

复合胶质无固相钻井液 与胶凝固壁堵漏

谭愈荣 编著

7757

地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

本书主要阐述复合胶质无固相钻井液与胶凝固壁堵漏的有关理论和实际问题。内容共分 5 章 13 节, 包括对植物胶较为系统的阐述, 如植物胶的理化性质、开采与加工等; 复合胶质无固相钻井液的多功能分析及其应用; 胶凝固壁堵漏的材料特性及其选择, 钻孔注浆模拟试验及应用实例等。本书适合探矿工程技术人员、技师阅读, 亦可供探矿工程专业的大中专院校师生及有关科研人员参考。

复合胶质无固相钻井液与胶凝固壁堵漏

谭愈荣 编著

责任编辑: 冯士安

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: $787 \times 1092^{1/32}$ 印张: 3.375 字数: 70000

1994 年 5 月北京第一版·1994 年 5 月北京第一次印刷

印数: 1—600 册 定价: 3.10 元

ISBN 7-116-01590-6/P·1283

序 言

钻井冲洗液与钻孔固壁堵漏技术不仅影响钻探工作的顺利进行，而且直接影响小时效率、回次长度、钻头寿命和纯钻时间。因此，提高钻探台月效率和工程质量，以及降低钻探生产成本等都与其有着密切的关系。著名钻井专家摩尔说：“钻井工作的许多复杂问题都与钻井液有关。因此，钻井液完全可称为钻井工作的心脏。”

通过专题教学和开展“钻井液与钻孔护壁堵漏”专题研究的实践，特别是通过在许多矿区的野外生产试验，积累了大量的室内试验和生产实践的数据和资料。在此基础上，作者对复合胶质无固相钻井液与胶凝固壁堵漏的实践、机理及试验研究方法作了比较全面系统的阐述。

全书内容分复合胶质无固相钻井液和胶凝固壁堵漏两个方面，采取平行伸展的方式阐述。其基本内容是介绍复合胶质无固相钻井液与胶凝固壁堵漏的新理论、新方法，重点阐述复合胶质无固相钻井液与胶凝固壁堵漏浆液的组成、特征、配制原理与应用效果，以及各类型不稳定地层及漏失地层的钻孔注浆模拟试验装置及其试验方法等。

由于它是以“钻孔护壁堵漏材料”课题的科研成果及其在推广应用中所积累的资料为素材写成的，所以始终贯彻理论联系实际，科研联系生产的原则。可以说，它是教学与科研、生产相结合的产物。全书共分5章13节。中国科学院成都生物研究所印开蒲副研究员和云南地矿局职工大学杨国

民、朱玉坤、周峰、谭兵等同志先后参加了部分室内实验与推广应用工作。

在整个科研工作和成果的推广应用过程中，得到了云南省地矿局科技处和西南有色地质勘查局 309 队，核工业西南地勘局 209 大队、中南地勘局 302 大队，甘肃省地矿局第三探矿工程队，云南地矿局 816 队、807 队及 804 队等单位的领导和有关同志的大力支持和协助。在此，谨对上述单位和有关人员表示诚挚的谢意。

江航燕同志为全稿进行了清抄并清绘了图纸，在此亦表深切的谢意。

由于水平所限，缺点错误难免存在，恳请读者批评指正。

作 者

1993 年 8 月

目 录

第一章 概述	1
第一节 复合胶质无固相钻井液的主要研究	
内容与特性	1
一、主要研究内容.....	1
二、特性.....	3
第二节 胶凝固壁堵漏的主要研究内容与特	
性	4
一、主要研究内容.....	4
二、特性.....	5
第二章 植物胶的有关知识	7
第一节 研究植物胶的意义	7
第二节 植物胶植株的特征与形态描述	9
第三节 植物胶的化学组成和理化性质	12
一、植物胶的化学组成及其性质.....	12
二、物理性质.....	17
第四节 植物胶的开采与加工方法	20
第三章 复合胶质无固相钻井液	22
第一节 复合胶质无固相钻井液的机理与多	
功能性	22
一、机理探讨.....	22
二、多功能性.....	25
第二节 复合胶质无固相钻井液的地层适应	
性	34

一、孔壁不稳定地层的类型划分·····	34
二、地层适应性研究·····	35
第三节 复合胶质无固相钻井液的配制与管	
理·····	41
一、复合胶质无固相钻井液的配制·····	41
二、复合胶质无固相钻井液的管理·····	50
第四章 胶凝固壁堵漏·····	56
第一节 胶凝材料的特性及其选择·····	56
一、胶凝材料的特性与种类·····	56
二、水泥的特性及在钻孔护壁堵漏的应用·····	57
第二节 胶凝固壁堵漏原理与植物胶对水泥	
浆性能的影响·····	62
一、水泥的胶凝特性·····	62
二、植物胶对水泥浆性能的影响·····	64
第三节 钻孔的注浆模拟试验·····	70
一、模拟试验装置·····	70
二、模拟试验方法·····	71
第四节 水泥石试块、模拟试验的混凝土试	
块和水泥浆性能的测试方法·····	74
一、抗压强度的测试·····	74
二、粘结强度的测试·····	77
三、凝结时间的测定·····	78
四、流动度的测定·····	79
第五章 生产应用·····	81
第一节 复合胶质无固相钻井液的应用·····	81
第二节 胶凝固壁堵漏技术的应用·····	88
参考文献·····	100

第一章 概 述

钻井液可依其材料的组成、性质、作用进行分类命名，其种类很多。无固相钻井液是种类繁多的钻井液的一个分支，它本身又分许多类型。本书所阐述的是以复合胶质为其特征的无固相钻井液。随着钻探机具的不断改善，钻进方法的不断发展，在复杂地层中采用新机具和新的钻进方法已是当前钻探工作的重要课题。在这种形势下，对钻井液性能（特别是流变性能）的要求越来越高。目前，流变性能较好的无固相钻井液在钻探生产中的应用正处于发展之中。低固相、无固相、低密度钻井液已成为主要的冲洗介质，在小口径金刚石钻进的固体矿产勘探中尤其如此。

第一节 复合胶质无固相钻井液的主要研究内容与特性

复合胶质无固相钻井液是将一种或两种特定的植物胶干粉用水溶解后形成有机高分子亲水胶体溶液，再与硅酸钠无机低分子亲水胶体溶液组合形成的复合亲水胶体溶液。复合有两种含义：一是两种或两种以上特定的植物胶的复合；二是植物胶液与硅酸钠胶液的复合。

一、主要研究内容

复合胶质无固相钻井液的主要研究内容如下。

1. 植物胶的性质 存在于自然界的植物有 30 多万种，

虽然含胶质的植物很多，但含有能用于配制钻井液植物胶的植物为数是不多的。目前，研究和应用得比较多的植物有魔芋、田菁、瓜尔豆、刨花楠和榆树皮等。但是，还有一些性能优良的植物胶还没有被发现和应用。本课题就是要寻找和筛选性能优良的新型植物胶。具体的研究内容包括植物胶植株的形态，植物胶的化学组成和理化性质，植物胶的开采加工方法。此外，还包括对植物胶复合的研究，如复合的原理、单一植物胶与复合植物胶的性能对比、植物胶的筛选、植物胶浓度的确定等。

2. 植物胶的改性 将单一的植物胶液直接用做泥浆处理剂或配制成无固相钻井液，其性能和防塌效果都不理想，所以必须对植物胶进行改性处理。通常是通过向植物胶液中加入有机物、高分子化合物或低分子无机化合物，使其发生交联作用、桥接作用和水化作用，使胶粒变得更为致密。加入何种改性处理剂最好，不同的植物胶的改性处理剂也是不同的。例如，魔芋和田菁用氢氧化钠来做交联剂效果较好，其它处理剂的效果就不如氢氧化钠；又如，PM 和 PW 植物胶用硅酸钠胶液来改性处理效果最好，氢氧化钠次之。因此，在选定植物胶之后，必须进一步选择植物胶的改性处理剂。具体包括下列内容。

- (1) 植物胶与水玻璃（硅酸钠）的复合原理；
- (2) 植物胶与水玻璃复合前后的性能对比；
- (3) 对水玻璃性能要求和选择。

3. 复合胶质无固相钻井液的机理与多功能性 主要是探讨本钻井液的护壁保芯、携砂、润滑减阻的机理和它的抗盐、抗钙、抗温及与基浆、脘材掺和使用等多功能性问题。

4. 复合胶质无固相钻井液地层适应性 主要研究它对

含粘土质和不含粘土质松散破碎地层的护壁防塌效果及其机理。

5. 复合胶质无固相钻井液的配制、管理与净化 主要研究其配制的几种方式、注意事项、管理措施与净化设施等。

二、特性

复合胶质无固相钻井液具有下列特性。

1. 亲水性与可溶性 由于两种材料均是亲水性很强的物质，可以用较大的比例变化值与水混合并迅速溶于水，形成亲水胶体。

2. 粘结性 两种材料都是粘胶体，粘结性能都很强（由于它们的物理吸附和化学吸附作用强），能够吸附在孔壁与岩矿芯表面，形成保护膜，故护壁保芯作用好。

3. 粘滞性 两种材料都是有一定粘度的物质，互溶于水之后，尽管加量较小，钻井液的粘度会迅速显著提高，因而具有较好的携带与悬浮岩粉的能力。

4. 降失水性能 胶液在循环过程中能在孔壁与岩矿心表面形成一层不透水的保护膜。

5. 流变性与流滑性 本钻井液属假塑性流体，不含固相成分，岩屑又容易沉除，故流变性好，又由于这种复合胶体溶液在流动时呈滑动状态，对松散层的流动接触表面无冲刷作用，即使在高压射流状态下，它的冲刷作用也比清水和泥浆小得多。这是由于高分子链与交联网状体的柔顺性和缓冲作用，使冲刷作用降低。

第二节 胶凝固壁堵漏的主要研究 内容与特性

本研究所指的胶凝固壁堵漏是以低浓度的某些特定的植物胶液来拌和水泥，使水泥浆和结石体的性能得到改善，以利于对钻孔注浆和对松散破碎、漏失的孔壁进行加固补强或堵塞漏失通道的一种技术方法。

一、主要研究内容

以水泥为主的胶凝材料的胶凝固壁堵漏方法，是钻探工程的护壁堵漏、封孔和油井固井，以及河堤加固、水库水坝的灌浆帷幕等胶凝固化工程、防漏防塌工程的主要材料和方法。由于钻探工程的特殊性，所以需要进行一些专门的研究工作。胶凝固壁堵漏的主要研究内容如下。

1. 用于钻井的胶凝材料的研究与选择 用于钻井护壁堵漏的胶凝材料有无机的、有机的（包括高分子的），种类比较多。我们必须根据材料的性质、货源、成本、毒害和对环境的污染等情况综合考虑，并加以选择。过去曾经采用过的酚醛、脲醛、氰凝、氯凝等高分子材料和化学处理剂（引发剂和固化剂），但有毒害和腐蚀性，对环境有污染且成本昂贵，因此，它们的应用逐渐减少。水泥则无上述缺点，是比较理想的胶凝材料；但也有某些缺陷，如水泥浆的粘稠度、渗透性和固化时间很难适应各种不同漏失地层的需要，所以也有一个改性处理问题。它牵涉对水泥的水化原理、水泥浆的固化理论和化学处理等问题的探讨。

2. 植物胶对水泥浆改性处理的研究 用于水泥浆改性的处理剂比较多，常用的有减水剂（如铁铬盐、萘磺酸盐、

水溶性树脂磺酸盐、糖密和腐植酸等),早强剂和速凝剂(如硫酸盐、氯盐、三乙醇胺等),缓凝剂(如酒石酸、丹宁酸等)。本研究课题不同于上述各种处理方法,是采用植物胶液来拌和水泥,是用植物胶来对水泥进行改性处理的研究内容。

3. 钻孔孔壁和钻孔注浆的模拟试验研究 钻探工程的固壁堵漏是通过钻孔注浆对地下的破碎岩石及漏失通道进行胶凝固化或封堵漏失通道。由于工作面很小,它和地面浇灌工程存在着很大的差异。由于在地面无法观察到钻孔注浆的实际情况,如浆液的渗透情况、胶凝固化情况等,因此设计了模凝装置,对孔壁岩石的破碎程度、裂隙的大小进行模凝和注浆。用模拟试验装置在地面进行模拟试验,有助于对地下注浆实情及其胶凝固化效果的了解和认识。

二、特性

用植物胶液拌和水泥的水泥浆液具有下列特性。

1. 提粘增稠性 用低浓度(0.5%以下)的植物胶液拌和水泥,并不影响水泥的水化。将植物胶干粉直接加入到水泥中混合再加水拌和,其效果并不好。其原因是植物胶粉和水泥的吸水和水化速度不同,植物胶吸水慢,水泥吸水快,出现拌和不均现象。先将植物胶粉加入到水中溶解,形成均匀的胶体体系。由于它的浓度较低,加量近似于其他各种处理剂,因此,不影响水泥的水化。尽管植物胶的浓度低,但提粘增稠效果非常明显,用清水和同体积的低粘度植物胶液拌和水泥,其粘度差异很大,前者稀,后者稠。水泥浆的粘稠度对水泥浆的灌注和水泥浆的渗透性能有很大的影响。在地层破碎程度小、孔隙或裂隙小时,要求浆液有较好的渗透性,需要降低浆液的粘稠性;在地层破碎程度大、裂隙大时,要求浆液有较大的粘稠性。可以通过改变植物胶液的浓度来调

节粘稠性。在大裂隙或溶洞地层进行钻孔注浆时，需要提高和浆用的植物胶液的浓度，甚至在浆液中添加惰性材料，从孔口直接倒入。

2. 触变性 由于水泥粒子的不对称性，水泥浆能形成立体松软网状结构。这种结构是不牢固的，容易破坏；也容易重新形成。所以搅拌时，水泥浆变稀，流动性变好；停止搅拌，水泥浆变稠，流动性变差，这种现象称之为触变性。用低浓度的植物胶和浆，虽减少了水泥的加量，但粘稠度反而提高，这是由于植物胶的加入，网状结构增多，使浆液变稠，但因植物胶分子链的柔顺性，这种网状结构更加容易破坏，也更加容易形成。因此，触变作用更大。

3. 速凝早强性 用植物胶和浆的水泥浆液有微弱的早强性，这是因为植物胶分子链含有许多的亲水基团，使浆液有较好的保水作用，有利于水泥浆的水化。

第二章 植物胶的有关知识

第一节 研究植物胶的意义

植物胶是以甘露糖、半乳糖、木糖和葡萄糖等多糖物质为主要成分的水溶性物质；此外，还含有淀粉、粗蛋白（胨）、粗脂肪（胨）、粗纤维等化学物质。它是一种天然有机高分子化合物。

含上述成分的天然植物有一定的数量和种类，文献上已有记载。比较广泛地用于泥浆处理剂的有瓜尔豆、田菁、决明子、葫芦巴、雷公嵩叶、柳筋叶、魔芋及榆树皮等。植物胶作为泥浆处理剂的历史并不很长，国外在50年代末60年代初（如美国）已提出用瓜尔豆胶作为钻井液的材料；印度、德国和我国都是在70年代开展研究并运用其处理泥浆。将植物胶作为无固相钻井液之主要材料的研究与应用则更晚一些。将植物淀粉煮成浆糊或用烧碱处理成胶化淀粉作为泥浆稳定剂和降失水剂的应用较早，国外在30年代就已在石油钻井中比较广泛地应用了。植物胶虽然具有水溶性，但只有在煮成糊状或经过预凝胶化处理，即在用硫酸或盐酸作催化剂，经60—100℃的温度蒸煮一定时间，然后经洗涤提取，干燥粉碎而成为成品，方可使用。植物淀粉原料丰富，价格便宜，其应用前景也是不可忽视的。

与植物胶相类似的另一种泥浆处理剂是生物聚合物

(Biopolymer) 叫XC聚合物或简称XC。它是由一种微生物(甘兰黑腐病黄单胞杆菌),在碳源、氮源、氧源和微量元素培养基中培养发酵所得的代谢产物。它的主要成分主要是葡萄糖、甘露糖、葡萄糖醛酸和丙酮酸等多糖物质。其结构如图2—1^①。

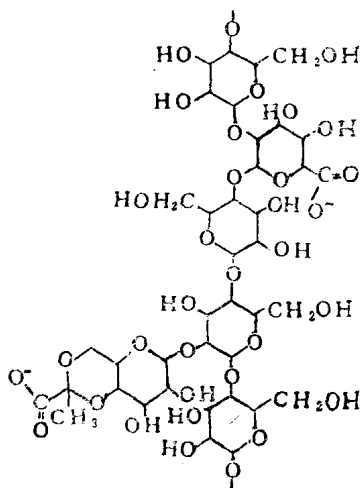


图 2—1 生物聚合物结构式

生物聚合物以其提粘降失水性能好,抗盐性能和抗污染的能力强,剪切稀释作用好而著称于世,国外早已大量应用于石油钻井,可以说它是目前性能较好的泥浆处理剂。但由于生产这种产品需要以碳源、氮源,做为培养基来培养细菌,而且需要有消毒、灭菌的专门条件,防止杂菌干扰,需要有培养细菌的专门设备和技术工艺,因此生产有一定的难度,价格也比较高。国内对它应用的局限性主要原因就在

① 吴隆杰等译:“钻井液译文集”,地质出版社,1982年。

这里。

植物胶的成分比较多，分子结构远比植物淀粉和生物聚合物复杂。各种类型的植物胶所含成分不同，故性质亦有差异。植物胶的分子结构更是难以搞清。但是在实际应用中，已发现一些植物胶干粉能在常温下与水溶解成胶体状态，使用起来比较方便；它的悬砂力强，提粘降失水作用好，流变性能和剪切稀释作用好，护壁保芯效果显著。由于植物胶是以某些天然植物的根、茎、叶为原料经粉碎加工而成，因此它具有性能优良、生产容易、成本较低和使用方便等特点，目前在我国有广阔的应用前景。

植物胶和植物淀粉同属于天然有机化合物，但植物胶用于钻井液的性能优于植物淀粉已是公认的事实。生物聚合物虽然是经过人工培育细菌而得的代谢产物，但它仍然是通过生物学方法（由于细菌的繁殖代谢），并非人工合成化学方法的产物。所以，无论是植物胶，植物淀粉和生物聚合物都是天然有机高分子化合物，它们本身都是无毒害的物质，并且在生产和使用过程中不会产生废气、废液等有害物质对大气和水域、土壤造成污染。某些性能好的植物胶与生物聚合物很接近，用于钻井液的效果优良，加量也小。所以，对植物胶的研究与应用是很有现实意义的。

第二节 植物胶植株的特征 与形态描述

植物胶是复合胶质无固相钻井液的主要成分之一，前面已经谈到能够用于钻井液的植物胶种类并不很多，而且各种植物胶由于组分和结构的不同，其理化性能存在差异。本研

究所采用的是PM、PW、OM和OP四种植物胶。

PM植物胶的植株是一种名叫籽藤的植物，小灌木，高约2m，多分枝，分枝密生短粗毛，其根部含有丰富的胶质。叶互生，叶后卵形或狭卵形，长3—12cm，宽1.5—4.5cm，尖端渐尖，基部圆形或宽楔形，边缘密生牙齿或浅牙齿，上面疏生短毛，粗糙，下面有短柔毛，茎生脉三条。叶柄长，1—5cm，托叶小，披针状三角形，通常雌雄同株。花多数簇生于叶腋，无柄或几无柄。雄花直径约2mm，花被片4，狭倒卵形，雄蕊4；雌花被管状，长约1.2mm，外面有糙毛，柱头丝形，长约1mm。它分布于云南南部、东部及西南部；生于干燥山坡草地、灌丛中或林边，水沟、水塘边。分布范围比较广，产量比较多。

PW植物胶是一种名叫细粘药的植物，它和PM植物胶植株亲缘关系较近，它们在形态上虽然相似，但植物胶的理化性质及其化学组成均存在着明显的差异，所以它们是性质不同的二种植物胶。它分布于云南北部，四川和贵州西南部和台湾。生于山坡草地或灌丛中。用其根。

OM植物胶是一种名叫峨嵋葛藤的植物，分枝被稀疏黄色长硬毛。小叶3个，顶生小叶近圆形，长6—14cm，宽4—12cm，先端短尾状渐尖，茎部圆形，上面被短柔毛，下面被绢质柔毛，侧生小叶基部斜。托叶为盾状，椭圆形，长约1cm，两端钝圆，小托叶狭披针形，总状花序，腋生，小苞片披针形，被毛。4齿，齿披针形，最下面一齿最长，均密被黄色短硬毛。花冠紫红色，长约1.5cm，旗瓣宽椭圆形，基部具爪及小耳，翼瓣略短于旗瓣；雄蕊一组；子房被毛，荚果条形，密被锈黄色硬毛。分布于四川、云南。生长于海拔1500—1700m山沟或森林中。用其根。

OP 植物胶是一种名叫猪耳掌的植物，生于石灰岩缝隙的陡坡上。耐旱耐贫瘠。叶片退化成针形，茎肥大粗壮。多含水份，高约数米，茎部含少量纤维，木质素很少，主要含粘性胶质。用其茎。

上述四种植物胶都是再生资源，它们的植株均是既可行有性繁殖又可行无性繁殖，容易成活，繁殖很快。由于它们是多年生藤本和矮小灌木，又多生于山坡及岩缝中，所以在开发这些植物胶的时候，不致于造成森林资源的破坏与水土流失。但是在开采的时候一定要注意采大留小，更不要损伤旁边的其他植物。由于上述植物分布范围广，故可采取轮番交替开采，切忌在某一地区无休止地进行掠夺性的开采，可以按资源的分布状况有计划地进行开采。在某一地区开采1—2年后，就应转移到另一地区开采，以确保资源的再生能力，经数年之后又可进行第二轮开采。做到开发资源；利用资源和保护资源的统一。最好的办法是建立生产基地，变野生为种植栽培，进行引种驯化，选种和品种改良，培育出成长快，产量高，品质好（其化学组分最符合钻井液的要求）的新品种。由于四种植物均属易于成活的植物，因此，为建立生产基地提供了可能，只要选择适当的海拔高度、气温、降雨量的地区就可进行引种栽培。保持和扩展植株的再生条件，为常年进行批量生产创造条件。

随着现代工业的发展，特别是化学工业的发展，我国的生态环境势态越来越严重，环境污染危害着人们的身体健康和生命安全；危害着农业的发展；危害着动植物的生存。所以在钻井液方面，若能尽量多用天然有机化合物，少用化学工业产品，尽量减少化工厂的废气、废水、废液对环境的污染是有现实意义的。我国南方各省的荒山、荒坡很多。若能