为 1:2，高程 46.77m~41.91m 坝坡坡比 1:2.5，高程 41.91m~38.56m 坝坡坡比 1: 3。

## ②溢洪道

开敞式溢洪道位于右坝肩，进口为人字形进口，宽顶堰堰顶高程 46.60m，堰宽 10m，堰上有一座交通桥。控制段长 32.5m，溢流堰后接泄槽，泄槽纵坡为 1:3.25，堰与泄槽中心线交角为 136°，泄槽末端为消力池，池长 17m，池深 1.6m，消力池末端与现状两孔雨水箱涵连接，后接约 97m 明渠后汇入沙头角河。

## ③输水箱涵

现放水箱涵沿溢洪道布置，进口控制闸闸室段长 11.7m，底高程 40.5m，闸室段底板厚 1.5m，边墙厚 1.2m。闸室段设事故闸门、工作闸门各一扇，孔口尺寸均为 2.0m×2.0m。闸门两侧设胸墙，胸墙厚 400mm，检修平台顶高程 47.1m，启闭平台高程 51.0m，出口段长 57.66m，出口段型式为净尺寸 2.0m×2.0m 箱涵，箱涵壁厚 300mm，出口段出口高程 40.22m，坡度为 1: 200。

## 二、工程存在的主要问题

①大坝防浪墙左侧与岸坡未完全封闭，大坝左岸端部下游坝坡有房屋等生活设施，上游侧混凝土防护面板局部开裂及翘起。溢洪道砌石边墙局部存在裂缝等。

②输水箱涵进水口工作闸门、事故检修闸门等存在较严重腐蚀，止水橡皮老化，输水箱涵内存在两条接缝渗水、钙化，出口上游 41.2m 处有一条裂缝。

## 三、除险加固主要设计内容

### 3.1 大坝护坡加固设计

**存在问题：**上游面铺设混凝土护坡，整体情况较好，无明显破坏，靠近左岸部位局部存在开裂；坝上游面水位变幅区混凝土板表面受冲刷，骨料外露。

**加固措施：**对上游面混凝土面板采用环氧或其他材料涂刷防护处理，共计约 6600m<sup>2</sup>。

### 3.2 防浪墙设计

**存在问题：**防浪墙修建于 2020 年，防浪墙高 1m，整体状况好，无明显不均

匀沉降，混凝土结构无明显裂缝，结构缝无错动及张开，防浪墙左岸侧未与边坡相接形成闭合。

**加固措施：**大坝坝顶高程为 50.50m，校核洪水工况下需坝顶高程为 50.786m，现状防浪墙顶高程 51.50m，左岸局部缺失防浪墙位置坝顶高程为 50.50~51.50m 左右。根据现场实际地形，本次除险加固拟在左岸回填至 50.5m 高程，与左岸山体衔接闭合，并新建 1.00m 高防浪墙与现状防浪墙进行连接，长度 40m，道路硬化 40m，坡面采用雷诺护垫护坡，厚 400mm，坡比 1:2.5；坡脚采用格宾石笼固脚。

### 3.3 溢洪道加固设计

**存在问题：**溢洪道整体运行情况良好，砌石边墙局部存在裂缝。

**加固措施：**本次考虑拟对溢洪道侧墙、泄水底板采用环氧砂浆修复处理，共计面积约为 1289.95m<sup>2</sup>。

HK-968 弹性环氧砂浆是采用新型聚氨酯改性的弹性环氧树脂和特殊填料配制而成的聚合物砂浆，具有比重轻、抗压强度与 C30 混凝土相近、较低的压缩弹性模量及优异的可塑性等。可在立面或顶面进行修补施工，无须立模板，一次性施工厚度可达 8cm 以上，并且具有环氧树脂优异的粘结强度及良好的防渗、耐腐蚀、更佳的耐久性，特别适用于混凝土建筑物的局部缺陷快速修补。

### 3.4 输水建筑物加固设计

**存在问题：**输水箱涵内存在两条接缝渗水、钙化，出口上游 41.2m 处有一条裂缝。

**加固措施：**对输水箱涵内存在两条接缝渗水进行修复处理。在两条接缝渗水的箱涵结构处的顶板与墙体上设置注浆孔，对分缝处进行防渗透注浆处理。对原状止水带混凝土进行凿除处理，以结构缝为中心线向左右各开凿 60cm，深度到达原止水带处，剔除已经损坏的止水带，更换新的止水带，止水带安装顺序为底部——墙体——顶部，最后分别对底板、墙体、顶部采用聚合物砂浆回填浇筑。

### 3.5 安全监测设计

根据《深圳市盐田区正坑水库大坝安全评价报告》及《大坝安全监测系统鉴定及监测资料分析报告》，本水库大坝安全监测系统存在的主要问题为：量水堰设置不符合规范要求，需进行改造，渗流量未实现自动化监测。

按照本次除险加固设计原则，结合大坝安全监测系统现状，拟定安全监测设计方案如下：

(1) 在合适位置重新设置量水堰，对大坝渗流实现自动化监测，新增 1 支量水堰计，在堰前加装 1 根水尺。

(2) 新建大坝安全监测自动化系统。将量水堰计（1 支）、水位计、雨量计接入大坝安全监测自动化系统，实现大坝渗流量、环境量监测数据的自动采集；导入人工监测数据，实现对所有大坝安全监测数据（的存储和整编，并与深圳水库智能管理平台无缝对接。

### 3.6 电气设计

本项目电气设计范围有以下：(1) 0.4kV 外电接驳点按就近电源点埋管敷设电缆设计，具体以供电局批复为准；(2) 各处低压变配电系统及配电装置；(3) 各处用电设备的配电及控制，信号系统及电缆的选型和敷设；(4) 各处动力及照明设计；(5) 各处防雷接地保护设计。

本水库规模为小（2）型水库，库容不大，但水库下有学校、住宅区等重要区域，若需要在泄洪时中断供电会造成重大影响或损失，故本水库输水涵进水闸设备的用电，包括进水口工作闸门启闭机、进水口事故闸门的固定式卷扬启闭机及相关照明检修用电等主要用电定为二级负荷。

根据用电负荷等级，初拟从附近市电引接一回 0.4kV 线路至本工程作为供电电源，而原有从水厂引接的电源仍可保留作为备用电源。另外，水库内设有柴油发电机作为应急备用电源。

本阶段，本工程外部电源从附近市电预装式变电站的低压配电柜内引出，下一阶段进一步核实电源接入的具体低压柜柜号及回路；外部电源采用低压电缆引入，型号 ZA-YJY22-3×70+2×35，距离 500 米，根据《工业与民用配电设计手册·第三版》相关内容，经计算，最大运行条件下，启闭机启动时低压母线上的电压

降为 97.44% 高于 85%，满足规范要求。

本工程计量采用低供低计方式。

由于柴油发电机房空间较小，而原有 120kW 发电机容量及尺寸偏大，故对柴油发电机进行更换，以便对机房进行改造。

### 3.7 金结设计

本次对输水箱涵进水口闸门及启闭机等设备在原有基础上进行拆除更换。本工程总计闸孔（槽）2 套，闸门 2 扇，启闭机 2 套；闸前设一套水位变送器。

进口闸门位于输水涵管进口处，布置了一道事故闸门和一道工作闸门，事故闸门平时由固定卷扬式启闭机悬挂在槽口内，当闸门下游侧管路和设备发生事故时，事故闸门可全水头动水关闭，防止事故扩大。工作闸门检修时先放下事故闸门，然后将工作闸门提出孔口检修。事故闸门与工作闸门采用相同的设计，均可以动水启闭。闸门孔口尺寸为 2m×2m（宽×高），底槛高程为 40.5m，按设计洪水水位 49.09m 设计，设计水头 9m。门型采用潜孔式平面定轮钢闸门。闸门的操作方式为动水启闭，闸门面板布置在下游，顶水封和侧水封、底水封布置在下游。闸门主材采用 Q355B，门体采用三根主梁，四根纵梁（包括边梁）的结构布置；行走支撑采用 Φ500 悬臂轮并兼反向导轮，侧向支撑采用悬臂式侧轮固定于主梁后翼缘，轮采用铸钢结构，轮轴采用 40Cr，轴承采用铜基镶嵌固体自润滑材料。水封采用 P45 型橡塑材料，面板布置在下游侧，下游止水，利用配重进行闭门；闸门支承跨度为 2.5m，单吊点起吊；拆除原有二期混凝土及门槽埋件，保留水工一期建筑，新建门槽与原门槽设计尺寸保持一致。闸门总重约 5t（含配重），门槽埋件约 6t，门槽主材采用 Q355B，门槽外露面采用双向不锈钢板。闸门平时由固定卷扬式启闭机悬挂在槽口内，启闭由布置在进水口排架上容量为 250kN-12m 固定卷扬式启闭机操作，启闭机采用不锈钢钢丝绳，启闭机操作方式为现地控制，预留远方接口。固定卷扬机含高度传感器、荷载传感器，闸门开度信号等。闸门检修在 47.1m 检修平台借助锁定梁进行。

### 3.8 信息化设计

总体架构包括感知、基础设施、数据及应用展示等层面。

### （1）智能感知

物联感知采用物联网技术，包括水情、工情和视频等采集内容，其主要为业务应用提供数据支撑，通过水库的监测监控相结合，形成三洲塘水库智能感知监测体系。

### （2）基础支撑

基础设施是为三洲塘水库工程信息化运行提供信息安全基础设施运行环境（包括网络环境）、软硬件资源等。基础支撑包含基础设施和数据层，数据层主要利用盐田区智慧水务已经建设的数据库表，同时汇聚共享至区大数据资源中心。

### （3）智慧应用

业务应用包括应用层和用户层等内容，应用层业务覆盖了三洲塘水库日常管理需求；展示层包括大屏端、电脑端、移动端等人机交互展示方式，丰富展现手段和内容。

### （4）标准规范体系

标准规范是利用盐田区智慧水务相关标准体系，保障水库的各个组成部分能够协调一致地工作，是保障各类信息互联互通，是保障项目建设过程和运维管理的规范、有序、高效的重要基础。

### （5）信息安全体系

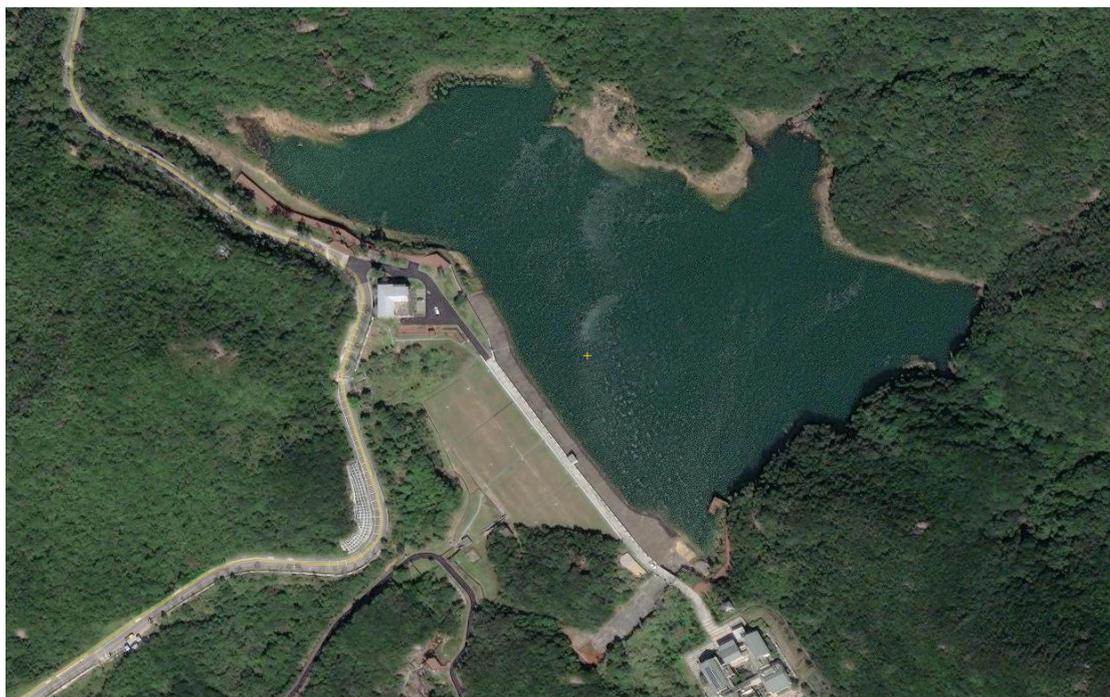
本项目的信息安全体系主要是边界安全、物理安全和数据安全组成。

## 红花沥水库

### 一、工程概况

红花沥水库位于盐田区盐田街道（东经 114°16.26′，北纬 22°36.46′），工程规模为小(2)型，工程等别为 IV 等，主要建筑物级别为 4 级。水库集雨面积为 0.73km<sup>2</sup>，总库容为 65.5 万 m<sup>3</sup>，正常蓄水位 467.56m，相应库容 55.04 万 m<sup>3</sup>，设计洪水位为（P=2%）468.83m，校核洪水位为（P=0.2%）469.10m。

红花沥水库建于 1991 年，目前水库的主要功能为防洪。



红花沥水库主要建筑物包括大坝、溢洪道、输水涵管等组成。

### (1) 大坝

大坝为均质土坝，坝高 20.2m，坝顶高程 469.45m，坝长 170m，坝顶宽度 5m；防浪墙顶高程为 470.45m，墙高 1.0m，上游坝坡采用混凝土护坡，坡比为 1:2.5；下游坝坡采用草皮护坡，在高程 460.74m 设一道 1.7m 宽的马道，边上设有浆砌石排水沟，马道以上坡比为 1:2.25、马道以下坡比为 1:2.5。坝后设排水棱体，棱体顶高程 449.88m，顶宽 1.0m，外坡 1: 1.5。

### (2) 溢洪道

溢洪道位于设在大坝左侧，属于开敞式宽顶堰，堰顶进口高程 467.56m，净宽 10m，总长 99m，底部为混凝土护砌，边墙为浆砌石挡墙，控制段上方设有交通桥，中间设一桥墩；陡坡末端设有消力池，后经梯形明渠流入天然河道。

### (3) 输水涵管

输水涵管由进口箱体、输水管及启闭设施三部分组成。

进口箱体顶部设直径 300mm 进水口，高程 450.2m，最大水头 17m 时流量

为  $0.8\text{m}^3/\text{s}$ ，水头  $1\text{m}$  时流量为  $0.19\text{m}^3/\text{s}$ ，进口设转动门盖控制，外加拦污栅保护。

输水涵管为坝下混凝土包裹的钢管，长  $70\text{m}$ ，管径为  $1000\text{mm}$ ，混凝土保护层厚  $0.3\text{m}$ ，管身下按  $135^\circ$  包角设混凝土镇墩，进口高程为  $452.30\text{m}$ ，出口为混凝土渠道，与输水涵管相连，出口断面尺寸为  $80\text{cm}\times 130\text{cm}$ ，出口高程为  $447.9\text{m}$ 。

输水涵管启闭室设于坝顶，室内安装一台手摇启闭牵引机，拉杆坡道宽  $7\text{m}$ ，混凝土护面，坡道中心设宽  $0.7\text{m}$  的踏步，踏步下顺坡埋设  $\phi 300$  铸铁通气管，下口直通进口水箱，出口安装在启闭室顶部。

## 二、工程存在的主要问题

(1) 大坝上游混凝土护面平整度稍差，存在多处网裂，部分裂缝已修补，中部及右侧坝块拼接处存在鼓包现象；坝顶防浪墙存在裂缝。现场检查，大坝坝基排水棱体底部渗水，根据量水堰量测为  $1.5\text{L}/\text{s}$  左右，水质清澈，查阅监测记录，在库水位接近正常蓄水位时渗水量约为  $3.4\text{L}/\text{s}$ ，对比同类型水库，大坝总渗水量偏大，坝后坡两侧存在渗水现象。

(2) 输水涵管启闭机进口闸门构件存在轻微腐蚀，启闭机拉杆、涵管管壁存在较重腐蚀；启闭机存在型式陈旧、落后等问题；进口闸门关闭时存在轻微漏水现象，涵管出口处有渗水。

(3) 现场检查，溢洪道底板存在明显的裂缝，溢洪道两侧浆砌石挡墙局部存在裂缝及表面砂浆脱落；交通桥梁板局部锈胀露筋及渗水析钙；泄槽右边挡墙高度偏低；消力池内杂草较多，消力池出口无适当的防护措施。

## 三、除险加固主要设计内容

### 3.1 大坝防渗设计

坝体设置混凝土防渗墙结合左岸高压喷射灌浆进行防渗处理，墙厚  $600\text{mm}$ 。墙体采用常态混凝土  $\text{C}20\text{W}6$ ，配合比由试验确定。大坝防渗总长  $227.80\text{m}$ ，混凝土防渗墙顶高程  $469.25\text{m}$ 。其中高喷灌浆范围  $\text{B}0-065.80\sim\text{B}0+000.00$ ，共  $65.80\text{m}$ ；防渗墙范围  $\text{B}0+000.00\sim\text{B}0+162.00$  长  $162\text{m}$ ，进入弱风化  $1\text{m}$ ，两岸延伸至正常蓄水位与地下水位（或相对不透水层）相交处。

为使大坝混凝土防渗墙与坝下输水涵管间防渗的封闭，大坝在输水涵管范围

三个槽段的混凝土防渗墙施工前，应对输水涵管进行封堵和回填灌浆（涵管封堵在输水隧洞完工具具备过水条件后施工），同时输水涵管的封堵砼达到设计强度后，再进行该三个槽段范围大坝砼防渗墙的施工。

#### （1）混凝土防渗墙墙体材料

防渗墙如采用常规混凝土，因弹性模量较高，防渗墙较深，且位于坝体心墙内，在水头作用下将出现较大变形，应力集中，会出现较大的拉应力而使防渗墙发生裂缝，影响防渗效果。所以防渗墙墙体材料采用低弹模混凝土，使之具有较低的弹性模量，以适应不均匀受力及相应的变形。

参考同地区类似工程的经验，并考虑到防渗墙混凝土弹模及强度的后期增长等因素，防渗墙墙体材料采用掺膨润土 C5 低弹模混凝土，防渗墙混凝土控制指标如下：28 天试块弹性模量  $3000\text{MPa} \leq E_{28} \leq 5000\text{MPa}$ ；抗压强度  $R_{28} \geq 5\text{MPa}$ ；抗拉强度  $R_{28} \geq 0.5\text{MPa}$ ；极限水力坡降  $J_{\max} \geq 400$ ；成墙后墙体渗透系数  $K_{28} \leq 1 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ ；水泥用量  $\geq 150\text{kg/m}^3$ 。

#### （2）墙体厚度设计

混凝土防渗墙的厚度，主要取决于防渗要求、抗渗耐久性、墙体应力和变形以及施工设备等因素。防渗墙在渗透作用下，其耐久性取决于机械力侵蚀和化学溶蚀作用，由于这两种侵蚀破坏作用都与水力梯度密切相关，因此目前在防渗墙设计中是根据防渗墙破坏时的水力梯度来确定防渗墙厚度的。混凝土防渗墙的允许水力梯度可达 80~100，当墙体材料采用塑性混凝土时，抗化学溶蚀破坏和抗机械破坏的水力梯度可达或超过 300；如果采用和普通混凝土一样的安全系数  $K=5$ ，则塑性混凝土的允许水力梯度  $i$  可取为 60。

目前国内混凝土防渗墙的厚度通常在 0.6m~0.8m 之间，但一些高土石坝的墙厚已超过 1.0m；国外混凝土防渗墙厚一般在 0.4~0.8m 之间。参照类似工程经验，红花沥水库大坝混凝土防渗墙墙厚初拟为 0.6m。

#### （3）墙体深度

综合考虑，混凝土防渗墙顶高程定为 468.25m，底部底部伸入弱风化下 1.0m。

#### （4）坝肩防渗设计

坝基：本次勘察显示大坝坝基结合面未发现透水的冲积层和其他透水层，不存在接触面渗漏问题。坝基主要由全、强风化花岗岩组成，无软弱地层分布，坝基承载力值和压缩性满足设计要求，坝基无不利结构面，稳定性较好。

考虑到坝基无明显渗漏问题，不进行处理。

坝肩：本次勘察显示坝体左岸以强风化花岗岩为主，较为破碎，呈碎块状，中等透水性，上部全风化花岗岩不连续分布，厚度有限，存在绕坝渗漏问题；左岸溢洪道以南，全风化花岗岩变厚，基本不存在渗漏问题；右岸不存在绕坝渗漏问题。

因此对左坝肩进行防渗处理。处理范围为左坝肩起 36m、向上游侧转 45°至相对不透水层。紧贴左坝肩混凝土防渗墙布置双排帷幕灌浆孔，孔距 2.0m。坝基帷幕灌浆深度从坝基强风化岩上限开始，深入 5lu 线以下 5.0m（帷幕灌浆各孔具体深度应根据现场压水试验来确定）。

灌浆孔按一排布置，I、II、III三序孔施工，孔距为 2m；孔深在剖面上呈阶梯状，由左、右坝头向坝中轴方向逐渐加深。

### 3.2 大坝面板修复

①对坝坡面板鼓包区域采用 HK-968 弹性环氧树脂灌浆材料进行灌浆充填，支撑上部的护坡，确保坝坡面板的稳定。②对坝坡面板上存在的表面裂缝采用 HK-968 弹性环氧树脂材料进行裂缝的修补处理，提高护坡的整体性。③大坝上游混凝土护面平整度稍差，存在多处网裂，采用粘结性能良好的 HK-968 弹性环氧砂浆进行全面板的刮涂，使护坡平整、遮盖网裂，并提高大坝的美观性。

对坝坡面板上存在的裂缝进行修补处理，长度共 1400m，其中 500m 裂缝宽度  $>2\text{mm}$ ，其余 900m 裂缝宽度  $\leq 2\text{mm}$ ；面板的整体防护采用 HK-968 弹性环氧树脂灌浆材料进行全面板的刮涂，对中部及右侧坝块鼓包处局部进行注浆充填，支撑上部的护坡，确保坝坡面板的稳定，灌浆空洞涉及面积  $239.81\text{m}^2$ ，需灌浆体积为  $381.52\text{m}^3$ 。

### 3.3 溢洪道加固设计

存在问题：溢洪道底板存在明显的裂缝，溢洪道两侧浆砌石挡墙局部存在裂缝及表面砂浆脱落；交通桥梁板局部锈胀露筋及渗水析钙；泄槽右边挡墙高度偏低；消力池内杂草较多，消力池出口无适当的防护措施。

溢洪道除险加固建设内容：

对溢洪道面板上存在的裂缝进行修补处理，长度共 800m，其中 500m 裂缝宽度 $>2\text{mm}$ ，其余 300m 裂缝宽度 $\leq 2\text{mm}$ ；面板的整体防护采用 968 聚合物砂浆进行全面板的刮涂，面积对中部及右侧坝块鼓包处局部进行灌浆。

泄槽右侧现状浆砌挡墙拆除并重新砌筑高 2.1m 挡墙；增设海漫。新建挡墙范围为泄槽 Y0+024.50~Y0+082.50 右侧以及消力池后新增海漫段 Y0+097.42~Y0+132.31 双侧。

### 3.4 坝下涵管封堵设计

红花沥水库输水涵管位于大坝左侧，为坝下城门洞形钢筋混凝土涵管，长 70m，断面尺寸 B0.6m $\times$ H1.0m，进口高程为 452.30m，出口为混凝土渠道，与输水涵管相连，出口断面尺寸为 80cm $\times$ 130cm。

按输水涵功能要求新建输水隧洞，原输水涵管封堵，相应设施拆除，封堵步骤如下：

(1)用潜水泵把涵洞内积水抽出。

(2)高压水冲洗涵洞内壁污垢及洞内杂物。

(3)砼浇注前先将预埋灌浆和回浆管用钢筋支架固定好，钢筋支架每 5m 设置一个。

(4)砼浇注是封堵施工一道重要工序，一定注意施工质量。本工程设计采用泵送砼，混凝土拌和时加少量缓凝剂，采用输送泵灌注，输送泵泵送压力 10MPa，满足混凝土浇筑密实要求。泵车停置于坝后稳定位置，通过输送导管将混凝土灌入涵管内。按照计算好的数量浇筑，当输送混凝土量达到计算量时，人员进入管内检查排气口是否有水泥浆溢出，当水泥浆内无气泡冒出时说明管内混凝土已经灌满，停止灌注混凝土，将排气口封死。卸下输送导管，封堵浇筑口。灌注混凝

土时必须连续灌注，并注意观察泵车压力的变化，当压力变化较大时要停止浇筑并分析原因。

(5)浇筑完成后，先对预埋注浆管充水浸泡 2 天后，再进行灌浆，采用 1: 1 水泥砂浆，灌浆压力初定 0.3MPa，实际压力根据现场情况确定。

坝下涵管破拆采用钢护筒护壁+人工机械切割施工，属于有限空间作业，有限空间作业严格落实“七不”（未经风险辨识不作业、未经通风和检测合格不作业、不佩戴劳动防护用品不作业、没有监护不作业、电气设备不符合规定不作业、未经审批不作业、未经培训演练不作业），保证施工安全。

### 3.5 隧洞方案设计

在大坝左侧山体新建输水隧洞，输水建筑物由进水口段、洞身段、出口段组成，全长 148m。其中进水口段长 25.4 米，洞身段长 101 米，出口段长 21.6 米。

#### (1)进水口布置

根据进水口处的地质、地形条件，本次考虑在距离隧洞进口前新建塔式进水口一座，通过衔接段箱涵连接进水口与涵管，进水口采用塔式结构，进口底板顶高程为 453.50m，闸室尺寸为 13m×10.5m，闸室设工作闸门及事故闸门各一套，采用卷扬机控制启闭；检修平台高程根据水库各特征水位及坝顶高程综合确定为 470.30m；进口前设置拦污栅。

#### (2)洞身段设计

根据地勘钻孔揭示，输水隧洞埋深约 10~35m，沿线地表无冲沟经过，隧洞全线稳定性差，围岩类别以Ⅲ类为主。隧洞除采用 0.4m 厚的钢筋砼对全断面进行衬砌外，还在钢筋砼衬砌与围岩之间增设一道锚喷衬砌。锚喷衬砌采用喷射砼、锚杆、钢筋网组合式衬砌。拱顶与侧墙喷 C20 砼 200mm 厚，底板喷 C20 砼 220mm 厚，网格间距 200mm，并在拱顶中心角 180° 范围设置辐射  $\Phi 20$  砂浆锚杆，锚杆单根长 2.0m，环向与纵向间距均为 1.0m，在岩面上呈梅花形布置。V 类围岩初期支护采用超前 $\Phi 32$  小导管（L=4.5m）灌浆，间距为 400mm，灌浆为压力 0.75MPa。

#### (5)出口段设计

为避免对下游造成严重冲刷，隧洞末端接出水渠，长 11.6m，后接消力池段，消力池池长 10m，池深 1.2m。

### 3.6 安全监测设计

根据《深圳市盐田区红花沥水库大坝安全评价报告》及《大坝安全监测系统鉴定及监测资料分析报告》，本水库大坝安全监测系统存在的主要问题为：大坝量水堰水尺存在锈蚀、刻度难辨认，需重新安装水尺；可进一步优化水位、降雨、坝体渗压、渗流量等自动化监测。

按照本次除险加固设计原则，结合大坝安全监测系统现状，拟定安全监测设计方案如下：

(1) 更换量水堰水尺。

(2) 将已有的环境量、渗流自动化监测数据与深圳水库智能管理平台无缝对接。

### 3.7 电气设计

设计范围：(1) 0.4kV 外电接驳点按就近电源点埋管敷设电缆设计，具体以供电局批复为准；(2) 各处低压变配电系统及配电装置；(3) 各处用电设备的配电及控制，信号系统及电缆的选型和敷设；(4) 各处动力及照明设计；(5) 各处防雷接地保护设计；

本工程为红花沥水库除险加固工程，在水库输水涵管进口设置一座进水闸，主要用电设备有进口拦污栅的固定式电动葫芦、进水口工作闸门的固定式卷扬启闭机、进水口事故闸门的固定式卷扬启闭机、出口工作阀门的电动锥阀及相关照明检修用电等。为保证供水的可靠性，本工程输水涵管进口闸主要用电设备拟定为二级负荷。

本阶段按备用负荷容量 11kW（仅考虑输水隧洞进口工作闸门或事故闸门用电一台闸门运行的用电），根据《水利水电工程厂（站）用电系统设计规范》（SL485-2010）附录 F 柴油发电机容量计算公式，计算得柴油发电机容量为 44kW，因此选择 1 台 50kW 的柴油发电机组作为本工程备用电源。

### 3.8 金结设计

红花沥水库功能以防洪为主，兼顾生态及景观用水，红花沥水库下游人口密集，为此，现阶段考虑新建一条输水隧洞。

本工程新建 1 条输水隧洞；输水隧洞沿线布置拦污栅、事故闸门、工作闸门及相应启闭设备，出口设一套工作阀门及辅助设备；总计闸槽 2 套，闸门 2 扇，阀门 1 套，启闭设备 2 套。事故闸门和工作闸门前各设一套水位变送器，水位变送器量程 0~50m，精度等级 0.1%FS，输出信号 DC0~24mA。

新建左岸输水隧洞，隧洞功能为防洪、放空、并兼有生态调节功能。隧洞进口布置 1 道拦污栅，1 道事故闸门，1 道工作闸门，出口布置一套工作阀门。

#### (1) 进口拦污栅

输水涵管进水口布置一道拦污栅，拦污栅孔口尺寸 2m×2m，底槛高程 452.44m，拦污栅强度按 3m 水位差设计。拦污栅采用滑动支承，动水启闭，由布置在进水口混凝土排架上容量为 100kN-6m 固定式电动葫芦通过拉杆进行操作，拦污栅检修在 469.45m 高程检修平台进行。清污方式为提栅人工清污。

#### (2) 进口事故闸门

工作闸门上游设置事故闸门 1 扇，事故闸门孔口尺寸为 2m×2m（宽×高），底槛高程为 452.44m，按设计洪水位 468.48m 设计，设计水头 16.5m。门型采用潜孔式平面定轮钢闸门。事故闸门的操作方式为动水闭门，小开度充水平压后静水启门。闸门面板布置在上游，顶水封和侧水封布置在下游，底水封布置在上游，利用水柱下门。闸门主材采用 Q355B，门槽主材采用不锈钢。事故闸门平时由固定卷扬式启闭机悬挂在槽口内，当闸门下游侧管路和设备发生事故时，事故闸门可全水头动水关闭，防止事故扩大。

闸门的启闭由布置在进水口排架上容量为 250kN-20m 固定卷扬式启闭机操作，启闭机采用不锈钢钢丝绳，启闭机操作方式为现地控制，预留远方接口。

固定卷扬机配置高度传感器、荷载传感器和钢丝绳断丝监测传感器。闸门开度信号、启闭力信号、水位信号、钢丝绳健康状态信号等数据通过 VPN 专线通讯链路和供水调蓄工程管理处接入市政网络。

闸门检修在闸顶 469.45m 检修平台借助锁定梁进行。

### (3) 进口工作闸门

进口工作闸门孔口尺寸 2m×2m (宽×高), 底槛高程为 452.44m, 按设计洪水水位 468.48m 设计, 设计水头 16.5m。门型采用潜孔式平面定轮钢闸门, 闸门操作方式为动水启闭。闸门面板布置在上游, 顶水封和侧水封布置在下游, 底水封布置在上游, 利用水柱下门。闸门主材采用 Q355B, 门槽主材采用不锈钢。工作闸门检修时先放下事故闸门, 然后将工作闸门提出孔口检修。闸门由布置在进水口排架容量为 250kN-20m 的固定卷扬式启闭机进行操作, 启闭机采用不锈钢钢丝绳, 并配置应急操作装置, 保证能在断电情况下启闭闸门, 启闭机操作方式为现地控制, 预留远方接口。

固定卷扬机配置高度传感器、荷载传感器和钢丝绳断丝监测传感器。闸门开度信号、启闭力信号、水位信号、钢丝绳健康状态信号等数据通过 VPN 专线通讯链路和供水调蓄工程管理处接入市政网络。

闸门检修在闸顶 469.45m 检修平台借助锁定梁进行。

### (4) 出口工作阀门

输水隧洞出口设置工作阀门一套, 阀门布置在阀井内。

阀门主材为不锈钢, 阀门平时常开, 保持管路通畅, 方便生态用水。

阀门采用手电两用锥阀, 公称通径 DN1600, 公称压力 0.6MPa。驱动方式为手电两用电动, 现地控制。锥阀成套外购。

锥阀的开度信号、阀前压力信号、流量信号等数据通过 VPN 专线通讯链路和供水调蓄工程管理处接入市政网络。

## 3.9 信息化设计

总体架构包括感知、基础设施、数据及应用展示等层面。

### (1) 智能感知

物联感知采用物联网技术, 包括水情、工情和视频等采集内容, 其主要为业

务应用提供数据支撑，通过水库的监测监控相结合，形成三洲塘水库智能感知监测体系。

## （2）基础支撑

基础设施是为三洲塘水库工程信息化运行提供信息安全基础设施运行环境（包括网络环境）、软硬件资源等。基础支撑包含基础设施和数据层，数据层主要利用盐田区智慧水务已经建设的数据库表，同时汇聚共享至区大数据资源中心。

## （3）智慧应用

业务应用包括应用层和用户层等内容，应用层业务覆盖了三洲塘水库日常管理需求；展示层包括大屏端、电脑端、移动端等人机交互展示方式，丰富展现手段和内容。

## （4）标准规范体系

标准规范是利用盐田区智慧水务相关标准体系，保障水库的各个组成部分能够协调一致地工作，是保障各类信息互联互通，是保障项目建设过程和运维管理的规范、有序、高效的重要基础。

## （5）信息安全体系

本项目的信息安全体系主要是边界安全、物理安全和数据安全组成。

# 上坪水库

## 一、工程概况

上坪水库位于盐田区梅沙街道，坝址位于大鹏湾流域陈坑村山沟（河道）上游。工程规模为小（1）型，工程等别IV等，主要建筑物级别为3级。水库集雨面积为2.13km<sup>2</sup>，总库容为244.6万m<sup>3</sup>，正常蓄水位232.64m，相应库容166.07万m<sup>3</sup>，设计洪水位为（P=1%）235.25m，相应库容224.4万m<sup>3</sup>，校核洪水位为（P=0.1%）236.07m，相应库容244.6万m<sup>3</sup>。上坪水库现状功能为防洪。



上坪水库主要建筑物包括主坝、副坝、溢洪道、输水涵管。

### (1) 主坝

主坝为均质土坝，坝高23m，坝顶高程为236.05m，坝顶宽5.09m，长140m；防浪墙顶高程为237.25m，墙高1.20m，宽0.7m；上游坝坡为混凝土护坡，坡比为1:2.59；下游坝坡设马道，马道高程227.01m，马道以上坡比为1:1.87，采用草皮护坡，马道以下坡比为1:2.48，采用干砌石护坡，下游坡面采用十字型交叉排水沟；主坝设有排水棱体，排水棱体顶高程218.66m，外坡比为1:1.43。

### (2) 副坝

副坝为均质土坝，坝高25m，坝顶高程为235.85m，坝顶宽4.93m，长170m；

防浪墙顶高程为 237.05m，墙高 1.2m，宽 0.65m；上游坝坡为混凝土护坡，坡比为 1: 2.52；下游坝坡设马道，马道高程 227.06m，马道以上坡比为 1: 1.98，采用草皮护坡，马道以下坡比为 1: 2.35，采用干砌石护坡，下游坡面采用十字型交叉排水沟；副坝设有排水棱体，排水棱体顶高程 218.14m，外坡比为 1: 1.62。

### (3) 溢洪道

溢洪道位于副坝右坝端，轴线与副坝轴线交角  $63^\circ$ ，为开敞式宽顶堰泄流，堰顶高程为 232.64m，进口宽顶堰宽 8m，长 19m，以后为  $i=1/100$  的束窄段，长度 19m，底宽由 8m 渐变为 5m，后接  $i=1/2.44$  的陡坡段，钢筋混凝土面，长度 70m，末端为挑流鼻坎。采用挑流式消能，挑流坎顶高程 206.18m，挑流鼻坎圆弧半径 5m，挑角  $25^\circ$ 。

### (4) 输水涵

水库输水涵管埋设于主坝坝下，输水涵管进口底高程 217.13m，管径为 800mm，为内套钢管外包厚 250mm 钢筋混凝土结构，坡降 1/100。进水孔孔径 600mm，进水孔中心高程为 218.7m，涵长 217m。放水孔设  $\phi 600\text{mm}$  铸铁门盖，涵末出口设置  $\phi 800$  蝶阀。输水涵管启闭设备为手摇式启闭机，输水涵管同时兼顾水库供水功能，向上坪水厂供水。

## 二、工程存在的主要问题

(1) 溢洪道平底段控制宽度为 5m，小于以往报告中控制宽度的取值，导致现状主副坝防浪墙顶高程不满足防洪要求；且溢洪道控制段底板网裂，底板平均厚度仅 0.11m，不符合规范要求，消力池出口无适当的防护等。

(2) 主坝、副坝上游混凝土护面局部存在裂缝，护坡混凝土底部局部脱空。

(3) 输水涵进口闸门构件、启闭机拉杆、涵管管壁等存在较重腐蚀，涵管出口存在漏水。

## 三、除险加固主要设计内容

### 3.1 大坝混凝土护坡修复设计

根据 2021 年安全评价报告结论，大坝结构稳定不存在问题。主要问题是主坝上游护坡混凝土存在 23 条明显裂缝，9 条近横向裂缝，长度范围 2.6m~14.5m，

宽度范围 1.2mm~3.7mm，14 条近竖向裂缝，长度范围 3.4m~7.6m，宽度范围 2.3mm~3.7mm。主坝防浪墙迎水面混凝土局部存在裂缝。副坝上游护坡混凝土存在 13 条明显裂缝，7 条近横向裂缝，长度范围 2.8m~56.7m，宽度范围 1.5mm~3.8mm，6 条近竖向裂缝，长度范围 3.2m~6.8m，宽度范围 1.6mm~3.6mm。

大坝上游混凝土护面拼接处存在局部的脱空现象，说明大坝出现了局部的不均匀沉降，导致护坡混凝土板产生局部开裂、起鼓。大坝脱空处的护坡与土坝之间存在空腔，不利于护坡承担静水压力的作用，因此必须进行处理，才能保证大坝护坡的安全。

①对坝坡面板鼓包区域采用 HK-968 弹性环氧树脂灌浆材料进行灌浆充填，支撑上部的护坡，确保坝坡面板的稳定，灌浆空洞涉及面积 818.00m<sup>2</sup>，灌浆体积为 971.03m<sup>3</sup>。②对坝坡面板上存在的表面裂缝采用 HK-968 弹性环氧树脂材料进行裂缝的修补处理，提高护坡的整体性。③对大坝上游混凝土护面平整度稍差，存在多处网裂，采用粘结性能良好的 HK-968 弹性环氧砂浆进行全面板的刮涂，使护坡平整、遮盖网裂，并提高大坝的美观性。④在 HK-968 弹性环氧砂浆刮涂后，使用单组分刮涂聚脲材料这种防水抗冲涂料进行全护坡面板的涂刷，提高大坝护坡的防水及抗冲刷的能力。

### 3.2 主坝排水棱体加固设计

**存在问题：**主坝坝后排水棱体面层块石空隙较大，且贴身贴耳可听到水流声，推测排水棱体反滤层局部被破坏，对坝脚产生冲刷，产生局部渗透不稳定现象。同时根据华南防灾减灾研究院（深圳）有限公司于 2022 年 8 月 16 日出具的《盐田区上坪水库主坝棱体和副坝背水坡平台地面坍塌隐患地质雷达探测报告》的结论：上坪水库主坝棱体下方发现明显富水空洞区，长约 4.7m、宽约 1.5m，深约 1.4~2.4m。本次对其进行封堵加固。

**加固措施：**一库一策阶段加固方案为将棱体全部拆除重建。根据上述地质雷达探测报告结论，空洞区范围不大，现场踏勘棱体整体完好，全部拆除没有必要。本次拟局部拆除排水棱体空洞区表层砌石，用块石将填充密实后恢复。

施工前应根据隐患雷达探测报告对空洞区进行精准定位，根据开口线位置打入固定锚筋，后拆除表层砌石，空洞区露出后填充块石，待空洞填充密实后，恢

复表层砌石。

考虑到空洞处存在较大水流，且下游排水沟已有细颗粒溢出，为防止坝体及棱体细颗粒进一步被水流带走，将现状棱体与下游排水沟之间的砌石平台拆除部分，形成稳定坡面后，外侧增设反滤设施保护，自下而上分别为土工布垫层、反滤料、过度料、干砌石护坡。第一层反滤料要求满足  $0.1\text{mm} \leq D_{15} \leq 0.414\text{mm}$ ，第二层反滤料的级配应符合  $D_{15} \leq 4d_{85} = 14.92\text{mm}$ 。

### 3.3 溢洪道加固设计

**存在问题：**溢洪道位于副坝右坝头，为开敞式宽顶堰，采用混凝土结构，溢洪道交通桥下游控制段混凝土底板厚度范围为 7~18cm，平均值为 11cm，厚度不足；溢洪道平底段控制宽度为 5m，小于以往相关报告中控制宽度为 8m 的取值，导致现状主副坝防浪墙顶高程不满足防洪要求。《2021 年安全评价报告》及其安全鉴定结论和建议，建议拓宽溢洪道。

**加固措施：**拆除重建溢洪道进口段（14.108m）及第一段控制段（19m）底板；拆除重建第二段控制段（19m）以及泄槽段（12m）的右侧挡墙及底板，溢洪道控制段宽度不足 8m 的拓宽至 8m，采用钢筋混凝土结构。

### 3.4 坝下涵管封堵设计

大坝涵管位于主坝坝下肩，原设计为 DN800 预制混凝土涵管，长度约 100m。输水涵管进口底高程 217.13m。输水管进口 1 扇铸铁转动门盖、斜拉螺杆式启闭机。

输水隧洞完工具备过水条件后，对原坝下涵管进行全涵管段封堵。涵管封堵程序如下：

#### （1）焊接封堵钢板

将制作好的直径圆形钢板分割成 2~3 块，在离输水管出口处焊接封堵钢板，用槽钢加固增强堵板。焊接时在钢板底部留置 DN32 钢管作为排水导流管，尾端安装阀门，待钢板焊接完成后，将导流管尾端阀门关闭，这样涵管就不会有漏水。焊接完成后再次清理涵洞内的杂质，安装涵管顶部的排气管、灌浆管和浇筑管，浇筑

管距离管顶约 30cm。焊接第一段末端钢板。焊接钢板必须保证其焊接完整无漏焊、虚焊等现象,加固槽钢必须满焊。

## (2) 灌注混凝土

混凝土拌和时加少量缓凝剂,采用输送泵灌注,输送泵泵送压力 10MPa ,满足混凝土浇筑密实要求。泵车停置于坝后稳定位置,通过输送导管将混凝土灌入涵管内。按照计算好的数量浇筑,当输送混凝土量达到计算量时,人员进入管内检查排气口是否有水泥浆溢出,当水泥浆内无气泡冒出时说明管内混凝土已经灌满,停止灌注混凝土,将排气口封死。卸下输送导管,封堵浇筑口。灌注混凝土时必须连续灌注,并注意观察泵车压力的变化,当压力变化较大时要停止浇筑,并分析原因。

## (3) 灌浆

混凝土浇筑完成后 7d 再进行灌浆加强。灌浆时灌浆机接通进浆口,回浆管出口安装耐压力 $\geq 0.6\text{MPa}$  的阀门,开启灌浆机灌浆,待回浆口阀门有水泥浆溢出时关闭,灌浆机压力开始上升,当上升到 0.4 MPa 时,停止灌浆,观察压力表压力变化情况,如若压力下降,说明管内缝隙还未填满,再次开启灌浆机灌浆,直到压力表在停止灌浆时间 10min 内不下降为止。

### 3.5 隧洞方案设计

在主坝左侧山体新建输水隧洞,输水建筑物由进水口段、洞身段、出口段(由消力池及海漫组成)组成,全长 143m。其中进口段 10m,沿身段 120m,出口段 18m。

#### (1) 进水口布置

拟建输水隧洞位于主坝左侧山梁处,隧洞沿线为山坡地形,地面高程约 215~248m;现状前方为库区,地势平坦,区位条件单一,施工作业面较富余。经综合考虑,选取该处作为隧洞进水口位置。

根据进水口处的地质、地形条件,本次考虑在距离隧洞进口前新建进水口。进水口采用塔式结构,下部闸室尺寸为 13m $\times$ 10.2m,闸底板高程为 217.14m,闸室设工作闸门及检修闸门各一套,工作闸门闸孔尺寸为 2m(宽) $\times$ 2m(高),检修闸门闸孔尺寸均为 2m(宽) $\times$ 2.5m(高),均采用卷扬机控制启闭;检修平台高程

根据水库各特征水位及坝顶高程综合确定为236.00m;进水口前设引水渠,长10m。

根据地勘报告所述,进洞口处地面至隧洞底板7~8m,存在人工边坡,为残坡积碎石土或含砂粉质黏土,为土质边坡,其稳定性差,应进行处理。本次设计拟对洞脸边坡进行支护和设置排水孔,完成洞脸截水沟,在确保洞脸边坡稳定的前提下,做好洞脸锁口锚杆后方可进洞。隧洞进口洞脸开挖坡度为1:1.25,本次设计在洞脸边坡设置格构梁;并设置直径25mm锚杆,L=6~12m,间距1.5m\*1.5m,梅花形布置。

## (2) 洞身段设计

根据地勘钻孔揭示,输水隧洞埋深约5~25m,沿线地表无冲沟经过,进出口段为残坡积碎石土或含砂粉质黏土,其余为全风化砂岩(④层)。进出口段含砂粉质黏土,局部含强、全风化砾石,全风化粉砂岩基本风化呈砂土状,隧洞全线稳定性差,围岩类别以III类及V类为主。隧洞除采用0.4m厚的钢筋砼对全断面进行衬砌外,还在钢筋砼衬砌与围岩之间增设一道锚喷衬砌。锚喷衬砌采用喷射砼、锚杆、钢筋网组合式衬砌。拱顶与侧墙喷C25砼200mm厚,底板喷C25砼200mm厚,设一层Φ8钢筋网,网格间距200mm,并在拱顶中心角180°范围设置辐射Φ22系统锚杆,锚杆单根长2.0m,环向与纵向间距均为1.0m,在岩面上呈梅花形布置。V类围岩初期支护采用超前Φ32小导管(L=4.5m)灌浆,间距为400mm,灌浆压力初定0.75MPa。

## (3) 出口段布置

为避免对下游造成严重冲刷,隧洞末端接消力池,消力池池长12m,池深2.5m,再接海漫,海漫长6m。

根据地勘成果,隧洞出口处为一处山涧地形,沟底见中风化花岗岩(④3)出露,隧洞出口高程处见全风化花岗岩(④1),边坡坡度30~60°,但局部已削坡呈直立状。

边坡表层为砾质黏性土(③层),下伏为全风化花岗岩(④1)。本次设计拟采用格构梁支护。

## 3.6 安全监测设计

根据《深圳市盐田区上坪水库大坝安全评价报告》及《大坝安全监测系统鉴定及监测资料分析报告》，本水库大坝安全监测系统存在的主要问题为：可进一步优化水位、降雨、坝体渗压、渗流量等自动化监测。

按照本次除险加固设计原则，结合大坝安全监测系统现状，拟定安全监测设计方案如下：

(1) 重新安装主坝量水堰水尺。

(2) 新建输水隧洞渗压计与变形监测。

(3) 将已有的环境量和渗流自动化监测数据、新建的输水隧洞渗压与变形监测数据与深圳水库智能管理平台无缝对接。

### 3.7 电气设计

设计范围：(1) 0.4kV 外电接驳点按就近电源点埋管敷设电缆设计，具体以供电局批复为准；(2) 各处低压变配电系统及配电装置；(3) 各处用电设备的配电及控制，信号系统及电缆的选型和敷设；(4) 各处动力及照明设计；(5) 各处防雷接地保护设计。

在水库输水涵管进口设置一座进水闸，主要用电设备有进水口工作闸门的固定式卷扬启闭机、进水口检修闸门的固定式卷扬启闭机、出口工作阀门的电动锥阀及相关照明检修用电等。为保证供水的可靠性，本工程输水涵管进口闸主要用电设备拟定为二级负荷。

初拟从工程站址附近引接一回 0.4kV 线路至本工程作为供电电源，并在配电房设置一台~0.4kV 50kW 柴油发电机作为进水闸的应急电源。初拟电气二次等设备的电源从管理配电房内低压动力柜引接 0.4kV 低压电源。

### 3.8 金结设计

本工程新建 1 条输水隧洞；输水隧洞沿线布置检修闸门、工作闸门及相应启闭设备，出口设一套工作阀门及辅助设备；总计闸槽 2 套，闸门 2 扇，阀门 1 套，启闭设备 2 套。检修闸门和工作闸门前各设一套水位变送器，水位变送器量程 0~50m，精度等级 0.1%FS，输出信号 DC0~24mA。

新建左岸输水隧洞，隧洞功能为防洪、放空、并兼有生态调节功能。隧洞进口布置

1 道检修闸门，1 道工作闸门，出口布置一套工作阀门。

### (1) 进口检修闸门

工作闸门上游设置检修闸门 1 扇，检修闸门孔口尺寸为 $2\text{m}\times 2.5\text{m}$ (宽 $\times$ 高)，底槛高程为 217.14m，按设计洪水位 234.69m 设计，设计水头 18m。门型采用潜孔式平面定轮钢闸门。检修闸门的操作方式为动水闭门，小开度充水平压后静水启门。闸门面板布置在上游，顶水封和侧水封布置在下游，底水封布置在上游，利用水柱下门。闸门主材采用 Q355B，门槽主材采用不锈钢。检修闸门平时由固定卷扬式启闭机悬挂在槽口内，当闸门下游侧管路和设备发生检修时，检修闸门可全水头动水关闭，防止检修扩大。

闸门的启闭由布置在进水口排架上容量为 500kN-20m 固定卷扬式启闭机操作，启闭机采用不锈钢钢丝绳，启闭机操作方式为现地控制，预留远方接口。固定卷扬机含高度传感器、荷载传感器，闸门开度信号等。

闸门检修在闸顶 236.00m 检修平台借助锁定梁进行。

### (3) 进口工作闸门

进口工作闸门孔口尺寸 $2\text{m}\times 2\text{m}$ (宽 $\times$ 高)，底槛高程为 217.14m，按设计洪水位 234.69m 设计，设计水头 18m。门型采用潜孔式平面定轮钢闸门，闸门操作方式为动水启闭。闸门面板布置在上游，顶水封和侧水封布置在下游，底水封布置在上游，利用水柱下门。闸门主材采用 Q355B，门槽主材采用不锈钢。工作闸门检修时先放下检修闸门，然后将工作闸门提出孔口检修。闸门由布置在进水口排架容量为 500kN-20m 的固定卷扬式启闭机进行操作，启闭机采用不锈钢钢丝绳，并配置应急操作装置，保证能在断电情况下启闭闸门，启闭机操作方式为现地控制，预留远方接口。

固定卷扬机含高度传感器、荷载传感器，闸门开度信号等。

闸门检修在闸顶 236.00m 检修平台借助锁定梁进行。

#### (4) 出口工作阀门

输水隧洞出口设置工作阀门一套，阀门布置在阀井内。

阀门主材为不锈钢，阀门平时常开，保持管路通畅，方便生态用水。

阀门采用手电两用锥阀，公称通径 DN1200，公称压力 0.6MPa。驱动方式为手电两用电动，现地控制。锥阀成套外购。

锥阀的开度信号、阀前压力信号、流量信号等数据通过 VPN 专线通讯链路和供水调蓄工程管理处接入市政网络。