

对水泥浆有效浆柱压力降至水柱压力时间的新认识*

张兴国¹ 郭昭学² 许树谦¹ 杨远光² 郭小阳²

(1. 新疆石油管理局钻井工艺研究院 2. “油气藏地质及开发工程”国家重点实验室·西南石油学院)

张兴国等. 对水泥浆有效浆柱压力降至水柱压力时间的新认识. 天然气工业, 2004; 24(7): 68~70

摘要 水泥浆的有效浆柱压力是在初凝前还是在初凝后降低至水柱压力, 直接关系到能不能在固井候凝过程中压稳地层流体、实现压稳防窜候凝。以往的研究结论认为, 水泥浆的有效浆柱压力会在其初凝时间的 60%~70% 降至水柱压力, 但是, 大量的实验研究结果表明, 水泥浆有效浆柱压力降至水柱压力的时间(简称水柱压力时间), 有在初凝前的, 也有在初凝后的, 因此, 认为水泥浆有效浆柱压力会在初凝前或初凝后降至水柱压力的观点与客观事实不符。实验研究结果表明, 水泥浆在凝结过程中的水柱压力时间, 受水泥浆体系、体系的稳定性以及体系在凝结过程中的体积变化特性的显著影响, 水泥浆体系(含大量超低密度材料的超低密度水泥浆除外)越稳定, 体系在凝结过程中的体积收缩越小, 其水柱压力时间越向后推延, 因此, 提高水泥浆体系的稳定性, 减少或消除水泥浆在凝结过程中的体积收缩特性, 即可延缓其水柱压力时间, 使其在初凝前拥有较高的有效浆柱压力而改善其自身的压稳防窜性能。

关键词 固井 水泥浆 失重 浆柱压力 水柱压力时间

以往的研究结论认为, 水泥浆的有效浆柱压力会在水泥浆初凝时间的 60%~70% 左右降低至水柱压力。到目前为止, 该研究结论已被国内固井界普遍接受, 但是, 笔者在系统研究水泥浆失重的机理时发现, 该结论仅对水泥原浆或体系稳定性非常差的水泥浆体系适用, 不能反映大多数水泥浆的实际情况。

实验研究结果表明, 水泥浆的水柱压力时间, 受水泥浆体系、体系的稳定性以及体系在凝结过程中的体积变化特性的显著影响, 提高体系的稳定性, 降低或消除体系在凝结过程中的体积收缩特性, 即可延缓其水柱压力时间, 使其在初凝前拥有较高的有效浆柱压力而改善其自身的压稳防窜性能。

水泥原浆的失重曲线

图 1 是水泥原浆的失重曲线(图中有效浆柱压力, 简称浆柱压力, 下同)。其中, 水柱压力为 25.5 kPa。当胶凝强度达到 1650 Pa 时, 可认为水泥浆的凝结过程达到初凝。可以看出, 在 3 种温度条件下, 原浆的有效浆柱压力都在初凝前降至水柱压力, 与

原研究结论基本一致。

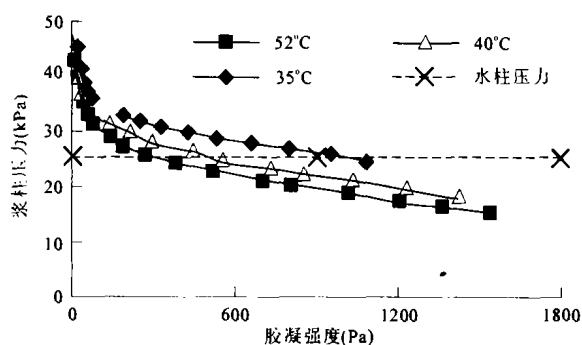


图 1 水泥原浆的失重情况

调配水泥浆的失重曲线

图 2 是不同配方正常密度水泥浆的失重曲线。该组水泥浆的配方经过调配, 体系稳定, API 失水控制在 200 mL 以下, 析水(自由水)控制在 1.4% 以内。可以看出, 该组水泥浆的有效浆柱压力即使在初凝时都还远高于水柱压力。

图 3 是经调配性能良好的记密度(2.4 g/cm³)

* 本文系中国石油天然气集团公司“九五”重点科技攻关课题(编号:960403-01)。

作者简介:张兴国, 1974 年生; 2002 年毕业于西南石油学院, 获“油气井工程”博士学位; 研究方向为油气井固井。地址: (834000)新疆克拉玛依市新疆石油管理局钻井工艺研究院。电话: (0990)6882737。

水泥浆的失重实验结果。

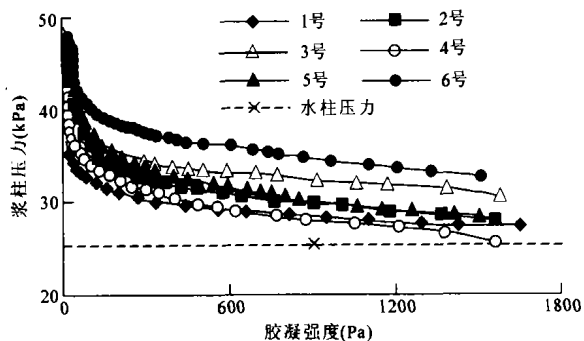


图2 不同配方正常密度水泥浆的失重情况

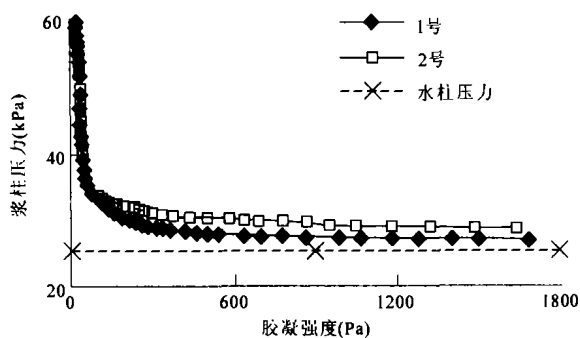


图3 高密度水泥浆的失重情况

图4是两种低密度水泥浆(1.3 g/cm^3)的失重实验结果。

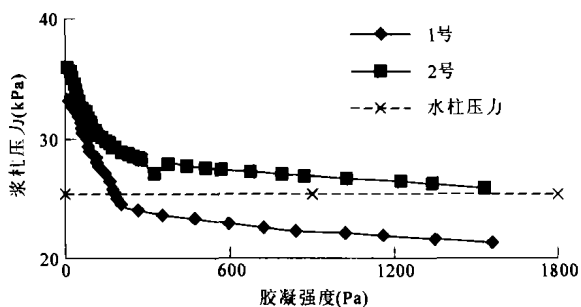


图4 低密度水泥浆的失重情况

图5是性能良好的、密度为 1.1 g/cm^3 的超低密度水泥浆的失重实验结果。

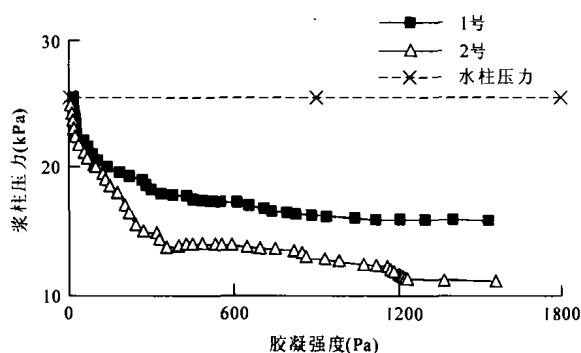


图5 超低密度水泥浆的失重情况

图6是加有KQ发气材料的水泥浆的有效浆柱压力变化曲线。可以看出,不论是正常密度水泥浆、超高密度水泥浆还是低密度水泥浆,只要其体系稳定,其有效浆柱压力都可以在初凝甚至在初凝后才降至水柱压力。尤其值得注意的是,KQ发气水泥的有效浆柱压力不仅不随其凝结过程的进行而降低,反而能随其凝结过程的进行而有一定程度的上升,说明水泥浆有效浆柱压力会在其初凝时间的60%~70%左右降至水柱压力的研究结论与客观事实不符,不能反映大多数水泥浆体系的实际失重情况。但是,为何又会得出该研究结论呢?

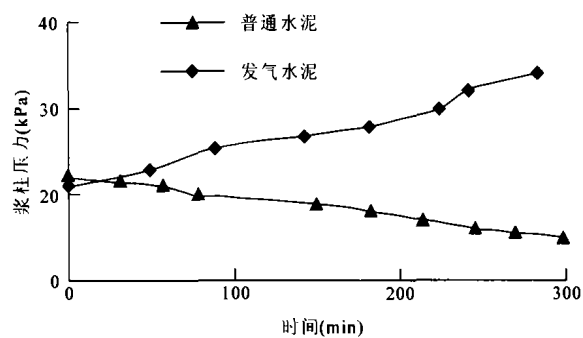


图6 水泥浆体积变化特性对失重的影响

笔者查阅了当时的研究资料,发现当时用于水泥浆失重实验的水泥浆体系,仅限于正常密度的水泥浆,且使用的添加剂仅限于 CaCl_2 、硼砂、SXY和FDN等少数几种处理剂。其中, CaCl_2 起促凝作用,硼砂起缓凝作用,SXY和FDN起分散作用。由于当时国内还没有大量生产并使用降失水材料,因此,体系中只添加了少量粘土,以防止体系严重失稳分层。由于体系中只加入了可显著降低体系稳定性的分散剂,而未配套加入可提高体系稳定性的降失水材料,因此,体系的稳定性将低于原浆,至多也只能与原浆同级,那么,其有效浆柱压力也会与原浆一样在初凝前降至水柱压力,从而得出水泥浆有效浆柱压力会在初凝前某时刻降至水柱压力的研究结论。可见,该研究结论符合当时的实际情况,只是由于水泥浆材料技术的发展、水泥浆性能的显著改善,才使其表现出一定的局限性。

水柱压力时间影响因素分析

水泥原浆的有效浆柱压力会在初凝前降至水柱压力,而经调配性能良好的正常密度水泥浆的有效浆柱压力要在初凝左右、甚至在初凝后才降低至水柱压力,另外,都是经过调配、性能良好的正常密度

水泥浆,其有效浆柱压力随胶凝强度的变化也存在一定的差异,其原因何在?

调配水泥浆与原浆的区别在于前者体系稳定、浆态好,API失水均控制在200 mL以下,析水控制在1.4%以下,而后者未经调配,体系,稳定性较差,析水严重、滤失量大,在测其失水时,仅滤失1 min左右即脱水、穿气。对于调配水泥浆,由于对其失水、析水的控制程度不同,其体系稳定性也不尽相同,因此,有理由认为原浆、调配浆以及调配浆之间在水柱压力时间上的差异是其体系稳定性差异所致。为检验该推论的合理性,用两套处理剂设计了两组水泥浆,进行水泥浆失重实验。

第1组7~10号水泥浆,其凝结过程基本一致,API失水分别为:440 mL、360 mL、180 mL、80 mL。在实验过程中,7号浆的析水达4.8%,8号浆的达3.6%,9号浆的仅有1.2%~1.6%,10号浆无析水。四配方水泥浆的失重实验结果如图7所示。可以看

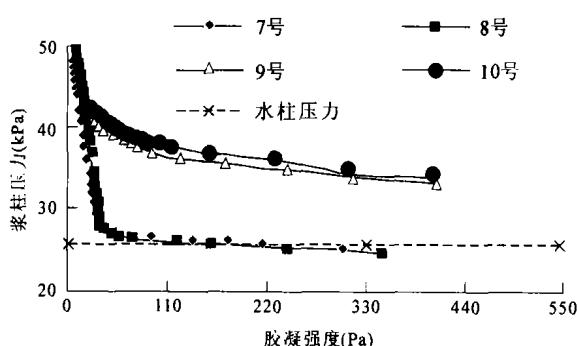


图7 体系稳定性对水柱压力时间的影响-1

出,7、8号水泥浆的有效浆柱压力随胶凝强度的增加而迅速降低,并很快降低至接近水柱压力的水平,尽管在此以后其有效浆柱压力随胶凝强度增加而降低的速度放慢,但仍远在初凝前即降低至水柱压力,而9、10号水泥浆,尽管在凝结初期其有效浆柱压力也随胶凝强度的增加而迅速下降,但其失重曲线很快就进入平缓段,从而成功将其水柱压力时间向后推延。

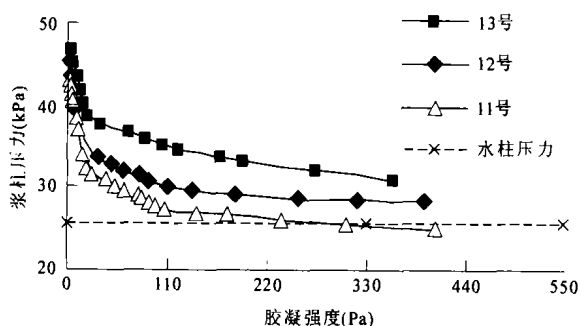


图8 体系稳定性对水柱压力时间的影响-2

第2组11~13号水泥浆,其API失水分别为340、180、110 mL,析水分别为:3.4%、1.2%、0.6%;除11号浆的初凝时间约比12、13号浆的短30 min左右外,其它性能基本一致。该组水泥浆的失重实验结果如图8所示。

可以看出,在该组水泥浆中,水泥浆体系的稳定性对其水柱压力时间的影响及影响规律更为明显,随体系稳定性的提高,其水柱压力时间依次向后推延,从而证实了水泥浆体系稳定性对其水柱压力时间的重要影响。

超低密度水泥浆、KQ发气水泥浆的异常失重现象说明,水泥浆的水柱压力时间除了受体系稳定性的影响外,还受体系组分、体系在凝结过程中的体积变化的显著影响。

结 论

(1)笼统认为水泥浆有效浆柱压力会在初凝前或初凝后某一时间降至水柱压力的观点不符合水泥浆凝结的客观实际。

(2)水泥浆的水柱压力时间受水泥浆体系组分、体系的稳定性以及体系在凝结过程中的体积变化的显著影响。

(3)提高水泥浆体系的稳定性,降低或消除体系在凝结过程中的体积收缩,即可延缓其水柱压力时间,从而使其在初凝前拥有较高的有效浆柱压力而提高其自身的压稳防窜能力。

参 考 文 献

- 1 刘崇建,张玉隆等译. 国外油井注水泥技术. 成都:四川科学技术出版社,1992
- 2 刘大为等译. 现代固井技术. 北京:石油工业出版社,1994
- 3 张兴国等,用胶凝强度法估计水泥浆防窜能力的室内研究. 天然气工业,2001
- 4 张兴国,对对水泥浆失重与胶凝强度之间关系的新认识. 钻采工艺,2002
- 5 Khalid Al-Buraik, prevention of shallow gas migration through cement, SPE 47775, 1998

(收稿日期 2003-12-28 编辑 钟水清)