www.OilMan-download.Mihanblog.com
Tel : 0918 848 71 12
گروه آموزشی اویلمن

جزوات خلاصه گروه آموزشي اويلمن

خواص سنگ مخزن (پتروفيزيک)

مهندس ميلاد مقصودي

فروردين 92

بررسی نکات مهم درس :

۱) آزمایشات آنالیز مغزه مهمترین خواص سنگ ها در محاسبات مهندسی اند.

۲) مهندسین نفت تخلخل مؤثر را مدنظر قرار می دهند زیرا این تخلخل است که سیال قابل استحصال را در خود دارد.

۳) روابط مهم تخلخل :

$$\phi = \frac{\text{Pore volume}}{\text{Bulk volume}} = \frac{\text{حجم محیط متخلخل}}{\text{حجم کل سنگ}} = \frac{V_p}{V_b} = \frac{V_v}{V}$$

$$\phi_e = \frac{V_{pe}}{V_b} = \frac{V_{vi}}{V_b} = \frac{\text{حجم فضاهای خالی مرتبط}}{\text{حجم کل سنگ}} \qquad \phi_a = \frac{V_{pt}}{V_b} = \frac{V_v}{V_b} = \frac{V_b - V_g}{V_b}$$

$$V_b = V_g + V_p \quad , \quad V_p = V_a + V_w \quad , \quad V_{pt} = V_{pe} + V_{pne}$$

۴) محاسبه ی حجم هیدروکربن :

$$V_{Fluid} = 43560\, A\, h\, \phi_e \quad (ft^3) \longrightarrow 1 bbl = 5.615\, ft^3$$

$$V_{Fluid} = 7758\, A\, h\, \phi_e \quad (bbl)$$

h ضخامت مخزن ـ A مساحت مخزن
لایه ها

۵) تغییرات تخلخل در جهت عمود بر لایه بندی بیشتر از تغییرات آن در جهت افقی لایه بندی در مخزن است.

۶) میانگین حسابی تخلخل ⟵

$$\bar{\phi} = \frac{\Sigma \phi_i}{n}$$

میانگین وزنی نسبت به A و h ⟵

$$\bar{\phi} = \frac{\Sigma \phi_i\, h_i\, A_i}{\Sigma A_i\, h_i}$$

۷) رابطه های اشباع ؛ (بین ۰٪ - ۱۰۰٪)

$$S_F = \frac{\text{حجم سیال}}{\text{حجم فضای خالی}} = \frac{V_F}{V_V} = \frac{V_F}{V_p} = \frac{\text{حجم سیال در محیط متخلخل}}{\text{حجم تخلخل}}$$

مجموع اشباع سیالات در یک سنگ مخزن (محیط متخلخل)

$$S_o + S_g + S_w = 1 \text{ or } 100\%$$

۸) در چاه پایین تخلخل مؤثر تخلخلی است که در اختیار سیالات آزاد است و می تواند آزادانه حرکت کند.

۹) در تمامت های نفت و گازی همیشه مقداری آب غیرقابل تحرک وجود دارد که به دلیل نیروی موئینه در سوراخ های کوچک است. آب همزاد وجود آن به این دلیل هم است که از فضای خالی موجود برای نفت و گاز می کاهد و پراکندگی یکسانی در مخزن ندارد و به سمت ذخیره ی استوانه ای در ارتفاع بالای سفره آب تمایل دارد.

۱۰) اشباع آب جوانی = آب همزاد = اشباع آب غیرقابل تقلیل S_{wi} irreducible water

۱۱) اشباع نفت متحرک (S_{ox}) :

$S_{ox} = 1 - S_{wc} - S_{oc}$

اشباع نفت جوانی ⟵ اشباع آب همزاد ⟵

www.OilMan-download.Mihanblog.com

۱۲) تخلخل : ظرفیت ذخیره کردن سیال را می‌گویند ← توانایی محیط متخلخل در ذخیره کردن یک سیال - به صورت حجمی از سنگ خالی می‌باشد ← برحسب درصد است.

تراوایی

اشباع : به صورت درصدی از حجم فضای خالی که به وسیله‌ی سیال خاصی پر شده باشد. (گاز - نفت - آب)

نفوذ پذیری : توانایی سازند که گذردهی سیال را گویند - توانایی محیط متخلخل در عبور سیال از خود را گویند. ویژگی از سازند است که قابلیت گذردهی سیال را در سازند کنترل می‌کند.

۱۳) $\bar{S}_F$ میانگین حجمی $= \frac{\sum \phi_i h_i A_i S_{Fi}}{\sum \phi_i h_i A_i}$ $\qquad$ $\bar{S}_F$ میانگین حسابی $= \frac{\sum S_{Fi}}{n}$

۱۴) ترشوندگی (W) ← با θ (زاویه تماس و برخورد) رابطه‌ی عکس دارد.

$\theta = 0 \rightarrow$ کامل W $\qquad \theta = 180 \rightarrow$ W ندارد $\qquad \theta = 60-90 \rightarrow$ متوسط $\bar{W}$

* خاصیت مهم ترشوندگی = پراکندگی سیال در مخزن را نشان می‌دهد زیرا که نیروی جاذب بین سنگ و سیال باعث می‌شود حفرات کوچک توسط فاز ترکننده (W) و حفرات دیگر توسط فازهای دیگر اشغال شوند.

۱۵) فشار موئینگی (P_c) ← بین ۲ فاز $P_c = P_{nw} - P_w$

P_c در یک محیط متخلخل بین دو فاز غیر امتزاجی تابعی از σ ، r ، θ و نیز حفرات ، S_F اشباع سیال است.

بین ۲ نقطه $P_c = \Delta\rho g h$

رابطه‌ی لاپلاس $P_c = \frac{2\sigma\cos\theta}{r}$

P_c : اختلاف فشار در سطح مشترک دو سیال غیر امتزاجی (نا پیوستگی فشاری بین آن‌ها)

$h = ft$ $\quad P_c = psi$ $\quad P_c = \left(\frac{h}{144}\right)\Delta\rho$

$P_c = F/A$

۱۶) مهمترین کاربرد P_c ← پاسخ پراکندگی سیال در مخزن است.

۱۷) روابط فازی P_c ← ۱) سیستم نفت و آب : $P_c = \frac{2\sigma_{ow}\cos\theta}{r}$

۲) سیستم گاز و آب : $P_c = \frac{2\sigma_{gw}\cos\theta}{r}$

۱۸) $P_{cwo} = P_o - P_w$ & $P_{cog} = P_g - P_o$ & $P_{cwg} = P_g - P_w$

۱۹) نیروی موئینه در مخازن نفتی نتیجه‌ی ترکیب اثرات کشش سطحی سنگ و سیال، شکل و اندازه‌ی حفرات و ترشوندگی سیستم است.

۲۰) هر سطح منحنی بین دو سیال غیر امتزاجی تمایل دارد به کوچکترین سطح ممکن برای حجم تبدیل شود.

www.OilMan-download.Miranblog.com

۲۱) واژه‌ی اشباع باقی مانده زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که فاز غیر ترکننده توسط فاز ترکننده جابه‌جا شود. (Imb)

۲۲) کشش سطحی در لوله مویین (σ) ⟵

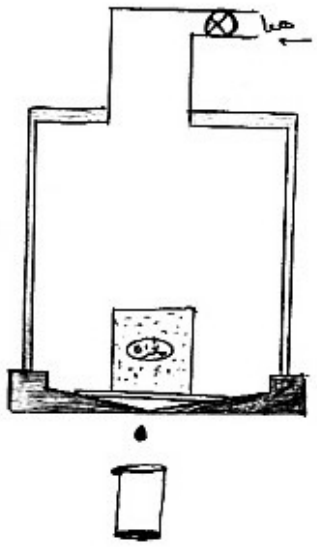
$$F_{up} = F_{down} \longrightarrow \sigma \begin{cases} \sigma_{gw} = \dfrac{r g h \rho_w}{2\cos\theta} \\ \sigma_{ow} = \dfrac{r g h (\rho_w - \rho_o)}{2\cos\theta} \end{cases}$$

r: شعاع لوله مویین h: ارتفاع مویینگی

ρ: چگالی سیال θ: زاویه برخورد (تماس)

۲۳) P_c فشار مویینه با ↑ (با ↓ حفرات) ↓ T ↓ (↑) ↓ k (تراوایی) رابطه‌ی عکس دارد و با σ (کشش سطحی) رابطه‌ی مستقیم دارد.

۲۴) جهت بدست آوردن فشار مویینه در سنگ مخزن ⟵ آزمایش restored Capillary pressure technique



مراحل آزمایش:

۱) نمونه اشباع شده ($S_w = 1$ یا ۱۰۰٪) را در محفظه قرار می‌دهیم

۲) هوا از بالا به محفظه تزریق می‌شود تا این فشار آب از نمونه خارج شود.

۳) کم کم فشار افزایش می‌یابد و آب از نمونه خارج می‌شود و به S_{wc} می‌رسد.

۴) آب خارج شده وزن کرده تا اشباع نمونه بدست آید.

۵) داده‌های فشار هوا در مقابل اشباع سیال منفی ⟵ $P_c(S_w)$

P_c همان فشار هوا برای خارج کردن سیال (آب) از نمونه است یا P_c در مخزن فشار خارج کردن فاز ترکننده از حفرات است.

۲۵) P_d: فشار جابه‌جایی - کمترین فشاری که نیاز است تا اشباع ۱۰۰٪ = S_w فاز ترکننده جابه‌جا شود.

۲۶) پسماند مویینه (در اینجا آب به عنوان فاز ترکننده (w) است)

تابعی از جهت تغییرات اشباع است.

capillary Hysteresis

* جهت توجیه پسماند مویینه ۲ مکانیسم ارائه شده است.

۱) فرآیند تخلیه یا زهکشی: Drainage process

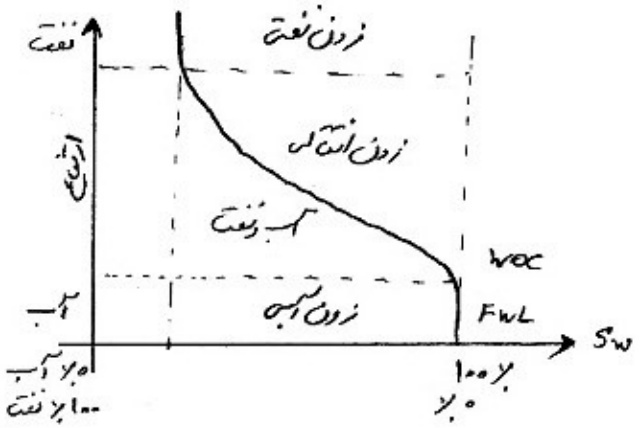
جابه‌جایی آب (w) توسط نفت و گاز (nw)

۲) فرآیند اشباع کردن نمونه و آغشتگی: Imbibition process

جابه‌جایی نفت و گاز (nw) توسط آب (w)

* منفی دو فرآیند بالا یکسان نیست علت آن هم ترشوندگی سنگ است.

www.OilMan-download.Mihanblog.com



۲۷) پراکندگی اشباع اولیه در سنگ مخزن :

WOC : بالاترین عمقی که در آن اشباع آب ۱۰۰٪ است.

GOC : کمترین عمقی که در آن اشباع مایع ۱۰۰٪ است.

FWL : $P_c = 0$ سطح آزاد آب

زون انتقالی : ناحیه‌ای که در آن اشباع آب تقریباً از ۱۰۰٪ به S_{wc} می‌رسد. (transition zone)

$$FWL = WOC + h$$

$$h = \frac{144 P_c}{\Delta \rho}$$

۲۸) افزایش یا کاهش زون انتقالی با σ و $\Delta\rho$ رابطه‌ی عکس دارد.

۲۹) تابع جی (ژ) ⟵ J - function : جهت بدست آوردن نفتِ کامل ✓

$$(1) \quad J(S_w) = 0.21645 \frac{P_c}{\sigma} \sqrt{\frac{K}{\phi}}$$

$$(2) \quad J(S_w) = \frac{P_c}{\sigma \cos\theta} \sqrt{\frac{K}{\phi}}$$

۳۰) تبدیل داده های آزمایشگاهی P_c به شرایط مخزن :

۱) اگر خواص سنگ مخزن و نمونه آزمایشگاه فرقی نداشته باشند :

$$(P_c)_{res} = (P_c)_{lab} \frac{\sigma_{res}}{\sigma_{Lab}}$$

۲) اگر خواص سنگ مخزن و نمونه آزمایشگاه فرق داشته باشند :

$$(P_c)_{res} = (P_c)_{lab} \frac{\sigma_{res}}{\sigma_{lab}} \sqrt{\frac{\phi_{res} \times K_{core}}{\phi_{core} \times K_{res}}}$$

۳۱) در آزمایشگاه جهت بدست آوردن داده‌های P_c از سیستم هط جیوه یا هوا آب نمک استفاده می‌شود.

۳۲) تراوایی یا نفوذپذیری (Permeability) ⟵ محاسبه / آن رابطه‌ی دارسی (Darcy law's)

www.OilMan-download.Miranblog.com

$$q = \frac{KA}{\mu}\,\frac{\Delta P}{\ell} \text{ or } \frac{dP}{d\ell}$$

q : دبی ورودی و خروجی سیال (سیالات تراکم ناپذیر)

$P_1 > P_2 \longleftarrow (P_1 \rightarrow P_2)$ ΔP : افت فشار

A : سطح مقطعی که سیال از آن عبور می‌کند

μ : ویسکوزیته یا گرانروی سیال ℓ : فاصله‌ی بین محل ورودی و خروجی سیال است. (طول)

$\frac{\Delta P}{\ell}$: شیب فشار (نیروی رانش - منفی است) K : تراوایی سنگ واحد دارسی D (آزمایشگاه)

میلی دارسی mD

$1\ darcy \simeq 10^{-12}\ m^2$

متر مربع m^2 (مترکیک)

(ابعاد آن L^2 است)

مهم است.

www.OilMan-download.Mihanblog.com