

边坡绿化与锚固一体化施工机械

一、技术简介

边坡绿化与锚固一体化施工机械是集岩土锚固、植被建植、生态防护于一体的多功能设备，通过锚固系统与绿化工艺的协同作业，实现边坡稳定性提升与生态修复的双重目标。其核心技术包括高长臂锚杆钻机、自动化喷播系统及智能监测模块。以高长臂锚杆钻机为例，其钻臂行程可达 50 米，采用履带式底盘与液压动力头，可完成垂直、水平、倾斜多角度钻孔，配合三叶合金钻头实现高效破岩。喷播系统则集成客土喷播、高次团粒、植被混凝土等功能，通过高压泵送将种子、肥料、黏合剂等混合基材精准喷射至坡面，形成具有抗冲刷能力的植被层。

客土喷播技术：借助专用设备将土壤、植物种子、肥料、保水剂、稳定剂等混合料，按设计厚度均匀喷射至岩土或无土表面，通过液压控制与机械搅拌系统提升施工效率，形成稳定的绿化层，适用于无有机质土壤、岩石等坡面的植被建植。

高次团粒技术：通过专用喷播设备将植物种子与“人工团粒结构土壤”（含营养基质、添加剂等）喷附于裸岩、高砌坡、矿山等坡面；种子在团粒促进剂的滋养下快速发芽，形成根系网，结合客土与肥料支撑，最终培育出接近自然的木本植物群落，实现免后期养护的生态恢复。

植被混凝土 AB 菌生态护坡技术：植被混凝土 AB 菌生态护坡技术是针对高陡裸岩边坡（坡比通常 $>1:0.5$ ）研发的“固坡 + 生态”双功能技术，核心是通过植被混凝土基材与添加剂 AB 菌剂的协同作用，实现边坡物理固化与植被生长的统一。该技术先将水泥、种植土、有机质等混合制成具有一定强度的植被混凝土基材，喷射至岩面形成固化层（抗压强度达 1.5~3MPa），再接种 AB 菌剂（A 菌为固氮菌、B 菌为解磷解钾菌）；AB 菌剂可分解基材中的矿物质养分，改善混凝土碱性环境（将 pH 值从 12~13 降至 7~8.5），同时促进种子萌发与根系深扎，最终形成“混凝土固化层 + 植被根系网”的复合防护体系，兼顾边坡稳定性与生态恢复。



高长臂锚杆钻机



喷播系统

二、应用场景

广泛应用于公路、铁路、水利及矿山边坡治理。在川西高原某高速公路项目中，针对高陡岩质边坡，采用高长臂钻机植入预应力锚索，同步喷播耐旱草种与

灌木，形成“锚固-植被”复合防护体系，有效抵御了强降雨引发的滑坡风险。

三、经济性

相较于传统分步施工，一体化机械可减少 30%以上的人工与设备投入。单公里边坡治理成本降低 18%，工期缩短 25%，综合经济效益提升 22%。同时，锚杆、网格单元、支撑绳等部件可预制，减少现场加工损耗，进一步降低材料成本。

四、效率及品质

(1) 生产效率

设备日钻孔效率达 400-600 米，喷播作业覆盖率误差小于 5%，确保锚固力与植被成活率双达标，一体化施工使边坡稳定性系数提升至 1.5 以上，植被覆盖率达 95%。

(2) 品质

(1) 绿化效果自然稳定

喷播施工形成的植被层高度模拟自然群落结构，通过科学配比冷暖季型草种与灌木种子，实现“四季常青”的视觉效果，景观过渡自然无人工痕迹。

(2) 全域适应性施工

针对不同坡度（1:0.5-1:2.0），动态调整基材配比与喷播工艺，确保在复杂地质条件下仍能达到 95%以上的植被覆盖率。

(3) 双重固坡提升安全系数

施工后形成“团粒结构+根系网络”复合防护体系，初期依靠高分子黏合剂构建的团粒土壤抵抗雨水冲刷（抗冲刷强度 $\geq 3L/s \cdot m$ ），后期通过深根系植物（根长 $\geq 1.5m$ ）与浅根系草本形成立体加固，使边坡抗剪强度提升 40%以上。

(4) 全周期零污染，资源循环利用

采用秸秆纤维、禽畜粪肥等工业/农业废弃物作为基材原料（占比达 65%），施工过程无化学黏结剂残留，添加的环保型保水剂、黏合剂可在 1-5 年内完全降解，实现“施工-生长-降解”全链条环保。