自密实特种施工技术介绍

围绕水泥基材料的**自密实**、**流动凝结调节**、**水下自护**和**超早强**等技术等开展了系列研究，形成**自密实特种施工**技术。

自密实特种施工技术

2003年	2009年	2010年	2016年
堆石混凝土筑坝技术	水下自护混凝土技术	自流可控灌浆技术	调节型自密实混凝土技术
高自密实性能混凝土	水下保护剂	自密实灌浆料	流动、凝结时间调节技术


水利先进实用技术
推广证书


水利先进实用技术
推广证书


水利先进实用技术
推广证书

自密实特种施工技术介绍

成功应用于多种复杂工程问题的近20个项目。

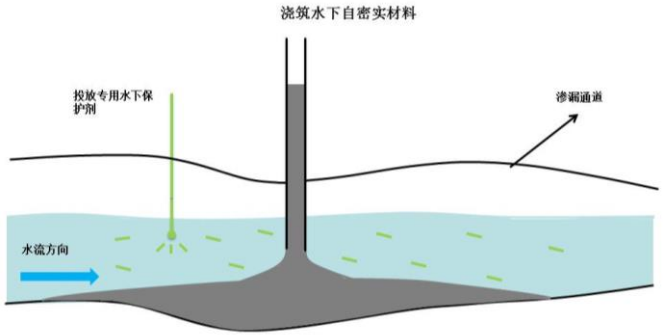
- 道路应急修复、海岸堆石护坡水下胶结、高水头溶腔裂隙封堵、超大地下暗河封堵、大坝防渗墙和基础水下浇筑、桥墩水下封堵等。

材料性能		实验室检测性能	已用于工程的实测性能
水下不分散性能	胶凝材料损失率/%	0.3-0.8	——
	水陆强度比/%	80-99	81-87
工作性能	初始砂浆扩展度/mm	250-400	250-380
	初始混凝土扩展度/mm	500-800	550-650
	流动性保持时间/min	5-300	5-240
	初凝时间/min	最短15	最短15
	终凝时间/min	最短20	最短20
	可填充最小空隙/mm	0.1	渗透系数＜10^{-8}mm/s
硬化性能	强度等级	C15-C80	C15-C60
	2h强度/MPa	10-50	10-30
	3d强度与设计强度比/%	>90	98-125

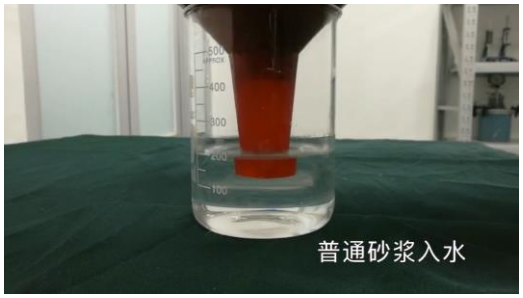
自密实特种施工技术介绍

水下自护技术原理

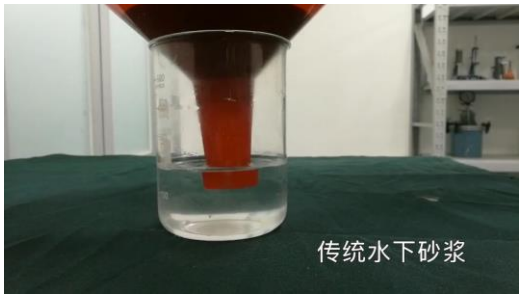
- **高分子水下保护剂，溶于水后形成空间柔性网络，抑制新拌混凝土的分散，从而实现清澈浇筑。**

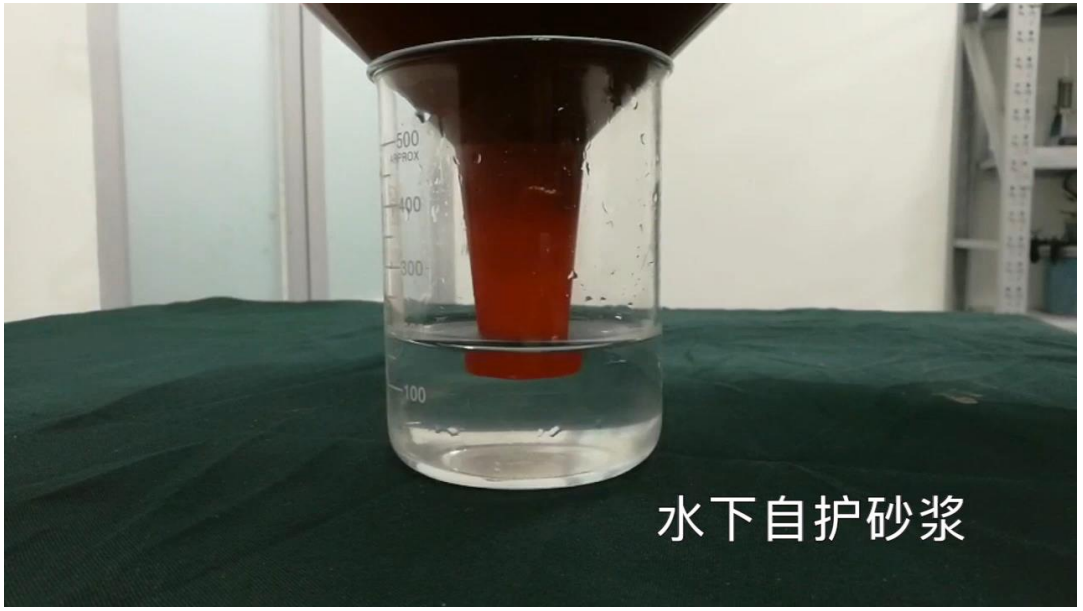


普通砂浆



普通水下不分散砂浆





水下自护砂浆

自密实特种施工技术介绍

野三河水电站水下溶腔封堵（湖北恩施）

- 岩溶地区，页岩薄弱夹层在蓄水后被击穿，形成渗透通道，流量3～5m³/s，年损失发电超过2000万度。
- 2010年起尝试了灌浆、常规水下砼等封堵方案，花费超过1500万元，未能解决。
- 采用水下自护灌浆技术成功解决。







自密实特种施工技术介绍

水下自护灌浆

水下SCM





水下保护剂



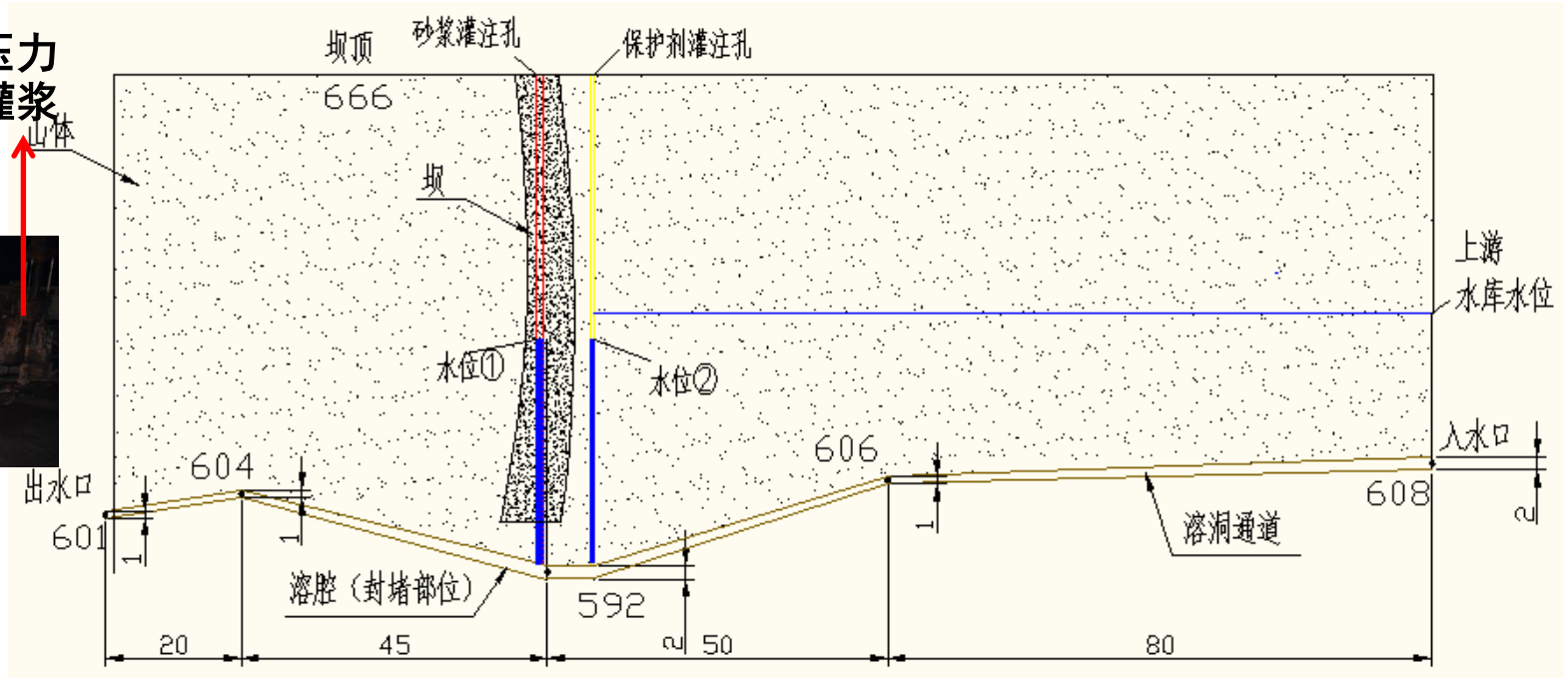


水下保护剂

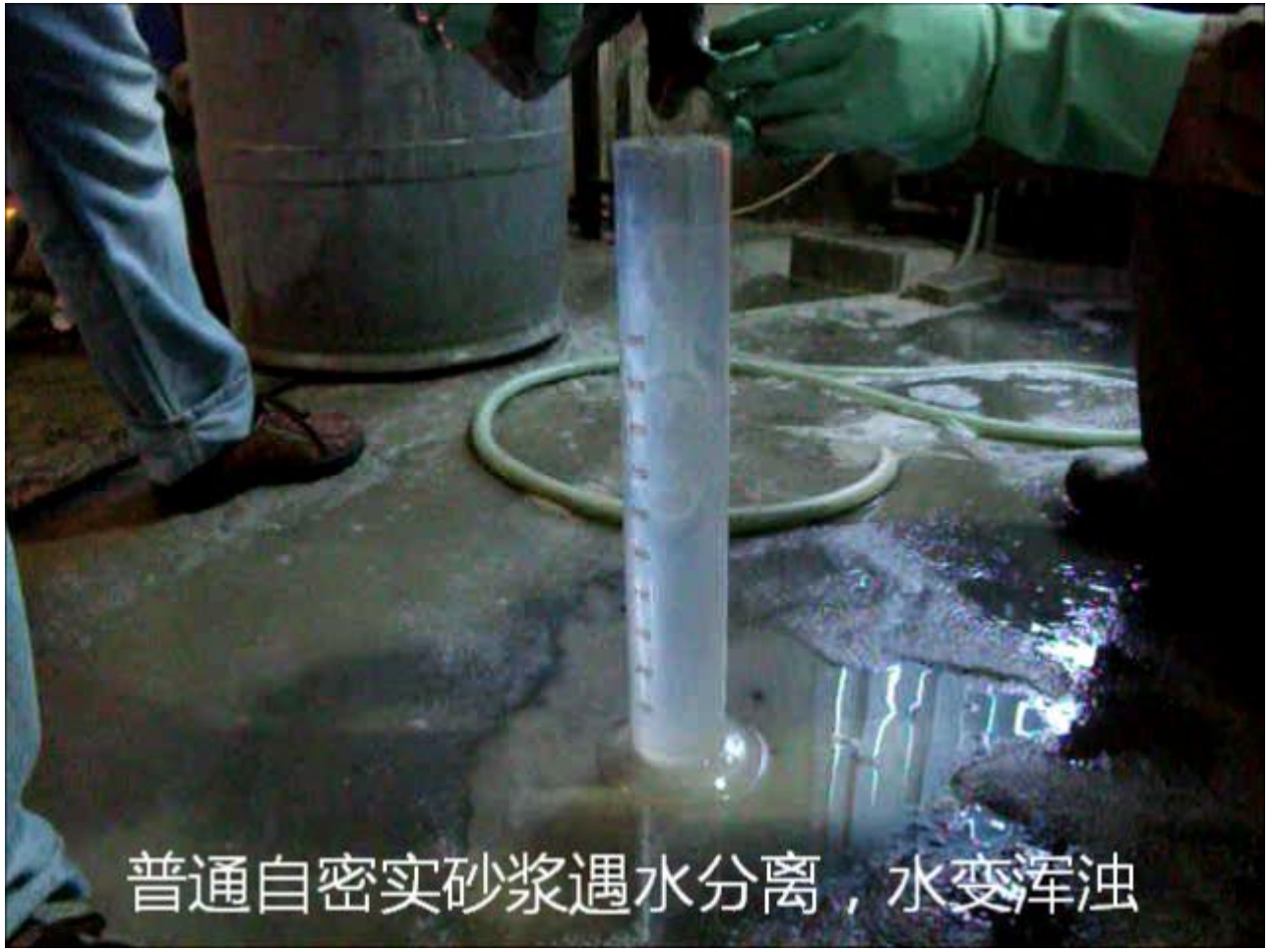
压力灌浆



水下压力灌浆



自密实特种施工技术介绍



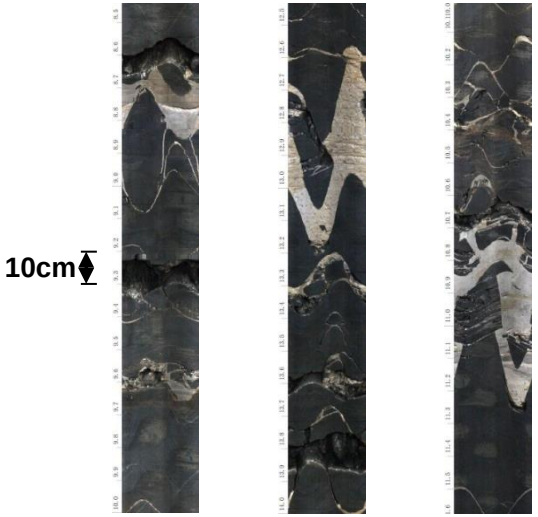
自密实特种施工技术介绍

斜卡水电站复杂基础灌浆（四川甘孜）

- **基岩破碎**、**裂隙发育**，两岸山体岩石风化微弱，岩体卸荷强烈。**地下水丰富**，孔隙潜水和基岩裂隙水汇入**地下暗河**流向下游。
- 关键问题：**常规灌浆**在复杂发育裂隙和地下水条件下，**无法形成有效封堵**。
- 解决方案：采用**水下自护自流控制灌浆**封闭复杂发育裂隙。



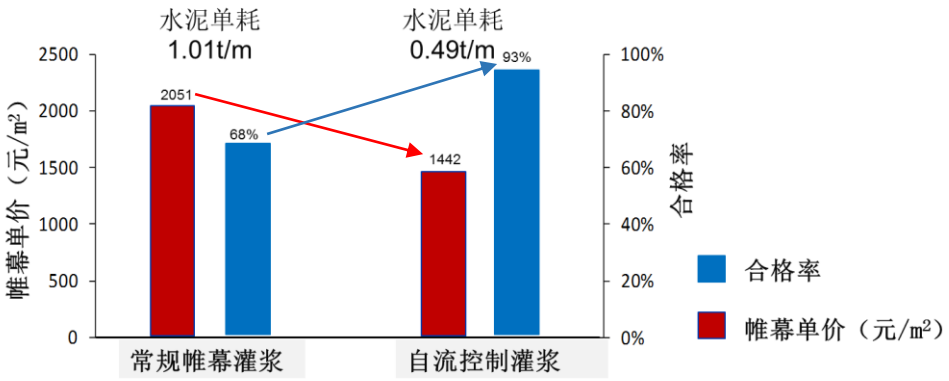


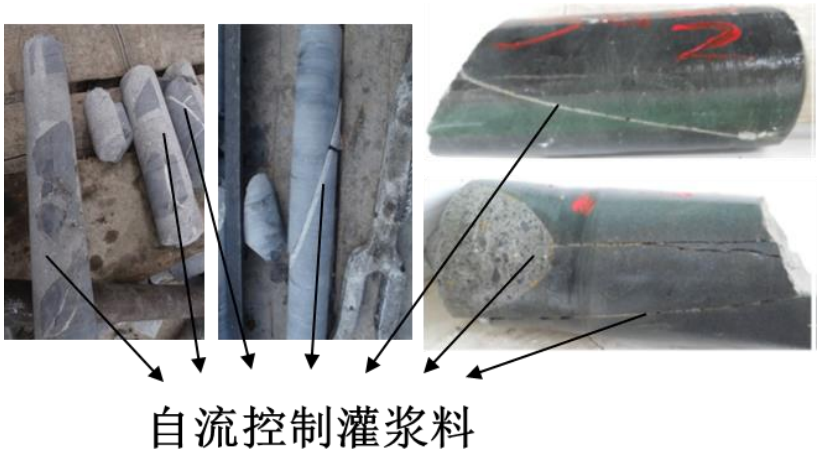


自密实特种施工技术介绍

斜卡水电站复杂基础灌浆（四川甘孜）









自密实特种施工技术介绍

石堡子水库混凝土面板堆石坝加固工程（甘肃华亭）

- 最大坝高44m，坝顶长185m。**坝体不均匀沉降**导致**防渗面板**出现**大面积横向裂缝**，坝顶最大沉降1.124m，且未收敛。
- 2016年9月，南京水利科学研究院鉴定为“三类坝”，应除险加固。







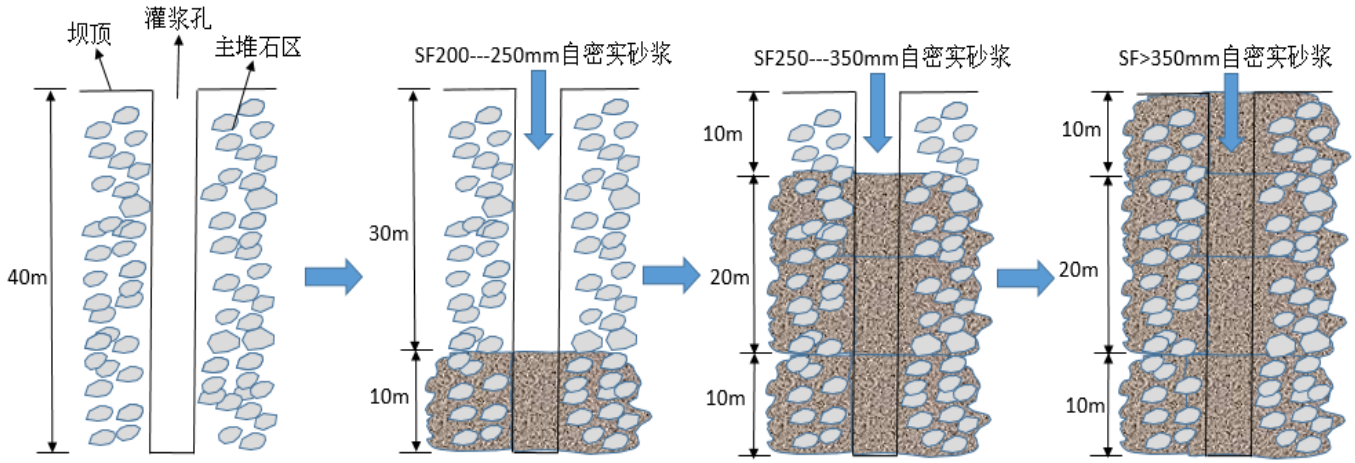
- 坝体填筑施工质量差；
- 坝体沉降量过大、面板开裂、防浪墙下沉；
- 泄洪洞基础回填质量差；
- 坝后截水槽渗漏量大；
- 泄洪洞出口右岸山体渗漏及涌水；
- 泄洪洞内灌浆钻孔喷水。

自密实特种施工技术介绍

石堡子水库主要加固方案

- 前期现场试验论证，采用**自流控制灌浆**，**解决稳定和沉降**问题；
- 在坝内设置混凝土防渗心墙作为防渗层，解决防渗问题。

坝体自流控制灌浆示意图

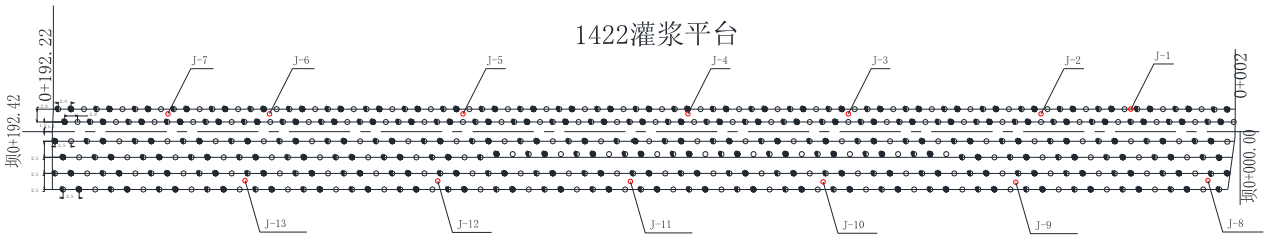


坝体空隙率

现状平均28%

灌后目标<23%

大坝充填灌浆灌浆孔及检查孔位布置图



灌浆孔478个，孔深17476m

检查孔14个，孔深495.3m

自密实特种施工技术介绍

石堡子水库
自流控制灌浆施工流程





跟管法钻孔
（φ146mm液压冲击钻）

↓

下花管
（φ110PVC花管）

↓

拔出套管
（采用拔管机）

生产自密实砂浆

↓

罐车运输至坝面

自下而上灌注自密实砂浆（每5米一段）



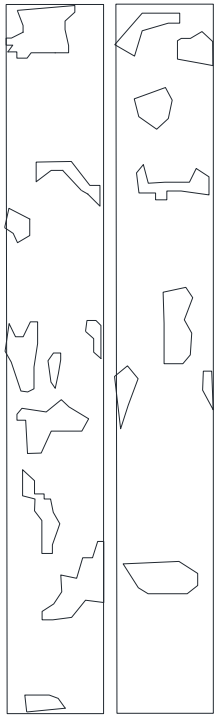
自密实特种施工技术介绍

石堡子水库自流控制灌浆质量检测

- 钻检查孔：孔内电视分析+深层核子密度仪检测



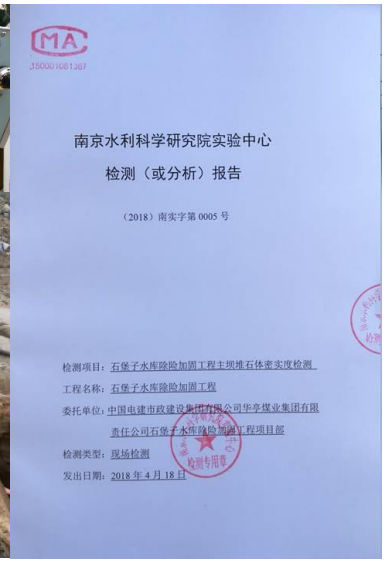




孔内电视图像分析

孔隙率为19.6%




南京水利科学研究院实验中心

检测（或分析）报告

（2018）南实字第 0005 号

检测项目：石堡子水库除险加固工程主坝堆石体密实度检测

工程名称：石堡子水库除险加固工程

委托单位：中国电建市政建设集团有限公司华亭煤业集团有限责任公司石堡子水库除险加固工程项目部

检测类型：现场检测

发出日期：2018 年 4 月 18 日

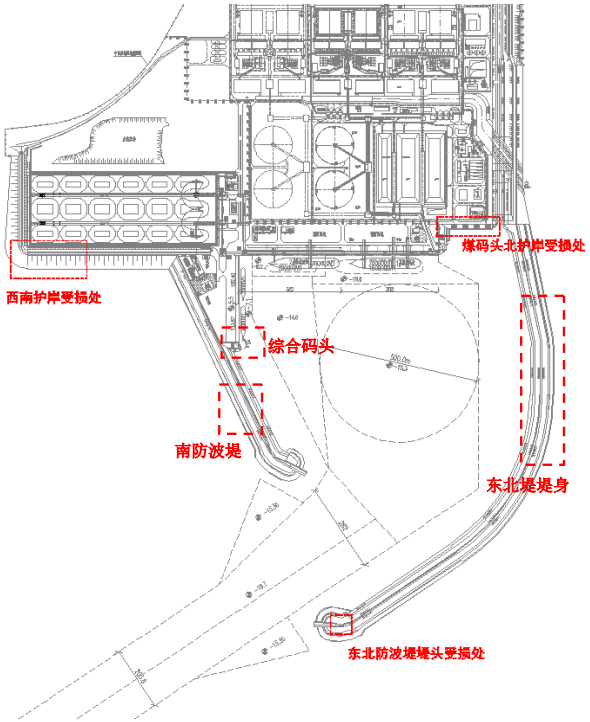
南科院采用自行研制深层核子密度仪检测

总体平均孔隙率为20.2%

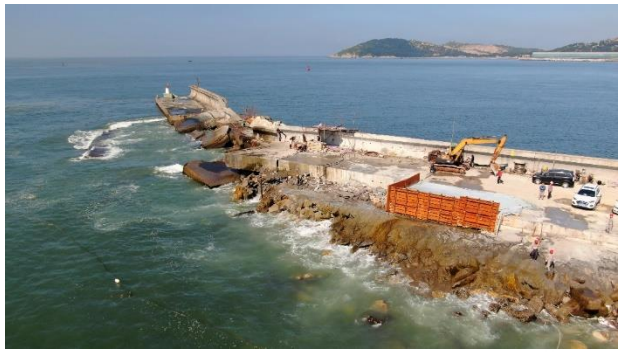
自密实特种施工技术介绍

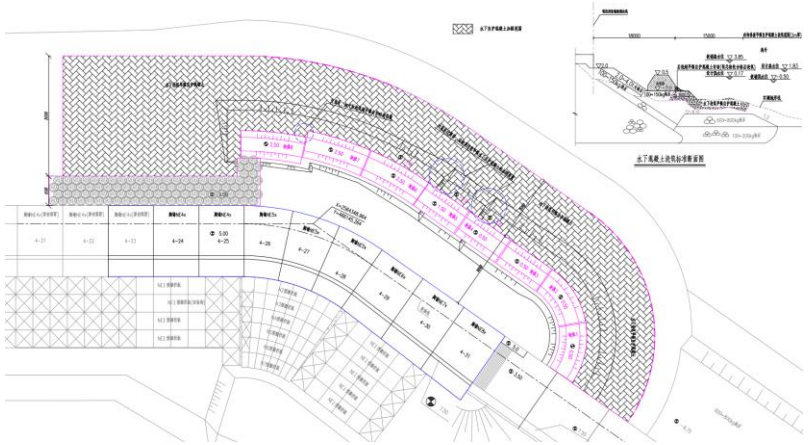
华能海门电厂防波堤修复加固工程（广东汕头）

- 外海海浪冲刷及台风强浪冲击，防波堤、护面堤面等不均匀沉降出现错位或倾斜、堤面裂缝及钢筋外露、扭王块受损移位或缺失等。
- 对于水下堆石护坡采用超早强水下自护混凝土胶结加固。



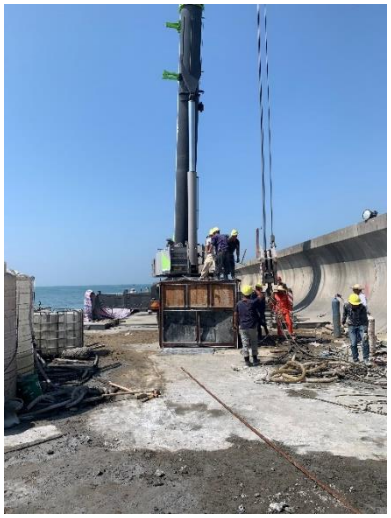
主要受损位结构分布





自密实特种施工技术介绍









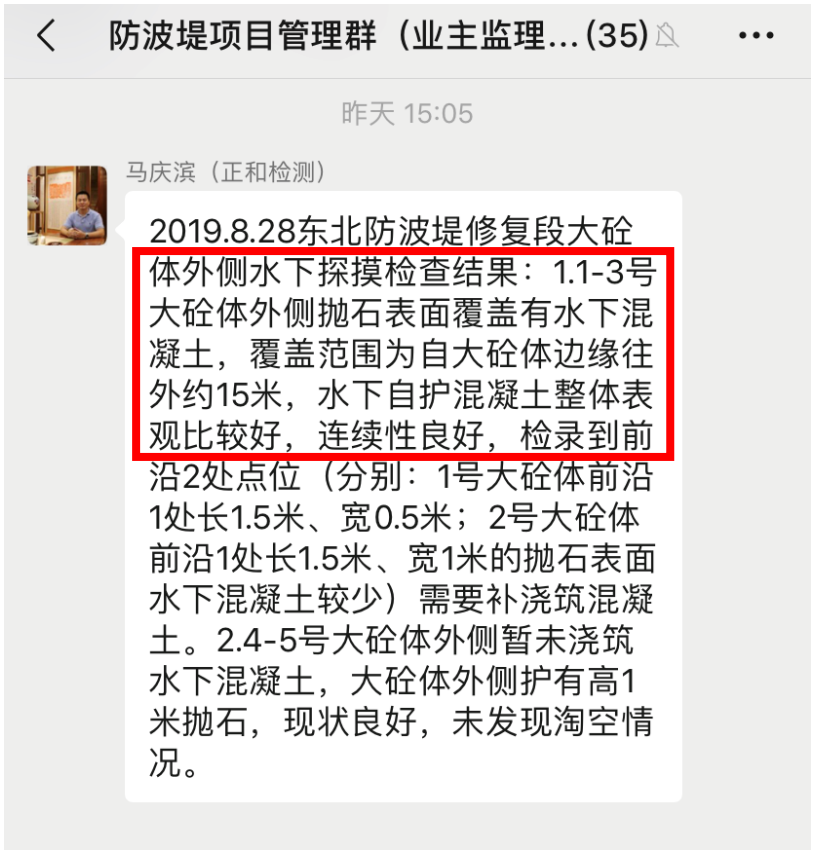
海门电厂超早强水下自护混凝土工艺与性能

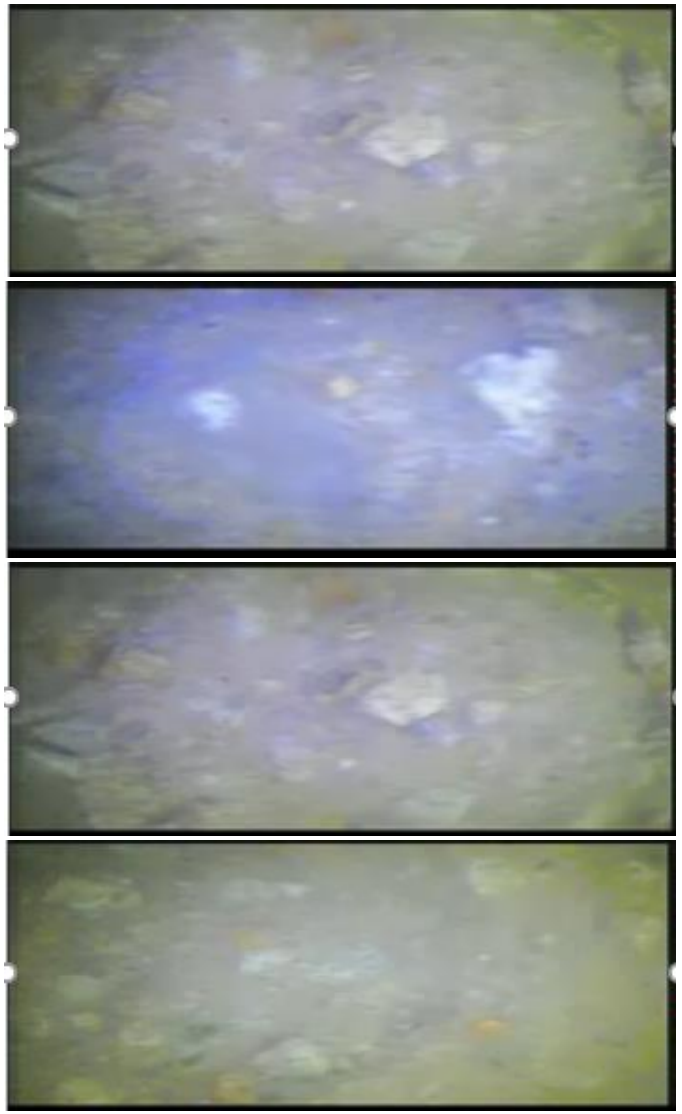
二次拌合工艺：

- 商混站一次拌合，长保塑，罐车运输；
- 现场二次拌合，二次拌和后的主要性能：
  - 初始扩展度600±50mm
  - 流动性保持时间约15min
  - 初凝时间约40min
  - 终凝时间约60min
  - 1d强度约10MPa
  - 28d强度约45MPa

自密实特种施工技术介绍

在经过1911号台风“白鹿”的影响后，2019年8月28日，潜水员配合第三方检测单位对已浇筑的1-3号大砼块体进行表层摸探检测，反馈效果较好。

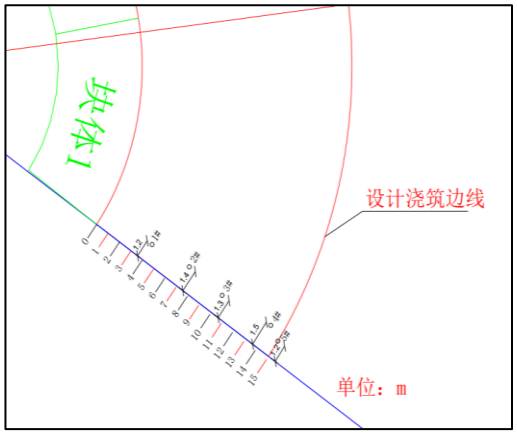




浇筑后（台风过后）水下拍摄

自密实特种施工技术介绍

海门电厂堆石胶结现场水下取芯检测







孔号	钻孔深度（m）	芯样长度（m）	取芯率（%）	RQD值（%）
J1	2.00	1.51	75.5	70.0
J2	2.20	2.10	95.5	95.5
J3	2.00	1.82	91.0	85.5
J4	2.00	1.70	85.0	72.5
J5	2.00	1.72	86.0	71.0
均值	2.04	1.77	86.8	79.4