

دانشنامه

## سیمان حفاری و عملیات سیمان کاری

نویسندگان: عباس عباسزاده شهری، عبدالواحد قادری، امین پژوهنده

ویراستار علمی: احسان شریف آرا

www.ketab.ir

|                                                                                                                          |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| عبدالله شهری، عباس، ۱۳۶۵ -                                                                                               | سرشناسه             |
| سیمان حفاری و عملیات سیمان کاری / نویسندگان عباس زاده شهری، عبدالواحد قادری، امین پژوهنده؛ ویراستار علمی احسان شریف آرا. | عنوان و نام پدیدآور |
| تهران: انتشارات روانشناسی و هنر، ۱۳۹۱                                                                                    | مشخصات نشر          |
| ۱۲۲ ص.                                                                                                                   | مشخصات ظاهری        |
| ۹۷۸-۶۰۰-۵۷۷۲-۴۶-۳ ریال: ۱۰۰۰۰۰                                                                                           | شابک                |
| فیبا                                                                                                                     | وضعیت فهرست نویسی   |
| چاه های نفت - سیمان کاری                                                                                                 | موضوع               |
| چاه های نفت -- حفاری                                                                                                     | موضوع               |
| حفاری                                                                                                                    | موضوع               |
| سیمان                                                                                                                    | موضوع               |
| سیمانکاری                                                                                                                | موضوع               |
| ۱۳۹۱ م ۹ ۲/ع ۸۷/۱ TN                                                                                                     | رده بندی کنگره      |
| ۲۷۷۳۶۳۵                                                                                                                  | شماره کتابشناسی ملی |
| ۱۳۹۱/۰۲/۲۶                                                                                                               | تاریخ درخواست       |
| ۲۷۷۳۲۴۲                                                                                                                  | کد پیگیری           |

## روانشناسی

### سیمان حفاری و عملیات سیمان کاری

نویسندگان: عباس زاده شهری، عبدالواحد قادری، امین پژوهنده

ویراستار علمی: احسان شریف آرا

ناشر: انتشارات روان شناسی و هنر

طراح جلد: عبدالواحد قادری

صفحه آرا: امین پژوهنده

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: آبان

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۱ تیراژ: ۱۰۰۰ قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۷۷۲-۴۶-۳

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۵۷۷۲-۴۶-۳

تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است

انتشارات روان شناسی و هنر: تلفکس: ۶۶۹۷۶۲۴۲

صندوق پستی: ۱۳۱۴۵-۱۷۳۴

## فهرست مطالب

### فصل اول

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| ۱-۱. مقدمه.....                   | ۳ |
| ۱-۲. مراحل تولید سیمان.....       | ۳ |
| ۱-۲-۱. روش تر.....                | ۶ |
| ۱-۲-۲. روش نیمه تر.....           | ۶ |
| ۱-۲-۳. روش نیمه خشک.....          | ۶ |
| ۱-۲-۴. روش خشک.....               | ۶ |
| ۱-۳. شیمی سیمان.....              | ۷ |
| ۱-۳-۱. تری کلسیم سیلیکات.....     | ۸ |
| ۱-۳-۲. دی کلسیم سیلیکات.....      | ۸ |
| ۱-۳-۳. تتراکلسیم آلومینوفریت..... | ۸ |
| ۱-۳-۴. تری کلسیم آلومینات.....    | ۹ |

### فصل دوم

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| ۲-۱. مقدمه.....                                    | ۱۲ |
| ۲-۲. سیمانکاری چاه نفت.....                        | ۱۲ |
| ۲-۳. انواع سیمان ها از دیدگاه کلی.....             | ۱۳ |
| ۲-۳-۱. سیمان پرتلند نوع I.....                     | ۱۳ |
| ۲-۳-۲. سیمان پرتلند نوع II.....                    | ۱۳ |
| ۲-۳-۳. سیمان پرتلند نوع III.....                   | ۱۳ |
| ۲-۳-۴. سیمان پرتلند نوع IV.....                    | ۱۴ |
| ۲-۳-۵. سیمان پرتلند نوع V.....                     | ۱۴ |
| ۲-۳-۶. پرتلند نوع ممتاز.....                       | ۱۴ |
| ۲-۳-۷. سیمان زودگیر.....                           | ۱۴ |
| ۲-۳-۸. سیمان ضد سولفات.....                        | ۱۴ |
| ۲-۳-۹. سیمان هوازا.....                            | ۱۴ |
| ۲-۳-۱۰. سیمان پوزولانی (سیمان خاکستر آشفشانی)..... | ۱۵ |
| ۲-۳-۱۱. سیمان انبساطی.....                         | ۱۵ |
| ۲-۳-۱۲. سیمان برقی (سیمان آلومینیومی).....         | ۱۵ |
| ۲-۳-۱۳. سیمان رنگی.....                            | ۱۵ |
| ۲-۳-۱۴. سیمان سرباره (متالورژیکی).....             | ۱۵ |
| ۲-۳-۱۵. سیمان سفید.....                            | ۱۵ |
| ۲-۳-۱۶. سیمان پرتلند- آهکی.....                    | ۱۶ |
| ۲-۳-۱۷. سیمان نسوز.....                            | ۱۶ |
| ۲-۳-۱۸. سیمان پرتلند ضد آب.....                    | ۱۶ |

|    |                                                       |
|----|-------------------------------------------------------|
| ۱۶ | ۲-۳-۱۹. سیمان بنایی                                   |
| ۱۶ | ۲-۳-۲۰. سیمانهای باگیرش تنظیم شده                     |
| ۱۶ | ۲-۳-۲۱. سیمانهای چاه نفت                              |
| ۱۶ | ۲-۳-۲۱-۱. سیمانهای بنتونیتی (Bentonitic Cements)      |
| ۱۷ | ۲-۳-۲۱-۲. سیمانهای پرلیتی (Perlitic Cements)          |
| ۱۷ | ۲-۳-۲۱-۳. سیمانهای دیا تومه‌ای (Diatomaceous Cements) |
| ۱۷ | ۲-۳-۲۱-۴. سیمان ژپسی (Gypsum Cement)                  |
| ۱۸ | ۲-۳-۲۱-۵. سیمان رزینی (Resin Cements)                 |
| ۱۸ | ۲-۳-۲۱-۶. سیمان‌های ویژه                              |
| ۱۸ | ۲-۳-۲۱-۷. سیمان انبساطی (Expansion Cement)            |
| ۱۸ | ۲-۳-۲۲. سیمان آمیخته (ترکیبی)                         |
| ۱۸ | ۲-۴. خصوصیات و ویژگی‌های سیمان                        |
| ۱۸ | ۲-۴-۱. نرمی ذرات                                      |
| ۱۹ | ۲-۴-۲. زمان گیرش                                      |
| ۱۹ | ۲-۴-۳. گیرش و سخت شدن خمیر سیمان                      |
| ۱۹ | ۲-۴-۴. حرارت هیدراتاسیون                              |
| ۱۹ | ۲-۴-۵. مقاومت مکانیکی                                 |
| ۱۹ | ۲-۴-۶. سلامت سیمان                                    |

## فصل سوم

|    |                                                        |
|----|--------------------------------------------------------|
| ۲۲ | ۳-۱. مقدمه                                             |
| ۲۲ | ۳-۲. انواع کلاسهای سیمان طراحی شده توسط استاندارد API  |
| ۲۲ | ۳-۲-۱. سیمان کلاس A (Cement Class A)                   |
| ۲۳ | ۳-۲-۲. سیمان کلاس B (Cement Class B)                   |
| ۲۴ | ۳-۲-۳. سیمان کلاس C (Cement Class C)                   |
| ۲۴ | ۳-۲-۴. سیمان کلاس D (Cement Class D)                   |
| ۲۵ | ۳-۲-۵. سیمان کلاس E (Cement Class E)                   |
| ۲۵ | ۳-۲-۶. سیمان کلاس F (Cement Class F)                   |
| ۲۵ | ۳-۲-۷. سیمانهای کلاس G-H (Cement Class G-H)            |
| ۲۵ | ۳-۲-۸. سیمان کلاس J (Cement Class J)                   |
| ۲۶ | ۳-۳. فاکتورهای تاثیر گذار بر روی خواص سیمان            |
| ۲۷ | ۳-۴. خواص فیزیکی سیمان حفاری                           |
| ۲۷ | ۳-۴-۱. استحکام تراکمی سنگ سیمان (Compressive Strength) |
| ۲۸ | ۳-۴-۱-۱. استحکام تراکمی (Compressive strength)         |
| ۲۸ | ۳-۴-۱-۲. استحکام کششی (Tensile strength)               |
| ۲۸ | ۳-۴-۲. زمان نیم بند شدن سیمان (Thickening Time)        |
| ۲۹ | ۳-۴-۳. افزودنی‌های سیمان (Cement Additives)            |
| ۲۹ | ۳-۵. عوامل موثر در عملیات سیمانکاری                    |
| ۳۰ | ۳-۶. انواع دوغاب‌های سیمان                             |

|    |                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------|
| ۳۰ | ۳-۶-۱. دوغاب‌های سبک وزن سیمان (Low Density Cement Slurries)    |
| ۳۰ | ۳-۶-۱-۱. سیمانهای بنتونیتی شیرین                                |
| ۳۱ | ۳-۶-۱-۲. سیمانهای اصلاح شده                                     |
| ۳۱ | ۳-۶-۱-۳. سیمانهای بنتونیتی شور                                  |
| ۳۱ | ۳-۶-۱-۴. پوزولان‌ها و سیمانهای پوزولانی                         |
| ۳۲ | ۳-۶-۱-۵. خاک دو اتمی                                            |
| ۳۲ | ۳-۶-۱-۶. استفاده از نیتروژن در سیمانکاری چاههای نفت             |
| ۳۲ | ۳-۶-۲. دوغاب‌های سنگین وزن سیمان (High Density Cement Slurries) |
| ۳۲ | ۳-۶-۳. دوغاب‌های تغلیظ شده سیمان                                |

## فصل چهارم

|    |                                                           |
|----|-----------------------------------------------------------|
| ۳۵ | ۴-۱. مقدمه                                                |
| ۳۵ | ۴-۲. دلایل استفاده از افزودنی‌ها                          |
| ۳۵ | ۴-۳. انواع افزودنی‌های سیمان                              |
| ۳۶ | ۴-۳-۱. افزودنیهای کنترل دانسیته (کنترل وزن)               |
| ۳۶ | ۴-۳-۱-۱. بنتونیت (Bentonite)                              |
| ۳۷ | ۴-۳-۱-۲. خاک دیاتومه‌ای (Diatomaceous)                    |
| ۳۸ | ۴-۳-۱-۳. هیدروکربن‌های جامد (Solid Hydrocarbons)          |
| ۳۸ | ۴-۳-۱-۴. پرلیت منبسط شده (Expanded Perlite)               |
| ۳۹ | ۴-۳-۱-۵. پوزولان (Pozzolan)                               |
| ۳۹ | ۴-۳-۱-۶. هماتیت (Hematite)                                |
| ۳۹ | ۴-۳-۱-۶. ایلمنیت (Ilmenite)                               |
| ۴۰ | ۴-۳-۱-۷. باریت (Barite)                                   |
| ۴۰ | ۴-۳-۱-۸. ماسه (Sand)                                      |
| ۴۱ | ۴-۳-۲. افزودنیهای کنترل زمان سفت شدن                      |
| ۴۱ | ۴-۳-۲-۱. تندکننده‌ها یا شتاب‌دهنده‌ها (Accelerators)      |
| ۴۲ | ۴-۳-۲-۱-۱. کلرید کلسیم ( $\text{CaCl}_2$ )                |
| ۴۳ | ۴-۳-۲-۱-۲. کلرید سدیم ( $\text{NaCl}$ )                   |
| ۴۴ | ۴-۳-۲-۱-۳. آب دریا                                        |
| ۴۵ | ۴-۳-۲-۱-۴. برآکس                                          |
| ۴۵ | ۴-۳-۲-۱-۵. سنگ گچ نیمه هیدراته (ژپس)                      |
| ۴۵ | ۴-۳-۲-۱-۶. سیلیکات سدیم ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )     |
| ۴۵ | ۴-۳-۲-۱-۷. سیلیکات کلسیم ( $\text{CaSiO}_3$ )             |
| ۴۵ | ۴-۳-۲-۲. کند کننده‌ها (Retarders)                         |
| ۴۶ | ۴-۳-۲-۲-۱. کلسیم لیگنوسولفونیت                            |
| ۴۶ | ۴-۳-۲-۲-۱. Carboxy Methyl Hydroxy Ethyl Cellulose (CMHEC) |
| ۴۷ | ۴-۳-۲-۲-۲. برآکس                                          |
| ۴۷ | ۴-۳-۲-۲-۳. کلرید سدیم                                     |
| ۴۷ | ۴-۳-۲-۳. دوغاب‌های سیمان دیربند                           |

|    |                                                |
|----|------------------------------------------------|
| ۴۸ | ۴-۳-۲-۴. مکانیزم عملکرد کندکننده‌ها            |
| ۴۸ | ۴-۳-۲-۴-۱. نظریه جذب (Absorption)              |
| ۴۸ | ۴-۳-۲-۴-۲. نظریه رسوب (Recipitation)           |
| ۴۸ | ۴-۳-۲-۴-۳. نظریه هسته شدن (Nucleation)         |
| ۴۸ | ۴-۳-۲-۴-۴. نظریه پیچیدگی (Complexation)        |
| ۴۹ | ۴-۳-۳. افزودنی‌های کنترل هرزروی                |
| ۵۰ | ۴-۳-۳-۱. مراحل هرزروی                          |
| ۵۰ | ۴-۳-۳-۱-۱. مرحله دینامیکی (Dynamic fluid loss) |
| ۵۰ | ۴-۳-۳-۱-۲. مرحله استاتیکی (static fluid loss)  |
| ۵۰ | ۴-۳-۴. افزودنی‌های کنترل فیلتراسیون            |
| ۵۱ | ۴-۳-۵. افزودنی‌های کنترل گراروی                |
| ۵۱ | ۴-۳-۶. افزودنی‌های دیگر                        |

## فصل پنجم

|    |                                                        |
|----|--------------------------------------------------------|
| ۵۴ | ۵-۱. مقدمه                                             |
| ۵۴ | ۵-۲. ابزار مورد نیاز جهت تهیه دوغاب سیمان              |
| ۵۵ | ۵-۳. تعیین مقدار آب دوغاب سیمان                        |
| ۵۵ | ۵-۴. آزمایش تعیین زمان بندش (Thickening Time)          |
| ۵۶ | ۵-۵. آزمایش استحکام تراکمی                             |
| ۵۷ | ۵-۵-۱. دستگاه اولتراسونیک سمنت آنالایزر (U.C.A)        |
| ۵۷ | ۵-۵-۲. دستگاه پرس در آزمایش استحکام تراکمی             |
| ۵۷ | ۵-۶. آزمایش اندازه‌گیری میزان هرزروی عصاره دوغاب سیمان |
| ۵۷ | ۵-۷. آزمایش اندازه‌گیری خواص رئولوژیکی                 |
| ۵۷ | ۵-۸. آزمایش آب آزاد                                    |
| ۵۸ | ۵-۹. اندازه‌گیری چگالی دوغاب                           |
| ۵۸ | ۵-۱۰. سازگاری گل، جداکننده و دوغاب سیمان               |
| ۵۸ | ۵-۱۱. آزمایش کنترل کیفی سیمان و افزودنه                |
| ۵۸ | ۵-۱۲. اندازه‌گیری قدرت ژله شدن دوغاب سیمان             |
| ۵۸ | ۵-۱۳. اندازه‌گیری خواص رئولوژیکی در دما و فشار بالا    |
| ۵۸ | ۵-۱۴. اندازه‌گیری میزان مهاجرت گاز در دوغاب سیمان      |
| ۵۹ | ۵-۱۴-۱. آب                                             |
| ۵۹ | ۵-۱۴-۲. اسیداستیک (۱۰ درصد)                            |
| ۵۹ | ۵-۱۴-۳. اسید کلریدریک (۵ تا ۱۰ درصد)                   |

## فصل ششم

|    |                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------|
| ۶۱ | ۶-۱. لوازم رشته جداری                                            |
| ۶۱ | ۶-۲. کفشک (Shoe)                                                 |
| ۶۱ | ۶-۲-۱. کفشک راهنما (Guide Shoe)                                  |
| ۶۱ | ۶-۲-۱-۱. کفشک راهنمای ساده (Regular-Pattern or Plain Guide shoe) |

|    |                                                               |
|----|---------------------------------------------------------------|
| ۶۱ | .....Down Jet Guide Shoe ۶-۲-۱-۲                              |
| ۶۲ | ..... (Open End Guide Shoe or short shoe) ۶-۲-۱-۳             |
| ۶۲ | .....Swirl Guide Shoe ۶-۲-۱-۴                                 |
| ۶۲ | .....Slip Joint Guide Shoe ۶-۲-۱-۵                            |
| ۶۲ | ..... (Float Shoe) ۶-۲-۲                                      |
| ۶۲ | ..... (Ball – Type Float Valve) شیر شناور توپی ۶-۲-۲-۱        |
| ۶۲ | ..... (Flapper – Type Float Valve) شیر شناور زبانه‌ای ۶-۲-۲-۲ |
| ۶۳ | ..... (Automatic or self Fill-up shoe) کفشک خودکار ۶-۲-۳      |
| ۶۴ | ..... (Differential Fill – up shoe) کفشک دیفرانسیلی ۶-۲-۴     |
| ۶۴ | ..... (Collar) طوقه سیمانی ۶-۳                                |
| ۶۵ | ..... (Centralizers) هم‌مرکز کننده‌ها ۶-۴                     |
| ۶۷ | ..... (Scratcher) خراشنده ۶-۵                                 |
| ۶۸ | ..... (Wiper Plugs) مسدود کننده ۶-۶                           |
| ۶۹ | ..... (Cementing Basket) سبد سیمانکاری ۶-۷                    |
| ۷۰ | ..... (Cementing Head) کلاهک سیمانی ۶-۸                       |

## فصل هفتم

|    |                                                          |
|----|----------------------------------------------------------|
| ۷۳ | ..... مقدمه ۷-۱                                          |
| ۷۳ | ..... (Primary Cementing) سیمانکاری اولیه ۷-۲            |
| ۷۴ | ..... ۷-۲-۱ قلب سیمانکاری نخستین                         |
| ۷۴ | ..... Bulk Cementing ۷-۲-۱-۱                             |
| ۷۴ | ..... ۷-۲-۱-۲ مخلوط کردن                                 |
| ۷۶ | ..... ۷-۲-۱-۳ شستشوی چاه قبل از سیمانکاری                |
| ۷۶ | ..... ۷-۳ سیمان کاری ثانویه (Secondary Cementing)        |
| ۷۶ | ..... ۷-۳-۱ عملیات کور کردن (Plug Back Cementing)        |
| ۷۷ | ..... ۷-۳-۲ سیمان کاری تزریقی (Squeeze Cementing)        |
| ۷۸ | ..... ۷-۳-۳ سیمانکاری مجدد (Re – Cementing)              |
| ۷۸ | ..... ۷-۴ سیمانکاری یک مرحله‌ای (Single Stage Cementing) |
| ۷۹ | ..... ۷-۵ سیمان کاری دو مرحله‌ای (Two Stage Cementing)   |
| ۸۱ | ..... ۷-۶ نفوذ گاز در دوغاب سیمان                        |
| ۸۱ | ..... ۷-۷ مراحل سیمانکاری                                |
| ۸۲ | ..... ۷-۸ ترک‌های میکروسکوپی                             |
| ۸۲ | ..... ۷-۹ راه‌های مقابله با تشکیل ترک‌های میکروسکوپی     |
| ۸۳ | ..... ۷-۱۰ حجم مورد نیاز سیمان                           |
| ۸۳ | ..... ۷-۱۱ مشکلات پس از سیمانکاری                        |
| ۸۴ | ..... ۷-۱۲ محاسبه حجم ماده افزودنی به یک کیسه سیمان      |

۷-۱۳. حجم آب مصرفی در دوغاب..... ۸۴

۷-۱۴. طراحی دوغاب سیمان..... ۸۵

www.ketab.ir

به منظور استخراج نفت خام و گاز، پس از مطالعات مختلف زمین‌شناسی و انجام آزمایشهای متفاوت بر روی نمونه سنگهای رسوبی و انجام اعمالی نظیر لرزه‌نگاری، زمین‌شناسان به وجود نفت و یا گاز در یک محل پی می‌برند و مهندسين حفاری با توجه به موقعیت محل حفاری از نظر زمین‌شناسی با استفاده از ابزارآلات ویژه‌ای و با در نظر گرفتن تمام جوانب اقدام به حفر چاه می‌کنند. بعد از حفر چاه لازم است عملیات لوله‌گذاری که قسمت مهمی از عملیات حفاری است با دقت انجام شود. هدف اصلی لوله‌گذاری چاههای نفت محافظت از چاه و انتقال نفت و گاز به سطح زمین است. بعد از قرار دادن لوله‌ها در چاه می‌بایست با استفاده از عملیات سیمانکاری، لوله‌ها را در جای خود محکم کرد. به عملیاتی که طی آن دوغاب سیمان چاه نفت به داخل فضای حلقوی چاه یعنی فضای بین جداره لوله و دیوار چاه پمپ می‌شود عملیات سیمانکاری چاههای نفت گویند. دوغاب سیمان استفاده شده بایستی دارای خواص رئولوژیکی ویژه‌ای باشد که از مهمترین آنها می‌توان به سیالیت، قابلیت پمپ شدن مناسب و رسیدن به مقاومت اولیه مطلوب اشاره کرد. به چاههای که قبل از تثبیت وجود نفت یا گاز حفر می‌گردند چاههای اکتشافی گویند. حفاری چاههای اکتشافی با دقت بیشتری نسبت به حفر یک چاه در یک محل شناخته شده صورت می‌گیرد که خود دلایل زیادی دارد، که مهمترین آن ناشناس بودن وضع لایه‌های زیرزمینی در حوزه جدید می‌باشد. پس از کسب اطلاعات و به نتیجه رسیدن حفاری اولیه در جهت مشخص کردن محدوده مخزن نفتی و بررسی بیشتر بر روی لایه‌های زیرزمینی حوزه جدید، چاههای توصیفی در محل‌های معینی حفر می‌گردند و سپس با توجه به وسعت میدان نفتی و پیش‌بینی حجم مورد بهره‌برداری، طی محاسبات دقیق وسایل لازم برای تولید از منطقه فراهم گردیده و برنامه‌ریزی حساب شده‌ای در مورد حفر چاههای توسعه‌ای انجام می‌گردد. لازم به ذکر است که تمام چاههای که حفر می‌گردند جهت استخراج نفت و یا گاز نمی‌باشند بلکه با اهداف متفاوت دیگری از جمله چاههای دفعی، چاههای تزریقی آب، گاز و غیره نیز حفر می‌گردد. مجموعه پیش رو تنها تمامی نکات علمی مربوط به درس سیمان حفاری را مطابق با سر فصل آموزش عالی در بر دارد بلکه حاوی نکات صنعتی نیز می‌باشد، تا دانشجو را از مطالعه منابع دیگر بی‌نیاز کند.

از سوی دیگر با توجه به اهمیت این درس در کنکور کارشناسی ارشد در انتها مجموعه‌ای کامل و جامع از پرسشهای چهار گزینه‌ای را جمع‌آوری کرده ایم تا توانایی دانشجویان عزیز را در مسایل تستی ارتقا دهیم.

با توجه به اینکه هیچ اثری خالی از اشکال نیست لذا از خوانندگان گرامی خواهشمندیم در برابرتر کردن کتاب پیشنهادات و انتقادات خود را از طریق رایانامه زیر با در میان بگذارند.