

DETERMINAÇÃO DA COMPRESSIBILIDADE DE VOLUME POROSO EM CÉLULA HIDROSTÁTICA

Procedimento

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos seus itens.

CONTEC
Comissão de Normas
Técnicas

Requisito Técnico: Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada: Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

SC - 30
Reservatórios

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o seu aprimoramento, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. – PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."

Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as suas Subsidiárias) e homologadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias). Uma Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa o procedimento de determinação da compressibilidade do volume poroso de rochas ou meios porosos assemelhados em célula de confinamento hidrostático.

1.2 Esta Norma se aplica aos procedimentos iniciados a partir da data de sua edição.

1.3 Esta Norma contém Requisitos Técnicos e Práticas Recomendadas.

2 DEFINIÇÕES

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições indicadas nos itens 2.1 a 2.5.

2.1 Plugue

Amostra de rocha cilíndrica de pequena dimensão. Em geral, é extraída do testemunho com diâmetro de 1", 1,5" ou 2". Seu comprimento é variável.

2.2 Pressão Litostática ou de Sobrecarga

Pressão exercida pelas camadas de sedimentos saturadas de fluidos acima de uma determinada profundidade.

2.3 Pressão Estática ou de Poros

Pressão exercida pelos fluidos saturantes de um determinado meio poroso.

2.4 Pressão Litostática Efetiva ou de Sobrecarga Efetiva

Diferença entre a pressão de sobrecarga e a pressão de poros. É a pressão que efetivamente atua sobre um determinado volume de rocha em subsuperfície.

2.5 Vernier

Escala calibrada onde são feitas as leituras de volume da bomba manual.

3 RESUMO

A medição da compressibilidade de volume poroso descrita nesta Norma simula a produção de um campo de petróleo por depleção. Avalia-se o grau de contração do volume poroso com a redução de pressão de poros, mantendo constante a pressão litostática. Durante o experimento, o carregamento é isotrópico, isto é, as tensões atuantes sobre o meio poroso são iguais nas direções axial e radial. Através dos cálculos, entretanto, é obtida a compressibilidade uniaxial.

4 APARELHAGEM

4.1 Compressibilímetro

Equipamento utilizado para a medição da compressibilidade do volume poroso de amostras de rocha ou meios porosos assemelhados. O compressibilímetro é composto das seguintes partes:

- a) célula hidrostática de confinamento;
- b) bomba manual de volume calibrado;
- c) “trap” de líquido, bomba de vácuo;
- d) bomba manual de deslocamento positivo;
- e) reservatório de óleo;
- f) transdutor e indicador de pressão de poros;
- g) transdutor e indicador de pressão de sobrecarga.

4.2 Célula Hidrostática ou “Holder” Hidrostático

Célula metálica capaz de submeter a amostra de rocha colocada em seu interior a pressões de confinamento iguais nas direções radial e axial. A amostra é posicionada dentro de uma camisa de borracha, cuja função é transmitir a pressão exercida pelo fluido de confinamento ao corpo de prova.

4.3 Camisa de Borracha

Cilindro vazado de borracha onde se coloca a amostra. Tem a função de permitir a aplicação da pressão de confinamento à amostra sem haver contato com o fluido de pressurização.

4.4 Bomba Manual com Volume Calibrado

Bomba de deslocamento positivo tipo pistão, com avanço calibrado em volume. Utilizada para aumentar de forma controlada e quantitativa o volume das linhas do sistema de pressão de poros, provocando a queda desta pressão. Essa bomba possui um vernier para a leitura do volume calibrado.

4.5 “Trap” de Líquido e Bomba de Vácuo

Sistema gerador de vácuo para o compressibilímetro. O “trap” de líquido evita danos à bomba.

4.6 Bomba Manual de Deslocamento Positivo e Reservatório de Óleo

4.6.1 Bomba manual que permite pressurizar tanto as linhas de pressão de poros quanto as de sobrecarga. Permite aplicar simultaneamente as pressões de sobrecarga e de poros, mantendo sempre a pressão de poros cerca de 200 psig abaixo da pressão de sobrecarga.

4.6.2 O reservatório de óleo alimenta a bomba e deve sempre ser preenchido com o óleo desaerado.

4.7 Transdutores e Indicadores de Pressão de Poros e Sobrecarga

Transdutores de pressão com fundo de escala de 10 000 psig, posicionados nas linhas de pressão de poros e de sobrecarga. São ligados a indicadores de pressão posicionados no painel do compressibilímetro.

5 EXECUÇÃO

Notas: 1) Os itens 5.1 a 5.3 constam de um resumo das etapas dos procedimentos de preparação da unidade e de análise. Essas etapas encontram-se detalhadamente descritas nos itens 5.4 a 5.13.
2) O desenho esquemático do compressibilímetro é apresentado no ANEXO B desta Norma.

5.1 Etapas para Medição do Volume das Linhas do Sistema de Pressão de Poros

5.1.1 Limpeza da bomba manual de volume calibrado.

5.1.2 Limpeza das linhas do sistema de pressão de poros.

5.1.3 Medição do volume de linhas do sistema de pressão de poros.

5.2 Etapas para Determinação da Deformação das Linhas de Aço com a Aplicação de Pressão (“Calibração”)

5.2.1 Calibração dos transdutores de pressão (caso pertinente).

Nota: Deve-se assegurar que os transdutores de pressão estejam sempre calibrados, segundo a descrição do item 5.4.

5.2.2 Saturação das linhas e do volume interno do plugue de aço.

Nota: Na fase de calibração emprega-se plugue de aço no lugar de plugue de rocha. A variação do volume do primeiro pode ser considerada desprezível.

5.2.3 Pressurização e verificação da estanqueidade da unidade.

5.2.4 Calibração.

5.2.5 Cálculos da calibração.

5.3 Etapas para Análise da Amostra de Rocha

5.3.1 Preparação da amostra.

5.3.2 Saturação das linhas e do volume poroso da amostra.

5.3.3 Pressurização e verificação da estanqueidade da unidade.

5.3.4 Análise.

5.3.5 Cálculos da compressibilidade uniaxial do volume poroso.

5.4 Calibração dos Transdutores de Pressão

5.4.1 A calibração dos transdutores deve ser verificada antes de testar a estanqueidade da unidade, pois eles devem ser desconectados.

5.4.2 A verificação da calibração dos transdutores deve ser efetuada uma vez a cada trimestre.

5.4.3 A calibração dos transdutores de pressão deve ser realizada conforme descrito a seguir:

- 1º) Desconectar a unidade de quaisquer fontes elétricas ou de pressão e fechar todas as válvulas.
- 2º) Despressurizar totalmente a linha de pressão de poros abrindo a válvula V7.
- 3º) Despressurizar totalmente a linha de pressão de sobrecarga abrindo a válvula V6 e alinhando o jogo de válvulas da bomba manual de deslocamento positivo de forma que haja retorno do óleo para seu reservatório.
- 4º) Fechar todas as válvulas.
- 5º) Desconectar os transdutores de pressão de sobrecarga e de poros, colocando tampões de aço no lugar deles.
- 6º) Desconectar do painel os indicadores de pressão de sobrecarga e de poros.
- 7º) Não desfazer as conexões dos transdutores com os indicadores.
- 8º) Conectar os transdutores, um por vez, a um calibrador de pressão por "dead weight" (peso-morto).
- 9º) Ligar o indicador do transdutor que tiver sido conectado ao "dead weight" a uma fonte de energia elétrica.
- 10º) Com o sistema despressurizado, verificar se o indicador está marcando zero. Se não estiver, faça os ajustes necessários no indicador para zerar esta leitura.
- 11º) Pressurizar o calibrador "dead weight" com cerca de 10 000 psig e verificar o valor registrado pelo indicador. Se necessário, fazer os ajustes no indicador para que as leituras sejam coincidentes.
- 12º) Despressurizar o calibrador "dead weight" e verificar o zero novamente, efetuando um novo ajuste no indicador, se necessário.

- 13^º) Repetir a operação até que não seja mais necessário corrigir o zero e o 100 % da escala.
- 14^º) Desconectar o transdutor do calibrador “dead weight” e remontar o transdutor no compressibilímetro. Remontar também o indicador de pressão no compressibilímetro.

Nota: Os equipamentos citados neste procedimento são apresentados de forma esquemática na FIGURA B-1 do ANEXO B.

5.5 Limpeza das Linhas do Sistema de Pressão de Poros

5.5.1 A limpeza das linhas de pressão de poros é um procedimento obrigatório que antecede a medição de seu volume com porosímetro a gás.

5.5.2 A limpeza das linhas de pressão de poros deve ser realizada conforme descrito a seguir:

- 1^º) Despressurizar totalmente a linha de pressão de poros abrindo a válvula V7.
- 2^º) Fechar todas as válvulas do compressibilímetro.
- 3^º) Desconectar as linhas a montante das válvulas V2 e V5.
- 4^º) Conectar a bomba de vácuo ao “trap” de líquido.
- 5^º) Conectar as válvulas V2, V5 e V7, uma por vez, a reservatórios com solvente (exemplo: hexano) com o auxílio de uma linha de náilon.
- 6^º) Abrir a válvula V4.
- 7^º) Ligar a bomba de vácuo.
- 8^º) Abrir totalmente a válvula que estiver conectada ao reservatório de solvente (V2, V5 ou V7) e deixar o solvente fluir pelas linhas, caindo no “trap”. Repetir a operação com as outras 2 válvulas, trocando de lugar a linha conectada ao reservatório de solvente.
- 9^º) Desligar a bomba de vácuo e fazer as conexões segundo a configuração original.
- 10^º) Secar as linhas com um fluxo brando de ar comprimido.

Nota: Os equipamentos citados neste procedimento são apresentados de forma esquemática na FIGURA B-1 do ANEXO B.

5.6 Limpeza da Bomba Manual com Volume Calibrado

Deve ser realizada conforme descrito a seguir:

- 1^º) Desconectar a bomba manual do compressibilímetro, após a válvula V2.
- 2^º) Conectar a válvula V2 a um “trap” de líquido e este a uma bomba de vácuo.
- 3^º) Ligar a bomba de vácuo e abrir totalmente as válvulas V1 e V2. Deixar o óleo da bomba ser totalmente sugado.
- 4^º) Fechar a válvula V1.
- 5^º) Alimentar o reservatório da bomba manual com solvente para o óleo empregado no teste de compressibilidade.
- 6^º) Fechar a válvula V2 e abrir a válvula V1, deixando que o solvente penetre na bomba.