



水泥护壁堵漏的技术现状与前景

陈志超

七十年代以来,水泥护壁堵漏技术,无论国内或国外都得到较大的发展。发展的标志是:1.能满足不同条件下护堵用的水泥新品种不断增加;2.改善水泥浆及其凝固体的物理力学性能的添加剂日趋完备;3.水泥浆性能测定从静态试验过渡到模拟孔内条件的动态试验,新型的测试仪器不断出现;4.水泥的灌注技术水平有较大的提高,工艺渐趋完善;5.水泥灌注的基础理论研究有一定进展。

下面就从这几个方面谈谈当前的动向。

关于水泥新品种

在石油固井方面,美国石油协会(API)规定了9类(A—J类)油井水泥的性能要求,以供不同情况下选用外,为了解决固井的特殊需要,还专门生产一些特殊水泥,如增韧水泥、低比重水泥、触变水泥、油基水泥、速凝水泥、树脂水泥、高温水泥、高寒水泥等等。

在苏联,从1969年到1977年,全苏石油固井科学研究所(ВНИИКРнефть)也研制了一系列新的水泥品种,型号有ШПЦС—120和ШПЦС—200,УШЦ—1和УШЦ2—120,УШЦ—1和УШЦ2—200,УЦГ—1和УЦГ—2,ОЦГ和ТСЦ—250等。

现就其中几种值得引用的品种简介于后。

(一)低比重水泥 低比重水泥具有成本低、替水泥泵压低,有助于防止漏失等优点。美国已有60%以上的固井作业用低比重水泥,个别地区还达80%。

国外目前流行的低比重水泥有下述几种类型:

1.由波特兰水泥与煅土、火山灰及硅藻土等配制而成,水泥浆比重在1.42~1.70克/厘米³之间。如美国现行商业牌号为TXI和Trinity Lite—Wate等,美国BJ公司的

“Lodense”和苏联的OHT及OHTX型水泥都属这一类。

2.由波特兰水泥与硅酸钠和其他处理剂配制而成。如美国Richard G. Gandy等发明的由硅酸钠和CaCl₂、甲酸钙及氧化钙配成的低比重水泥。英国也有含硅酸钠以及和硅酸钠结合在一起的表面活性剂所组成的轻比重水泥。

3.由波特兰水泥与粉状沥青及其他化合物配制而成。如英国提出的由水泥、粉状沥青填料、颗粒状铝硅酸盐等组成的水泥,比重可降至1.3克/厘米³左右。

4.由波特兰水泥与超轻比重玻璃泡组成的高强度超轻水泥。这是由美国罗伯特、史密斯、查尔斯等六人研究成功并由阿莫柯(AMCO)公司创制的一种水泥。这种超轻水泥配成的水泥浆比重可降至和水的比重一样甚至更低(7.5磅/加仑,即0.898克/厘米³)。

使用的玻璃泡比重从9磅/呎³至23磅/呎³(0.144~0.368克/厘米³),玻璃泡颗粒尺寸的分布范围在壁厚为0.5~2微米的条件下是20至200微米,平均颗粒尺寸约为75微米。

我国石油固井方面近年来也比较重视低比重水泥的研制与生产。现有品种如烧粘土低比重油井水泥、煤渣低比重油井水泥、粉煤灰低比重油井水泥、TYZ低比重水泥等。后者是一种以陶粒无熟料水泥为主体的新型低比重水泥,据认为是一种很有发展前途的新品种。

在地质勘探部门,低比重水泥的研制工作也在进行。

(二)触变水泥 是一种专为堵漏而设计的新型水泥。它的重要性能是具有触变性。即当搅拌均匀成为水泥时,可达到5~30泊的低粘度,当搅拌作用停止或泵送停止时,就能很快地胶凝,粘度达100~200泊或200泊以上。一旦搅拌或泵送重新恢复(15

~20分钟内), 则粘度又迅速降低。

有了这种良好的触变特性, 在有缝隙及孔洞地层堵漏时, 流动状态的水泥浆进入地层之后, 因流速下降, 出现凝胶结构而防止水泥浆进一步漏失。

这种水泥最初由波特兰水泥加入适量石膏及其他处理剂配剂而成。近几年美国提出的最新配方是: 由锆、铅、铬、三价铁、钪、镧或钕等多价金属盐与羟乙基、羧甲基、羧乙基或羟乙基羧甲基纤维素反应形成的复合物组成。优先选用二氯氧化锆($Zr-OC_2H_5$), 其次是硝酸锆、铬酸铅、三价氯化物及锆酸铅等。触变水泥的最优配方之一是:

API H级水泥100份(重量), “Natr-osol 250”羧甲基纤维素0.25份(重量), 二氯氧化锆2份(重量), 混合制成干粉状混合物。配浆时在强力搅拌下加入46份(重量)的水, 即可配成具有上述触变性能的水泥浆, 总的凝固时间约为2小时。

(三)油基水泥 油基水泥是柴油、表面活性剂和A级或H级(API)水泥共同组成的混合物, 不用水配浆, 供水泥水化用的水是地层或孔内的水。它是为封闭难对付的含水漏失带而专门设计的。在油井上也用于封堵油层的水侵, 隔离套管漏失之用。

这种浆液在接触水以前一直是液体, 一种表面活性剂能帮助水泥颗粒在柴油中分散和悬浮, 当遇到水时, 又可促使水润湿水泥。和水接触以后, 形成一种非常粘的浓浆并开始凝固。

关于水泥添加剂

为了改善水泥的性质, 满足孔内条件的需要, 添加在水泥中的化学药剂和物质称为“添加剂”。添加剂可用来改变水泥浆的可泵期(稠化时间)、凝固时间、比重、流动度和降低水泥浆的失水, 减少水泥浆向地层的漏失等各种作用。

美国油井水泥的添加剂是比较齐全的, 常用的有八大类四十多种。它们的类别是: 速凝剂、缓凝剂、加重剂、减重剂、分散剂、降失水剂、防漏剂和特种添加剂(见添加剂一览表)。

特别值得提出的是降失水剂和特种添加剂中的防止泥浆污染剂。使用降失水剂能大

大改善注水泥效果。未加降失水剂的水泥浆, 有时30分钟失水量可高达1000毫升, 这对水敏性地层注水泥是非常不利的, 会影响水泥浆与地层的牢固胶结。据研究指出, 最好使用30分钟失水量小于100毫升的水泥浆, 一般情况下也应控制在200毫升左右。

抗泥浆污染剂能减少混入水泥浆内泥浆对水泥浆的缓凝作用。丹宁、淀粉、各种纤维素、铁铬盐、煤碱剂等对水泥浆都有缓凝作用。加入抗污染剂可以防止这些泥浆处理剂的影响, 这对使用泥浆冲洗的钻孔有很大好处。

近几年来, 国内许多勘探部门, 在推广使用“地勘水泥”的同时, 推广了建筑部门使用的NNO, FDN等高效减水剂。这对改善“地勘水泥”的流动性, 适当延长可泵期, 起了很好的作用, 值得今后进一步推广。对于普通硅酸盐水泥也有推广使用价值。

减水剂就其作用机理来说, 是属于水泥浆分散剂的范畴。最近十年来, 国内外重点研究的高效减水剂(分散剂), 几乎都属于聚合物电解质。它们有高效分散作用, 加量为水泥重0.5~2%, 可制成高强度、高流动度、高密实度的水泥石或水泥混凝土。

高效减水剂(分散剂)有单环或多环的芳烃磺酸盐与甲醛的缩聚物。我国的MF、NF、UNF、建1、NNO、FDN, 日本的MT-150等, 属于这一类中的萘磺酸盐与甲醛的缩聚物。

芳香烃杂环的磺酸盐与甲醛的缩聚物也是优良的减水剂。如磺化三聚氰胺树脂, 德国的“Melment”, 日本的NL-4000都属这类产品。

最近, 磺化聚苯乙烯也用作水泥、混凝土的高效减水剂, 其性能超过萘磺酸盐系的减水剂。交通部二航科研所研制成功的超塑化剂-CRS, 主要成分是古马隆树脂磺酸钠, 也具有良好的分散作用, 可提高水泥和混凝土早期强度和后期强度, 经我们试用, 效果较好。

在地质勘探钻孔护壁堵漏工作中, 为了进一步提高水泥浆液的堵护效果, 除用好速凝剂、早强剂和分散剂(减水剂)以外, 有必要着手研究水泥浆的降失水剂、漏失控制剂和一些特种添加剂。

添加剂类型	用 途	化 学 组 成	效 果	适用水泥类型
速凝剂	减少候凝时间, 固表层套管, 打水泥塞, 堵漏	NaCl, CaCl ₂ , 石膏, 硅酸钠, 分散剂, 海水	促凝, 早强	全部API级, 火山灰, 硅藻土系统
缓凝剂	增加稠化时间, 降低水泥浆粘度	木质素磺酸盐, 有机酸, CMHEC (羧甲基羟乙基纤维素), 改性木质素磺酸盐	增加可泵时间, 更好的流动特性	API的D、E、G、H级, 火山灰, 硅藻土系统
比重降低剂	降低重量, 堵漏	搬土—绿坡缕石, 沥青, 硅藻土, 珍珠岩, 火山灰	减轻重量, 经济, 更好的充填, 较低的密度	全部API级, 火山灰, 硅藻土系统
加重剂	抗高压, 增加浆液重量	赤铁矿粉, 氧化钛铁, 重晶石, 砂子, 分散剂	较高的密度	API的D、E、G和H级
失水控制剂	挤水泥、固衬管, 水敏性地层注水泥	聚合物, 分散剂, CMHEC, 胶乳	降低水化作用, 更好的充填, 低的水泥体积	全部API级, 火山灰, 硅藻土系统
漏失控制剂	桥塞, 增加充填, 堵漏	沥青, 核桃壳, 赛璐珞片, 石膏水泥, 搬土—硅藻土, 原油, 尼龙纤维	堵塞裂缝, 较轻的液柱, 挤堵裂缝区, 减少漏失	全部API级, 火山灰, 硅藻土系统
分散剂	降低水马力, 密封堵用水泥浆, 改进流动特性	有机酸, 聚合物, CaCl ₂ , 木质素磺酸盐	较稀的浆液, 减少液体流失, 较好的泥浆移动, 较好的置换	全部API级, 火山灰, 硅藻土系统
特种添加剂: 食盐	基础固井	氯化钠	与岩盐、页岩、砂层较好的结合	全部API级
硅粉	高温注水泥	二氧化硅	稳定强度, 低的渗透性	全部API级
抗泥浆污染剂	中和泥浆处理剂	多聚甲醛或多聚甲醛与铬酸钠	较好的结合, 更高的强度	API的A、B、C、G和H级
放射性示踪物	示踪流动模式确定漏失位置	SC46	—	全部API级
火山灰灰	高温注水泥	硅—石灰反应物	较轻的重量, 经济	—
硅石灰	高温注水泥	硅—石灰反应物	较轻的重量	—
石膏水泥	对付特殊情况	半水硫酸钙	较高的强度, 较快的凝固	—
石膏水泥混胶剂	对付特殊情况	石膏与树脂	较高的强度, 较快的凝固	—
胶乳水泥	对付特殊情况	液体或粉末状胶乳	较好的粘结控制失水	API的A、B、G、H级

水泥—聚合物的研究和应用

为了进一步提高水泥堵漏和固井的可靠性, 国外近年来还致力于水泥—聚合物的研

究和应用, 取得了较好的效果。现摘要介绍于后:

1. 水泥与聚丙烯酰胺共用。苏联雅库特石油天然气钻井托拉斯为了解决在反常的低

压地层条件下的堵漏问题,采用了聚丙烯酰胺(ПAA)和合成树脂与水泥的混合物,经研究和试验,推荐了下列混合物:

水基93~95%, ПAA 0.3~0.4%, CΦ—282合成树脂2%, 37%浓度的福尔马林3~5%, 水泥按水基重量的30~60%。

使用这种混合物堵漏,在大多数情况下都能有效地减少漏失或制止漏失,漏失量从40~80米³/小时,降至4~10米³/小时或完全止漏。

苏联还利用聚丙烯酰胺,三氯化铁配合固井水泥用于封堵漏失量为20米³/小时以上的漏失层。

在多孔隙、裂缝和溶洞等严重漏失带,苏联还利用聚丙烯酰胺水泥膏堵漏。这种水泥膏由水泥100份, ПAA 0.14~0.2份, CaCl₂ 2.5~5份,水60份组成。利用这种配方,曾将厚度为16米,漏失量为84米³/时的漏失层封堵成功。

在美国也有利用聚丙烯酰胺及矿物颗粒堵漏的专利配方。堵漏时同时向井下注入两种流体,一种流体把粒状聚合物悬浮在运载液内,该运载液与聚合物不起反应,不会加速其凝固。注入的第二种流体是用硅粉、水泥等水硬性材料如硅酸盐水泥或高铝水泥及飞灰水泥(flyash)与水配成的灰浆,把这两种流体送至漏失层,在很短时间内即可达到堵漏目的。

长春冶金地质学校最近也试验过用聚丙烯酰胺—水泥—泥浆混合浆液堵漏。将水泥浆、非水解聚丙烯酰胺配成甲液,泥浆作为乙浆,分别从钻杆和孔口注入,在封堵部位混合,水泥浆中的PAM,遇泥浆中粘土颗粒后,很快形成具有较强的絮凝物,进入裂隙封堵漏失通道。

2.水泥与环氧树脂组成的封堵材料。苏联最近研制一种水泥—树脂组成的配方(ИСК),它的组成是向水泥浆中添加脂族环氧树脂及相应的硬化剂。聚合物能使水泥增塑,提高沉降稳定性,快凝,降低失水,增加水泥环强度及显著降低其含水饱和度,还能提高水泥环与金属及岩石的结合力。所用聚合物为ТЭГ—1、ТЭГ—10、ДЭГ及其它型号的脂族环氧树脂,其用量占水泥重量的2.5~6%,硬化剂为聚乙烯酰胺或其它胺,用量为树脂重量的20%。在1976~

1977年间,约有200口井采用ИСК注水泥及修井堵漏,效果良好。

3.法国近年来研制成功一种含可溶于水的丙烯酸类树脂的水泥悬浮液,于1978年取得专利权。配制时将油基水泥与含有水溶性树脂的水相混合,树脂的凝固时间由催化剂控制。所用树脂为KTM型丙烯酸类树脂,在水中的重量百分含量约为11%,催化剂为铵、过硫酸盐和二乙胺基丙腈等。这种水泥浆凝固时不会收缩,而且不透水,能很好地粘附在孔壁上。

4.美国近年来使用一种名为Maxi-Seal新型聚合物与水泥浆共用,来提高水泥浆质量。它是几种高分子重聚合物的混合剂。加有这种新材料的水泥浆,稠度能控制到接近纯波特兰水泥浆,并具有同样的固相悬浮特性。在地面容易处理,注水泥浆时摩阻损失小。由于粘度可控,加砂或加重材料到水泥浆中没有困难。这种新材料稠化时间不很长,甚至在循环温度下在6~8小时内有高的抗压强度,在室温下不到16小时就能变硬。

国内有些单位最近也开始对水泥—聚合物着手进行研究。

水泥浆性能测定及 试验方法日趋完善

为了提高水泥封堵的质量,国外已越来越认识到完善水泥浆试验项目的重要性。美国API规范中,规定水泥浆的测试项目包括细度、自由水、密度、强度、稠化时间、失水量、渗透性,流变性等八项。苏联一些学者最近也提出重新审查水泥材料的国家标准是迫在眉睫的问题。认为国家标准和技术规范应当确定下列指标:比表面积、吸水性和结实性、水泥浆流变性、稠化时间、密度、失水量、凝固时间、沉降稳定性、机械强度、渗透性和耐磨蚀性等。

在试验方法方面,美国从六十年代以来就开始从静态试验过渡到模拟孔内条件的动态试验,即模拟孔内水泥浆的流动条件和它所经受的温度及压力的变化过程来测定水泥浆的性能。与动态试验条件相适应的一系列新型仪器如加压水泥浆比重计、常压稠度计、高温高压稠度仪、高温高压水泥试样养护仪、高压失水仪、旋转粘度计、水泥渗透

性测定仪等都得到广泛应用。

苏联近年来也重视模拟孔内条件的试验方法。最近设计了一种确定水泥性质的综合实验装置。这种装置在模拟地层的压力和温度条件下,可测量水泥浆的粘度(稠度)、初终凝时间及附着性质等参数。试验完毕,拆开仪器,可得到形状不同的三种试块,利用这些试块,能够分别进一步试验它的渗透性、孔隙度、表面毛细管现象、表面吸附能力以及抗拉、抗压、抗剪等各种机械性能。

除上述测试仪器外,国外也重视对注水泥质量的检查。如苏联全苏石油固井科学研究所研究和推广了相位校正仪(БФК)配合声波水泥测定器以确定水泥的返回高度和评价水泥与套管及井壁岩石的胶结状况。另外,还用电子扫描装置配合声波水泥测定器,使沿钻孔周长记录声波的信号值成为可能,从而提高了解决注水泥缺陷的可能性。

苏联在注水泥过程中已开始利用电子计算机记录和监测水泥浆流动压力的变化情况,以便发现问题,及时采取补救措施。

国内在水泥测试仪器的研制方面是有差距的。目前有些单位已着手研制适合于地质勘探钻孔注水泥的稠化时间测定仪。

基础理论研究及其他

为了提高水泥的护堵效果,国内外对一些基础研究工作也开始重视。如产生漏失的机理,漏失层通道形状和尺寸的测定,漏失层孔道张开值与封堵液性质之间的关系,漏失层的分类,维持孔眼系统的平衡条件,水泥浆流变学等等,都进行了较多的工作。

在注水泥的新工艺、新方法的探讨方面,国外也做了一些尝试。如苏联试验一种带有浮球的ЦКОД型单向阀的反循环注水泥新方法。现场试验证明,这种新方法具有足够的效能,安全可靠,在一定的地质技术条件下,可推荐为一种基本的注水泥方法。国内一些单位试验的环状注水泥法,也是值得重视的新动向。

在寻求新材料方面,如苏联目前正在研究一种新的水泥材料Xonotlite,它是一种硅化钙水合物,其抗拉及抗剪强度比普通水泥要高十倍。

综上所述,七十年代以来,水泥固井及堵漏技术,在各方面是有较大发展的。随着科学技术的突飞猛进,可以预料,今后一个时期内,在战胜复杂地层方面,水泥的护堵技术必将发挥它应有的更大的作用。

(中国金属学会采矿技术研讨会论文选登)

混合料粘泥球护壁堵漏

车铁龙 吴明华

我们在东南岔矿区施工中,遇到了井壁掉块、井内涌水和冲洗液漏失等问题。该地区岩层复杂,破碎带多,岩石节理发育,裂隙较大,地下含水层丰富。例如ZK7号孔在43米深时,孔内发生涌水,稀释泥浆,影响钻进,虽加大泥浆粘度与比重,但难于制止涌水。钻进至78米时,孔内又突然发生漏失,孔口不见返水。增大泥浆粘度达50秒以上仍不见效。投入大量粘泥球堵抹亦无效。后决定灌注水泥,一次灌入400公斤水泥(水泥标号400,水灰比0.4),候凝24小时后,下钻具试钻,孔内无水泥柱,水泥堵漏又告失败。在这种情况下,我们对该孔的地质情况再次进行了分析。该孔地质、水文情况复杂,仅90余米深就穿过了四层破碎带,已揭

穿的地层中含水层涌水,裂隙漏失,以钻孔为通道,使涌水层与裂隙沟通,造成涌水稀释泥浆、泥球及水泥并沿裂隙流失。

根据以上分析,我们决定用混合料粘泥球堵漏。其配方如表。泥球直径70毫米左右,断续投入孔内,并用钻具从孔口强力加压,然后开车堵抹。连续投了四次泥球,压

材 料	数 量 (公斤)	重 量 比
白 泥	500	78%
水 泥	100	15%
糖 末	20	8%
麻 刀	10	1.5%
稻 草 末	10	1.5%
纯 碱	4	1%