

هندبوک

## سیستم‌های لوله‌کشی تأسیسات

جهت استفاده در تأسیسات صنعتی، تجاری و بهداشتی

جلد اول

مایکل فرانکل، سی. پی. دی

ویرایش سوم

مترجمان: علی‌اکبر سبزی - بهنام سبزی



شرکت مهندسی نیروی نفت و گاز سپانیر

تهران، ۱۳۹۳

|                                                                                                           |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| فرانکل، مایکل : Frankel, Michael                                                                          | سرشناسه             |
| هندیوک سیستم‌های لوله‌کشی تأسیسات جهت استفاده در تأسیسات صنعتی، تجاری و بهداشتی                           | عنوان و نام پدیدآور |
| ویراسته: مایکل فرانکل بی.بی.دی؛ مترجمان: علی اکبر سبزی، بهنام سبزی                                        |                     |
| بهران: شرکت مهندسی نیروی نفت و گاز سپانیر، ۱۳۹۳                                                           | مخصات نشر           |
| ۳ ج: مصور، جدول، نمودار                                                                                   | مخصات فناوری        |
| دوره ۵- 978-600-6228-52 : ج ۱، 978-600-6228-53-21                                                         | شابک                |
| فیبا                                                                                                      | وضعیت فهرست نویسی   |
| Facility piping systems handbook : for industrial, commercial, and healthcare facilities, 3rd. ed, c2010. | مادداست             |
| عنوان اصلی:                                                                                               |                     |
| لوله‌کشی - دستنامه‌ها                                                                                     | موضوع               |
| سبزی، علی اکبر، ۱۳۶۳ -، مترجم: سبزی دین جیکان، بهنام، ۱۳۶۸ -، مترجم: سرگرم                                | شناسه افزوده        |
| مهندسی نفت و گاز سپانیر                                                                                   |                     |
| TJ-۱۳۹۳۹۲۰۴۸۹/ف                                                                                           | رده بندی کنگره      |
| ۸۶۷۲/۶۲۱                                                                                                  | رده بندی دیویی      |
| ۳۳۹۲۴۷۲                                                                                                   | شماره کتابشناسی ملی |



شرکت مهندسی نیروی نفت و گاز سپانیر

تهران، خیابان دکتر باهنر، نبش راه جنوبی، پلاک ۲۱۶، ساختمان سپانیر

تلفن: (۱۰ خط) ۲۲۸۳۳۹۶۰ - ۲۲۸۳۳۹۷۰

کد پستی: ۱۹۳۶۷۲۳۴۶۱ صندوق پستی: ۶۵۷-۱۹۵۷۵

Website: [www.sepanirpub.com](http://www.sepanirpub.com)

E-mail: [Info@sepanirpub.com](mailto:Info@sepanirpub.com)

## هندیوک سیستم‌های لوله‌کشی تأسیسات

### جلد اول

نویسنده: مایکل فرانکل، سی. بی. دی

مترجمان: علی اکبر سبزی - بهنام سبزی

کنترل و تطبیق: مراد سیف

طراح جلد: علیرضا شهبازی

صفحه آرا: علی اکبر حکیم آبادی

نویت چاپ: آون، ۱۳۹۳

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

لبنوگرافی: چاپ و صحافی:

شابک دوره: ۹۷۸-۶۰۰-۶۲۲۸-۵۲-۵

شابک جلد اول: ۹۷۸-۶۰۰-۶۲۲۸-۵۳-۲

حق چاپ محفوظ است.

## فهرست مطالب

|    |                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------|
| ۱۷ | مقدمه ویرایش سوم                                                |
| ۱۹ | سخن ناشر                                                        |
| ۲۱ | فصل ۱: آیین‌نامه‌ها و استانداردها                               |
| ۲۱ | کلیات                                                           |
| ۲۲ | اتحادیه‌ی گاز آمریکا (AGA)                                      |
| ۲۳ | مؤسسه‌ی استانداردهای ملی آمریکا (ANSI)                          |
| ۲۳ | مؤسسه‌ی نفت آمریکا (API)                                        |
| ۲۴ | انجمن مهندسين سيستم‌های گرمایشی، سرمایشی و تهویه‌ی هوا (ASHRAE) |
| ۲۴ | انجمن مهندسان، لوله‌کشی آمریکا (ASPE)                           |
| ۲۴ | انجمن تست و مواد آمریکا (ASTM)                                  |
| ۲۴ | انجمن مهندسان مکانیک آمریکا (ASME)                              |
| ۲۵ | انجمن مهندسان بهداشت آمریکا (ASSE)                              |
| ۲۵ | اتحادیه‌ی دستگاه‌های آب‌رسان آمریکا (AWWA)                      |
| ۲۶ | انجمن جوشکاری آمریکا (AWS)                                      |
| ۲۶ | اتحادیه‌ی گاز فشرده (CGA)                                       |
| ۲۶ | شیوه‌ی خوب تولید در حال حاضر (CGMP)                             |
| ۲۷ | آیین‌نامه‌ی قوانین کشوری (CFR)                                  |
| ۲۷ | آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA)                                  |
| ۲۷ | اداره‌ی کل غذا و دارو (FDA)                                     |
| ۲۸ | ایزو ۹۰۰۰                                                       |

|         |                                                    |
|---------|----------------------------------------------------|
| ۲۹..... | اداره‌ی کل ایمنی و سلامت شغلی (OSHA)               |
| ۲۹..... | آیین‌نامه‌ی منطقه‌ای ساختمان                       |
| ۳۰..... | استانداردسازی تولیدکنندگان شیرآلات و اتصالات (MSS) |
| ۳۰..... | اتحادیه‌ی ملی تولیدکنندگان وسایل برقی (NEMA)       |
| ۳۰..... | اتحادیه‌ی ملی مهار آتش (NFPA)                      |
| ۳۱..... | مؤسسه‌ی ملی بهداشت (NIH)                           |
| ۳۱..... | مدیریت اقیانوسی و جوی (NOAA)                       |
| ۳۲..... | کمیسیون مقررات هسته‌ای (NRC)                       |
| ۳۲..... | بنیاد ملی بهداشت بین‌المللی (NSF)                  |
| ۳۲..... | لابراتوارهای بیمه‌گران (UL)                        |
| ۳۳..... | استانداردهای A-۳                                   |
| ۳۴..... | استانداردهای تکمیلی                                |

|         |                                        |
|---------|----------------------------------------|
| ۳۵..... | فصل ۲: لوله‌کشی                        |
| ۳۵..... | لوله و معیارهای انتخاب اجزا            |
| ۳۵..... | پذیرش در آیین‌نامه                     |
| ۳۶..... | درجه‌بندی فشار و دما                   |
| ۳۶..... | مقاومت در برابر خوردگی                 |
| ۴۰..... | استحکام فیزیکی                         |
| ۴۰..... | مقاومت در برابر حریق                   |
| ۴۰..... | موجود بودن در بازار                    |
| ۴۱..... | لونه‌ی غلزی و مواد به کار رفته در لونه |
| ۴۱..... | آلومینیوم (AL)                         |
| ۴۱..... | آلیاژ برنج (BR)                        |
| ۴۲..... | لونه‌ی چدنی (CI)                       |
| ۴۳..... | چدن مقاوم در برابر اسید (AR)           |
| ۴۴..... | فولاد کربنی (سخت) (ST)                 |
| ۴۵..... | مس                                     |
| ۴۷..... | آهن انعطاف‌پذیر (DI)                   |

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| ۴۷  | سرب (LD).....                             |
| ۴۸  | فولاد ضد زنگ (SS).....                    |
| ۵۳  | لوله‌ی فولادی موج‌دار.....                |
| ۵۳  | دیگر مواد لوله فلزی.....                  |
| ۵۷  | لوله پلاستیکی و مواد لوله‌کشی.....        |
| ۵۸  | خواص اصلی لوله‌ی پلاستیکی.....            |
| ۵۸  | توصیف و دسته‌بندی.....                    |
| ۶۲  | استانداردها و نامگذاری لوله پلاستیکی..... |
| ۶۵  | عوامل تعیین‌کننده در انتخاب لوله.....     |
| ۶۹  | تراوایی.....                              |
| ۷۱  | خزش.....                                  |
| ۷۲  | مواد لوله پلاستیکی.....                   |
| ۸۰  | دیگر مواد لوله.....                       |
| ۸۰  | لوله آریست سیمان (ACP).....               |
| ۸۰  | شیشه (GL).....                            |
| ۸۱  | سفال لعابدار (VC).....                    |
| ۸۱  | لوله بتنی.....                            |
| ۸۲  | پلاستیک فبری تقویت شده (FPR).....         |
| ۸۳  | اتصالات.....                              |
| ۸۳  | ملاحظات آیین‌نامه.....                    |
| ۸۳  | انواع اتصالات.....                        |
| ۸۵  | مواد مورد استفاده در ساخت اتصالات.....    |
| ۸۷  | روش‌های اتصال لوله‌ها.....                |
| ۸۷  | اتصالات لوله فلزی.....                    |
| ۹۷  | جوشکاری.....                              |
| ۱۰۲ | اتصال با فلنج.....                        |
| ۱۰۳ | بست منصلی.....                            |
| ۱۰۷ | تبدیل‌ها.....                             |
| ۱۰۷ | اتصال‌ها برای لوله‌های پلاستیکی.....      |
| ۱۱۰ | اتصال لوله‌های FPR.....                   |

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| ۱۱۲ | لوله‌کشی دوجداره                |
| ۱۱۵ | شیر آلات                        |
| ۱۱۵ | کلیات                           |
| ۱۱۵ | آیین‌نامه‌ها و استانداردها      |
| ۱۱۶ | اجزای شیر                       |
| ۱۱۷ | مواد بدنه شیر                   |
| ۱۱۸ | عمل‌کننده‌های شیر               |
| ۱۲۵ | ملاحظات در مورد عملیات و گشتاور |
| ۱۲۷ | شیرهای ایمن در برابر آتش        |
| ۱۲۸ | درجه‌بندی‌های شیر               |
| ۱۲۹ | افت فشار در شیرها               |
| ۱۳۰ | ملاحظات موجود در انتخاب شیر     |
| ۱۳۱ | شیرهای دروازه‌ای                |
| ۱۳۶ | شیرهای بشقابی                   |
| ۱۳۸ | شیرهای فلکه‌ای                  |
| ۱۴۲ | شیرهای توپی                     |
| ۱۴۳ | شیرهای پروانه‌ای                |
| ۱۴۴ | شیر دیافراگمی                   |
| ۱۴۵ | شیرهای پینچ                     |
| ۱۴۶ | شیر یکطرفه                      |
| ۱۴۸ | انواع دیگر شیر                  |
| ۱۴۹ | علامتگذاری آبیاز فلزی           |
| ۱۵۱ | اندازه متریک لوله               |
| ۱۵۳ | آویزها و نگه‌دارنده‌ها          |
| ۱۵۳ | کلیات                           |
| ۱۵۴ | آیین‌نامه‌ها و استانداردها      |
| ۱۵۴ | اجزای سیستم                     |
| ۱۷۱ | مراجع                           |

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| ۱۷۳ | فصل ۳: جداسازها و تفکیک جامد - مایع |
| ۱۷۳ | تست و دسته‌بندی صافی                |
| ۱۷۴ | کلیات                               |
| ۱۷۵ | دسته‌بندی فیلتر و تعاریف مربوطه     |
| ۱۷۷ | درجه‌بندی فیلترها                   |
| ۱۷۹ | تست فیلتر غشایی                     |
| ۱۸۲ | صافی‌ها                             |
| ۱۸۲ | مفاهیم کلی                          |
| ۱۸۲ | انواع صافی‌ها                       |
| ۱۸۵ | مواد مورد استفاده برای ساخت         |
| ۱۸۸ | ملاحظات طراحی و معیارهای انتخاب     |
| ۱۹۱ | فیلترها                             |
| ۱۹۱ | طبقه‌بندی فیلترها                   |
| ۱۹۲ | انواع فیلترها                       |
| ۱۹۷ | معیارهای انتخاب فیلتر دانه‌ای       |
| ۲۰۰ | فیلترهای عمقی کارتریج               |
| ۲۰۶ | جداسازها                            |
| ۲۰۶ | کلیات                               |
| ۲۰۶ | ملاحظات آیین‌نامه                   |
| ۲۰۷ | ملاحظات طراحی                       |
| ۲۰۷ | ملاحظات ساختاری                     |
| ۲۰۷ | مکان                                |
| ۲۰۸ | مواد خاص                            |
| ۲۲۵ | مراجع                               |
| ۲۲۷ | فصل ۴: تصفیه و خالص‌سازی آب         |
| ۲۲۸ | آیین‌نامه‌ها و استانداردها          |
| ۲۲۸ | شیمی پایه‌ای آب                     |
| ۲۳۰ | ناخالصی‌های موجود در آب             |

|     |                                             |
|-----|---------------------------------------------|
| ۲۳۲ | اجسام معلق (به صورت ذره).....               |
| ۲۳۲ | مواد معدنی و آلی حل شده.....                |
| ۲۳۲ | مواد آلی.....                               |
| ۲۳۲ | آهن.....                                    |
| ۲۳۵ | سیس.....                                    |
| ۲۳۶ | گازهای حل شده.....                          |
| ۲۳۶ | آلایز آب و اندازه‌گیری ناخالصی‌ها.....      |
| ۲۳۶ | کلیات.....                                  |
| ۲۴۲ | کل جامدات حل شده (TDS).....                 |
| ۲۴۴ | رسوب گذاری و خوردگی.....                    |
| ۲۴۴ | نه‌نشست.....                                |
| ۲۴۶ | خوردگی.....                                 |
| ۲۴۷ | پیش‌بینی تشکیل حرم و تمایل به خوردگی.....   |
| ۲۴۷ | کلیات.....                                  |
| ۲۴۸ | شاخص اشباع لانتزبلر (LSI).....              |
| ۲۴۹ | شاخص پایداری رایزنار (RI).....              |
| ۲۵۱ | شاخص خوردندگی ته‌اجمی (AI).....             |
| ۲۵۲ | تکنولوژی و شرح اجزا.....                    |
| ۲۵۲ | هوادهی.....                                 |
| ۲۵۴ | شفاف‌سازی.....                              |
| ۲۵۵ | هوازدایی.....                               |
| ۲۵۶ | کربن زدایی.....                             |
| ۲۵۷ | قلیائیت زدایی.....                          |
| ۲۵۸ | تقطیر.....                                  |
| ۲۶۳ | فیلتراسیون.....                             |
| ۲۶۵ | تبادل و حذف یون‌ها.....                     |
| ۲۷۷ | جداسازی و فیلتراسیون با استفاده از غشا..... |
| ۲۸۴ | کنترل میکروبی.....                          |
| ۲۸۸ | تصفیه آب.....                               |
| ۲۸۹ | تصفیه آب تأسیسات.....                       |

|     |                                                  |
|-----|--------------------------------------------------|
| ۲۹۰ | تصفیه آب آشامیدنی                                |
| ۲۹۱ | تصفیه‌ی آب خانگی برای مکان‌های کوچک و خصوصی      |
| ۲۹۱ | خائص سازی آب                                     |
| ۲۹۴ | آیین‌نامه‌ها و استانداردها                       |
| ۲۹۴ | سیستم‌های آزمایشگاهی                             |
| ۲۹۷ | آب مورد مصرف در داروسازی                         |
| ۲۹۷ | انواع آب خالص سازی شده                           |
| ۲۹۹ | فرایند تصفیه‌ی آب داروسازی                       |
| ۳۰۲ | آب خوراکی                                        |
| ۳۰۳ | طراحی سیستم خائص سازی                            |
| ۳۰۶ | تجهیزات تصفیه‌ی مرکزی                            |
| ۳۱۱ | مراجع                                            |
| ۳۱۳ | فصل ۵: انتقال حرارت، عایق بندی و حفاظت از انجماد |
| ۳۱۳ | آیین‌نامه‌ها و استانداردها                       |
| ۳۱۴ | اصول انتقال حرارت                                |
| ۳۲۳ | انواع عایق‌ها                                    |
| ۳۲۴ | شیشه سلولی                                       |
| ۳۲۷ | زاکت‌ها                                          |
| ۳۳۴ | روکش‌ها، چسب‌ها، و درزگیرها                      |
| ۳۳۶ | مواد عایق کاری و انتخاب ضخامت آنها               |
| ۳۴۴ | محاسبه ضخامت عایق                                |
| ۳۵۳ | حفاظت از یخ زدگی                                 |
| ۳۵۳ | انجماد آب                                        |
| ۳۵۴ | مکانیک فرایند انجماد                             |
| ۳۵۶ | خسارت به لوله در اثر انجماد                      |
| ۳۵۸ | انجماد آب در مخازن اتمسفریک                      |
| ۳۶۲ | طراحی تاسیسات لوله‌کشی فاضلاب و تأمین آب         |
| ۳۷۰ | مسدود شدن دریچه‌ها بر اثر یخ زدن                 |

|          |                                                        |
|----------|--------------------------------------------------------|
| ۳۷۱..... | عمق یخ‌زدگی در خاک‌ها                                  |
| ۳۷۱..... | به‌دست آوردن فرمول‌های پایه‌ای برای محاسبه عمق یخ‌زدگی |
| ۳۸۷..... | هیت تریسینگ                                            |
| ۳۸۱..... | هیت تریسینگ الکتریکی                                   |
| ۳۹۸..... | تریسینگ با بخار                                        |
| ۴۰۵..... | فشار بخار                                              |
| ۴۱۵..... | ملاحظات خاص نصب                                        |
| ۴۱۶..... | منابع و مآخذ                                           |
| ۴۱۷..... | فصل ۶: سیستم تأسیسات سایت                              |
| ۴۱۷..... | اصول زمین‌شناسی و آب‌شناسی                             |
| ۴۱۷..... | چرخه آبی                                               |
| ۴۲۰..... | آبده‌ها                                                |
| ۴۲۲..... | تخلیه‌ی زیرسطحی                                        |
| ۴۲۴..... | جریان ورودی به گودبرداری‌ها                            |
| ۴۲۸..... | زهکشی سطحی                                             |
| ۴۲۹..... | بررسی‌های اولیه                                        |
| ۴۲۹..... | طرح اولیه‌ی سیستم                                      |
| ۴۳۱..... | انتخاب دریچه آب رگبار                                  |
| ۴۴۱..... | معیارهای طراحی سیستم                                   |
| ۴۴۵..... | رگبار طرح                                              |
| ۴۴۶..... | تعیین رگبار طرح                                        |
| ۴۵۴..... | روش طراحی سیستم                                        |
| ۴۶۰..... | ملاحظات طراحی سیستم                                    |
| ۴۶۱..... | روش‌های نگهداری آب باران                               |
| ۴۶۲..... | نگهداری در پشت بام                                     |
| ۴۶۲..... | روش‌های نگهداری در سایت                                |
| ۴۸۲..... | طراحی لوله‌ی دفنی                                      |
| ۴۸۲..... | آیین‌نامه‌ها و استانداردها                             |

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| ۴۸۴ | طبقه‌بندی لوله و نصب                   |
| ۴۸۴ | فشارهای وارده بر لوله                  |
| ۴۸۹ | بارهای برنهاد                          |
| ۵۰۱ | بستر سازی                              |
| ۵۰۲ | لونه‌ی انعطاف ناپذیر                   |
| ۵۰۵ | استحکام فوند لوله                      |
| ۵۰۵ | بار کل بر لونه‌ی دفن شده               |
| ۵۱۷ | تمیز کاری و تعمیر مجرای فاضلاب         |
| ۵۱۷ | روش های تمیز کاری                      |
| ۵۱۹ | تعمیر تری‌ها و انفصال اتصال‌ها در لوله |
| ۵۲۰ | تعمیر درجه باز دید                     |
| ۵۲۰ | تعمیر و نگهداری پیش گیرانه             |
| ۵۲۰ | فاضلاب‌های بهداشتی گرانشی              |
| ۵۲۲ | اجزای فاضلاب                           |
| ۵۲۲ | درجه‌های باز دید                       |
| ۵۲۵ | تعیین اندازه‌ی لوله فاضلاب بهداشتی     |
| ۵۲۵ | ملاحظات طراحی فاضلاب بهداشتی           |
| ۵۲۹ | ایستگاه‌های تقویت فشار فاضلاب          |
| ۵۵۰ | آیین نامه‌ها و استانداردها             |
| ۵۵۰ | پمپ‌های فاضلاب                         |
| ۵۵۳ | طراحی اجزا و انتخاب                    |
| ۵۵۷ | ملاحظات طراحی سیستم                    |
| ۵۶۱ | دفع آب رگبار                           |
| ۵۶۷ | تأمین آب آشامیدنی                      |
| ۵۶۷ | تأمین آب از یک شبکه‌ی عمومی            |
| ۵۹۲ | فرآیند طراحی سیستم                     |
| ۵۹۲ | اطلاعات اولیه مورد نیاز                |
| ۵۹۳ | محاسبه‌ی اندازه لوله                   |
| ۵۹۴ | تأمین آب از چاه‌ها                     |
| ۶۱۰ | تأمین آب از منابع سطحی                 |

- ۶۱۰..... تأمین آب پروژه
- ۶۱۰..... تأمین آب خانگی
- ۶۱۹..... خط لوله آب آتش‌نشانی
- ۶۲۵..... چاه‌های پایش آب زیرزمینی
- ۶۲۵..... آب‌نام‌ها و استانداردها
- ۶۲۶..... روش‌های حفاری
- ۶۲۶..... جداره‌گذاری
- ۶۲۶..... سیمان
- ۶۲۷..... آبگیرها
- ۶۲۸..... توسعه‌ی چاه
- ۶۲۸..... پرداخت چاه پایش
- ۶۲۹..... مراجع

## مقدمه ویرایش سوم

هدف این هندبوک پرداختن به مفاهیم و قواعد کلی طراحی سیستم‌های مختلف است و با ارائه‌ی راه‌حل‌ها و شیوه‌های صحیح محاسباتی دانشجویان، مهندسان و دیگران را در امر خویش یاری می‌رساند. در این هندبوک الزامات آیین‌نامه‌هایی که پیوسته در حال تغییر و بخشی از صنعت مهندسی هستند، منعکس شده است. ویرایش سوم این کتاب به من امکان داد تا این ایده را ادامه دهم و ارزش مرجعیت این هندبوک را ارتقا بخشم. از زمان انتشار ویرایش دوم، پیشرفت‌های بزرگی در زمینه‌ی طراحی سیستم‌ها پدید آمده است که در این ویرایش به همگی آنها اشاره شده است. به عنوان مثال بخش مواد جدید برای سیستم لوله‌کشی استخرهای شنا به این کتاب اضافه شده است. زیرا تقاضاهای بسیاری برای این مواد وجود دارد. علاوه بر این فصول مربوط به تأسیسات بهداشتی براساس آخرین ویرایش - NFPA-99، استاندارد آیین‌نامه‌ی مربوط به تأسیسات بهداشتی و شیوه‌های طراحی بهبود یافته - مورد بازبینی قرار گرفته‌اند. بخش لوله‌کشی نیز به علت تجدید نظر در آیین‌نامه‌های مختلف لوله‌کشی به‌روزرسانی شده است. مثال‌های تشریحی، شامل شیوه‌های گام‌به‌گام، بسط یافته و به‌روز شده‌اند. در بسیاری از فصول کتاب به علت بازبینی در الزامات آیین‌نامه‌ای، تجدید نظر شده است و بسیاری از شیوه‌های محاسباتی براساس اطلاعات جدید به دست آمده، به‌روزرسانی شده‌اند.

مایکل فرانکل سی. پی. دی