

1. 特等奖成果

1.1 岩体工程力学特性参数取值方法研究和工程应用

➤ 简要信息

【获奖类型】 应用特等奖

【任务来源】 雅砻江联合基金项目、国家自然科学基金项目、国家“八五”、“九五”科技攻关项目、院基本科研业务费专项项目

【课题起止时间】 1993 年 1 月～2019 年 11 月

【完成单位】 中国水利水电科学研究院

【主要完成人】 汪小刚、王玉杰、赵宇飞、林兴超、曹瑞琅、皮进、孙平、凌永玉、段庆伟、姜龙、刘立鹏、孙兴松、张强、傅睿智、冯上鑫

➤ 背景

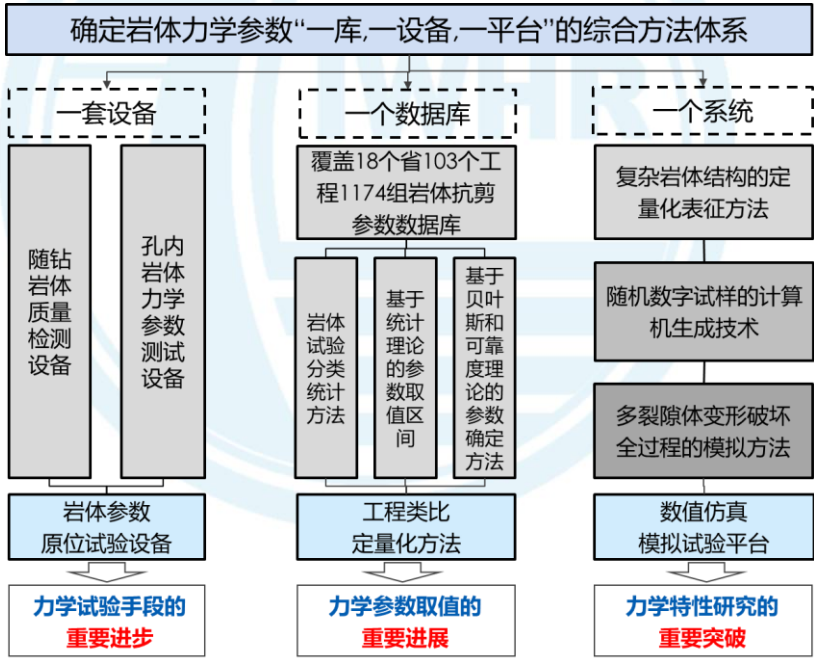
岩体是水利水电、土木和矿山等领域经常遇到的工程介质，合理确定其强度、变形等工程力学特性参数是工程建设中开展其它一切工作的前提和基础，直接关系到工程的经济和安全。

作为长期地质构造运动的产物，岩体包含大量不连续结构面，如：断层、节理、层理、裂隙等。这些结构面相互交切形成了特定的岩体结构，这种复杂的结构特征决定了岩体的破坏机理和强度、变形等工程力学特性，同时也使得岩体工程力学特性参数的确定变得十分困难，如何突破以往参数取值主要依赖小尺度物理试验和工程经验人为判断的现实状况，已成为岩土工程界广泛关注的热点和难点问题。

二十多年来，中国水利水电科学研究院一直致力于岩体工程力学特性参数确定方法的研究，通过研制新型试验设备、改进工程经验方法、建立仿真试验平台，逐渐形成了一套综合确定岩体工程力学特性参数的方法体系（一设备、一库、一平台）。

➤ 主要内容

- 研发可在常规地质钻孔中快速检测沿程岩体质量的设备和方法；研制在常规地质钻孔中实现不同深度岩体抗剪强度和弹性模量快速测试的原位试验设备和方法。
- 全面收集整编国内重要工程室内外岩体力学试验资料，在此基础上研究基于数理统计和可靠度理论、确定岩体参数的定量经验方法。
- 研究解决岩体数值试样快速生成、岩体变形破坏全过程模拟、节理岩体数值仿真试验等关键技术难题，开发可反映复杂岩体结构特征和破坏机制的大尺度数值仿真试验平台。
- 集成上述成果，形成一套通过物理试验、经验方法和仿真模拟综合确定岩体工程力学特性参数的方法体系。

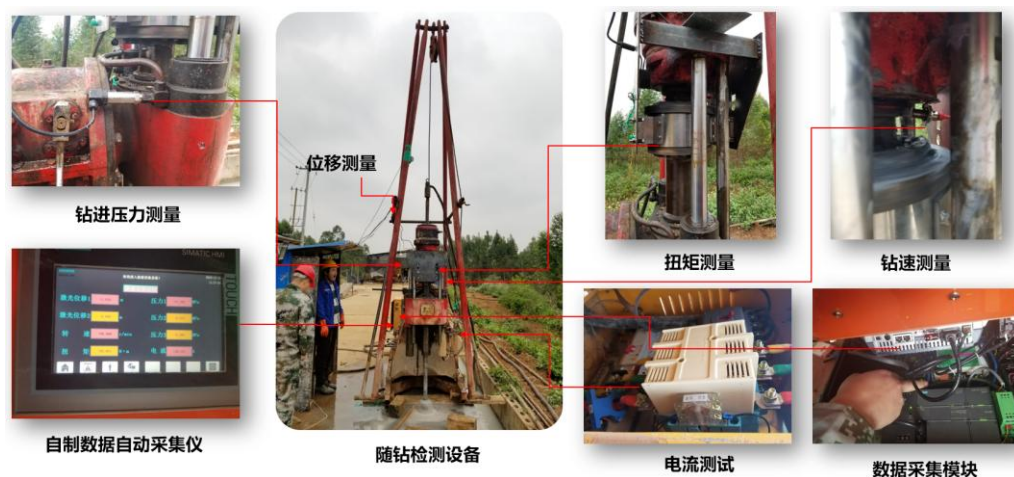


岩体工程力学特性参数确定的方法和应用技术框架

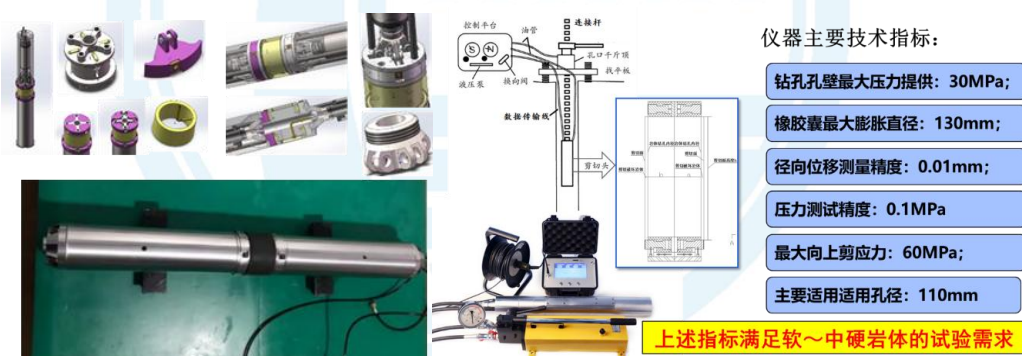
➤ 创新点

- 一设备：研制了一套新型岩体质量快速检测和力学特性原位快速试验的设备和方法。通过在传统钻机上加装扭矩、钻速等传感器研制的新型随钻岩体质量检测设备，可实时测量钻进过程中的钻进参数，并依据建立的钻进参数综合指标与岩体质量之间的相关关系快速评价岩体质量；研

发的原位力学特性实验设备，可在窄小的地质钻孔中开槽形成规则的原位试样，并自动按试验规程分级加载进行剪切或弹模试验，快速获取相应部位岩体的强度或变形参数。所研制的新型设备和方法，为在不增加现场勘察工作量的前提下实现岩体参数和质量快速测定提供了一种新的方法和手段。



新型随钻岩体质量检测设备及样机



钻孔剪切弹模仪器设备及其主要指标

- **一库：**形成了包含 103 个工程 1174 组岩体抗剪参数的数据库系统及基于数理统计理论确定岩体力学参数的经验方法。系统收集整理了国内 103 个工程 1174 组室内外岩体力学试验资料，开发了包含不同岩体类型和破坏特征的岩体力学特性参数数据库系统；基于数理统计理论，提出了各类岩体抗剪强度参数相应于不同概率置信度的取值区间，为在实际工程中类比确定岩体抗剪强度参数提供了有重要参考与借鉴价值的宝贵资料；引入数理统计中的 Bayes 方法和可靠度理论，建立了一种具有坚实

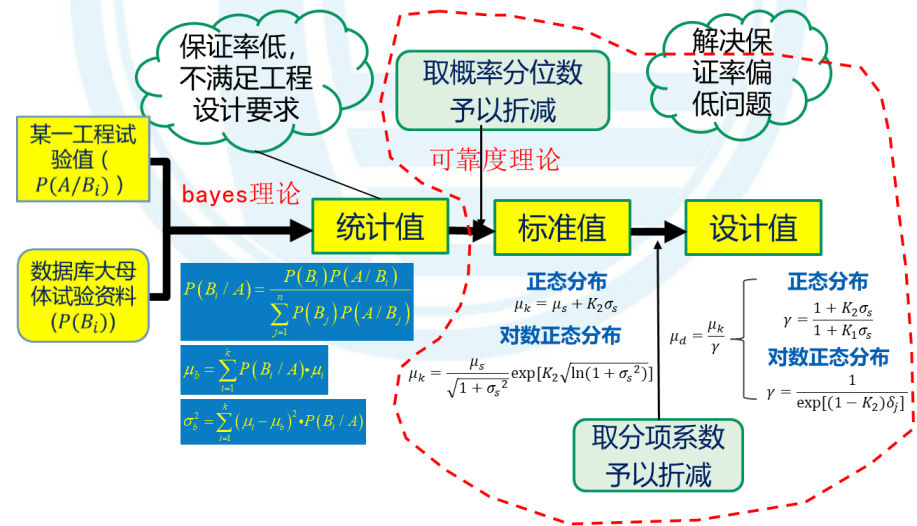
理论背景的参数定量取值的经验方法。



包含国内 103 个工程 1174 组室内外岩体力学试验资料参的参数数据库

分类	强度参数类型	样本数	强度参数	统计特征参数		概率分布形式及检验结果 (A-D检验,显著水平 $\alpha=0.05$)		相应于不同置信水平的置信区间		
				均值	标准差	概率分布形式	校验结果	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.10$
AI	抗剪断	52	c	0.03	0.036	极值型*	0.737	0.018, 0.042	0.022, 0.038	0.023, 0.037
			f	0.21	0.039	正态分布	0.737	0.197, 0.223	0.201, 0.219	0.203, 0.217
	抗剪值	19	c	0.03	0.026	极值型	0.724	0.018, 0.042	0.022, 0.038	0.023, 0.037
			f	0.18	0.030	正态分布	0.690	0.197, 0.223	0.201, 0.219	0.203, 0.217
.										

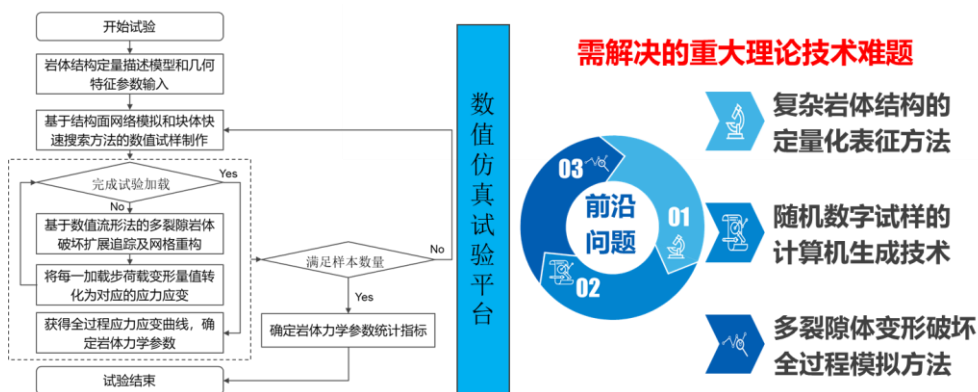
各类岩体抗剪强度参数相应于不同概率置信度的取值区间



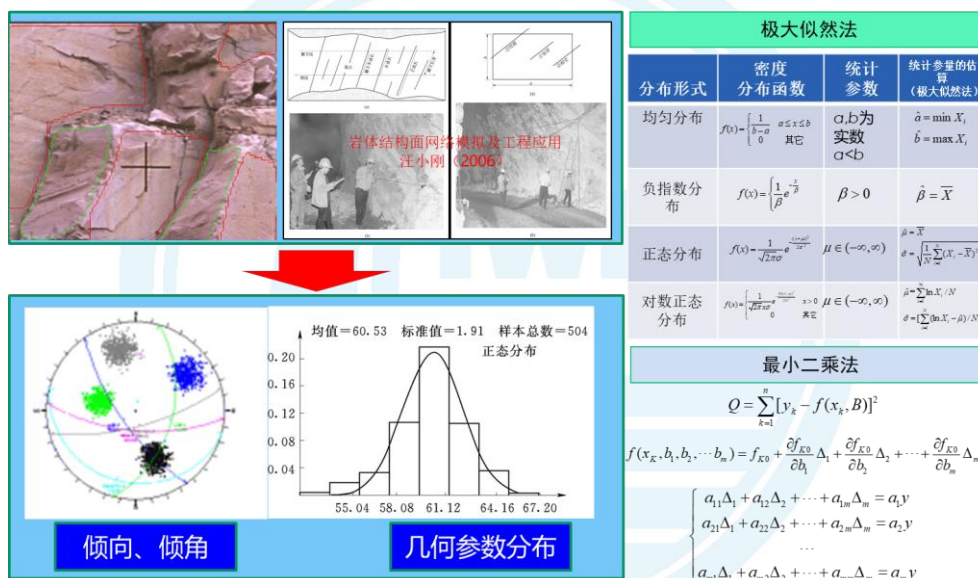
基于 bayes 理论的岩体力学参数工程类比量化方法

- 一平台：建立了反映岩体结构特征和破坏机制的大尺度数值仿真试验平台。完善了岩体结构面网络模拟技术，解决了复杂节理岩体数值试样快速生成的技术难题；引入断裂力学应力强度因子概念和数值流形法，实现了复杂节理岩体变形、破坏、扩展演化全过程精确模拟；建立了复杂

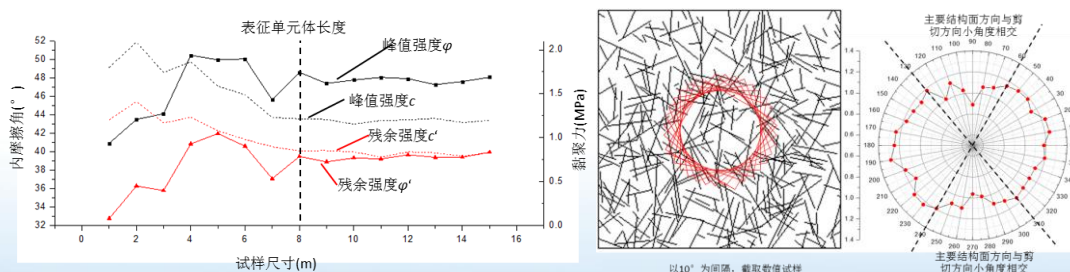
节理岩体不同加载途径下的数值仿真试验方法，形成了反映岩体结构特征和破坏机制的大尺度数值仿真试验平台。



建立了节理岩体力学特性数值仿真试验平台



基于概率统计理论的复杂岩体结构的定量化表征方法



➤ 推广应用情况

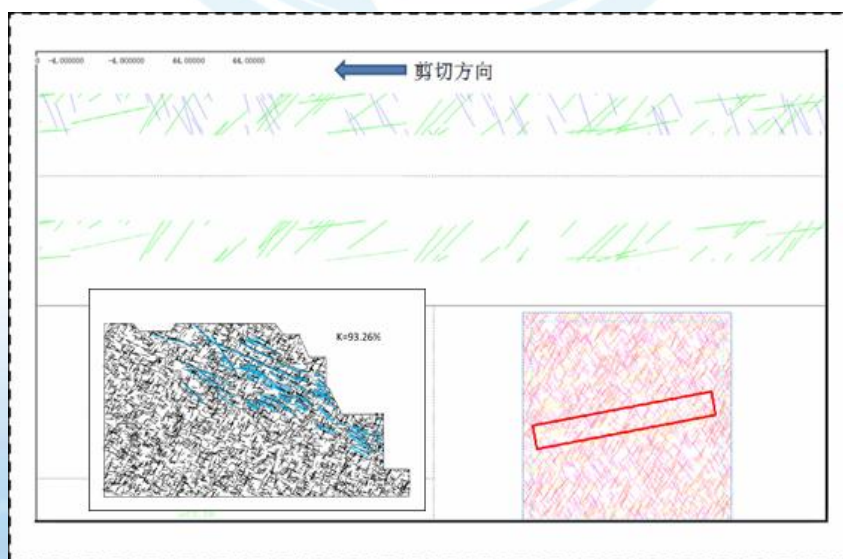
项目研究成果目前已经在三峡、龙滩、小湾和锦屏一级等 30 余项工程中得到了推广应用，取得了良好的应用效果，产生了重要的社会与经济效益。



钻孔剪切弹模仪在向家坝工程中的应用



新型岩体随钻设备在引松工程中的应用



数值仿真试验平台在三峡工程中的应用