

Well log (دلتی رضایی)

Well Logging (P.7)

Other Common Logs :

FMS (Formation Micro-Scanner)

FMI (Formation Micro-Imager)

ATV (Acoustic Televiewer)

OBMI (Oil-based Mud Imaging)

NMR (Nuclear Magnetic Resonance) , CMR (Combined Magnetic Resonance)

FMS و FMI : اندازه گیری برای تعیین چاه در دیواره چاه و تعیین Resistivity

در سطح پایه روغن کاربرد دارد (مقاومت کل از مقاومت چاه دیواره است)

مقاومت چاه بیشتر در روشن در Log به عنوان نمادی از مقاومت چاه

تعیین مقاومت : رنگ های بیشتر در روشن

مقاومت را نشان می دهد چاه چاه است (تبدیل عدم تماس سیستم با دیواره چاه وجود کل)

علی الخصوص برای مطالعه شکستگی و فشاری رود

انتخاب چاه ترسیم و تولیدی (در سطح نمون گیری استاندارد واقعی شکستگی) از زمین می رود چون نمون در داخل

Core barrel می چرخد) ، بنابراین از FMS و FMI استاندارد می شود

ATV : در رنگ های صوری دیواره توسط تعداد مشخص می شود

OBMI : (Oil-based Mud Imaging) : سطح بیشتر رسوبات است و اندازه ریز مقاومت دارد

Open-hole Logging

Cased-hole Logging → production Logging

موردی برای open-hole log است

NMR : تحت شرایط قوی ، پروتون و منگنز وید میدان حاصلی را می دارند و در زمان T_1 Relaxation ، اندازه گیری می شود

اندازه گیری زمان T_1 Relaxation Time : زمان که طول می کشد تا میدان درون چاه در حالت است

این زمان بیشتر اندازه تخلخل است (ϕ)

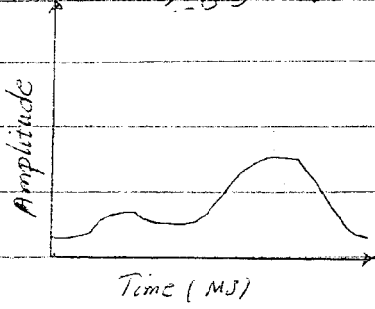
این زمان بیشتر : گراژون میال درون تخلخل بیشتر است ($\uparrow T_1 \Rightarrow \uparrow \phi$)

این زمان بیشتر : $\downarrow \phi \Rightarrow \downarrow T_1$ (تره بیشتر بودن دیواره در تخلخل کمتر باعث کاهش زمان می شود)

انتخاب آب دقت را می دهد (S_w)

Well-Logging (P-2)

در سازش با تخلخل، مستقیم و معکوس در بارهای بیشتر و در زمان زرع در (Relaxation Time) کاهش می یابد.



معین این است چه مقدار تخلخل می باشد و چه مقدار درشت داریم

$MNR \rightarrow K$ را قابل پیش بینی می کند

که به طور غیر مستقیم اندازه می گیرند.

هر چه تابع تخلخل تراشد زمان زرع می کمتر می شود. (اثر M)

نکته: هم در NMR این است که میدان مغناطیسی به سرعت پالس می اعمال می شود.

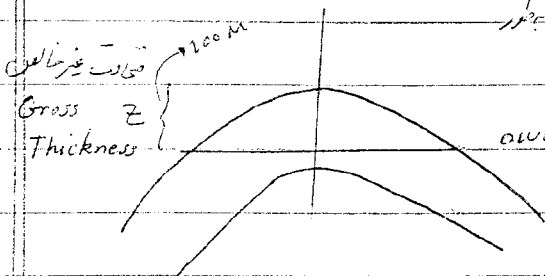
بنابراین ابتدا پهن ترین خطی هسته تخلخل و سپس تخلخل خود را از دست می دهند.

اندازه گیری در زمان ارزشمند است تخلخل پرتو تون در درجه در تعیین سادیم

لزنت (M) و تخلخل (phi) به طور مستقیم در تعیین شود بهترین به طور

غیر مستقیم (phi up => K up) می کنند.

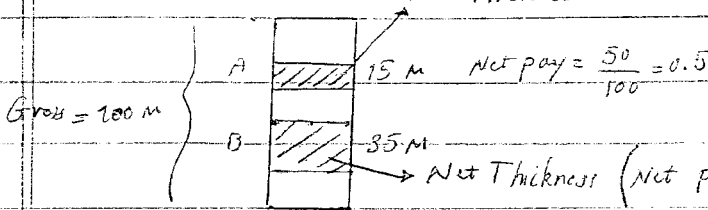
Logging Results: می دانیم



Buoyancy Force = $\sum g (P_w - P_o)$

دلیل خود را

ناحیه فاز (2 ضخامت Gross تولید شده است)



Gross Thickness به صورت بازه ای تولید می کند

Net Thickness ضخامت تولید شده است

Net Thickness (Net pay = Net / Gross)

دو پارامتر هست تخمین ضخامت Net ، phi و Sw است. (cut-off)

Cut-off: phi < 4% } Pay معیار (phi > 4% و Sw < 50%)

بازهای که دارند ضخامت phi > 4% و Sw < 0.5 است ، بازه ای تولید می کنند.

اساس Cut-off چیست ؟ (1) انتخاب phi : همین سطح ندارد ضخامت تولید می کنند و ضخامت آن

دارد و تجربی می باشد

(2) انتخاب Sw cut-off : انتخاب 50% ، همیشه است و ضابطه آن

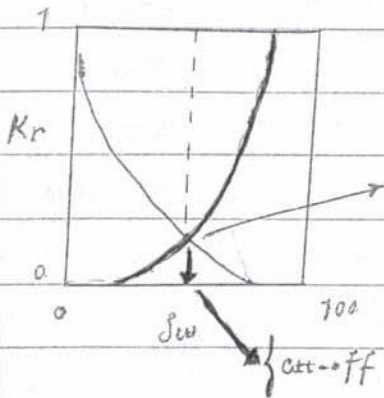
عقل است.

توزید پیری (K) : Kh و Kv (حسیه Kv << Kh)

Kh : plug در جهت لایه } اصل رسوب گذاری اولیه طبیعت }
 Kv : plug خود در جهت لایه } بدلیل خاصیت }
 تلف می رسون

Well-Logging (P.3)

- توصیه اشباع S_w در حد آب به عنوان میزان بیشترگی برای آب به صورت بهینه در cut-off



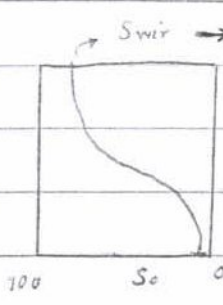
(نقطه برخورد در نقطه) نقطه در نظر صفت اشباع
 $S_w = 50\%$ برای Cut-off
 در اشباع $S_w = 0.5$ ، نفوذی آب رده در زمین تقریباً یکسان است.
 flow

- برای کاسبه OOIP ، نیاز به ϕ داریم که با ابزار well-logging استاندارد شود. (نیاز از coning)
 - Bound water : غیر قابل احتمال اندک با حرارت. (آب روی سطح رس ϕ). (clay surfaces)
 - Capillary water : آب داخل Pore های ریز (غیر قابل حذف) در رس ϕ . (Small pores)
 - اندازه گیری ϕ در آزمایشگاه : ϕ ، آب Bound و آب حسی را جزیره ϕ می آورد در صورتی که در حالت مخزن این دو صفت جزیره ϕ میزند. (Oven Dried Core Analysis)

Pore:	(1) Clay surfaces	این مورد در lab. به حساب می آید.	کامل غائب شده در مخزن در روش های آزمایشگاهی
	(2) Small pores		
	(3) Large pores		

$$S_w + S_o + S_g + S_h = 1 \quad (S_h : \text{Hydrocarbon Saturation})$$

S_{wir} : immobile, fixed, irreducible (حجم بالای مقون نفت)



- هر چه مقدار S_{wir} زیاد باشد نشان دهنده بیشتر شده و این بونسی
 حجم S_{wir} کاهش خواهد یافت (χ : ارتفاع مقون نفت)
 - زیر water table در ابتدا تمام Pore اشباع از آب هستند (قبل از مهاجرت نفت)
 - گزارش تکمیل چاه : آمانیز آب سازندی : (۱) به صورت Chart
 نشان دهنده مقادیر آب χ (۲) به صورت Table

کمی در تعیین خواص اساسی سازند در چاهت : خط عمودی بیانگر آب شیرین است.

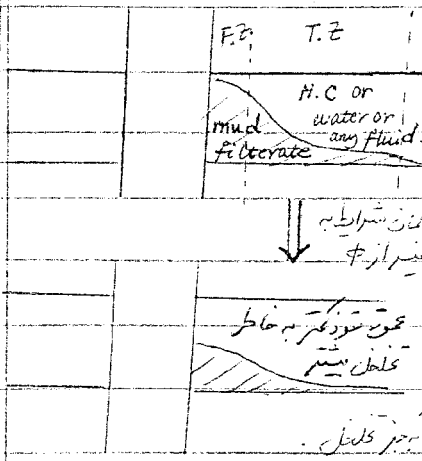
- شوری آب سازندی بیانگر ، متوسط ، $200,000 \text{ ppm}$ است. (بیادین اجزاء) لانت در جامهای باز رانده می شود.

- برای کاسبه ϕ مخزن ، معادله آب شور را باید داشته باشیم که با داشتن ppm قابل کاسبه است. (Density log)
 $\phi = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f}$ ($\rho_b = \rho_f \phi + \rho_{ma} (1 - \phi)$)
 - ρ_b چگالی کل ، ρ_{ma} چگالی مایه تکمیل د ρ_f چگالی مایه ال است.
 چگالی آب شور

Well-Logging (P. 4)

- اثر فشار بر دانسیته : شوری آب بر اثر فشار کمتر اثر می گذارد . (شوری بر دانسیته اثر می گذارد و اینها هم فشار کمتر)
- رسانایی میدرومتریک : مقدار مذغیر رسانایی
- چگالی میدرومتریک : بسیار متغیر

بویده فیلتراسیون / کل میناری : (Mud Invasion) uninvaded zone



- Flash Zone : ناحیه شسته شده توسط کل میناری
- Transition Zone : اثر کمتر کل میناری بر سازند
- Uninvaded Zone Intact Zone : ناحیه دراز مدت تاکنون کل میناری (ناحیه دست نخورده)
- ϕ بیشتر ، غلظت کل راکتوری کمتر ($\phi_2 > \phi_1$) (بسیار مهم)
- تعیین اندیس سیالیت (Mobility Index) با استفاده از دو حالت روزمره (توسیع در پایین سطح) *
- این پدیده نشان دهنده K_r و K_{ro} است .
- ضایع شدن در Flash Zone (میدرومتریک با غلظت نمک کمتر)

- R_m : mud Resistivity
- R_{mc} : mud-Cake Resistivity
- h_{mc} : Thickness of mud-Cake (using Caliper)
- R_{xo} : Flashed Zone Rock Resistivity و R_{mf} : mud filtrate Resistivity
- S_{xo} : اشباع آب در ناحیه شسته شده
- R_t : Formation true resistivity in Intact Zone
- d_i : Invasion Depth (عمق نفوذ) $\Rightarrow \frac{d_i - d_{bh}}{2}$ (مقدار ناحیه شسته شده) (d_{bh} : bore-hole Diameter)

تجهیزات نمودارگیر

- سرچاه های عمیقی : (1) truck-mounted unit
- off-shore side units (2)

- کاربرد این روش در حالت گزاری شده یا محلول شوره نمودار . (تعداد نسبت کم ، عمق نمودارگیران بیشتر خواهد بود)
- برداشت اطلاعات : (1) ثبت شده روی کاغذ (نمودارهای گزاری روی کاغذ)
- (2) دیجیتالی (قابلیت on-line بودن را دارد)

- sonde : واحد ثبت تدریجی (که چاه می فرستد و از پایین نمودارگیر می کند تا به سطح)
- بعضی از ابزارهای باقیمانده مستقیم با ریزش چاه دانسیته و سنگها خوانی سازند را ثبت کند . (مثل Density Logs)
- * چگونه در سنگ mud invasion می توان mobility Index تعیین کرد ؟ به صورت ایستاده می توان ثبت به جهات مختلف که کل در سازند نفوذ کرده و میزان سازند را اندازه ، در عکس این حالت هم ، کل باجهای ترشح با حرکت زیاد سازند به جهت رازده شود خواهد

- سرلاگ: شامل مشخصات خوردگیری (header) و دست های شده نرم است:

(1) Comment

(2) Tools Configuration

(3) Repeat Section: یک آیه را دربار Log می کند تا دست خوردگیری مشخص شود.

(4) Tools Calibration: (1) Master Calibration (Done by manufacturing company)

(2) Field Calibration (Done by field operators)

- Header: شامل: اسم چاه، اسم کسپینگ، نام لاگ رای رانده شده

معنی خوردگیری: در حین راند (Round) انجام می شود.

- ترتیب Drilling و Logging از سطح سطح (آرماغ Reig) بجهه می شود. (توجه شود سطح مبدأ سطح آزاد دریا نیست)

- آرماغ Logger: براساس عمق در

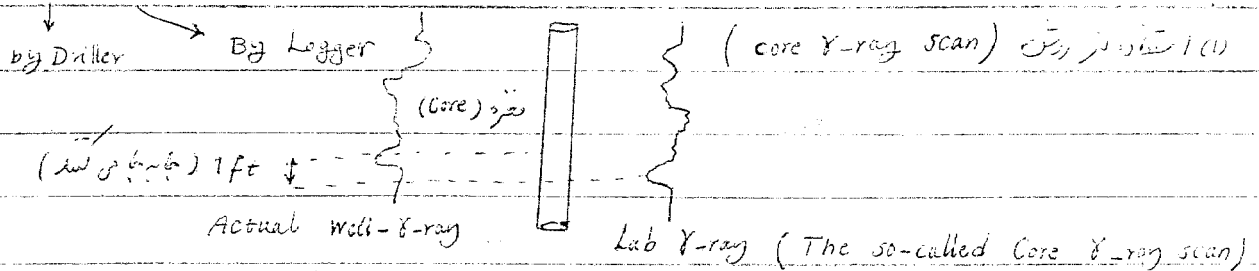
احتمالات دارند: (علیرغم تصحیح عمق Logger)

- آرماغ Driller: براساس لوله های (عمق لوله)

- دلیل اختلاف آرماغ Logger و Driller:

Core-Log Calibration (core و log را یکی)

باید Depth Matching صورت گیرد:



نقشه را در یکی Core و Log

(1) استاندارد در رشتن (core X-ray scan)

(2) بررسی اثر Shale در سازند (شیل) که اثر مخفی روی خوردگی دارد و واضح است در رشتن می شود

(3) تصحیح بررسی در عمق و طول و گ (معنی های قطعه)

- در عمق perforation، عمق مورد استفاده perforation Depth است چون perforating بر روی حملات می شود است

- سنسورهای سنسور دقیقتر نیاز به بردن شود. (حدود 1 فوت اضافه به ابزار و سنسورهای نه چاه است)

- R_{mc} در یک دقت می شود (تصحیح عمق با دقت) در آزاره سنسور

- آزاره رادیو اکتیو، سرعت خوردگیری پایین دارند. cake و فیلتر در

- گ و سرعت خوردگیری ای نه چاه فرسوده می شود. آزاره سنسورهای (تصحیح عمق با دقت)

- آزاره در حدود 20 متر دارند) که تمامی خوردگی را ثبت می کند (با یکبار راندن) + سرعت این ابزار؟

- سرعت بهینه (12-15) m/min است

sampling rate for logging : each 15 cm (Logging Resolution)

□ SP-Log (پتانسیل خودزا) or (spontaneous potential log):

جریان الکتریکی به داخل چاه فرستاده نمی شود و استرودنی به داخل چاه می فرستند و یک پتانسیل ایجاد می کنند و مقادیر سازه را اندازه خواهد گرفت. (ثبت deflection در اثر نفوذی جریان الکتریکی در سطح حاری).

✓ کاربرد های عمده پتانسیل خودزا (SP-log):

(۱) تشخیص کردن لایه های تراوا

(۲) مقادیر آب سازندگی را اندازه می گیرد

(۳) اندازه گیری ضخیم شیل (در رس های که در مخزن وجود دارد) که باعث بروز اختلال می شود و باید تصحیح شود

- در لایه SP، در سمت پتانسیل کنار هم قرار میزن دو سیال (فیلتره ط و آب سازندگی) هر دو یون Na^+ و Cl^- یون های سدا اما چون سرعت

یون های Na^+ بیشتر است، بنابراین بار منفی داریم، اما در پتانسیل عسای و تعادل Na^+ در کل می رود و یون های سدا چون رس ۲ نسبت به Na^+ یون های سدا

(۱) پتانسیل استرودنیست (در منتهی شود) (پتانسیل در Na^+ کم تر از Cl^- است) (معمولاً بیشتر)

(۲) پتانسیل استرودنیست (علت جریان خودزا): μ پتانسیل عسای (membrane potential) \checkmark

✓ مقدار این پتانسیل در حدود $(\frac{1}{5})$ مقدار پتانسیل عسای است \rightarrow (۲) پتانسیل کنار هم قرار گیری دو سیال (liquid junction potential)

(۱) پتانسیل عسای در زمین یکیم شوری کل حاری که از آب سازندگی است عسای لایه رس است (در اینجا) یعنی جابجایی

یون مثبت و منفی توسط عسای صورت می گیرد (از آب سازندگی به کل) معمولاً در یون های رس بار منفی وجود دارد و بار

مثبت حرکت می کند (به بار منفی) در لایه های شیلی (۲) انتقال یون منفی از عسای نسبت به آن از طریق تماس مستقیم

سیال هم صورت می گیرد که سرعت یون های Na^+ بیشتر است و این باعث بار منفی داریم زمانی که اگر در پتانسیل آورد شود

در سمت چپ این لایه تراوا می رسد بار منفی را هم کرده و به μ تراوا تر داده و ثبت می کند و یک deflection ثبت

می شود و این بین بیک، گاهی تراوا رسیده ایم. (در اینجا لایه تراوا است و لایه شیلی ثبت است و میلی ولت مثبت می شود)

مقدار این پتانسیل به اختلاف شوری در محیط شیلی دارد و میلی ولت ثبت شده نیز به اختلاف شوری دارد

$$E_c = K * \log \left(\frac{R_w}{R_{mf}} \right)^{-1} = K \log \left(\frac{R_{mf}}{R_w} \right)$$

اکتیویته ارتباط مستقیم با شوری سیال دارد (Activity) (مقدار از Activity خود میزان شوری است)

مقدار ارتباط منطقی با شوری سیال دارد (Resistivity) E_c را طراوت تر ثبت می کند

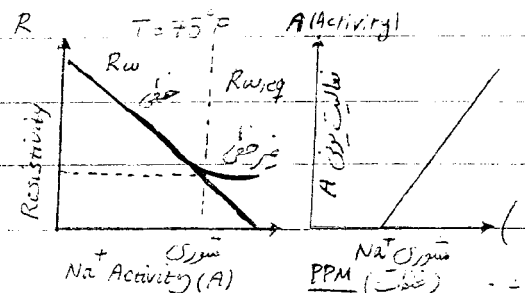
K در دما خاص می شود (تغییر به دما تابعی دارد)

R_{mf} را داشته و R_w را خاص می کنیم (از کاربرد های SP Log)

در R_{mf} در Log Header ثبت شده است

- در غلظت های بالای Na^+ $R_{mf,eq}$ و R_w,eq (در فرمول 2-SP) اندازه می شوند

- شلیک به برای $R_{mf} > 0.1$ (Fresh water) تصحیح تجربی $R_{mf,eq} = 0.85 R_{mf}$ ارائه داده است. (در جایی که $NaCl$ حیره نیست)



Well-Logging (P.7)

ارتباط بین $R_{mf,eq}$ و $R_{w,eq}$ (آورد می شود)

$K = 61 + (0.133 \times T^{\circ}F)$ NaCl muds

$K = 65 + (0.24 \times TC)$ NaCl muds

$K = 22 - (56 + 0.12 \times T^{\circ}F)$ KCl muds

$K = 25 - (49 + 0.11 \times T^{\circ}F)$ $KHCO_3$ muds

$E_{SP} = -K * \log_{10} \left(\frac{R_{mf,eq}}{R_{w,eq}} \right)$ (در لایه های ماسه سنگ ضخیم محلولی آب) اگر لایه تراوا شلی نباشد E_{SP} بیشینه است.
 "static SP"

لازم مایع ضخیم E_{SP} ، E_{SP} اظنه می شود. (max. deflection). (وقتی که جریان های خوردن از مایه باز داشته می شوند)

✓ پارامترهای موثر بر SP : شوری مایه سازنده ، فشار سازنده ، نوع رس و ضخامت لایه و شوری مایه خناری

اگر لایه نازک باشد انحراف نادریم (عیب $SP \log$)

وجود ریزش در کربن deflection ، را کم خواهد کرد.

تفاوت نیز مفرط است.

وجود رس نیز باعث کم شدن deflection خواهد شد. (تفاوت رس های داخل خورد خوردن است)

دو خط بر روی $SP \log$:

(1) Shale-base line } جامه پایین بین دو خط میزان shale (را ریزش sand) را نشان می دهد

(2) Clean-based line (sand) } فرقی در SP ، هیدروکربن وجود ندارد (تفاوت گانه دارند)

$V_{shale} = \frac{SP_{log} - SP_{min}}{SP_{max} - SP_{min}}$

(Low Deflection) انحراف کم شود.

فاصله دو خط میزان پتانسیل را نشان خواهد داد.

SP Correction هم از این شافل تسبیح می شود. (خط چاه) می شود. (قبل از انجام حرکت آفاینر)

(4) خط خناری ، دما و قطر چاه و ... بر روی $SP \log$ تاثیر می گذارند

Example: $R_{w,eq}$?

$SP \log$ نسبت در این است (علیرغم \log)

Reservoir Depth = 1980 ft → interpolate chart

Total Depth = 2150 ft

$SP = -K \log \frac{R_{mf,eq}}{R_{w,eq}}$

$R_{mf} = 132$ at $90^{\circ}F$

BHT = $180^{\circ}F$

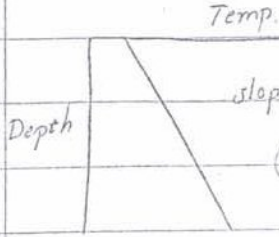
$T_{surface} = 75^{\circ}F$

Well-Logging (P. 8)

Sol:

تعدادان Geothermal: $28^{\circ}\text{C}/\text{km}$ در ناحیه نالکرس (استرالیا) حسن گفته دارد.

توسط چین: $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$

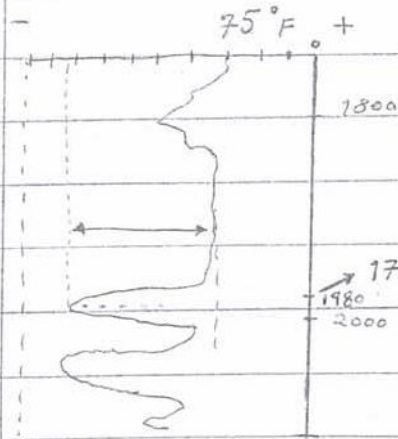


مقدار حرارت (درمان) عکس نسبت زمین دمای است؛ (دائری آب) میباید زمین دمای
 باقی مقدار R_{mf} باقی به دما تصحیح شود: (با اول خط نزدیک آب $0.1 > R_{mf} \text{ (at } T_{sur})$)

ARP's eqn. Here: $R \text{ (at } T=75) = 1.56 > 0.1 \Rightarrow$ skip SP-2
 Use: Schlumberger

$R_1(T_1 + 6.77) = R_2(T_2 + 6.77) \Rightarrow$ give $R_2 = 0.716$

$R_{mf,eq} = 0.05 R_2$
 $R_{mf,eq} = 0.0358$

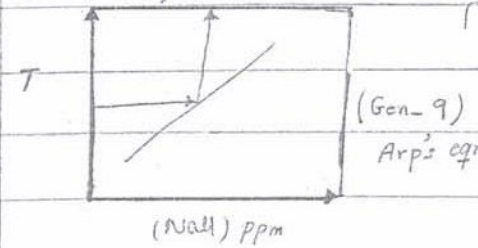


$SP = -K \text{ Log } \frac{R_{mf,eq}}{R_{w,eq}}$ (معادله SP-1)

م: K را از کدام جدول باید حساب کرد؟
 R_{mf} را در دمای 75°F قلم می کشیم (check)
 اگر $R_{mf} > 0.1$ است، SP-2 chart را استفاده می کنیم.
 (1) داشتن شوری و دما \Rightarrow قلم برداشته آب در آن درجه حرارت

خرانش چارت: شوری NaCl

$180^{\circ}\text{F} = \text{BHT (at } D = 2150 \text{ ft)}$



لازم خواندن بر روی میزان NaCl داریم که شکل دارد و از دیگر برهان هم
 باید آورده شود

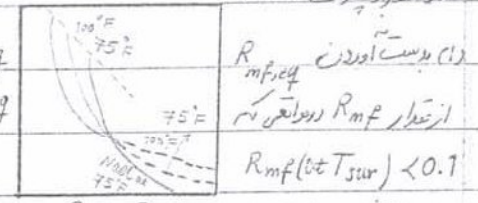
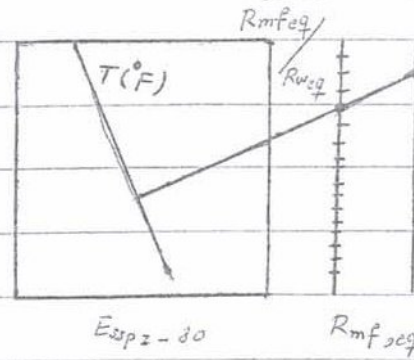
بنابراین $R_{mf,eq}$ قلم می کشیم

$R_{w,eq}$ قلم می کشیم

Then $R_{w,eq}$ (از روی چارت) قلم می کشیم (از روی چارت SP-2)

اگر بخش غیر خطی شود مستقیماً R_w بدست خواهد آمد. (ارتباط بین استوایی و زیر استوایی)

اگر بخش غیر خطی بود ابتدا $R_{w,eq}$ را از روی جدول و با چارت SP-1 همان گونه که توضیح داده شد بدست می آوریم و بعد با استفاده از چارت SP-2 مقدار واقعی مقاومت آب، R_w ، را حساب می کنیم.



مقدار R_{mf} در چارت SP-2:

- (1) بدست آوردن $R_{mf,eq}$ از چارت R_{mf} در واقع $R_{mf} \text{ (at } T_{sur}) < 0.1$
- و استفاده در چارت SP-1 R_w or R_{mf}
- یا جدول برای قلم $R_{w,eq}$.
- (2) داشتن $R_{w,eq}$ و بعد قلم R_w از روی آن (جواب نهایی مسئله)

on- SP-2 charts: \Rightarrow خطوط کتان \Rightarrow NaCl dominant

\Rightarrow خطوط نامکین \Rightarrow Other than NaCl

انواع هدایت : Type of conductivity

(۱) الکترونیکی : مختص جامدات (نظارت بر رسانندگی)

(۲) الکترولیتیکی : خاص آب های شور است

($R_w, S_w, lithology, Temp.$)

- بنا بر این : رسانندگی شیب هم برسد به میزان آب داخل سنگ و تخلخل.

(۱) شوری : ارتباط عکس با هدایت m : Cementation Factor
 (۲) تخلخل : ارتباط عکس با هدایت α : tortuosity Factor

$$S_w = \sqrt{\frac{FRw}{R_t}}, \quad F = a\phi^{-m}$$

(۳) امتیاز سدیمی قوت : ارتباط مستقیم با هدایت $R_w \rightarrow$ شوری آب سازند

$F \rightarrow$ Formation Factor, $F = a\phi^{-m}$ (ϕ : porosity)

$1 - S_w = S_o$

تا اینجا R_w را اندازه گرفته ایم و سنگ را می خواهیم : مقاومت واقعی سازند \rightarrow (مقاومت تخمین دست نخورده) R_{t2} ?

- چگونه توان R_t را اندازه گرفت؟ (measuring electrode)

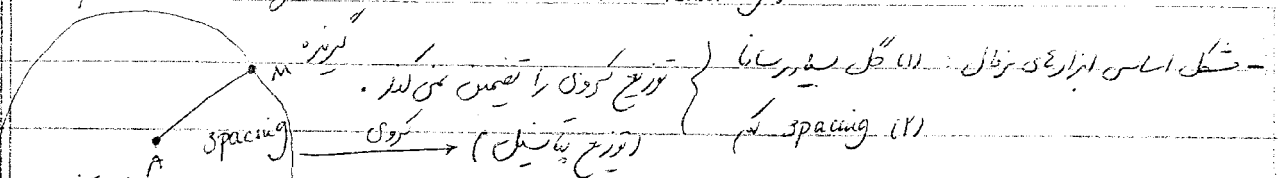
- اساس کار : الکتروود فرستنده \rightarrow الکتروود گیرنده (مقاومت کل سازند) (شامل نامیده می شود خورده آسانی دست نخورده)

(Current electrode) آنت پتانسیل

(مقاومت F, T, I, Z و I, Z در \rightarrow را می دهد) اما ما مقاومت تخمین دست نخورده را لازم داریم. \checkmark اما ما مقاومت I, Z را می خواهیم.

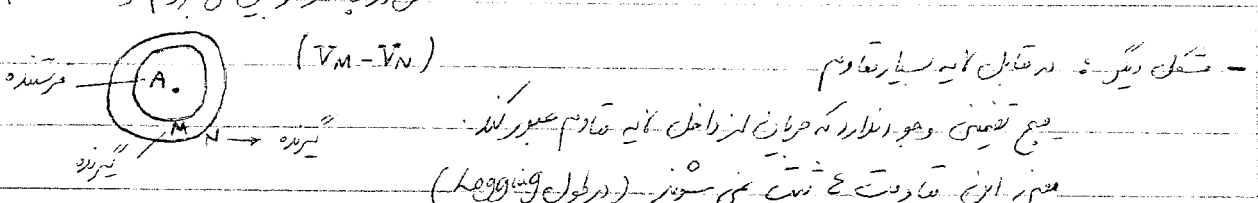
spacing - فاصله گیرنده و فرستنده (spacing) بالا عموماً برسد بالا بر این دهنده

Un-Focused Laterlog :



کل شکل ابزار شمال : ابزار Lateral $\rightarrow I$ الکتروود گیرنده \rightarrow اختلاف پتانسیل بین دو الکتروود گیرنده

و به هیچ کدام از پتانسیل نمی در الکتروود گیرنده و اندازه گیری می شود
 اثر گشایی بسیار ضعیف است (اختلاف پتانسیل بین دو الکتروود گیرنده اثر
 طغ در چاه را از بین می برد) (تأثیر محدود)



حل : Laterlog \rightarrow جریان به سمت Focused به سازند فرستاده می شود اختلاف در روش پتانسیل

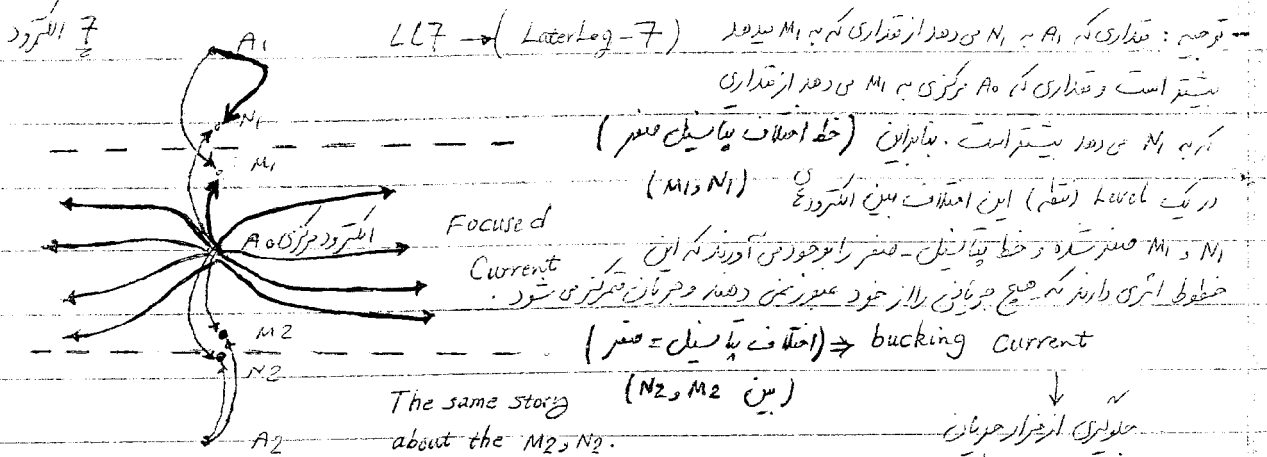
un-Focused \rightarrow یک الکتروود مرکزی \rightarrow و توالی جریان \rightarrow Focused

Well-Logging (P.10)

Focused Later Logs: (توسط current) جلوگیری می شود.

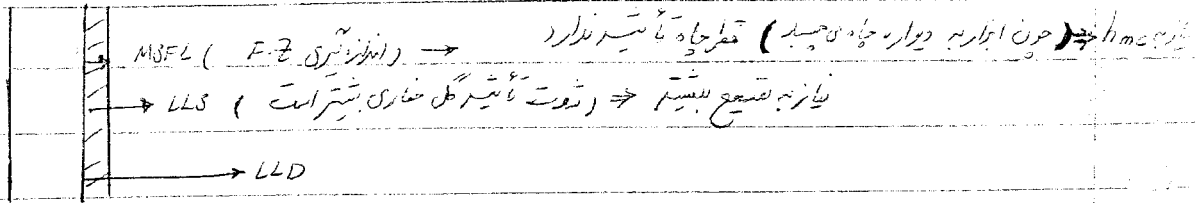
- LLD: Later Log Deep
 - LLS: Shallow Later Log
 - MSFL: Micro-spherically Focused Log
- LL7 \Rightarrow اسم عمومی (یا آنکروز)
- R_{20} (اندازه گیری مقاومت F.Z \Rightarrow عمق بسیار کم بررسی)

یا آنکروز جریان مرکزی تولید می کند. \leftarrow چیده شدن آنکروز در روی ابزار باعث تمرکز جریان می شود.



(ساخته شود فنون)

- مشخص: عمق، قطر چاه



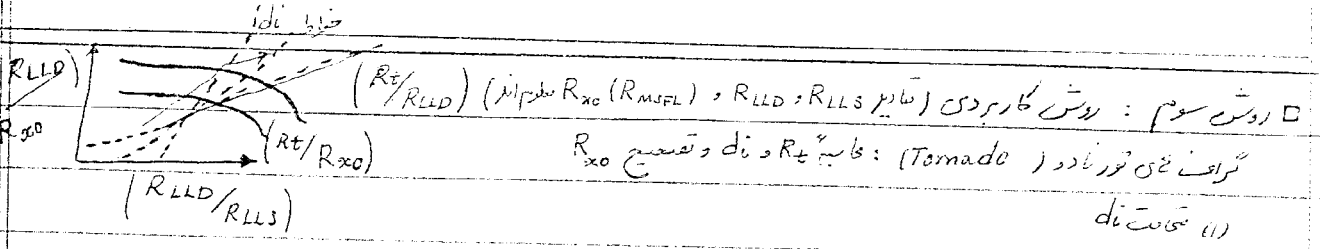
در MSFL، قطر (عمق) Mud Cake تأثیر دارد نه قطر چاه. (Caliper Log \leftarrow cake)

- سرگرمی از Log داریم. کدام مقاومت سازند است؟
- مقاومت سازند از 1000 بیشتر است.
- $R_t > 1000$ (True Resistivity)
- LLD = 1000
- LLS = 500
- MSFL = 50

چون LLD یک پتانسیل مقاومت می دهد و 1000 می دهد و مقاومت کل مغزای و F.Z و T.Z را نیز دارد، بنابراین مقاومت خود LLD بیشتر خواهد بود.

- در آن مقدار d_i را هم اندازه گیری می.
- Invasion Depth (از عمق مقدار LLD, LLS, MSFL)
- درش هم توری است و کار برد ندارد.

Well-Logging (P. 11)



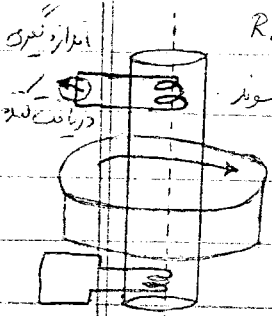
(2) خواندن $R_t/R_{LLD} \Rightarrow$ و با داشتن R_{UD} \Leftarrow قابله R_t

(3) خواندن $R_t/R_{xo} \Rightarrow$ و با داشتن R_t از مرحله (2) \Leftarrow قابله R_{xo} (رابطه واقعی و تعمیم)

Resistivity Log کاربرد های مهم

- (1) تشخیص کربن woc (بالاتر از woc) قابلیت زیادی شود به خاطر وجود هیدروکربن
- (2) مقدار R_{MSFL} و R_{UD} مقایسه می شود. (بر اساس قابله wet، قابله می شود.)

$R_{MSFL} \rightarrow R_{mf}$ (برای ناحیه FZ) تشخیص کربن R_{mf} (مقاومت فیلتر طول)
 $R_{UD} \rightarrow$ (برای ناحیه) تشخیص کربن R توسط R_{UD}



نکته: مقدار R_p را از نمودار بررسی می شود. برای آن قابله کرد.
 □ ابزار های القایی: لایه های مقاومی عادی در طول ردیفی گذر بردارند و در این جا، ابزار های القایی استفاده می شوند

$(R_{ILS} = R_{ILD})$ میازی به محیط رسانا ندارد چون القایی است. (جریان های تقاضایی) Eddy Current

اساس کار: تلفیق دو Coil (یک فرستنده داریم و یک گیرنده که گیرنده مقدار را ثبت می کند) جریان گردابی

نتیجه شان شبیه نمودار های عادی است و هم چنین تفاوتی هم به نمودار های عادی دارند.

یک میدان تقاضایی توسط فرستنده ایجاد شده و به نام جریان گردابی (Eddy) یا Receiving Coil و Transmitter Coil

به داخل سازندار اتصال می یابد. سیم بیخ فرستنده توسط یک جریان تقاضایی قرار می گیرد که سیم بیخ گیرنده که به یک

جریان در سیم بیخ گیرنده و در آنجا با القایی که در آنجا قرار می گیرد سازندار است. قدرت کسندگی نقل شده است.

□ چگونگی عملکرد: توانی در مقاومت: که در سطح توسط یک طولانی تر ثبت می شود.

□ ابزار های مقاومت لایه هم اندازه می شود که لایه غیر تراوا است. پدیده ی Flashing ابزار تلفیک نمودار عادی است

(LLS و LLD و MSFL) ریم های تلفیک ← تلفیک لایه ساز است، بنابراین Flashing رخ داده است.

□ در مورد تیل، چون invasion داریم هیچ تلفیک نداریم در باره LLS، LLD و MSFL، چونه اعداد تلفیک می دهند

□ نمودار LLS شروع بین LLD و MSFL است.

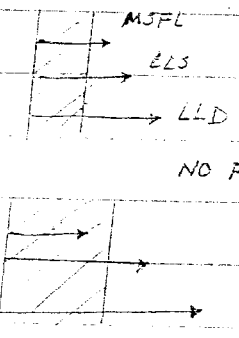
□ نزدیک شدن LLS به MSFL، نشانه زیاد شدن مقاومت زدن است. هر چه نزدیک تر است.

□ قابله نه (در گراف های تورنادو) \Leftarrow اساس قابله همین قابله است.

□ وجود تیل: نزدیک نمودار های LLS، LLD و MSFL (لایه غیر تراوا) ← NO Flashing

□ بیشتر بودن MSFL از LLS و LLD: سازندگی با آب بسیار شور و بدون

فیلتر کربن (فیلتر کردن) LLD از دو لایه دیگر نشانه عدم وجود هیدروکربن است.

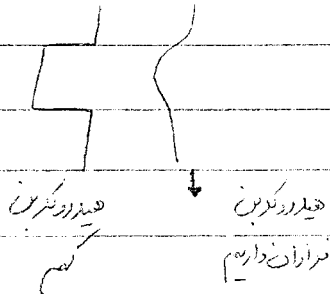


مقاومت بسیار بالا : آب شوره‌نیت پست یا : (۱) آب شیرین داریم

(۲) نفت داریم (هیدروکربن)

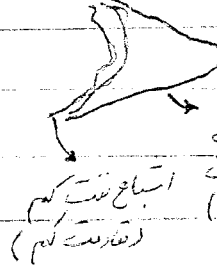
اختلاف بین R_{mf} و R_{woc} : دلیل وجود نمودار SP

SP Deflection

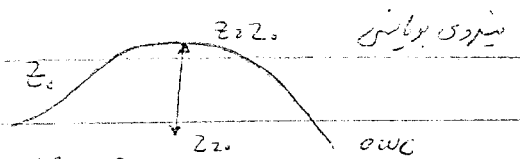


در محقق زیاد، انحراف در لاک مقادیری داریم : (سودا) آب شیرین نیست
از رزون انحراف SP هم می‌توان دریافت :

Resistivity Log



(۱) هیدروکربن بیشتر



$$F_o = Z_0(P_w - P_o)$$

تایید : مقنن (کنترل کننده نیروی شناوری) - ارتفاع از woc

Resistivity Log

ناحیه وجود هیدروکربن و انحراف زیاد در نمودار مقادیری این ناحیه مسلم است.
ناحیه وجود آب که مقاومت کمتری دارد، نیست woc واضح است.
woc مشخص می‌شود.

(۱)

Resistivity Log

خارج شدن سریع نسبت
woc را می‌توان تشخیص کرد.

(۲)

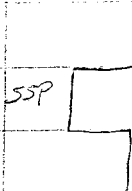
- تشخیص کردن woc :

در (۲) چون سریعاً از حالت هیدروکربن خارج نشده است می‌توان woc را تشخیص کرد.

R_{mf} و R_{woc} و R_t تصحیح شده را از نمودار مقاومت می‌توان اندازه گرفت (کاربرد اصلی لاک غنی مقادیری)

مقاومت ناحیه دست خورده \rightarrow max. sp (نمودار SP واضح)

تایید و اصلاح سازنده (true) مثل حسرت بخت دست خورده : آسان و دست خورده؟؟



لاکه SP : تایل بر - و در درون و هیدروکربن عامل اصلی تایل بر است.

- شک در مورد لاک SP و انحراف کم : (۱) رس
(۲) هیدروکربن
-ray لا تشخیص می‌کند
لا به تراز

اگر در لایه ای وجود شیل و یا هیدروکربن مسلط باشد آنگاه دیگر نمی‌توان از نموداری SP استفاده کرد

چرا که سه عامل مقاومت کم لایه ، وجود لایه شیلی و نیز وجود هیدروکربن همگردد نمودار SP را اختلال می‌کند و کاربرد آن را کاهش می‌دهد

در این جا از نمودار GR (gamma log) برای تشخیص نوع عامل (رس و یا هیدروکربن) استفاده خواهیم کرد.

Nuclear Logging

□ نموداری هسته ای :

(۱) اندازه گیری اشعه یونیزان سازنده Ray- γ (بر هفت حالتی که γ حالتی یونیزان که source خواص داشته)

(۲) ابزار که اشعه تابا صادر می کند از سازنده و بر این اساس چگالی (چگالی کل) سازنده را اندازه گیری می کند : Density Log

(۳) ویژگی های متوازی یک (PE, FEF) که Lithodensity Log است.

لید لیتوگرافی را تشخیص می کند. (بر اساس Photo-electric Effect)

(۴) اشعه نوترون پراشوری معالجه کرده و واکنش داده با سازنده و در نتیجه اشعه نوترونی می گیرند. \rightarrow سزیم و رادیم به عنوان \rightarrow source رادیواکتیو هستند. \rightarrow تریپت در تعداد ابزارهای متوازی هسته ای :

(۱) ابزارهای عناصری } تریپت را نشان می دهد : به دلیل اطمینان از تکثیر کردن ابزار، که اگر شکلی هست در مورد

(۲) ابزارهای هسته ای } ابزارهای هسته ای که اول است باشد که اگر در مورد ابزار هسته ای باشد

خفتر و خنک شدن مواد رادیواکتیو در آب سازنده وجود خواهد داشت.

- هم در میان آن باز در قسم چاههای cased استفاده می شود چون مانع جداره را به میان جمع می کشد و به کمک آن خواهد داشت

- سرعت لگ مناسب نیاز دارند چون اکثرشان آماری است و سرعت شان کمترین است تا برداشته داده ای خوب داشته باشند

- تریپت لگ : سرعت بر اساس سرعت لگ هسته ای

$4 \text{ m/min} \rightarrow \text{GR} (GR)$

$21 \text{ m/min} \rightarrow$ متوازی (تلاقی متوازی هسته ای)

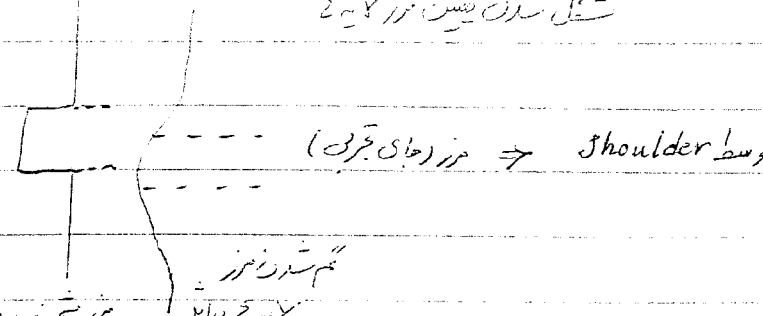
4 m/min 20 m/min

(سرعت متوسط تریپت را نشان می دهد 10 m/min (سرعت مناسب برای تریپت))

دو ابزار متوازی هسته ای و متوازی

- تغییر سرعت بر نمودار : سرعت بالای ابزار \rightarrow مقدار برداشته لگ کم از آماری کم می شود

شکل شدن سینوس در لگ



□ رادیواکتیو هسته ای : نیمه عمر مواد \rightarrow رانش ذرات α, β, γ مناسب برای نفوذ و برای نمودار تریپت هسته ای

\rightarrow نسبت (هسته فلوریم) کم انرژی (ذرات نفوذ نمی کند در جداره چاه) در نمودار تریپت استفاده نمی شوند.
 \rightarrow ذرات تریپت بیشتر از α اما کمی هسته ای در نمودار تریپت استفاده نمی شوند.

- چسب اشعه پوزیترونی خاما (کا) در اندازه گیری استاندارد می شود (زیرا بسیار با آ) -

- ایزوتوپ K^{40} به Ar تبدیل می کند: (1) پتاسیم

تبدیل سری وار U^{238} اورانیوم (2)

تبدیل سری وار Th^{232} توریم (3)

- وجود پتاسیم: در کانن های رسی (عمداً)

در فلدسپار (K-spar)

- وجود توریم: در کانن های رسی

در کانن های سیلین

- وجود اورانیوم: در مواد آلی (organic M.) (OM)

تفاوت در سطح کربن گاما به نسبت در نوع تبدیل هسته ای مربوط می شود.

پتاسیم \rightarrow یک اشعه (انرژی مشخص) متعلق به سطح می شود. (چون تبدیل به صورت $K \rightarrow Ar$ انجام می شود.)

توریم به سری توریم تبدیل می شود \rightarrow انرژی متفاوت در سطح کربن کا. وجود خواهد داشت چون سری وار تبدیل می شود.

اورانیوم \rightarrow انرژی متفاوت در سطح کربن پوزیوم دهد.

- با هم تبدیل \rightarrow انرژی کا تفاوت است. (متوسط تبدیل هسته ای و اینکه تبدیل متعدد و یا به صورت سری اتم کا باشد)

□ ابزار GR (gamma ray log)

- فزون بیشتر (لا به کربن رس و ...) \rightarrow اشعه کا سطح عمق کند.

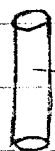
- وجود رس \rightarrow لا بیشتر و در نتیجه میل ولت و API بیشتری را نشان می دهد.

- شیل کافل \rightarrow deflection بسیار با لا خواهد داشت چون شیل منبع غنی تر تولید γ -ray در ناحیه تولید میل ولت بیشتر است.

Detector: γ -ray

Ionization Chamber

Log



گازهای تحت فشار (Ar)

جریان ثبت \rightarrow پرینت شدن \rightarrow تبدیل شدن به کربن آخر \rightarrow "تاریخ شمار" \rightarrow گاز آتون "تاریخ شمار" \rightarrow (mV) می شود

انرژی لا بیشتر: جریان بیشتر \rightarrow میل ولت بیشتر ثبت خواهد شد.

اما سیج این ابزار بر اساس API است (استاندارد API)

کالیبراسیون کردن ابزار : (1) ابزار دانه ابزار در محلی که اثره زیاد است

$$API = 200$$

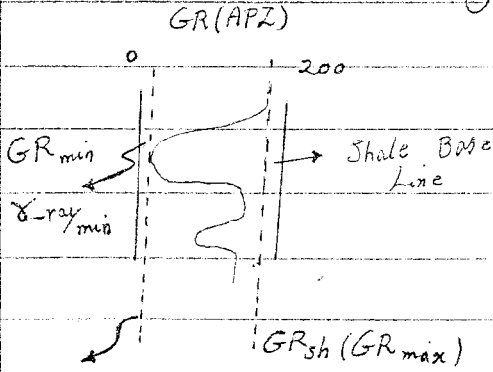
(2) ابزار دانه ابزار کما در محلی که تسخیر لا محبت

$$API = 0$$

$$Range: 0 < API < 200$$

تنیگ بخش های شیلین در بخش های بتینر و طبقه GR lag است.

از لحاظ رفتار شیل به SP است.



shale GR → Max. GR

GR_max را نوع سازند رهاصه بتینر کنیزه بین برای

صحرایه و بازه جاه باید بتینر شود.

کاربرد اصل نمودار GR :

Clean Base Line

$$V_{sh} = \frac{GR - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}} \quad \text{(بر اساس کسرتجین)}$$

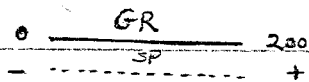
GR_max و GR_min برای هر بازه باید بتینر شود.

آماره (کرنیانه)

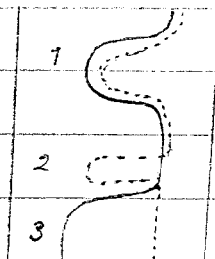
تغییرات حجم شیل آماره

(مقاله GR_min, max) باید حجم شیل را در کالیبراسیون قبلی و یا بتینر باید (شیلین)

کالیبراسیون



کالیبراسیون بتینر تراوا و خرنی



(1) SP ← تراوا } تناقض نخواهیم داشت.

GR ← کالیبراسیون نیست.

✓ حالت استثنای به در دلیل عمده دارد :

خزن بتینر که کالیبراسیون است اما

به شدت سیمان شده و فضای

(2) SP ← غیر تراوا

GR ← کالیبراسیون (بدون شیل)

خاله ندارد و یا $R_{mf} = R_{sw}$ که این تناقض ظاهری را نتیجه داده است.

می باشد.

(2) Hot sand (بازه ای که تسخیر آن زیاد است) ← فاصله بتینر آفریزی که فلزها را است و شیلین امین ندارد.

در داشتن آب شیلین که از لحاظ وارد و بتینر بسیار سخت.

Well-Logging (P.16)

NGS (Natural G-R Spectrometry)

NGT (Natural G-R Tool)

NGS یعنی کیز که source اتم ما از فرزن چیست؟ از کدام عنصر که بتواند اثری را با اندازه گیری می کند
 برای detector می است که نامهای از اثری را ثبت می کند، اطلاعات حاصل از NGS شامل موارد زیر هستند:

Depth, GR, K (%), Th (ppm), U (PPM), SGR (API), CGR (API)

\downarrow SGR = Th + K + U

\downarrow CGR = Th + K

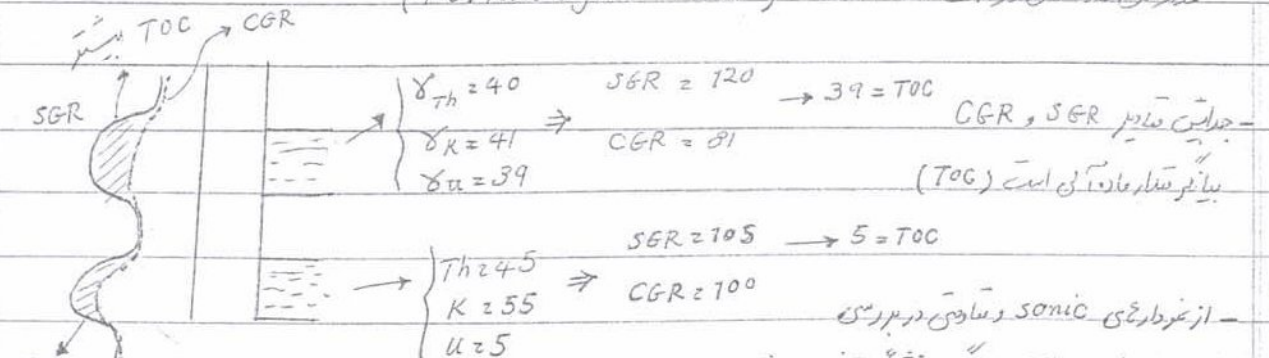
corrected

چراغته corrected یکارفته است: یعنی در Clay است (و در مایه)
 ترمیم هم در Clay است (در مکان های مختلف)

اما U در ماده آبی است

اما صرف اعلی ray-لا، هم شیل است (تجمیرس) پس باید از CGR در قالب هم برسی استفاده کنیم که بعد از \log و \log بدتر شیل را می خواهیم بررسی کنیم بر غراری شیل خود را می تحلیل.

کلچرد: (1) source-rock evolution ← اختلاف CGR و SGR بیانگر TOC است که بیانگر
 متراکم ماده آبی در سنگ ما است. (TOC: Total Organic Carbon)

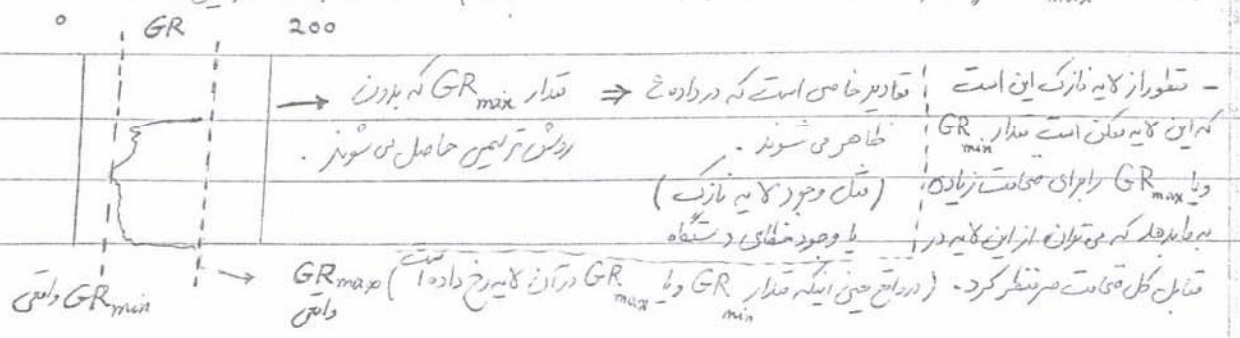


Thermal Maturity (For Shale) (میزان چینی) ← Passsey (مقایسه سرعت ابراج نیون)

Passsey سرعت ابراج نیون در شیل می مقایسه می کرده است

حجم شیل بیشتر باشد هیدروکربن بیشتر دارد و مقادیر بالاتر دارد در سرعت ابراج نیون آن پایین می آید.

GR_{min} و GR_{max} چگونه بدست خواهند آمد (به طور default در مینر): رابطه به صورت زیر است.



Well-logging (p. 17)

Porosity Tools : Neutron } دانای جزه ابزارهای رادیو اکتیو است.
Density }

Sonic Tools → دانای ابزار تخلخل است.

کلاس فیزیک جزه ابزار تخلخل است که ϕ بدست آید را $N-\phi$ می‌نویسند (NPHI)

نام ابزارهای جاری : GNT , SNP , CNL

Compensated Neutron Log

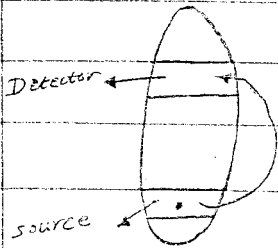
side-wall Neutron Log

G-ray Neutron tool

تساوی ϕ را می‌دهد.

دورن مدیمن CNL می‌باشد.

سیار قدیمی و نسبتاً مقدار ϕ را خواهد داد.



- نودت پراشگری ساخته شده توسط source → نوترون به Detector می‌رسد

نوترون و حیدرژن هم جرم اند، بنابراین در برخورد با اتم‌های سنگین، نوترون انرژی خود را به حیدرژن داده

نوترون با نسبت از ابزار خارج شده و با اتم‌های سنگین Si, Mg, Ca, Fe, Cl

و Na ... برخورد می‌کند و مسیرش ادامه می‌دهد و نوترون به Detector می‌رسد

اما اگر در مسیر نوترون، حیدرژن باشد انرژی خود را به حیدرژن داده و حیدرژن حرکت

می‌کند. این پدیده بیانگر $Hydrogen\ Index$ است. (در حد مقدار حیدرژن است)

این ابزار هم طوری تنظیم حیدرژن شده و با اتم‌های سنگین خالی را اندازه‌گیری می‌کند (ϕ)

در جایی که خلالت حیدرژن زیاد باشد نوترون ع می‌تواند کثرتی برای رسیدن به گمان Detector دارد.

نوترون در اثر برخورد با حیدرژن انرژی خود را به حیدرژن منتقل خواهد کرد.

انبارهای نوترون بعضی : (1) نوترون رای شمارنده.

کم انرژی (2) γ -ray کارای شمارنده. (نوترون که جذب عناصر سنگین می‌شود، انرژی خود را از دست داده است)

(1) نوترون که جذب عناصر سنگین شده و این عناصر اشعه γ را طبع می‌کند و این اشعه را اندازه‌گیری می‌شود که حرکت

شماره γ -ray Captured می‌باشد. (عناصر سنگین Si, Mg, Ca, Fe و ...)

(2) نوترون شماره شده که ابزارهای انرژی هستند.

- تعداد شمارش های نوترون در ابزار، در کالیبراسیون، آناب به مقیاس تخلخل تبدیل می‌شوند. ⇒ Master Calibration

- SNP : کالیبراسیون در چاهک‌های کم ϕ و K آن‌ها ممکن است.

انبار نوترون بر اساس اندازه‌گیری می‌تیم ϕ است.

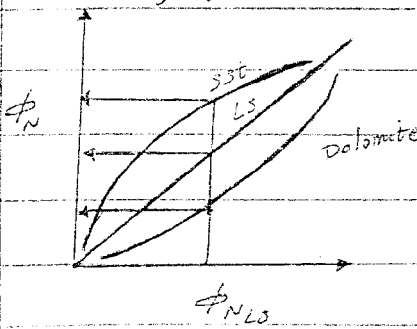
- شکل نوترون : لیتوژن ممکن نیست و ϕ ممکن است که معلوم نیست صحیح است یا خیر!

- اما ابزار نوترون همراهِ در کالیبراسیون کالیبره می‌شود و بنابراین :

پس اگر کالیبره آهکی باشد داده نوترون صحیح است و اگر کالیبره sand باشد باید صحیح انجام شود.

Well-Logging (P78)

ابزار نوترون متوازی در فاصله ϕ و ابدا از ϕ کم می کند، یعنی مقدار ϕ نسبت آینه از این ابزار را باید شماره بخواند کرد.
 ابزار نوترون همیشه در دو لایه چتر واحد زیاد می کند. (باینده این واقعاً باید کم شود)



تصحیح مقادیر بدست آمده از ابزار نوترون: (بای ϕ sand و نیز دو لایه است)

- این نمودار برای وابسته به لیتولوژی است و باید لیتولوژی را داشته باشیم.
- اگر این لاگ با FDC ترکیب شود آن گاه لیتولوژی را نیز خواهیم داشت.

تفسیر شیل 2 در فاصله مقدار ϕ و جدا خواهد شد چون بسیار سریع اند.

شکل ابزار: اگر فریز گاز باشد عمق H_2 کم دارد و باینده این نوترون در نواحی گازدار خط دارد و مقدار کمی می دهد.

اما همین مقدار کم به طایر فرید که فریز گاز است (تفاوت فریز گاز) به همراه ترکیب آب است و این را می توانیم تشخیص بدهیم.

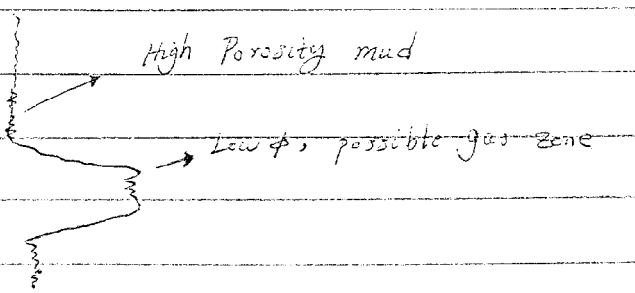
✓ اگر کانی ϕ آببار (آببار در رس) (در شبکه ϕ رس) باشد، ابزار نوترون هم چنان به عنوان تخلخل

می دهد و باینده این باید تصحیح شیل و کانی ϕ آببار بر آن وارد شود. (در شبکه ϕ رس و کانی آببار هیدرات رسودار)

- این لاگ تصحیحات محلی زیادی دارد اما عمیق را هم از آن می کند و مشکلی نیست.

$0.45 \frac{CNL(NPHI) - 15}{0.45}$

اطلاعات قطر چاه، شیب خط، شوری کل، دما، فشار و ...



- ابزار نوترون و تخلخل کل است چون ابزار مقدار هیدرات را ثبت می کند.

- ابزار sonic، مقدار تخلخل اولیه Intergranular را می دهد. و آنجا تفاوت بین مقادیر ϕ_{sonic} و ϕ_{CNL} مقدار تخلخل ثانویه سنگ را بیان خواهد نمود.

- واتر compensated: ابزاری که بیش از یک detector و بیش از یک source دارد.

اختلاف داندازه گیری اثرات محیطی را حذف و یا حیران می کند چون مقدار source و یا detector بیش از یک است.

- معوضه CNL با GR / FDC ترکیب می شود که لیتولوژی را هم می دهد.

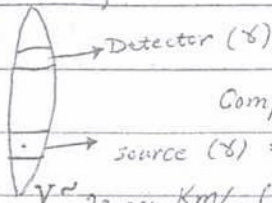
Density Logging

Density Log (Gamma-Gamma)

چنان کل ساند (PHOB) ابزاری ρ_b \Rightarrow FDC (Formation Density Compensated) today: bulk density

Well-Logging (P.19)

{ FDC TOOL } ⇒ Electron Density Measurement



⇒ لاستیسیته ی نوز ⇒ برای مین ۴-۴ ی نوز

والنتیج: Compton scattering, photoelectric Effect, pair production

چیز دانش: اما مهم ترین آن Compton Scattering (درالنتیج کاپتون) است.

{ Schematic FDC Tool }

۴-۴ با اکترون های مدارهای خارجی نوز و تغییر صفت ی در حال و یک اکترون نوز می شود.

موتون کم انرژی شده در اثر پراش Compton به صفت اتم برخورد کرده و اجزای آن شده در صورت یک photon-electron ساخته می شود. PE

اگر یک Compton باشد (الکترون بیشتر) نشان برخورد گاما به اکترون همیشه و نشان کمتر برای رسیدن به

detector دارد ⇒ بنابراین این ابزار دانسته اکترون را در نظر می گیرد. (electron density)

- سازند تراکم ⇒ تراکم اکترون بیشتر ⇒ نشان کمتر برای رسیدن به تعداد (Z) عددهای

- ارتباط بین دانسته اکترون و چگالی سازند: $P_i = P_o \left(\frac{2Z}{A} \right)$ ⇒ { برای سازند }
 { عدد اتمی (Z) } { جرم اتمی (A) }

$P_i = P_o \sum_{i=1}^n \frac{2Z}{A}$ ⇒ { برای سازند که از کانی های }
 { تفاوت تشکیل شده است }

اما مقدار $\frac{2Z}{A} = 1$ ⇒ دانسته اکترون = دانسته سازند (P_b) bulk density

- نمته ابزار P_b (جرم با نوزون لاگ، و نمته آن می آید)

- بیشتر P_b ب: نوع سنگ (لیتولژی)

تخلخل

$P_b = P_f \phi + P_m (1 - \phi)$ معادلات محیط (تخلخل)



$\phi = \frac{P_m - P_b}{P_m - P_f}$

- ابزار دانسته مستقیم اطلاعات ϕ را نمی دهد پس باید پارامتری دیگر را

دانسته باشیم: لیتولژی را باید بدانیم

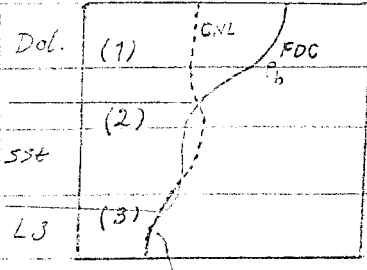
P_m - شمعین است: $P_{dol} = 2.87$, $P_{ss} = 2.65$, $P_{ls} = 2.71$

- حق بررسی دانسته لاگ کم است بنابراین P_m را می دهد اما P_f را نمی دانیم دانسته (P_f با لازم داریم)

لازرن شسته (FZ) $\phi = 22.58\%$ ⇒ $P_{ss} = 2.65$, $P_b = 2.3$, $P_f = 1.1$

- قیاس ابزار چگالی را بعضی اوقات به صورت ϕ ابزار می کنند (بدون توجه به لیترترین) براساس فرض استاندارد که برابر

$$\left. \begin{aligned} \rho_m &= 2.71 \text{ (Limestone)} \\ \rho_f &= 1.1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{Standard} \\ \text{Compensated Neutron Log} \\ \text{Formation Density Compensate} \\ \text{FDC } \rho_b \text{ } 1.95 \text{ } 2.95$$



- CNL فرکانس در کربن آکسید یا سیخ در صورتی در دور
جایی که CNL و FDC روی هم نیفتند حفظ آنجایی است. (3)
در کربن کاسه سنگی ابزار نوترون، کلم می لیز. (2). ابزار FDC هم برای ماسه سنگ زیاد می کنند
نوترون در دولومیت زیاد می خوانند (1). ابزار FDC برای دولومیت کمتر از استاندارد می خوانند
CNL و FDC دو ابزار CNL و FDC به یقین لیترترین (از روی جدولی خوانده)

(مغزین و جابجایی اند)

$$\phi_{FDC} = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m - \rho_f}$$

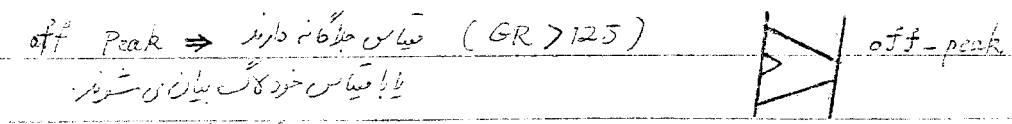
$\phi_{CNL=0}$: $(CaSO_4)$ Anhydrate
چون چگالی Anhydrate بسیار بالا \Rightarrow FDC (سختی می شود)
است $(\rho_m = 3) \Rightarrow \phi_{FDC} < 0$ (استاندارد $\rho_m = 2.71$)

شکل: شیب دولومیت است (مقادیر نوترون اند)
مقدار ϕ_{FDC} را کمتر از حالت آیدارند
استاندارد نشان میدهد
(برای شیب شیل و دولومیت) γ -ray را سگه می کنیم (چون از لحاظ رسانندگی شیب اند)

نکته: $\phi_{CNL} = 0$ و بسیار بالا ϕ_{FDC} در واقع چون در کاسه سنگ FDC مساوی چگالی ماسه سنگ است برای نکته
($\rho_m = 1.9$) که چگالی آن (1.9) از ($\rho_m = 2.71$) است کمتر می باشد ϕ را زیاد می خوانند

- تخلیه گازی: در نوترون ϕ_{CNL} بسیار کم و ϕ_{FDC} بسیار بالا \Rightarrow در اصل در محیط گازی سرد و سردار به صورت ماسه سنگ
خوانند ϕ انتخاب می کنند (در جهت سگه است) که

تولید Gas Cap \Rightarrow جدایش لیاز زیاد (Football Effect) \Rightarrow فیلتر $F.E$ خوانند
تجمع انتخاب سرد در لگ \Rightarrow حالت بیستون جدایش بین دو ابزار FDC و CNL را نشان می دهد
اینجا بیشتر گاز
 \Rightarrow جدایش بیشتر \Rightarrow تولید Gas Cap در ناحیه گازی امکان دید خواهد شد.



- جاسه مختلف در فازن گازی شکل است. (در روش های FDC و CNL) \Rightarrow یک روش خاص وجود دارد.
- ریزش زیاد: ابزار نوترون ϕ بسیار بالا می دهد چون در کل خودم برآسته، ابزار FDC توسط تریپ می
دیاره می چید و جابجایی که امکان دارد ریزش های تولید را می رساند لذا در مورد ریزش های نزدیک بین detector ابزار
سازنده کل حفاری قرار می گیرد و مقدار ϕ بسیار بالا ثبت می شود.

Well-Logging (P. 22)

□ Litho density Log (photoelectric Effect) (PEF)
Pe

PEF لیتولتری را مشخص می کند -

- ابزاری است که جزء FDC است

- خاصیت تراشگری سازنده را می سیرد (Pe) زمان پدیده میانگین متوسط صورت می گیرد دو نوع تابش را فراهم می کند

(۱) $\phi - \rho$ می پم انرژی \Leftarrow scattering \Leftarrow اندازه گیری ϕ

اندازه

(۲) $\phi - \rho$ می کم انرژی \Leftarrow خاص تراشگری سازنده

- سرده Pe : $5 < Pe < \infty$

↓
در این Z (عدد اتمی) عناصر است.

برای بازه خاص سنگ \Leftarrow رقم 1.8 (بدون تصحیح ϕ)

- Quartz \rightarrow Pe = 1.8 (sandstone in pure form)
- Dolomite \rightarrow Pe = 3
- Limestone \rightarrow Pe = 5

(در جدول با کار)

- بنابراین PEF مستقل از ϕ ، سیال و نوع سازنده است.

- آهک \Leftarrow در حدود 5 (Pe = 5)

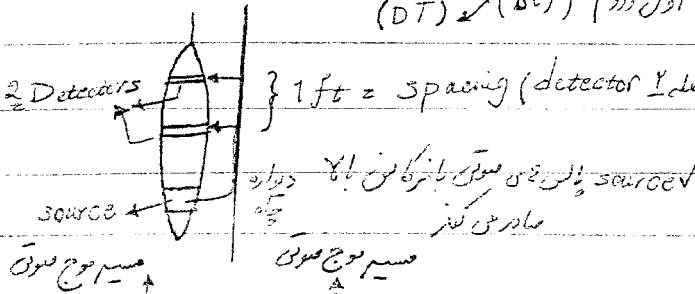
- وجود باریت زیاد در گل \Leftarrow Pe بسیار بالا (چون باریت خاصیت تراشگری بسیار بالایی دارد)

- در گل های بدون باریت ابزار لیتولتری قوی است. (PEF) ($P_{BaSO_4} = 266.82$)

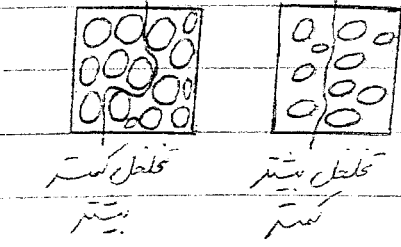
■ Sonic Log (BHC)

BHC (Bore-Hole Compensated)

دو (۲) حسگر اول در (Δt) detector اول در (Δt)



Δt : علی سرعت است (Slowest Δt)
 Δt : زمان گذر یا Transit Time



(۱) در گلوله سنگ ϕ کمتر $\Leftarrow \Delta t$ کمتر (سرعت V_p بیشتر)
 ϕ بیشتر $\Leftarrow \Delta t$ بیشتر (سرعت V_p کمتر)

- نوع موج : موج P - (Primary) \downarrow Compressional Wave
موج S - (secondary) \downarrow Shear Wave

لامتداد در امتداد می شود (طولی) جهت انتشار در امتداد جهت موج
عمود بر جهت انتشار در امتداد جهت موج
در تمام جهات منتشر می شود (انتشار موج S) در تمام جهات است
در امتداد جهت انتشار در امتداد جهت موج
در تمام جهات منتشر می شود (انتشار موج P و S) در تمام جهات است
در امتداد جهت انتشار در امتداد جهت موج

Well-Logging (P.23)

$$DT = DT_f(\phi) + DT_m(1-\phi)$$

$$\phi = \frac{DT - DT_m}{DT_f - DT_m} \quad (\text{By Wylie})$$

- لغز برای نفت باید اطلاع داشته باشیم:

در حالت کلی در فشار هم تراش شدن با افتادن شدن این (از کابرد خارج می شوند) یا با سرعت افتاد فرمول مورد نیاز خواهد شد.

$$DT_{SS} = 55.5 \text{ } \mu\text{s/ft}$$

$$DT_{LS} = 48$$

$$DT_{Dol} = 43$$

$$DT_f = 189.5 \quad (\text{بنابراین شوری تعادلت است})$$

- بیافز وجود open Fracture (گل خفاری دارد) Δt به سرعت Sharp زیاد می شود

Cycle Skipping (چرخه های پرش) $\frac{\text{sharp increase in } \Delta t$
 - باعث لرزه های موج صوتی می شود.
 - یا وجود گاز هم همین اثر دارد.

- ابزار Sonic، تخلخل بین دانه ای (اولیه) را می دهند. \Rightarrow بین بلوری (بین دانه ای)

- ابزار نوترون و دانسیته، تخلخل کل را می دهند. \leftarrow دولوسیت Δ (دیار سیلی)

- سرعت امواج صوتی به چگالی و مدول الاستیسیته بستگی دارد. \leftarrow (تخلخل بین دانه ای)

- تخلخل که روی مدول الاستیسیته نفت اثر می گذارد توسط Sonic اندازه گیری نمی شود و بنابراین تخلخل مانع از اندازه گیری

نمی شود. (Cavity & vug و ...) \leftarrow تخلخل های خفای و غیره بر روی Modulus of Elasticity تأثیر نمی گذارند.

- اختلاف نوترون و دانسیته با سوئیچ، مقدار تخلخل مانع را خواهد داد.



تخلخل بین دانه ای \Rightarrow پاسخ به Sonic
 (بدلیل مدول الاستیسیته)

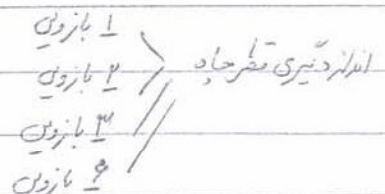
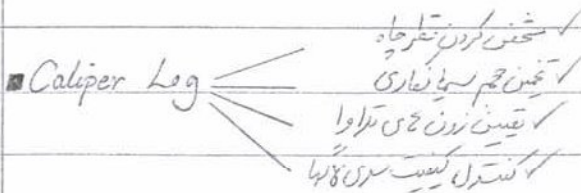
\leftarrow تخلخل بین دانه ای

- حق بر روی ابزار سوئیچ: (در مورد F. Z)

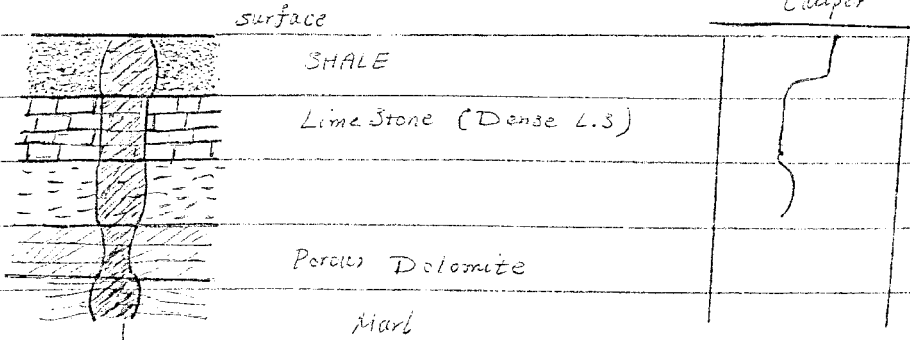
1- میزان حساسیت (source) از دیواره ابزار حرکت می کند، از داخل حل و داخل سازند و سریعترین میرا می رود

- در حساسیت آن از دیواره ابزار کمتر است. (چون سریعترین میرا را انتخاب می کند \Rightarrow برای رسیدن به ابزار)

(source \rightarrow Detector)



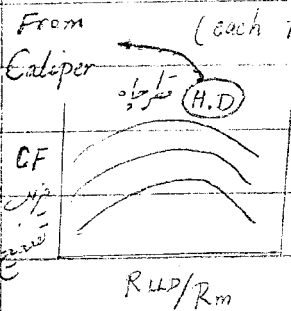
بازوبه شدن قطر \leftarrow تغییرات قطر چاه که می تواند کمتر (بدلیل تسکین سطح) و یا بیشتر (بدلیل رخنه دیواره) باشد.



حفاری شده با قطر

- در مقابل لایه‌های سست (شیل) : قطر کالیپر بیش از سه است
 - در مقابل لایه‌های سخت (دولومیت) : قطر کالیپر با قطر سه تا یکی است

کاربرد : کیفیت کنترل سوری لاک (در مورد چاه و مابقی ابعاد برین مورد بررسی گرفته شده)

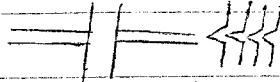


در تنظیم سطح لاک و قطر چاه را می‌توانیم از ابزار کالیپر (each 15 cm) ←

کاهش سطح بروردن برای تخمین کردن روزنه‌های تراوا (کالیپر کوچکتر از Bit size) در برابر تخمین کردن میانگین چاه (حجم بین حداره و دیواره چاه)
 - کاربرد اصلی : کنترل کیفیت سوری لاک

■ **سینک** : اساس آن ثبت مقاومت سازنده با ابزار چند بازاری است. نتایج کیفی است. ⇒ Dipmeter

عبارت بازاری ۶ درجه دارند. ثبت مقاومت‌های یکسان ← وجود لایه‌های



لایه است ← هر ۴ تا یک مقاومت نشان می‌دهند. (یعنی تا با هم می‌رسند)



لایه کج ← در اعماق مختلف مقاومت را در زوایای متفاوت نشان می‌دهند.

اساس خالی سینک لایه ⇒ تعیین مقاومت و در یک زمان تخمین می‌شوند.

- **نتایج** : (۱) سهولت قاسم نمایش داده می‌شوند.

(۲) سینک خرد و خنار (Cross bedding) را نشان می‌دهد. (سینک درون ساختار را هم می‌توان نمایش کرد.)

- ابزار : همین ابزار Dipmeter است. (مقاومت Dipmeter کمتر است)

درونج آمانترنم انزاري :

(1) Deterministic : فاسم قدام به قدام از طريق داده و التوريمع

(2) Probabilistic : مدون ترص به التوريمع ، فاسيات انجامي سرد .

GR	DT	Neutron	Density	R _e
45	63	15	2.45	7.80

شروع کار : ميگ کردن سنگ مخزن و با ترجمه به تکامل و مقاومت و ... و دنبال اطلاعات مي رود .
به صورت آماري و با توان فائز ترين با کلا دنبال حالت خاص مي رود .

در کنار پايچ ، غر دار صنوع را در کنار کات واقع سنگي دهه که ميزان قابل اعتماد بودن کات را نشان خواهد داد .

- در عين ليوگري سياريست . (هم ليوگري هم ساري عادي هم تيل ، ϕ و R_{sp} و ... را مي دهد)
- شکل Deterministic عين ليوگري است .

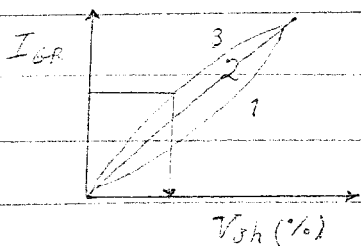
- (1) Shaly Formation } صفت بدني سازنده از صفت
- (2) Clean Formation } نظر ميزان تيل

- اندازه گيري حجم تيل :

- وجود رس ، مبراب کات و راحت تاثير مي دهد .
- وجود رس ، تکامل بالاي نمزون را نيمه مي دهد .
- وجود رس ، کاهش مقاومت را نيمه خواهد داد .
- وجود رس کاهش چگالي را نيمه مي دهد .

پس با اين حجم تيل ، را اندازه بگيريم :

$$V_{sh} = \frac{GR - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}} \Rightarrow$$
 کاسي اوقات اندون V_{sh} شريف مي شود



- استند در ارنج خواهد بود به سن کايه و
- ابر رسوب خيلي جوان باشد از نظر تشيع ، کمتر compact شده و
- شانس تشيع بيشتري است .

- محور 1 " Curve-1 مورد استفاده است . (يارايگ تجزيه)

Curve-2 : سازنده اي قبل از تهياري

Curve-3 : سازنده اي دوران تهياري

Using (1): $GR_{min} = 6$

$GR_{max} = 135$

$V_{sh} = \frac{14.5 - 6}{135 - 6} = 6.5\%$

$GR = 14.5$

$V_{sh} = 6.5\%$

Well-Logging (P. 27)

- روش دیگر استفاده از لگ نوترون و چگالی است (ترتیب مقادیر حاصل از نمودارهای نوترون و چگالی)

- دلیل آلتراسترو: نوترون و GR و در صورت درازنیک Log-8

روش رسی با ستیج کم (مثل Kaolinite ستیج کم دارد و اثرات GR کم است)

- اگر حجم سیل در دگنراتیون اساسی است: اطلاعات بیشتر لگ و ارتفاع می کنیم.

- از نظر تجربی GRL در ایران مشکل ندارد (رسی های فازین ایران Illite و Chlorite هستند با ستیج بالا)

$$\phi_N = \phi_{NLs} + \Delta Env + \Delta Matrix$$

$$\begin{cases} \Delta Limestone = 0 \\ \Delta Sandstone = +4 \\ \Delta Dolomite = -6 \end{cases}$$

ابزار برای آفت جواب در صورتی در صورتی... (کلید برآورد شدن لگ نوترون)

Environmental Correction (P. 126)

- لگ نوترون در محیط های متغیری دارد. (همچون میزان درجه بارش)

- برای هر فاکتور، یک مقدار مثبت و یا مقدار منفی در حد کم باید بهایا با هم جمع شوند.

P. 126 } تاثیر افزایش مقدار / تاثیر کاهش مقدار

$S'' = B.H.S$
0.5 B.S
100000 ppm
10
10
200 °F
15000 psi
170000

- مثال: تراکم حرارت نوترون 20 است.

- نمودار نوترون از نظر تصحیح شدن خطی

تصحیح من نوترون $\Delta Env =$ مقدار تصحیح -0.5

$\Delta Matrix$: تصحیح ماتریکس : برای آفت

$$\begin{cases} 0 & SST \\ +4 & SST \\ -6 & Dol \end{cases}$$

- با دانستن کلید چگالی و نوترون، حجم سیل را بدست می آوریم.

- از باید در برابر ضخیم ترین سیل مقادیر $\phi_{D,sh}$ و $\phi_{N,sh}$ را محاسبه در جدول قرار دهیم. (محقق کردن Shale Point)

Example: $\phi_N = 20$
 $\rho_b = 2.6$

$$\phi_{Da} = \frac{\sqrt{\rho_{ma} - \rho_b}}{\sqrt{\rho_{ma} - \rho_{fv}}} = \frac{2.7 - 2.8}{2.7 - 1.1} = 0.0825$$

$(\rho_m = 2.7)$
 $\phi_{Na} = 19.5$
 $\Delta Env = -0.5$
 $\phi_{N,sh} = 38$

$$V_{sh} = \frac{\phi_{Na} - \phi_{Da}}{\sqrt{\phi_{N,sh} - \phi_{D,sh}}} = \frac{19.5 - 0.0825}{38 - 0.25}$$

$\phi_{Na} = 20 - 0.5 = 19.5$
 $\rho_b = 2.3 \Rightarrow \phi_{D,sh} = 0.25$
 $V_{sh} = 51.5\%$

$\Delta Matrix = 0$
 $\rho_f = 1.1$

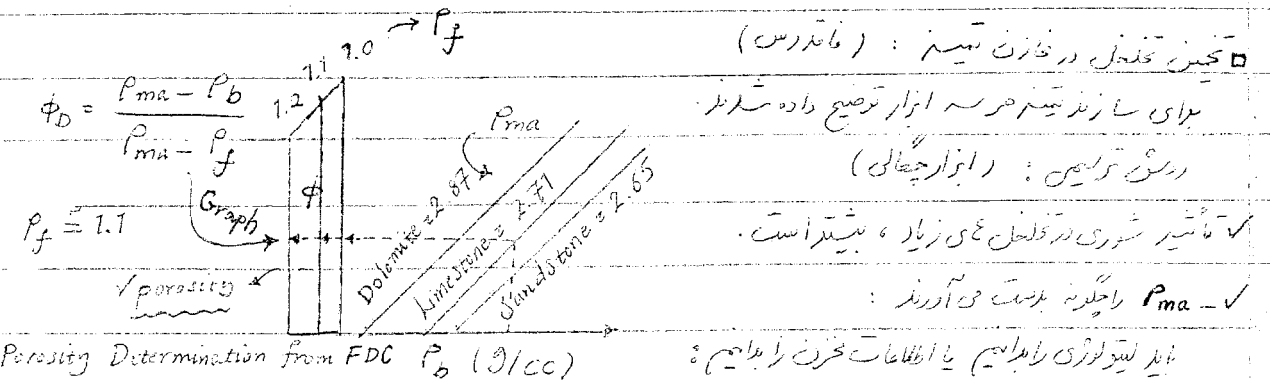
- روش تجربی هم وجود دارد: (1) Shale Point را مشخص می کنیم.

$$\phi_{D,sh} = \frac{2.7 - 2.3}{2.7 - 1.1} = 0.25$$

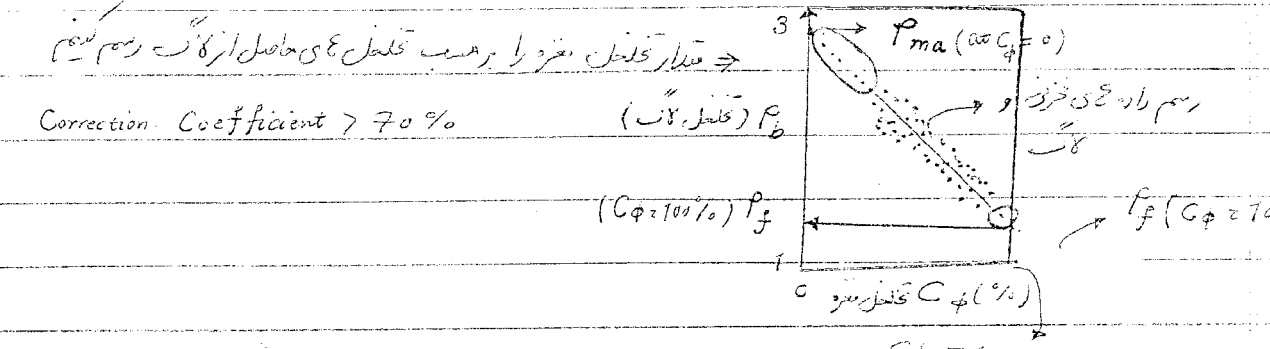
$\phi_{N,sh} = 38$
 $\phi_{D,sh} = 25$

Well-Logging (P. 23)

Sh $\left\{ \begin{array}{l} \phi_N = 45 \\ \phi_D = 8 \\ \phi_N = 20 \\ \phi_D = 10 \end{array} \right\} \rightarrow$ Shale Point $\Rightarrow \phi_{corrected} \approx 8\%$
 درشت ترین $V_{shale} \approx 27\%$
 Neutron-Density Crossplot



Porosity Determination from FDC P_b (g/cc)



Example:

$$P_f = S_w P_w + S_o P_o = 0.92$$

$$P_{ma} = 2.774 = (0.4)(2.87) + (0.6)(2.71)$$

$$\phi_D = \frac{2.774 - 2.5}{2.774 - 0.92} \approx 14.78\%$$

40% Dolomite \uparrow 0.4
 60% Limestone \uparrow 0.6
 $S_w(f) = 40\% (S_{xc})$
 $P_o(f) = 0.8$
 $P_w = 1.1$
 $P_b = 2.5$

$$S_{xc} = \sqrt{\frac{FRmf}{R_{xo}}} \rightarrow R_w$$

$\phi = ?$
 - ابزار نوپورون: نوپورون برای ماده سنگی واحد کم می کند.
 برای دولومیت حدود 8-6 واحد زیاده خوانند.

SNP: درشت ترین CNL است. GNT: ابزار بسیار قدیمی که ϕ را به ما می دهد.

مثال: FDC: برای دولومیت و آهک و کلسیم بران P_b ، مقدار کنترل برای دولومیت ($P_m = 2.87$) از آهک ($P_m = 2.71$) بیشتر است.
 برای آهک که مخوری آب سرد ($P_b = 2.11$) است کنترل از همان آهک با آب شیرین ($P_b = 2.65$) بیشتر است.

Well-Logging (P.22)

کنترل سین دامپای از طریق فرمول وایلی در نمودار صوتی؛
 $\phi = \frac{\Delta t - \Delta t_{mat}}{\Delta t_f - \Delta t_{mat}}$ (Sonic Porosity) $\Delta t_f = 189$ ، Δt (آب شیرین) = 185 ،

Example: Sandy Limestone
 0.1 0.9 (t_s, t_c) استخراج Δt_{mat} از روی جدول ۲ جدول
 $DT = 72 \text{ } \mu\text{s/ft}$ $\Delta T_{calcite} = 49 \text{ } \mu\text{s/ft}$ (tc) \rightarrow compressional wave
 $\phi_{sonic} = ?$ $\Delta T_{Quartz} = 55.5 = 56 \text{ } \mu\text{s/ft}$ (tc)
 $DT_f = 189.5$ $\Delta T_m = (49 \times 0.9) + (56 \times 0.1) = 49.7 \text{ } \mu\text{s/ft}$
 $\phi = \frac{72 - 49.7}{189 - 49.7} = 16\%$

ریشن غیر خطی Raymer:

(ریشن درج ۲) فرمول وایلی (ریشن خطی) $\phi > 30 \rightarrow$ Overestimate
 $\phi < 25 \rightarrow$ Underestimate

Raymer Method:

= فرمول وایلی در حالت درجه ۲ $\phi = 25 - 30$ صحیح است.
 $V = (1 - \phi)^2 V_{ma} + V_{fl}$ (Field Formula) Range: $0 < \phi < 37$
 matrix Acoustic Velocity \downarrow Fluid Acoustic Velocity

وجود Shale باعث overestimation مقدار تخلخل در طبقه مخزداره خواهد شد.

دلیل: ریز تخلخل‌های غیر پدید در وجود ریز (micro-porosity) در حدود 30-60٪ کل تخلخل را تشکیل می‌دهند.

Effective Porosity Analysis: نیروی مریخی با آلا در ریز تخلخل باعث می‌شود پدید بودن تخلخل در تیلنج است.

چگونگی تراز تخلخل - پیدا را اندازه‌گیری: $\checkmark(1)$ Shale apparent porosity

$\checkmark(2)$ Shale normalized method

(۱) ابزار دانسیته: کنترل کل راساب می‌کنیم (بافتن میسر بودن فزون) تخلخل تیلنج را با ترمیم به حجم تیلنج از تخلخل کل می‌کنیم.

Example: Limestone $\rho_b = 2.55$
 $\rho_{ma} = 2.71 \Rightarrow \phi_s = \frac{2.71 - 2.55}{2.71 - 1.1} = 9.93\%$
 $\rho_f = 1.1$
 $V_{sh} = 24.5 \Rightarrow \phi_e = 9.93 - (0.245 \times 9.93) = 3.07\%$
 Adjacent shale $\Rightarrow \rho_b = 2.25$ micro-porosity

تخلخل کل تیلنج = $\frac{2.71 - 2.25}{2.71 - 1.1} = 28\%$

Well Logging (p. 30)

ابزار نوردن : (۱) قتل تصحیح شده نوردن (تخمینات خطی و تقسیمات فاکتوریک) (۲) کم کردن قتل حجم خیل

Example: sandstone

$$\phi_N = 21 \Rightarrow \phi_N = 21 + 4 = 25$$

$$V_{sh} = 19.5$$

$$\phi_e = 25 - (0.195 \times 31) = 18.9\%$$

$$\phi_N(\text{Shale}) = 31\%$$

microporosity (ϕ_m)

تأثیر فاکتوریک و خطی بودن ϕ_{shale} الخان بزرگیت و همان دارد را استاندارد می کنیم. ($\phi_{N,shale} = 31\%$)

ابزار سوئیچ : همانند ابزار دانسته است.

Example: Limestone

$$DT = 58$$

$$\phi_{sonic} = \frac{58 - 49}{139 - 49} = 6.4\%$$

$$V_{sh} = 21.5\%$$

$$(DT)_{sh} = 71$$

$$\phi_{shale} = \frac{71 - 49}{139 - 49} = 15.71\%$$

$$\phi_e = 6.4 - (0.215 \times \phi_{shale}) = 0.035$$

Normalised Method

قبل از خامه قتل و اثر شیل را بر تراست نمودار حساب کرده و بعد قتل را خامه می کنیم.

$$\rho_b = \rho_f \phi + \rho_m (1 - \phi)$$

$$\rho_b = \rho_f \phi + \rho_{sh} V_{sh} + \rho_{ma} (1 - \phi_e - V_{sh})$$

$$\rho_{b,sh,c} = ?$$

Example: Dolomite

$$\rho_{b,sh,c} = ?$$

$$\rho_b = 2.5$$

$$= (2.5 - 2.21 \times 0.23) / (1 - 0.23)$$

$$V_{sh} = 23\%$$

$$\rho_{b,sh,c} = 2.58$$

$$\rho_{b(shale)} = 2.21$$

$$\phi = \frac{2.37 - 2.58}{2.57 - 1.1} (1 - 0.23) = 12.78$$

$$\rho_{ma}(\text{Dolomite}) = 2.$$

قتل کل (بدون در نظر گرفتن)

$$\text{if } \rho_b = 2.5 \Rightarrow \phi = 21\%$$

تخمین

Well-Logging (P. 31)

Example: Sandstone

ایزوستاتیک: تکرار ابزار رانید

$$DT = 65 \quad DT_{m, SST} = 56 \quad (DT_{Quartz})$$

$$V_{sh} = 31\% \quad DT_{sh, c} =$$

$$DT_{sh} = 78 \quad \phi_t = \frac{65 - 56}{189.5 - 56} = 6.7$$

Shale Normalised:

$$DT_{sh, c} = \frac{65 - (78 \times 0.31)}{(1 - 0.31)} = 59.16 \text{ (micro)}$$

$$\phi_e = \left(\frac{78 - 56}{189.5 - 56} \times 0.31 \right) + 6.7 = 7.5\%$$

$$\phi_e = \frac{59.16 - 56}{189 - 56} (1 - 0.31) = 1.64\%$$

$$\phi_{micro} = 6.7 - 1.5 = 5.2\%$$

Example: Limestone

$$\phi_e = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} P_b = 2.6 \\ P_m = 2.71 \end{array} \right. \Rightarrow \phi_e < 0$$

ندونم ابزاره قفلن مقن را صفر در نظریه میروند

$$V_{sh} = 0.38$$

میتن از یک را یک در نظریه میروند

$$P_{b, sh} = 2.1$$

Example: Limestone

$$P_b = 2.35$$

$$P_m = 2.71$$

$$V_{sh} = 0.33$$

$$P_b(\text{shale}) = 2.2$$

Shale Normalised $\Rightarrow \phi_e = 10\%$

shale Apparent $\Rightarrow \phi_e = 10\%$

- What about the Fracture Porosity?

قفلن شکستگی، در مخزن مهم نیست \Leftarrow نقش زیاد دراز دارد حجم خالی نیست.
 چنانچه عملی مقدار قفلن شکستگی: قفلن شکستگی در اثر حین خوردن است.

- تعیین قفلن و لیترولری:

(1) استفاده از ددآک (FDC و CNL) (CNL-Sonic) (FDC-Sonic)

(2) استفاده از سه آک
 MN plot / MID plot

Well-Logging (P. 32)

$$\phi_{ave} = \frac{\phi_N + \phi_D}{2}$$

$$\phi_{ND} = \sqrt{\frac{\phi_N^2 + \phi_D^2}{2}}$$

Sonic-Density: Sonic-Density ✓
Evaporate ✓

CNL-Sonic: CNL-Sonic ✓
Anhydrite شکل ساز است.

Saturation Determination

Basic Concepts

F: Archie ($F = \frac{C_w}{C_o} = \frac{R_o}{R_w}$) → به مقدار F در Lab ابزار غیرمعمول است

روش (FRF) multi-Salinity Test

FRF (Formation Resistivity Factor) Test:

درختا نمونه را با آبی با غلظت مشخص استیخ می کنند (آبی با شوری PPM مشخص) بعد ابزار FRF قدرت تک و اندازه گیری

مبارین مقدار F برده می آید (با داشتن R_o و R_w)

$$F = a \phi^{-m}$$

توسط ابزار FRF (از قبل مشخص)

m: در مایه روش های مختلف که F را غیر از روش های قبلی می دهند (تعمیم درستی می باشد) ضریب میانگین شدن

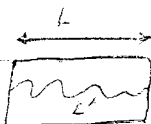
a: Turbosity Factor یا ضریب یگانگی

$F \propto m, \phi$

مقدار $m=2$ (دانه نشت و کربنات) اثر آن را نادیده

F مقایسه کرد m کمی ندارد بلکه به a هم بستگی دارد. (دانه نشت یگانگی)

عموماً $a=1$ (البته تغییر است) $\leftarrow F = \frac{1}{\phi^2}$ که Error Sensitivity بالای دارد.



- میزبان که حفره های بزرگ می باشد قطعاً لنگر طول مترو بیشتر است، بنابراین مقدار $a = \frac{L}{d}$

a (مقدار) بیشتر از یک است. (مقدار دانه نشت نسبت $unconsolidated\ sand$ ، $a < 1$)

اما m را بیشتر از $Pore-Geometry\ Factor$ که بستگی به شکل حفره ها دارد و ترجیح دارد. (تعمیر بهتر m)

- شکل به شکل و حفره های $m=3,4$

- شکل در تمام شکلهای $m=1$

- شکل کربنات $m=2$ و ...

- هر چه شکل به شکل تم باشد m بیشتری دارد.

- با داشتن F و ϕ چگونه می توان a و m را یافت.

$$F = a \phi^{-m}$$

$$\ln F = \ln a - m \ln \phi$$

$$\ln F = \ln a - m \ln \phi$$

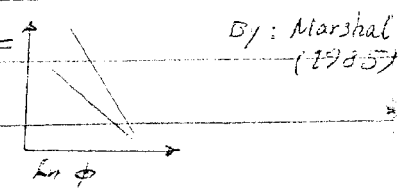
$$1.2 < m < 2.8$$

$$1.4 < m < 2.4$$

Common (By Marshal)
"Rule of Thumb"

intercept (a)

slope (m)



$\alpha < 1 \Rightarrow$ Loose Sandstone (Humble استخوانی)

$1 < \alpha < 3.7$ مقدار α نسبت انحراف \log Cross-plot قابل تخمین است.

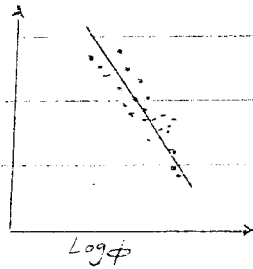
(P.73) \Rightarrow چارت اندرگین m, a (ϕ vs. F)

(P.36) \Rightarrow Calculate m and a : (به صورت خط راست) \Rightarrow داری ϕ را در چارت صحنه \log داری (بر صورت خط راست) \Rightarrow داری F را در چارت صحنه \log داری (بر صورت خط راست) \Rightarrow مقدار m (شیب خط) و مقدار a (میزان انحراف) را حساب می‌کنیم.

$m = 1.69$ (slope)

$a = 1.4$ (intercept)

$\log F = \frac{R_o}{R_w}$



در سازند آشنای مریب صحنه 0.4 است که نشان دهنده پراکنندگی داده است. این قابلیت به شرط آن درست است که مریب تصحیح مناسب باشد.

m شیب خط دارد.

a بسیار خط دارد. (باجزا $a=1$)

\Rightarrow Forced to be \Rightarrow get correct "m" چون مقدار a بسیار خط دارد مجبوریم برای قابله درست m مقدار a را برابر ثابت ($a=1$) در نظر بگیریم.

Example: $\phi = 10\%$

$F = a \phi^{-m} = 1 (0.1)^{-2} = 100$ a, m : given

Default = 1

Default = 2

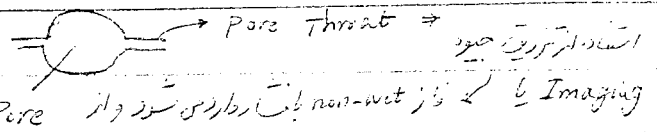
- دما خیلی تأثیر ندارد. (مقدار فاکتور سازند F)

- استخوانی F اثری ندارد. (تأثیر خیلی بازرغیت) \Rightarrow استخوانی F اثری ندارد. (تأثیر خیلی بازرغیت)

Special Core Analysis \Rightarrow در شرایط خزن K, ϕ , P_c , K_{rel} , FRF

ϕ, K : در شرایط خزن

ϕ, K : در شرایط آزمایشگاه



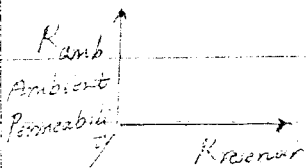
Determining Throat Size Distribution \Rightarrow طریق این تست توزیع اندازه "گروه" اندازه گیری می‌شود.

$\phi = 500$ md pore throat : 70 μ m

"گروه" کنترل شده تراوان است، نه کنترل. (ارتباط K و ϕ مهم است اما عموماً $\phi \uparrow \Rightarrow K \uparrow$)

اثر برداشتن شام بردن تراوان بسیار بیشتر از کنترل است. (Stress Sensible) \Rightarrow مریب تصحیح $\phi = 0.95$

\Rightarrow از این گراف $(K_{rel} - K_{res})$ می‌توان فرمول تصحیح تراوان خزن را بدست آورد.



m : در شرایط خزن اندازه گیری می‌شود (FRF در دما و شام خزن) \Rightarrow مریب تصحیح تراوان خزن را بدست آورد.

در هر مدار در wet zone بررسی می شود چون حیدرترین در wet zone و در دیگر مدار

R_{mf} و R_w

در wet zone آرمی سلفر

$R_o = R_t$ (wet zone $R_t = R_o$)

توجه: مقدار F در زون شسته و یا ... تغییر می کند. $F = \frac{R_{no}}{R_{mf}}$ (note: $a=1, m=2$)
 بین F یک ویژگی سازند است.

$\phi = \sqrt{\frac{R_w}{R_o}}$

در wet zone ابزار خطوط مقاومتی به عنوان

$\phi = \sqrt{\frac{R_{mf}}{R_{no}}}$

از مقاومتی به عنوان ابزاری از ϕ زمان \Rightarrow porosity log \Rightarrow (در هر ابزار قطعی است)

در دستاورد تراز می برد (نه ϕ صحیح) \Rightarrow Resistivity log (از هر ϕ)
 در wet zone \Rightarrow Error Source $\Rightarrow m=1, a=1$

"saturation exponents" (wet zone) \Rightarrow توان آب

$S_w = \sqrt[n]{\frac{a}{\phi^{+m}} \frac{R_w}{R_t}}$ Intercept

R_w : DST (آب سازند در DST) \Rightarrow آزمون

یا از خود لگت مقاومتی \Rightarrow SP-Log

اما مقدار n ? (توان آب سلف)

مربط آب (مقدار $n=2$)

در آزمون آب سلف \Rightarrow "n"

تغییرات n : در آزمون آب سلف از تری خواهد شد

بدین ترتیب که مقدار مقاومت سلف را در آب سلفی قلمت لگت ابزار تری می کند \Rightarrow ابزاری مقاومت سلف (R_t)

S_w or ϕ \Rightarrow Cross-plot
 R_o or R_t \Rightarrow Determine "n"

آب دلت

$S_w = \sqrt[n]{\frac{FR_w}{R_t}}$, $F = \phi^{-2}$

Ratio Method (For R_w) $\Rightarrow R_{wa}$

R_{wa} : apparent wet zone ($S_w = 1$) \Rightarrow سلف طعمی آب سازند (کالیبر)

($S_w = 1$) ($R_t = R_o$) wet zone: $F = \frac{R_t}{R_w}$ (1) $(R_t = R_o)$ در سلف آرمی

wet zone: $F = \frac{R_{xo}}{R_{mf}}$ (2) $(S_{xo} = 1)$ در سلف آرمی

$R_{wa} = \frac{R_{mf} \times R_t}{R_{no}}$ \Rightarrow تغییر می کند

در سلف آرمی در زون (wet) \Rightarrow در سلف آرمی قابل \Rightarrow R_w این طعمی است

$R_{mf} \Rightarrow$ Log Header R_{wa} ratio

$R_{no} \Rightarrow$ MJFL

$R_t \Rightarrow$ Resistivity log (Tornado Graph)

Well-Logging (P.35)

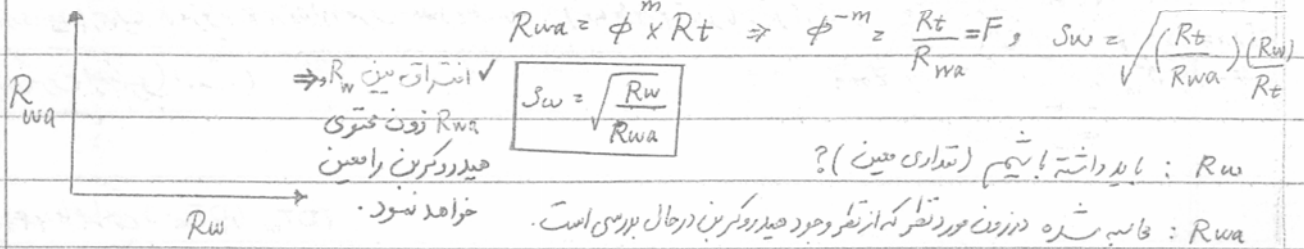
wet zone \Rightarrow مقاومت کمتر تا بیشتر نسبت به خشک

(1) اندازه $R_w \leftarrow R_w$
 (2) حاصل $R_w \leftarrow R_{wa}$ ظاهری (R_{wa})
 ↓
 measured (R_w) ← R_w
 ↓
 computed (R_{wa})

روش دیگر: در wet zone ($S_w \geq 1$)
 $R_{wa} = R_t / F$
 $R_{wa} = \frac{R_t}{a/\phi^m} \Rightarrow R_{wa} = R_t \times \phi^m$ ← Archi Method (R_{wa})
 در صورتی که داده‌های ϕ و a موجود نباشد.

Quick Look

روش‌های سریع فاسباتی (دقت کم) R_w (معمولاً سرچاهی)



$R_{wa} = \phi^m \times R_t \Rightarrow \phi^{-m} = \frac{R_t}{R_{wa}} = F, S_w = \sqrt{\left(\frac{R_t}{R_{wa}}\right) \left(\frac{R_w}{R_t}\right)}$
 $S_w = \sqrt{\frac{R_w}{R_{wa}}}$

در wet zone ($R_w \approx R_{wa}$) $S_w = 100\%$
 در ناحیه هیدروکربن دار: $R_{wa} > R_w$ (مقاومت تا بیشتر هیدروکربن) $\Rightarrow \frac{R_w}{R_{wa}} < 1 \Rightarrow S_w < 100\%$

روش افتراق مقاومت‌های اندازه‌گیری شده و حاصل شده برای حاصل S_w
 (مسئله اثریال) ویژگی‌های سازند $F \Rightarrow$ ویژگی‌های سنگ مخزن $F = a\phi^{-m}$

دقت: نیاز به m و a داریم (چون اینها $a=1, m=2$ در نظر گرفته شده است)

روش گرافیکی: افتراق بین R_w و R_{wa} \Rightarrow زون دارای هیدروکربن را مشخص خواهد کرد. (plot of R_{wa} vs R_w)

Resistivity Ratio Method: روش دوم: تجربی است (بدون دقت و سریع)

بر اساس پیشنهاد Schlumberger استقرار است.
 $R_{xo} = F R_{mf} / S_{xo}^2 \left(S_w = \sqrt{\frac{F R_w}{R_t}} \right)$
 in wet zone: $S_w = S_{xo} \Rightarrow \frac{R_{xo}}{R_{mf}} = \frac{R_t}{R_w} \Rightarrow \frac{R_{xo}}{R_t} = \left(\frac{R_{mf}}{S_{xo}^2} \right) \left(\frac{S_w^2}{R_w} \right)$

تجربین بین کار: $S_{xo} = S_w$ (توسط سلمبرگر)
 به روش (5/8) معروف است. فرمول در حالت کلی:
 $S_w = \left[\left(\frac{R_{xo}}{R_t} \right) \times \left(\frac{R_w}{R_{mf}} \right) \right]^{5/8}$

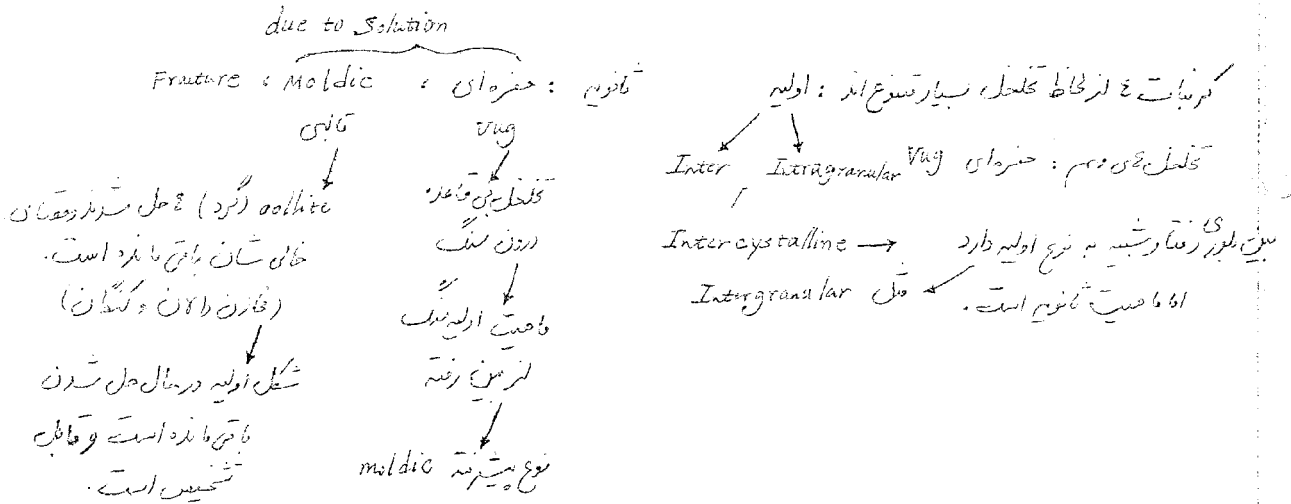
نتیج آنکه همان قانون استفاده شده است (بدون آن‌ها نمی‌توانست)

R_w : از SP، ترکیب آب، فزون آریه در wet zone (از ضرر روش دیگر) \Rightarrow R_{wa} حاصل شده است.
 $R_{wa} = \phi^m R_t$ (DST)

Well-Logging (P. 38)

- در جدولی که حجم شیل را مد نظر قرار می دهند تمام پارامترهای زیر لات بدست می آیند.
- ادا درش Waxman - Smith ، مقدار CEC مورد نیاز است (بر اساس نوع رس)
- در فرم انترگرانه مقدار CEC ، یک مقدار متوسط بر اساس نوع رس می باشد که خطا خواهد داشت.

□ ارزیابی سازندگی کربناته شکاف دار :



✓ ضرایب تجربی $m=2$ و $a=1$ برای Intergranular ، Intercrystalline قابل قبول هستند.
برای نوع vug ، m بسیار بالا هستند.

$$\phi_{sec} = \phi_{N,cor} - \phi_{sonic}$$

$$\phi_{sec} = \phi_{D,cor} - \phi_{sonic}$$

برای Fracture ، m بسیار پایین هستند.
شکاف تخلخل ثانویه : مقدار سونیک دیتورون
سونیک و دانسیته

✓ ما برای $m=2$ نسبت چون بین $\phi_{N,cor}$ و ϕ_{sonic} تفاوت وجود دارد.

- فرمول Shell در ایران : $m = 1.87 + \frac{0.079}{\phi}$ (برای تخلخل های پایین کربناته)

$m = \frac{2 \text{Log } \phi_s}{\text{Log } \phi_T}$ (Nugget) (For irregular vuggy or fossil moldic porosity)

↓ ↓

ϕ_{ND} ($\phi_{Neutron-Density}$)

✓ با افزایش تخلخل ثانویه ، m زیاد می شود.

Rasmus Formula (For Fractures) = $\frac{\text{Log}(\phi_s^3 + \phi_s^2(1-\phi_T) + (\phi_T - \phi_s))}{\text{Log}(\phi_T)}$ ε Fracture برای

$m < 2$ m پایین

↓ ↓

چون Fractures ε حرکت سیال را تسهیل می کنند.

} $\phi_{ND} = 20$ $\Rightarrow m(\text{Rasmus}) = 1.37$

} $\phi_s = 10$

For oomoldic porosity: $m = \frac{2 \text{Log } \phi_m}{\text{Log } \phi_T}$

} $\phi_{ND} = 30$ $\Rightarrow m(\text{Rasmus}) = 1.14$

} $\phi_s = 5$ $m(vug) = 4.97$

where: $\phi_m = \phi_T - \phi_{vug}$

↓

$\phi_{vug} = 2(\phi_T - \phi_s)$

Well-Logging (P. 39)

انرژی زمین خازن تا زمین چه نوعی است؟ اگر بین قلیف سونیک و کل تعداد باشد
✓ تجربی: m واحد زده و میزان است فزون را حساب می کند و می داند wet zone با است m را بقدر
می دهند که Sw=100 در wet zone در آید. (نوع History Matching)

۱- روش تعیین Fracture: ع

از FMS, FMI, ATV این خواص استفاده کنیم

نظم لوز غوردهای عاری (Conventional Log) در ترکیب با هم استفاده خواهد شد.

- وجود MSFL (تغییرات sharp را در بر خورد با شکستگی باز نشان می دهد که لنگل عاری بر شده است)

که به دیواره چاه می چسبد (در تصحیح آن به نظر چاه نیازی نیست اما به ضخامت سنگ مل، h_{mc} نیازی باشد)
تغییرات کم تر شدن / تغییرات زیاد تر شدن
کل رسانا / کل غیر رسانا
(OBM)

- ابزار Δe (تصحیح ابزار دانسته) به دیواره چاه می چسبد

در برتق تماس با کل عاری، Δe مقدار ترمات شده را تصحیح خواهد نمود.

تیزور Δe (چیک می کنیم که Caliper رنجش را نشان می دهد)

اگر MSFL نشان داد Δe را چیک می کنیم.

بعد از این مرحله هم باز چیک می کنیم (ریتر لاک ع)

- مثل "Caliper" را ابزار چید بازیک

که نتایج هر بازو را به تنهایی نمایش دهیم و می توانیم نوع Fracture را تعیین دهیم.

در بازه های هسته رنجنگ ع روییک هستد (چهار بازویک رنجنگ را نشان می دهد)

✓ در شکله ع چهار بازو یک نوع رنجنگ را نشان نمی دهد (مقاومت در شکل)

وجود Cycle Slipping در اطلاعات سونیک، می تواند احتمال Fracture را نشان دهد (وجود کل عاری با باز)

۱- رتر شکستگی ع بود لوز فزول Rasmus حساب می کنیم.

✓ اتر شکستگی ای فزول می توان ما حدی لوز فزول Nugget، مقدار محدودی را بدست آورد.

- این روش ع، شکستگی ع شریف را مشخص می کند که از مغایب شان است.

- دیتر لاک ع رتر در شناخت شکستگی: Dipmeter log

Borehole televiewer logs

- تمام مطالب فوق برای شکستگی های بازمی باشند.