



2018年中国水利学会大禹奖

强透水地层防渗处理关键技术

获奖等级： 三等奖

完成单位： 湖南宏禹工程集团有限公司

完成人员： 彭春雷 贺茉莉 宾斌 孟旗帜 丁剑波 王雪龙 赵铁军 刘军 孙朝 贺佐

项目研究成果

(1) 早强且抗冲蚀的粘土水泥膏浆开发

抗水冲蚀关键技术——低流动度半固态膏浆

1. 主要原材料：粘土、水泥、外加剂HY-1（自主研发）、水
2. 外加剂成分：速凝早强剂（可溶性硫酸盐、偏铝酸盐、偏硅酸盐）、增粘剂（可溶性高分子聚合物：聚丙烯酰胺）
3. 常用配比：水泥：粘土：外加剂：水=100：100~200：2~4：160~250
4. 浆液流动度：60mm~120 mm；浆液比重：1.50~1.65；初凝时间2h~6h



HY-1外加剂特点：

在水泥掺量不高的情况下，掺少量外加剂仍能提高粘土水泥浆的早期强度并加速浆液的固化速度，可降低浆材中水泥的掺量，降低原材料成本。

能快速提高浆液的稠度，加入外加剂后浆液流动度可在5min~10min内由150mm降低至60mm，降低了施工中制膏浆的难度。

能有效提高浆液的触变性，增加浆材的粘聚力，提高浆液抗水流冲蚀的能力。



中国水利学会



2018年中国水利学会大禹奖

强透水地层防渗处理关键技术

反应原理：

外加剂加入到粘土水泥浆中以后，其中的偏铝酸钠水化产物铝酸根离子与可溶性偏硅酸钠粉末水化产物的硅酸根离子摩尔比在粘土水泥浆中为1:2~1:5时，瞬间反应，生成似果冻状网状凝胶物，迅速包裹大量的自由水，产生大量的纳米级晶核，加速了各种水化产物晶体的生长，加速水泥水化反应，提高早期强度。而未反应完的 AlO_2^- 或 SiO_3^{2-} 继续与水泥水化后形成的水化硅酸钙、氢氧化钙反应形成凝胶体，提高膏浆的早期强度。硫酸铝与水化硅酸钙等材料迅速生成钙矾石，铝离子对粘土粒子聚沉，迅速降低浆体的流动性；铝离子与也起反应，生成似果冻状网状凝胶物。这几个反应协同作用促使粘土水泥膏浆流动度迅速降低，早期强度快速增加，达到浆体可控的效果。

反应原理：

外加剂中的聚丙烯酰胺是具有较长线状结构的高分子聚合物，其长碳链上带有活性官能团，可以在同一分子上吸附多个分散的微粒，在微粒之间起到架桥作用，且其长碳链上的羟基官能团可与水分子之间形成氢键，通过氢键、长分子链间互相缠结与架桥作用交错形成网状结构，阻止了自由水的迁移与颗粒的移动，浆液整体的粘度增大。在灌浆材料中加入聚丙烯酰胺后，经水化作用后与水泥、粘土粒子相互形成网状交联体，在较快的水流中，具有水下不分散的特点；同时粘土水泥膏状浆液早期强度迅速提高，浆液内聚力快速增大，能够保证浆液具有良好的抗水流冲蚀性，有效节省注浆材料。

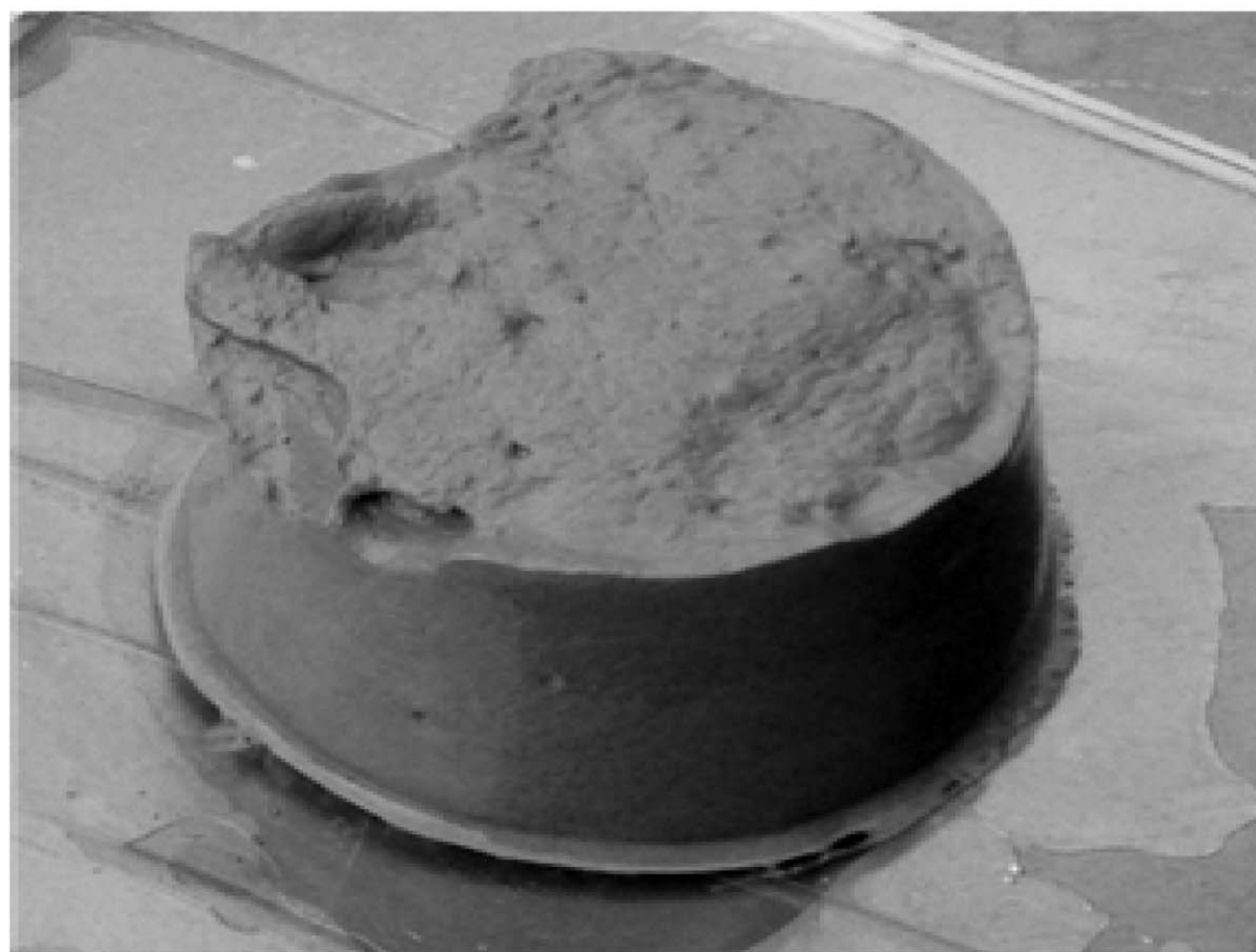


图 3.1 膏浆在冲蚀前的形状



图 3.2 在 0.5m/s 水流冲蚀 60s 后的形状





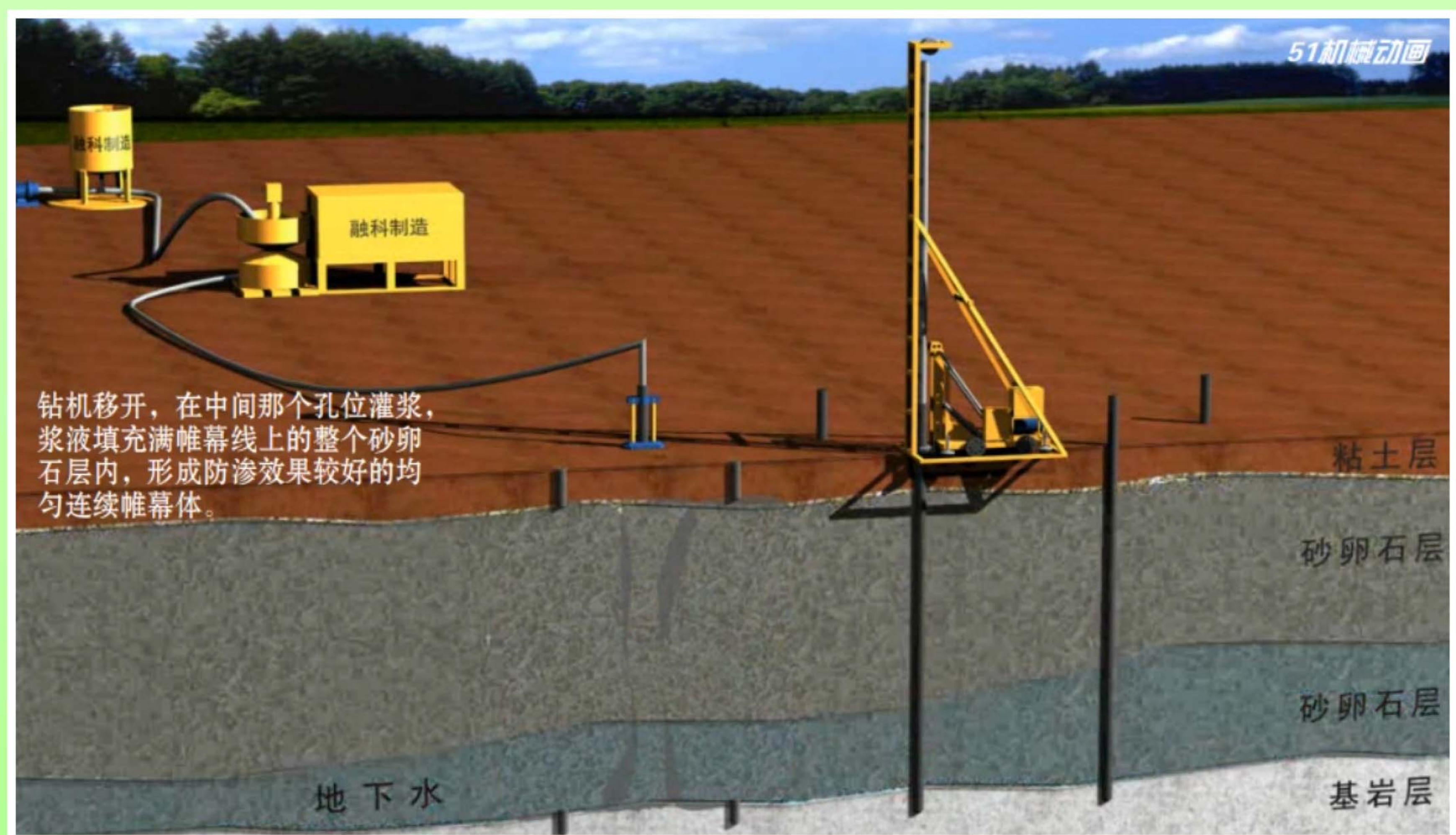
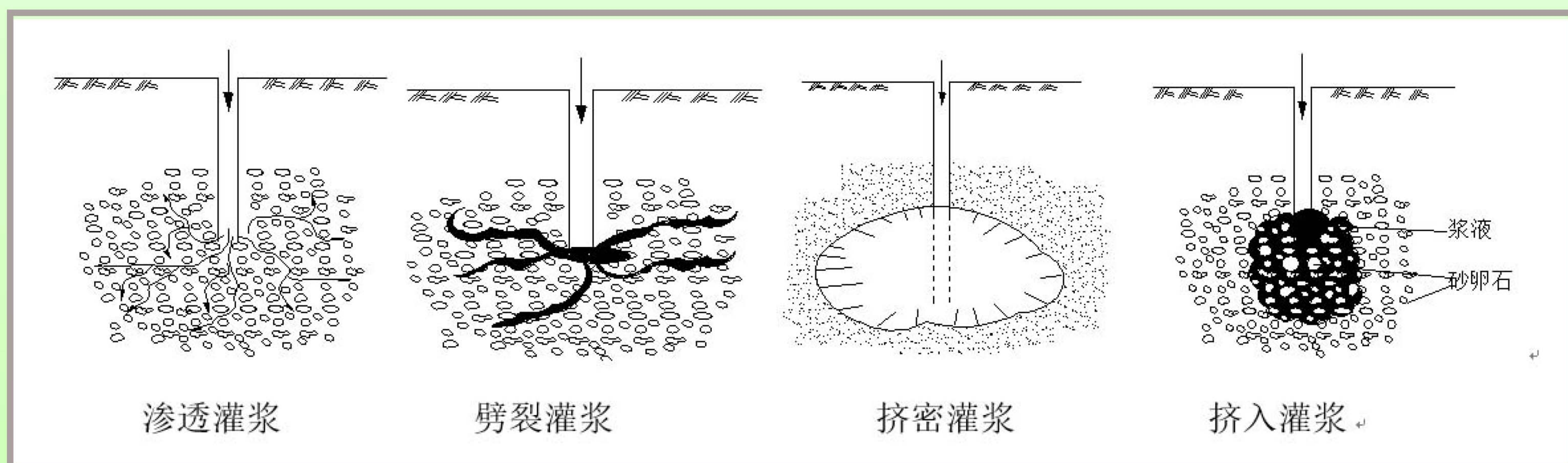
2018年中国水利学会大禹奖

强透水地层防渗处理关键技术

技术定义：

可控粘土膏浆灌浆技术是采用双缸往复泵进行间歇式往复灌浆，将以粘土为主、成本较低、流动性很小的粘土膏浆压入到土洞、溶洞或者松散、强透水地层中，利用粘土膏浆的粘滞力、内摩擦阻力以及周围介质的反压力来平衡灌浆压力，实现对粘土膏浆扩散半径的可控性，通过自下而上、无栓塞灌浆，形成需要的连续、完整、低渗幕体。

可控粘土膏浆灌浆与常规灌浆区别：



主要应用范围：

适用于强透水地层的防渗处理。如第四系人工堆积的块、碎石，冲洪积砂层、砾石层、卵石层、漂卵石层，岩溶洞穴堆积，强风化以上破碎岩体，断层破碎带、裂隙密集带等散体结构，孔隙度大，连通性好、透水性强烈的地层。

处理效果：

最大处理深度达到80m，检查孔的渗透系数小于 $5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。



中国水利学会