

综合治漏工艺技术

曾明昌*

(四川石油管理局川东钻探公司)

内容提要 本文基于碳酸盐岩地层钻井往往出现裂缝溶洞性放空、长段破碎地层、大水层等严重漏失及堵漏难的问题,并针对四川东部地区钻探高陡构造复杂的地质、钻井特点,提出了综合治漏的观点;同时,通过分析、对比和归纳大量井漏资料,对漏层特征进行了分类,提出了预防井漏的技术措施和各种井漏情况下的治漏技术方案;最后介绍了川东地区近年来试验成套综合治漏工艺技术的情况。

主题词 四川东部 碳酸盐岩 高陡构造 综合治漏 工艺技术

川东地区近年来,主要钻探高陡构造。这类构造地层倾角大,地腹情况复杂,断层多,裂缝发育,碳酸盐岩地层压力变化无规律可循,产层多,又以地层压差悬殊的高低压互层出现,受井身结构限制,通常是多个压力系统同存于一个井筒内,井漏的影响格外突出。1987~1989三年间井漏统计资料表明:该地区平均每年发生井漏105层次,损失时间16.89个钻机月,直接经济损失877.25万元,且因井漏导致井塌、井喷、卡钻的情况也是极为严峻的。

为了减少井漏,提高堵漏效果,开展了综合防漏和治漏工艺的技术研究与应用,通过大量现场验证,形成了适合川东地区特点的综合治漏技术方案和12套治漏工艺技术。

川东地区井漏特点及类型划分

川东地区常出现井漏的漏层特征分为4大类:单纯性漏失(或称“干漏”,含地层压力极低的地层);水层漏失;单一气层或目的层漏失;多产层井段漏失。

这4类漏层特征中包括小、中、大至特大漏速;孔隙渗透性、裂缝性、孔隙裂缝性、裂缝溶洞性漏失通道。

综合防漏技术措施

对付井漏应遵循预防为主的原则,从气井的施工设计开始,到钻井工程技术与操作,包括井身结构、钻井液密度、压力预测、压力监测和完井时的压力检测等综合措施,防止井漏的发生。

(1)合理设计钻井液密度。对气层实行近平衡压力钻井,避免欠平衡压力钻井;对非气层钻井,以稳定井壁为主,尽量使用低密度钻井液。

(2)调节钻井液的流变性能,减小循环流动阻力,提高携带岩屑的能力;在钻井液有效携带岩屑前提下,适当降低环空上返速度。

(3)使用优质钻井液,加强固控,严格控制钻井液的失水量,提高泥饼质量并减小其厚度。防止井塌、钻头泥包等使环空堵塞,整漏地层。

* 631237,重庆市长寿县云台。

(4)遇机械钻速特别快时,应适当降低钻速,防止钻井液中的岩屑量过大,引起井底压力增加。钻井液携带能力差时,防止岩屑下沉,开泵时蹩漏地层。

(5)正确操作,避免井内产生过大的“激动压力”。为此要控制起下钻具、下套管等的速度;使用高密度高粘切钻井液而停泵时间又较长时,下钻中每500~800m应分段循环,先活动钻具破坏静切力,再缓慢开泵,循环中保持泵上水良好,泵压稳定;下钻遇阻要划眼,不能猛顿猛放。

(6)对边钻边漏、漏速又不十分大的井,可在钻井液内混入3%~6%的桥接堵剂。钻进选用大水眼钻头,勤掏洗循环罐,间断开振动筛捞取砂样。

(7)避免操作失误。如:防止关井开泵蹩漏地层;防止顿钻而引起的“激动压力”;裸眼井段超过100~200m的地层试压,对 $\varnothing 311\text{mm}$ 井眼取设计钻井液密度低限,小于 $\varnothing 311\text{mm}$ 井眼取钻井液密度高限,禁止用增加井口回压的方法对地层试压;不允许用反循环方式蹩出钻具内的落物。

(8)钻开高压地层前,坚持用下套管前钻进所需钻井液最高密度进行井筒试压,减少或避免又漏又喷的复杂情况发生。

(9)优选套管鞋位置。尽量利用技术套管封隔复杂层段,分隔高、低压地层,以达到减少或避免非产层井段又漏又垮和多产层井段又喷又漏的目的。

(10)加强地层压力预测、监测和完井时压力检测,指导油气井的施工设计,提高设计的准确性和严密性。

综合治漏技术方案

1. 单纯性井漏

即不受地层流体影响的井漏。主要发生在重庆群、自流井群、香溪群及嘉陵江组等,其形式主要表现为渗透性、裂缝和溶洞性漏

失。

(1)小漏($v \leq 10\text{m}^3/\text{h}$),采取提高钻井液粘度切力,或在钻井液中混入一定量的纤维状桥接材料,常可达到堵漏的目的。

(2)中等漏失($v = 10 \sim 45\text{m}^3/\text{h}$),常采用浓度5%~10%桥接堵漏、化学堵漏、水泥堵漏,还可以在水泥中加氯化钙、纯碱等催凝剂堵漏。

(3)大漏($v \geq 45\text{m}^3/\text{h}$ 至钻井泵的额定排量失返),常采用高浓度(10%~15%)桥接堵漏,水泥加催凝剂或化学凝胶堵漏。在条件允许时,可采取清水强钻过漏层,下套管封隔。

(4)大裂缝、溶洞性漏失。当溶洞、裂缝空间大、延伸远时,用特别快凝水泥平衡法堵漏,或投泥球、石子砖块等作堵塞剂,再配合快凝水泥堵漏。当溶洞、裂缝空间窄,可以采用桥接、狄塞尔和水泥组合堵漏。这种井漏,堵漏难度很大,一般采取巩固井眼,清水强钻过漏层,下套管封隔。

2. 水层漏失

(1)小产量至中等产量,每天产水在 1000m^3 以内的水层漏失,一般用桥接、水泥、化学凝胶堵漏,对浅井段可在井口注特别快凝水泥,关井推入漏层凝固封堵。

(2)每天产水量 1000m^3 以上的大水层漏失,可用桥接、狄塞尔、化学凝胶与水泥组合堵漏。若难以见效,则用清水强钻过漏层,再下套管封固。为了减少排水污染,可装旋转防喷器或自封头强钻。

(3)对于高温、高压又含 H_2S 的大产量水层,但又有低压地层漏失,用现有方法堵漏一般难见成效。可采取重晶石粉与流变水泥组合堵漏进行试堵。若不行则采取安装旋转防喷器,清水强钻到下技术套管位置,用套管封隔。但必须有严密的防止 H_2S 中毒的措施。

(4)对含盐量高的水层,要用适当密度的饱和盐水钻井液压稳。遇井漏及时堵漏,用桥接、水泥组合堵漏形成坚实隔墙,以免盐水长

时间反复污染导致井下情况恶化。

3. 单一气层或目的层井漏

漏层即气层或目的层的井须慎重对待,为了保护气层,不能随意堵漏,更不能堵死气藏,一般应采取下列措施。

(1) 小漏至中等漏速($v \leq 45 \text{ m}^3/\text{h}$)的处理

①静止候堵。井漏以后立即停止循环,在允许情况下将钻具适当起至漏层,吊灌好钻井液,使井内静止一段时间,初切力大的静止 4~8h,初切力小的静止 8~12h,静止一段时间可能会减缓漏失以至不漏,若适当调节钻井液性能,效果会更好。②若上部确无高压产层,井漏后又无气侵显示,则适当降低钻井液密度,平衡产层至适度。③在需要保持钻井液密度不降的情况下,混入 5%~8% 柴油,同时加入适量加重剂。④堵漏则用石灰乳、单向压力封闭剂(DF-1)、PCC 暂堵剂之类的酸溶性材料作堵剂。

(2) 大漏或放空

①“吊灌”起钻 3~5 柱或起至套管内,每 10~20min 灌入 1 m^3 钻井液,观察一个以上起下钻周期,若无显示则可适当降低密度建立循环,进行电测、取心、堵漏、完井或继续钻井等作业。②若井喷不能起钻,则采取钻杆完井作业。

4. 多产层井段漏失

多产层井段漏失是由于压力系统高低不等、井段长,而造成上漏下喷或上喷下漏。

(1) 上漏下喷的处理:

①漏层离高压层较远时,若条件允许,可用适当密度的钻井液正循环暂时平衡高压层,然后在高压层顶部注水泥塞封隔,对上部低压层堵漏试压合格,再钻开高压层,恢复钻进。②漏层距高压层较近时,一般采取“堵压兼施”的反循环堵漏压井技术来处理。在环形空间先注入桥堵剂或其它堵剂堵漏,再注入压井液。③当漏层不清,又难于注水泥塞分隔高压层和漏层,可用正循环注入适当密度和

浓度的桥接剂或其它堵剂堵漏,压井连续进行,根据漏速大小也可分开进行。

(2) 上喷下漏的处理

①钻开低压层以前,井场应备有 1~2 次堵漏材料,选用大水眼钻头钻进,发现井漏及时堵漏,若是气层则用石灰乳、单向压力封闭剂、PCC 暂堵剂等堵漏。②在井内上喷下漏的情况下,既可实施反循环堵漏压井,也可采用正循环堵漏压井,两者可以同时或分开进行。③若多次堵漏效果不佳,在条件允许情况下,待减缓漏失后,立即在漏层顶部注水泥塞,隔开高、低压层,下套管封住高压层,再钻开低压层。

12 套治漏工艺技术

通过近年来的大胆实践探索,对川东地区已经形成了 12 套治漏工艺技术。

1. 水泥浆堵漏

水泥浆堵漏,要掌握井下情况,否则,会造成实心钻具,注水泥卡钻。因此,对漏层位置和漏层特征一定要清楚,钻具放置在漏层和主要漏层以上的 10~20m,按计算的平衡压力施工。做好水泥现场试验及复查,正确施工,方可保证安全,提高堵漏成功率。1989、1990 两年中,采用水泥堵漏占整个处理井漏次数的 29%,效果显著。

2. 桥接堵漏

施工安全可靠,堵漏周期短。1989、1990 年桥接堵漏占整个处理井漏次数的 39%,成功率为 61%。

此法是利用不同形状、大小的纤维、片状、颗粒惰性材料匹配后混入钻井液中注入漏层,根据不同的井漏属性和漏速大小,选择堵剂的级配和浓度。在施工时要严格按“刨、注、替、挤、提、挤、稳”七个步骤进行。能够起出的钻具尽量将钻头和钻铤及其它复杂结构的工具去掉。在试压出现长裸眼井段漏失,漏层不清,又漏又喷的情况下,采用 $40 \sim 60 \text{ m}^3$

桥浆,针对整个裸眼井段堵漏,通常能取得成效。

3. 狄塞尔(DTR)堵漏

DTR 是一种高失水堵剂,用清水配制后,泵入井内,遇到漏层,在压差作用下迅速失水,形成具有一定强度的滤饼封堵漏失通道。

此堵剂形成的封堵隔墙厚而坚固,施工周期短,简单易行。对于漏速 $v \geq 45 \text{ m}^3/\text{h}$ 的井漏较为适宜,特别是与桥接材料配伍后,对付大裂缝漏失十分奏效。在池 30 井、七里 12 井、双 17 井大裂缝漏失情况下,共计堵漏 10 次,成功 4 次。

4. PCC 暂堵剂堵漏

PCC 暂堵剂是一种保护油气层的堵剂,具有酸溶解堵的特性,其滤饼的酸溶性 $\geq 80\%$ 。池 20 井钻至井深 2310m, Tf^{3-1} 地层发生气侵,加重钻井液密度到 1.40 g/cm^3 ,井漏漏速 $25 \text{ m}^3/\text{h}$,注入 PCC 暂堵剂堵液 16 m^3 ,堵漏成功。池 35 井 $\varnothing 339.7 \text{ mm}$ 套管下至井深 116m,钻至井深 293.28m 井漏,漏速 $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{h}$,强钻到井深 630m 时,由于井壁坍塌,形成又垮又漏,强钻困难,只好回头堵漏、补壁。此时漏速为 $41 \text{ m}^3/\text{h}$,下钻具至井深 376m 注入 PCC 暂堵剂堵液 18 m^3 ,堵漏一次成功,补壁正常后恢复钻进。

5. PMN 凝胶堵漏

PMN 凝胶是交链高分子材料与酸类发生化学反应的产物,其成胶时间可控制。PMN 凝胶封堵漏失通道形成隔墙是塑性的,其承压能力受限制。在黄龙 1 井、池 6 井、七里 12 井应用,堵漏成功率为 33%,该法有待进一步研究。

6. 单向压力封闭剂(DF)堵漏

DF 堵剂是一种细晶微粒,含有高分子聚合物材料,加入钻井液内配成一定浓度,注入井筒,吸附凝聚于漏失通道处,阻碍漏失。适宜于孔隙性、微小裂缝性漏失,漏速 $v \leq 10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。施工简便易行,安全可靠。能有效保

护油气层。

七里 11 井漏失井段 2205~2669m,层位 Jt—Th,漏速 $1.2 \sim 2.6 \text{ m}^3/\text{h}$,用桥接堵漏 2 次和用桥接混入钻井液中随钻堵漏,漏速仍然为 $1.6 \text{ m}^3/\text{h}$,漏失密度 1.10 g/cm^3 钻井液 300 m^3 ,加入 DF 堵剂 3t,浓度为 1%,循环一周不再漏失。新 13 井于井深 3823.10m,层位 P_2^2 ,钻井液密度 2.33 g/cm^3 ,粘度 110s,漏速 $9 \text{ m}^3/\text{h}$,长裸眼、多产层,漏层不清,采用 DF 堵剂 3.42t,加入 40 m^3 钻井液中,配成 8% 的浓度注入漏层,堵漏一次成功,后来将钻井液密度提高到 2.35 g/cm^3 未漏。

7. 组合堵漏

对于碳酸盐岩地层大裂缝或溶洞漏失,靠单一的堵剂堵漏成效往往不大。一般采用组合复配方式能大大提高堵漏效果。表 1 是处理大漏井的几种组合复配方法。

表 1

组合复配方式	处 理 对 象
PMN 凝胶+水泥浆	产量 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 以内的水层漏失, $v = 30 \sim 60 \text{ m}^3/\text{h}$
桥接堵液+水泥浆	大裂缝、溶洞漏失, $v \geq 45 \text{ m}^3/\text{h}$
水泥浆混桥接剂	大裂缝、溶洞漏失, $v \geq 45 \text{ m}^3/\text{h}$
DTR 混桥接剂	大裂缝、溶洞漏失, $v \geq 45 \text{ m}^3/\text{h}$
PMN 凝胶混桥接剂	产量 $10 \sim 40 \text{ m}^3/\text{h}$ 的水层漏失, $v \geq 45 \text{ m}^3/\text{h}$
PCC 暂堵剂混桥接剂	大裂缝、溶洞、气层大漏, $v \geq 45 \text{ m}^3/\text{h}$
DF 混桥接剂	一般性孔隙、裂缝性漏失, $v = 10 \sim 45 \text{ m}^3/\text{h}$
石灰乳+水泥浆	一般性孔隙、裂缝性漏失, $v = 10 \sim 45 \text{ m}^3/\text{h}$
重晶石粉+流变水泥浆	产量 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上水层,井内又漏又出

例 1, 七里 16 井 DF 与桥接剂复配堵漏: 该井用密度 1.55g/cm^3 的钻井液钻至井深 4454m (P_2^1) 井漏, 漏速 $12\sim 37\text{m}^3/\text{h}$ 。由于下部 P_1 地层属高压层, 需要密度 1.70g/cm^3 才能平衡。 P_2^2 井段 4290~4310m 渗透性好, 多次发生阻卡, 当密度 $\geq 1.55\text{g/cm}^3$ 时井内就要漏。用 DF3t、核桃壳 2t、纤维及片状材料 0.5t, 与钻井液配制成 50m^3 堵液, 注入漏层位置后, 当即不漏, 后来将密度提高到 1.70g/cm^3 钻进不漏。

例 2, 池 20 井 PCC 暂堵剂与桥接复配堵漏: 该井用密度 1.40g/cm^3 的钻井液、 $\varnothing 216\text{mm}$ 钻头钻至井深 2321m 发生气侵, 边钻进边加重, 井漏失返漏失钻井液 120m^3 , 采用 PCC2t、核桃壳 0.4t 与 20m^3 钻井液相配, 堵漏一次成功。

例 3, 天东 13 井桥接+水泥浆组合堵漏: 该井 $\varnothing 311\text{mm}$ 井眼钻到井深 186.54m 的 Jc 地层, 井漏失返, 经过 2 次桥接+水泥浆(速凝剂)组合堵漏成功。随后, 边钻边漏, v 为 $6\sim 10\text{m}^3/\text{h}$, 当钻至井深 869.61m, 出水 $80\text{m}^3/\text{h}$, 仍然采用桥接+水泥浆(速凝剂)组合堵漏。先注入密度 1.08g/cm^3 浓度 14% 的桥接剂 25m^3 , 接着注入加有 8% CaCl_2 水的水泥 27t, 替入清水 2m^3 。这次施工既堵住了漏层, 又堵住了水层。

川东地区目前采用组合复配堵漏的主要是桥接和水泥浆组合, 近几年的统计资料表明, 其堵漏成功率为 56%。其次是 DTR 和桥接及 PCC 暂堵剂和桥接, 还有 DF 堵剂和桥接配伍。再其次是重晶石粉和水泥浆(速凝剂)组合堵漏。

8. 反循环堵漏压井

这是既治漏又治喷的重大工艺技术, 在一些特定条件下, 较之采用正循环先堵漏后压井的工艺, 效果有明显提高。

反循环堵漏压井是利用压井液前面的桥接堵液或其它堵液, 用反循环方式注入, 先封

堵漏层, 提高漏层的承压能力, 在半个多循环周内环空迅速建立液柱, 截断溢流, 达到又堵漏又压井的目的。

通过简易井口由钻具内卸压, 避免了关井憋漏地层的弊病, 减小了井筒承压也降低了对地层的回压。

尽管由于钻具内流动阻力大, 增加一些井底回压, 但由于压井液从环空注入井内时, 可开大钻具出口的阻流器, 降低井底回压及时迅速将堵液和压井液注入漏层及环空建立液柱, 给堵漏压井提供了低压条件, 减小对漏层的压力, 有利于排出溢流, 减少压井液污染, 也减少了憋开其它低压力梯度层位的可能性。

9. 静止候堵

在钻井作业时, 由于操作不当, 造成瞬时压力激动而引起井漏, 起钻静止候堵是应当首先采用的处理方法。静止一段时间, 消除压力激动后, 压开的裂缝往往会自动闭合, 井内不漏。此方法可以处理小漏或大漏直至失返, 特别是在深井出现漏速为 $10\sim 45\text{m}^3/\text{h}$, 漏层敏感的井, 应用静止候堵, 效果很突出。1989、1990 两年, 采用静止候堵成功的有 12 井次。例如七里 6—1 井, 漏速 $30\text{m}^3/\text{h}$, 层位 $\text{Tc}^2_2-P_1^1$, 长裸眼多产层, 钻井液密度 2.03g/cm^3 , 通过静止 6h, 开泵循环不漏。

对于有些液柱压力和地层压力的正压差值不大的井, 漏失通道狭窄、空间小, 静止一段时间也可能不漏或者减缓漏失。

10. 适当降低密度调节钻井液性能

井漏以后, 若静液面在井口附近 100m 以内, 一般采用调节钻井液性能的方法, 也能收到效果。对浅井段的低密度、低粘切钻井液, 采用提高粘度和切力会止住井漏; 对深井、高密度高粘切钻井液, 采用降粘切, 减小流动循环阻力, 或者加入一定量的柴油(一般为 4%~8% 的井容量), 混入钻井液中, 都能收到良好的治漏效果。川东地区在 1989、

1990两年,采用此法31次,成功30次,没有发生一次溢流、井喷、垮塌现象,做到了安全、省事、经济。

11. 清水强钻

上部地层由于岩石结构疏松破碎,井段较长,碳酸盐岩地层经常出现大裂缝、溶洞,对这类井漏实施堵漏作业,只能是事倍功半。为了加快钻井速度,降低堵漏损失,在条件允许时,采用清水强钻会收到显著的成效。1987年以来,每年大约有10~15井次施行清水强钻处理井漏,大都能取得成功。强钻进尺一般在 $1.0 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^4$ m范围,占川东年进尺的8%~10%,使近几年的钻机月速大为提高。

清水强钻必要的满足条件为:已钻和需钻的地层无产层、钻屑能全部携带进漏层或全部带出地面、井眼稳定无垮塌、水源和供水

能力有充分保障,而且要有强有力的技术、组织措施。

12. 下套管封隔

当钻至地层压力变化很大的过渡带,或者钻遇大裂缝、大溶洞井漏,采用上述的各种方法处理井漏都很难见效时,则下套管封隔是一种最有效的手段。但对后一种情况在下套管前必须强钻一段,将漏层全部暴露出来。

结束语

目前我们的综合治漏工艺技术也还存在不少技术难题,例如:研究深井、高压、井下测漏仪器和堵漏工具;碳酸盐岩地层压力预测、监测技术;深井、长裸眼、多产层井漏的堵漏找漏层技术等都有待于进一步研究与开发。

(本文收稿 1992 05 07)

四川探区地震成果钻探符合率提高

四川探区1992年度地震勘探成果钻探检验已于近日揭晓,77口检验井有62口符合,符合率约81%,较上年提高7.1%,与包括1992年在内的前5年平均水平相比,提高8.9%。

在四川盆地这类复杂多变的区域内进行地震勘探,提高勘探精度的难度很大。近年,主要担负上述工作的四川石油管理局地质调查处,努力发挥现代数字地震技术的优势,从施工设计、施工过程、资料处理解释等不同环节层层把关,提高质量。每年施工作业数万炮次,合格率均在99.5%以上;专业技术人员对高质量的第一手资料进行精细处理解释,每年都提交出具有较高可信度的地震成果资料供钻探选择;与此同时,还根据钻探需要,开展新技术新方法攻关。如川东气田某构造有两口探井相继出现失误。经分析认为:主要是反射波归位不准,造成构造不落实而导致钻探失误。针对这一状况,该处资料处理解释人员自编出“射线变速深度偏移”这一新的软件程序,并在该区进行反复试验后投入使用。钻探单位依据新提供的地震成果资料钻井,1992年已有1口探井获高产气流。据此,已在该构造带中段的东侧获得一批有利于油气开发的潜伏构造,为钻探提供了新的目标。

据有关人士称,“射线变速深度偏移”这一深度域成像技术,效果已达当今国际先进水平。它适用于各种复杂构造的归位处理和需定井剖面的精细分析处理,对提高勘探精度有十分重要的作用。

屈永志

Zeng Mingchang: Technology and Technique of Comprehensively Stopping Lost Circulation, NGI 13 (1), 1993: 68~73

While drilling in stratum of carbonate rock, the questions such as dropping out in fracture corrosion cave, serious lost circulation in long section broken stratum and large water bearing formation are frequently happened and it is difficult to stop lost circulation. Aimed at the geologic and drilling characteristics of high and steep structures in east Sichuan, the view of comprehensively stopping lost circulation is raised in this paper. Meanwhile, the characteristics of leakage stratum is classified by analysing, contrasting and summing up a lot of lost circulation's data, and the technique measures of preventing lost circulation and the technique plans of stopping lost circulation in various conditions are proposed.

Subject Headings: east Sichuan, carbonate rock, high and steep structures, comprehensively stopping lost circulation, technology and technique.

Jiang Wei: Characteristics of Guide Drilling Technique Used in Bohai Area and Their Analysis, NGI 13(1), 1993: 74~77

This paper recounts the experiences of enhancing drill effectiveness, shorting well building period, saving cost and accurately controlling borehole trace by using guide drilling system in the production process of drilling cluster in the area of Bohai Liaodong Bay.

Subject Headings: Bohai Liaodong Bay, guide drilling, deviating and directing, turning the direction, keeping deviation, borehole trace control.

Zhang Houqing: Accurates Solution about Vadose of Horizontal Gas Well, NGI 13(1), 1993: 77~84

Aimed at the vadose of horizontal well in sandstone gas reservoir, the accurate solutions about three basic boundary value problems are found in this paper, which is of important theoretical and practical significance on well test interpretation of horizontal well in sandstone gas reservoir.

Subject Headings: sandstone gas reservir, horizontal well, accurate solution.

Feng Xi and Zhao Hong: Direct Match Analytical Approach of Impulse Well Test Curve, NGI 13 (1), 1993: 84~88

This paper proposes the direct match analytical approach of impulse well test curve, discusses the affected conditions and adjustment method of matching parameters. On the premise of ensuring the precise results, the approach simplifies the analytical processes of impulse well test, and is easy to apply in fields.

Subject Headings: impulse well test, curve match, analytical approach.