تفکیک سیالات مخزنی و سنگ‌شناسی‌های مختلف به کمک نشانگرهای AVO

مرضیه میرزاخانیان[۱] و عبدالرحیم جواهریان[۲]

[۱] موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران
[۲] دانشیار مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران

چکیده

یکی از مهمترین روشهای ارزیابی کمّی که اساس کار آن داده های پیش ازبرانبارش است، مطالعات AVO یا تغییرات دامنه در برابر دورافت می باشد. مطالعات AVO بطورکلی عبارت است از استخراج نشانگرهای معمول AVO در ارتباط با تغییرات عرض از مبدأ و شیو و همچنین وارون سازی AVO، که با استخراج پارامترهای لامه می‌تواند در تشخیص سیالات مخزنی و سنگ شناسی های مختلف بکار رود. در این مطالعه، به بررسی کاربرد روشهای معمول AVO و همچنین وارون سازی AVO به منظور استخراج خصوصیات کشسان سنگ در جداسازی سیالات مخزنی و سنگ شناسی های مختلف در مخزن ماسه سنگی غار میدان ابوذر در خلیج فارس پرداخته شده است . در این بررسی داده های یک چاه به منظور کالیبره کردن داده های لرزه‌ای سه بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

Abstract

AVO (Amplitude Versus Offset) is a logical and quantification petrophysical extension to pre-stack seismic data. AVO analysis techniques consist of extracting simple AVO attributes related to intercept and gradient and AVO inversion to extract Lame's parameters as a tool for identification of hydrocarbon and lithology identification. We have carried out AVO analyses in a part of 3-D seismic data of Ghar reservoir in Aboozar oil field in Persian Gulf. We have used log data of a well in oil zone for calibration of real data.

مقدمه

می‌توان گفت تحلیل AVO به بررسی تغییرات غیر معمول سرعت موج تراکمی و موج برشی به منظور تعیین تغییرات نوع سیال و همچنین خصوصیات سنگ‌شناسی می‌پردازد (کاستاگنا، ۱۹۹۳). روش‌های دیگر ازاندازه‌گیری‌های AVO به تعیین نسبت پواسون (استراندر، ۱۹۸۴) ضرایب بازتاب موج تراکمی و موج برشی یعنی تفاوت مقاومت لرزه‌ای (فتی و همکاران، ۱۹۹۴) یا $(Vp/Vs)^2$ (استراندر، ۱۹۸۴) می پردازد. همچنین تبدیل اندازه‌گیری‌های سرعت به پارامترهای لامه λ و μ بینش جدیدی در ارتباط با فاکتورهای کنترل کننده خصوصیات مخزن ارائه می‌دهد. تعیین دقیق زون‌های مخزنی با توجه به حساسیت بالای فاکتور تراکم‌ناپذیری λ به سیالات مخزنی صورت می‌گیرد و به کمک تغییرات ضریب برشی μ،تراکم ناپذیری و چگالی تفکیک سنگ‌شناسی صورت می‌گیرد.

تئوری و روش انجام کار

نقطه شروع تحلیل AVO استفاده از ساده‌سازی‌های معادله زوپریتس می‌باشد که یکی از آنها توسط آکی و ریچاردز (۱۹۸۰) ارائه شد. دو فاکتور مهم که رفتار AVO را بیان می‌دارند عبارتند از ضریب بازتاب نرمال R(0) یا عرض از مبدأ و تغییرات نسبی دامنه با زاویه فرود (دورافت) یا شیو که تغییرات آن وابسته به تفاوت نسبت پواسون در بازتابنده دارد. سایر نشانگرهای AVO نیز به کمک روابط ریاضی با این دو نشانگر در ارتباط هستند. استخراج پارامترهای λ و μ از نگارهای صوتی و چگالی، یا $\lambda\rho$ و $\mu\rho$ از داده‌های لرزه‌ای بدون دانستن چگالی و به کمک روابط زیر (گودوی و همکاران، ۱۹۹۷) می‌تواند صورت پذیرد.

$$\lambda = Vp^2.\rho - 2Vs^2.\rho \quad \text{و} \quad \mu = Vs^2.\rho \qquad \text{یا} \qquad \lambda\rho = Ip^2 - 2Is^2 \quad \text{و} \quad \mu\rho = Is^2 \qquad (۱)$$

Archive of SID

www.SID.ir

فتی و همکاران (۱۹۹۴)، معادله آکی وریچاردز را به منظور استخراج ضرایب بازتاب موج برشی و موج تراکمی یا تفاوت مقاومت لرزه ای به صورت زیر بازنویسی کردند.

$$R(\theta) = (1+\tan^2\theta)\frac{\Delta Ip}{2Ip} - 8\left(\frac{Vs}{Vp}\right)^2 \sin^2\theta \frac{\Delta Is}{2Is} - \left(\frac{1}{2}\tan^2\theta - 2\left(\frac{Vs}{Vp}\right)^2 \sin^2\theta\right)\frac{\Delta\rho}{\rho} \qquad (۲)$$

در این معادله که به معادله "Geogain equation" معروف است با استفاده از روش کمترین مربعات یا نرم L1، مقدار $R_p(0)$ و $R_s(0)$ به کمک دو جمله اول معادله با حذف جمله سوم در صورتیکه Vp/Vs تقریباً برابر ۲ و زوایا کوچک باشد، محاسبه می‌گردد (گودوی و همکاران، ۲۰۰۶).

با دانستن مقاطع ضرایب بازتاب P و S، مرحله بعدی به‌دست آوردن Ip و Is از طریق وارون‌سازی می‌باشد، که در نهایت استخراج $\lambda\rho$ و $\mu\rho$ ممکن می‌باشد. انواع مختلف سنگ‌شناسی در مقطع کراس پلات $\lambda\rho$ و $\mu\rho$ قابل تفکیک می‌باشد. لازم به ذکر است که این دو پارامتر همچنین می‌توانند مستقل در نظر گرفته شوند. زون‌های هدف به کمک یکی از مقاطع $\lambda\rho$ و $\mu\rho$ شناسایی و مقطع دیگر برای توضیح بهتر و دقیق‌تر تفسیر اولیه به‌کار می‌رود. به عنوان مثال زون‌هایی با $\lambda\rho$ پایین، نمایانگر حضور گاز می‌باشند که به کمک اطلاعات حاصل از $\mu\rho$ از آنجا که ماسه‌های گازی دارای $\mu\rho$ بالا هستند، از حضور گاز اطمینان بیشتری حاصل می‌گردد. تشخیص درجه اشباع ماسه از گاز به کمک مقدار $\lambda\rho$ و همچنین درجه سختی ماسه از روی مقدار $\mu\rho$ قابل تشخیص است (ژانگ و لی، ۲۰۰۵). تحلیل معمول AVO و همچنین روش LMR بر روی قسمتی از داده‌های سه‌بعدی میدان ابوذر انجام شده که در ادامه بررسی می‌گردد.

منطقه مورد مطالعه

در میدان ابوذر هیدروکربور از سازند الیگومیوسن غار تولید می‌شود، که به‌صورت یک تاقدیس با روند NW-SE شامل حداکثر ۱۰۰ متر ماسه سخت نشده با کیفیت خوب با بین لایه‌های شیل، دولومیت، ماسه‌ها با سیمان دولومیتی و لایه‌های انیدریتی می‌باشد. در قسمت پایین سازند لایه‌های کربناته متعلق به آسماری زیرین قرار دارد. با پیش‌بینی تغییرات خواص لرزه‌ای مخزن در اثر جابه‌جایی سیال به کمک معادله گسمن (۱۹۵۱) و داده‌های یک چاه در زون نفت‌دار و مدل‌سازی مستقیم و مقایسه با داده‌های واقعی مشخص گردید که پاسخ AVO مربوط به بالای غار متعلق به کلاس IV، طبقه‌بندی رفتار AVO (کاستاگنا و همکاران، ۱۹۹۸) می‌باشد. پس از تولید نشانگرهای AVO، نقشه تغییرات آنها در افق بالایی مخزن نیز تهیه گردید که با توجه به مدل‌سازی انجام شده بهترین آنها عرض از مبدأ و تغییرات نسبت پواسون می باشد. در شکل ۱ نقشه تغییرات نسبت پواسون در افق بالایی مخزن غار مشاهده می‌گردد. هر چند این نشانگر قار به جداسازی مرز سیالات مخزنی از یکدیگر می‌باشد به‌طوریکه با نقشه حاصل از تفسیر چاه‌های منطقه همخوانی دارد ولی تمایز چندان شاخصی بین قسمت‌های نفت‌دار و گازدار قائل نمی‌باشد. مقاطع $\lambda\rho$ و $\mu\rho$ در شکل ۲ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود زون هیدروکربوری به‌راحتی از روی مقدار پائین $\lambda\rho$ قابل شناسائی می‌باشد نقش افق بالائی مخزن مربوط به تغییرات پارامترهای لامه نیز تهیه شده است (شکل ۳). با بررسی این نقشه‌ها می‌توان زون گازدار را با توجه به مقدار $\lambda\rho$ پائین‌تر از قسمت نفت‌دار تفکیک نمود. همچنین $\mu\rho$ در قسمت رأس تاقدیس مخزن که مربوط به قشر گازدار است مقدار بالاتری را نشان می‌دهد. با تهیه کراس پلات $\lambda\rho$ نسبت به $\mu\rho$ تفکیک سنگ‌شناسی‌های مختلف در زون مخزنی امکان‌پذیر بوده است که در شکل ۴ مشاهده می‌شود.

نتیجه گیری

با انجام این بررسی نتیجه‌گیری می‌شود که انجام وارون‌سازی AVO به منظور استخراج پارامترهای لامه در مقایسه با تحلیل

Archive of SID

www.SID.ir

معمول AVO توانایی بیشتری در تشخیص سیالات مخزنی و تفکیک سنگ‌شناسی‌های مختلف دارد چرا که درصد تغییرات متوسط این نشانگرها از نشانگرهای معمول AVO بیشتر می‌باشد. مقطع کراس پلات $\lambda\rho$ نسبت به $\mu\rho$ ابزار مؤثری در تفکیک سنگ‌شناسی‌های مختلف در این منطقه ارزیابی شد به‌طوری‌که با تشخیص لایه‌های شیلی در مورد محل حفاری بهتر می‌توان تصمیم‌گیری کرد.

منابع

Aki, K., and Richards, P. G., 1980, Quantitative seismology: Theory and methods: W. H. Freeman and Co., NewYork.

Castagna, J. P., Batzle, M. L., and Kan, T. K., 1993, Rock physics- The link between rock properties and AVO response: in Goodway, B., 2001, AVO and Lame constants for rock parameterization and fluid detection: Recorder, **26**, (6) 39-60.

Castagna, J. P., Swan, H. W., and Foster, D. J., 1998, Frame work for AVO gradient and intercept interpretation: Geophysics, **63**, 948-956.

Fatti, J. L., Smith, G. C., Vali, P. J., Strauss, P. J. and Levitt, P. R., 1994, Detection of gas in sandstone reservoirs using AVO analysis: a 3-D seismic case history using the geostack technique: Geophysics, **59**, 1362-1376.

Gassmann, F., 1951, Elastic wave through a packing of spheres: Geophysics, **59**, 1362-1376.

Goodway. B., Varsek, J., and Abaco, Ch., 2006, Practical applications of p-wave AVO for unconventional gas resource Plays; Seismic petrophysics and isotropic AVO: CSEG Recorder, April, 53-65.

Goodway B., Chen T., and Downton J., 1997 Improved AVO fluid detection and lithology discrimination using Lame petrophysical parameters 67th Annual International Meeting (Soc. of Expl. Geophys.), 183-186.

Ostrander, W. J., 1984, Plane-wave reflection coefficients for gas sands at non- normal angles of incident: Geophysics, **49**, 1637-1684.

Zhang, J., and Li, X. Y., 2005, AVo fluid discrimination with weak impedance contrast- A case stady from the Ordos Basin: 67th EAGE congress and exhibition, 13-16 June.

Archive of SID

www.SID.ir