

Скважинный прибор для определения акустических свойств в околоскважинном пространстве

Wireline tool to improve estimates of 3D borehole acoustic rock properties

Вивиан Пистре (Vivian Pistre) и Кейт Шиллинг (Keith Schilling) из компании Schlumberger представляют новейшую скважинную аппаратуру для устойчивого определения акустических свойств пород. В сочетании с другими методами эти данные сокращают затраты на бурение и ввод в эксплуатацию, улучшают продуктивность скважин и извлекаемость запасов. С ноября 2005 г. с этой аппаратурой выполнено более 400 проектов.

Новый скважинный прибор имеет скорости, или время прохождения расстояний от источника до приемника больше источников (5) и единицы длины, измеренное во всех видах: точечном, дипольном и приемников (104), чем приборы акустическими средствами. Кроме Стоунли. Обработка данных состоит в нынешнего поколения. неоднородного напряжения, из-за полной инверсии кривых частотной. Выдержанная форма сигнала и механического и химического дисперсии скорости для всех современные способы обработки воздействия скважины, собственной акустических мод скважины. На рис. 1 позволяют улучшить оценку оценки анизотропии пород или, показан радиальный профиль лучевых скоростей P- и S-волн, механических повреждений, медленности S-волн, из которого видно, улучшает определение анизотропии, прорыва флюидов и рассланцевания что зона нарушения коллектора и типа волн, в том числе – в в процессе бурения, возникает превышает 1 фут.

обсаженных скважинах. радиальные градиенты медленности. Значения изменений медленности S-Современные алгоритмы инверсии В пройденных породах волн определяются путем инверсии позволяет точно определять градиенты медленности возникают дисперсии в модах дипольной и Стоунли. свойства пород в объеме за счет как для P-, так и для S-волн. Дипольная мода дает информацию в использования нескольких. Оценка свойств пород в местах двух взаимно перпендикулярных расстояний между источником и залегания основана на определении плоскостях, пересекающихся по оси приемником и широкополосного медленностей P- и S-волн в объеме, скважины, а мода Стоунли – в акустического сигнала. Точное т. е. их изменений по глубине, по плоскости, перпендикулярной оси определение свойств пород азимуту и с расстоянием. Для этого скважины. Конструкция дипольного позволяет своевременно принимать используется широкополосная источника уникальна. Она позволяет в решения при размещении скважин, запись сигнала при различных импульсном или непрерывном режиме перфорации, нагнетании, оптимизации добычи и изучении песков. Приводятся примеры возможностей новой аппаратуры из различных скважин в разных частях света.

Аппаратура

Акустические измерения уже давно используются для оценки свойств горных пород в околоскважинном пространстве, и способы их применения хорошо известны и изучены. Скорость звука тесно связана с напряжением и гидростатическим давлением в скважине, пройденной в напряженном горном массиве, что приводит к неоднородному напряжению, из-за чего акустические свойства пород и медленности P- и S-волн меняются по азимуту и с расстоянием.

Медленность – величина, обратная

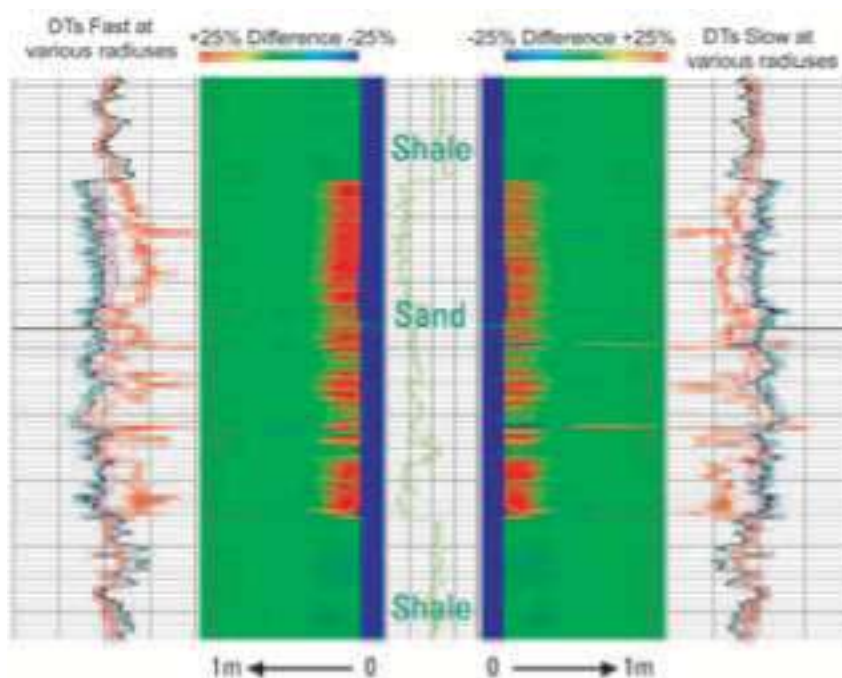


Рисунок 1 Показан радиальный профиль медленности S-волн, на котором виден поврежденный участок в коллекторе более одного фута.

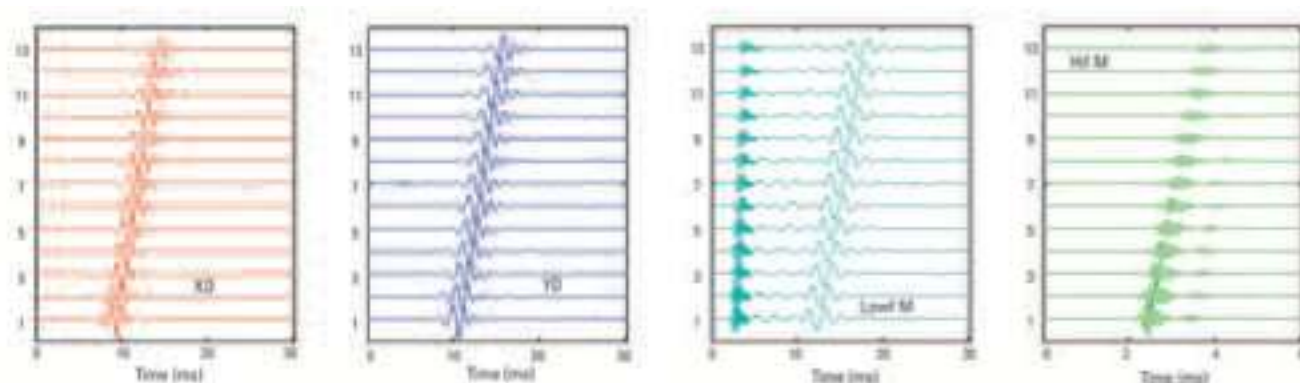


Рисунок 2 Форма волны, получаемой от точечного и дипольного источников, показана для низкоскоростной формации в Северной Америке.

генерировать сигнал с очень широким спектром в любой среде. Радиальный профиль градиента медленности S-волн определяется по набору значений медленности в широком диапазоне частот с помощью инверсии Бакуса-Гильберта. Этот метод инверсии состоит в изменении модели, который связывает изменения дисперсии скорости со свойствами пород. Алгоритм определяет радиальную медленность S-волн по разнице дисперсии, установленной на нескольких частотах по данным, и дисперсии в опорной модели, соответствующей однородной изотропной среде.

Медленность P-волн вычисляется по сигналам точечного источника при различных, от очень малых до очень больших, расстояниях между источником и приемником, в чем и состоит уникальность нового метода. Работа идет с расстановкой из 13 приемников и трех точечных источников. Путем трассировки лучей проводится инверсия времен прихода рефрагированных P-волн и получаются значения медленности на различных расстояниях от оси скважины.

Располагая профилями медленностей P- и S-волн, можно получить верные значения медленностей на больших удалениях от скважины, нужные для геофизического и петрофизического анализа, а также значения градиентов вблизи ствола скважины, нужные для решения задач геомеханики и добычи. Радиальные изменения медленности в коллекторах могут указывать на

механически поврежденные участки, создающие дополнительный риск прорыва пльвунов. В напряженных породах радиальные градиенты медленности отвечают измененным породам и дают информацию о возможных угрозах при бурении. Если же радиальных градиентов нет, то породу можно считать механически цельной и бурить с малым риском.

Результаты

Скважинный акустический прибор Sonic Scanner имеет пять источников и 104 приемника, что значительно больше, чем в приборах нынешнего поколения, смонтированных на, малозумной платформе с известным акустическим откликом. Длинная расстановка состоит из 13 групп по 8 азимутальных датчиков в каждой. Сигнал с каждого из 104 приемников цифруется отдельно, что позволяет хорошо передать форму сигнала и, тем самым, улучшить оценку медленности по сравнению с прежними методами. Это достигается также качественной полосовой и режекторной фильтрацией и более точным расчетом волнового числа на всех частотах. Данные из необсаженных скважин из разных частей света говорят о возросшей точности определения медленности как P-, так и S-волн, а определение их изменчивости по радиусу уникально. Новый прибор надежно определяет медленности в пределах 90-900 мкс/фут. Дополнительные осевые и азимутальные датчики повышают устойчивость определений анизотропии по S-волнам при анизотропии медленностей 1-2%.

Улучшение качества кривых дисперсии как для точечного, так и для дипольного источника позволяет различать однородные среды, неоднородности, изотропные участки и анизотропию разных типов. В обсаженных скважинах медленности S-волн уверенно определяются до величин 459 мкс/фут.

На рис. 2 приведены записи сигналов от точечного и дипольного источников в низкоскоростных породах Северной Америки. Зеленый сигнал (Hif M) получен от высокочастотного точечного источника, дающего в основном P-волны. Светло-синий сигнал (Lowf M) получен с тем же источником на низких частотах. Ясно видны два отражения. Высокочастотный сигнал на малых временах соответствует P-волне, а низко частотный на более поздних временах – волне Стоунли. Красные сигналы, идущие от дипольного источника XD, дают одно четкое отражение. Темно-синий сигнал идет от дипольного источника YD, ортогонального к XD. Отметим хорошую передачу формы сигнала, а также, что запись сделана на 13 положениях приемника. Частотный состав сигнала определяется размером скважины и медленностью в породах.

На рис. 3 показаны графики частотной дисперсии медленности, полученные по записям с рис. 2. Медленность P-волн составляет на этих глубинах 186 мкс/фут, что соответствует нижнему пределу для P-волн, распространяющихся в скважине (светло-синие и зеленые

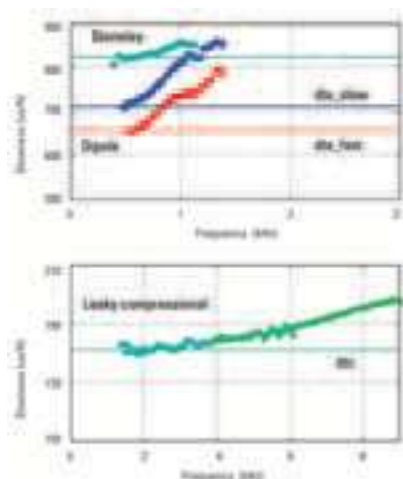


Рисунок 3 Приведены кривые медленности-частотной дисперсии, полученные из формы волны на Рисунке 2.

точки на нижнем графике). Горизонтальная линия соответствует обработанной медленности Р-волн. На верхнем графике показаны кривые дисперсии от дипольных источников и низкочастотного точечного источника (волна Стоунли). Для дипольных данных сигнал обращением по методу Элфорда (Alford) разделен на две моды, распространяющихся в анизотропной среде. Красным дана быстрая S-волна, темно-синим - медленная. Анализ кривых дисперсии позволяет установить основной механизм анизотропии. На нижнем частотном пределе определяются скорости S-волн на большом удалении от скважины, показанные красным для быстрой и синим для медленной волн.

Новый прибор применяется и в обсаженных скважинах. Большие расстояния от источника до приемника и увеличенное число

позволяет надежно определять медленности Р- и S-волн до 400 мкс/фут (для S-волн). В приведенном на рис. 4 примере из США медленности S-волн от дипольного источника с непрерывным излучением меняются в пределах 120-400 мкс/фут. Отметим четкие пики, говорящие о высоком качестве данных. Улучшение определения свойств пород через обсадку требует точного определения медленностей в широком диапазоне условий.

Как показано выше, новая аппаратура обеспечивает устойчивое определение свойств пород, а в сочетании с другими данными дает информацию об обстановке для бурения и состоянии коллектора. При наличии точных оценок свойств пород можно своевременно принимать решения при размещении скважин, перфорации, нагнетании, оптимизации добычи и изучении песков. Эти знания позволят снизить затраты на бурение и ввод в эксплуатацию, повысят продуктивность скважин и извлекаемость запасов на месторождениях во всем мире.

Благодарность

Авторы благодарят компанию ChevronTexaco за разрешение показать данные.

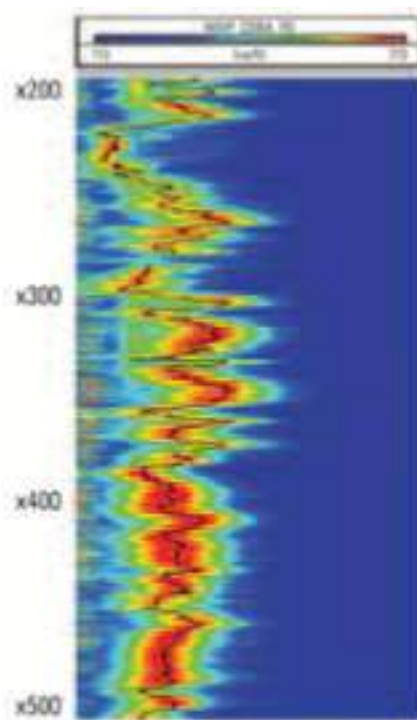


Рисунок 4 Пример определения медленности S-волн, США, данные получены при работах дипольным источником через обсадную колонну, четкие пики когерентности указывают на высокое качество данных.

Примечание

Статья основана на докладе коллектива авторов – сотрудников компании Schlumberger на 67-й конференции EAGE в Мадриде в 2005 г.:

V. Pistre, T. Plona, B. Sinha, T. Klinoshita, H. Tashiro, T. Ikegami, J. Pabon, S. Zeroug, R. Shenoy, T. Habashy, H. Sugiyama, A. Saito, C. Chang, D. Johnson, H.P. Valero, C.J. Hsu, S. Bose, H. Hori, C. Wang, T. Endo, H. Yamamoto and K. Schilling. Estimation of 3D borehole acoustic rock properties using a new modular sonic tool. In: Proceedings of, all of EAGE 67th Conference & Exhibition. Madrid, Spain. 2005