

فهرست مطالب

۱۷	مقدمه نویسنده
۱۹	فصل اول: مقدمه
۱۹	۱.۱ مقدمه‌ای بر اسمز معکوس
۲۱	۱.۲ تاریخچه مختصری از اسمز معکوس
۲۳	۱.۳ توسعه غشاها
۲۳	۱.۳.۱ نانومواد مهندسی شده (ENM) در غشاهای اسمز معکوس
۲۴	۱.۴ تاریخچه و مقدمه‌ای بر کنترل فرآیند
۲۵	۱.۴.۱ کنترل فرآیند در تصفیه آب به روش اسمز معکوس
۲۹	فصل دوم: مبانی و اصطلاحات
۲۹	۲.۱ اصول و اصطلاحات اسمز معکوس
۳۰	۲.۱.۱ غشا نیمه تراوا
۳۰	۲.۱.۲ فشار اسمزی
۳۱	۲.۱.۳ اسمز
۳۲	۲.۱.۴ اسمز معکوس
۳۳	۲.۲ پارامترهای کنترلی
۳۳	۲.۲.۱ TDS: کل جامدات محلول در آب
۳۶	۲.۲.۲ گازهای محلول در آب
۳۶	۲.۲.۳ آلاینده‌های ذره‌ای
۳۶	۲.۲.۳.۱ کدورت:
۳۷	۲.۲.۳.۲ SDI (Silt Density Index)

۳۹	جامدات معلق TSS: ۲.۲.۳.۳
۴۱	۲.۲.۳.۴ پروفیل توزیع ذرات (شمارش تعداد ذرات):
۴۳	۲.۲.۳.۵ شمارش جلبک
۴۴	۲.۲.۳.۶ دما
۴۷	۲.۲.۳.۷ pH و تعادل‌های شیمیایی در آب دریا
۵۲	۲.۳ شاخص‌های کنترل آلودگی کلوئیدی و بیولوژیکی
۵۲	۲.۳.۱ آلودگی‌های کلوئیدی غشای اسمز معکوس:
۵۴	۲.۳.۲ آلاینده‌های آلی طبیعی (NOM Natural Organic Matter)
۵۵	۲.۳.۲.۱ TOC
۵۶	۲.۳.۳ آلاینده‌های بیولوژیکی
۵۶	۲.۳.۳.۱ باکتری‌ها
۵۹	۲.۳.۳.۲ اثرات کلرزی
۶۰	۲.۳.۳.۳ جلوگیری از گرفتگی زیستی در سیستم‌های RO
۶۰	۲.۳.۴ ارزیابی پتانسیل و سرعت گرفتگی زیستی در آب شور
۶۲	۲.۳.۵ عوامل بیماری‌زا
۶۳	۲.۳.۶ عوامل مخرب غشا
۶۷	فصل سوم: معادلات و پارامترها
۶۸	۳.۱ موازنه جرم
۶۹	۳.۲ بازیافت
۷۳	۳.۳ ضریب تغلیظ
۷۴	۳.۴ شوری متوسط خوراک (AFS)
۷۵	۳.۵ دفع نمک
۷۶	۳.۶ گذر (عبور) نمک
۷۹	۳.۷ اختلاف فشار
۷۹	۳.۸ Net driving pressure
۸۱	۳.۹ شار جریان آب تصفیه شده (Flux)

۸۳	۳.۱۰ تئوری عبور مولکول‌های آب از غشا.....
۸۴	۳.۱۱ دبی آب عبوری از غشا.....
۸۴	۳.۱۲ دبی نمک عبوری از غشا.....
۸۶	۳.۱۳ اثر دما بر دبی عبوری.....
۸۸	۳.۱۴ جریان متقاطع
۸۹	۳.۱۵ پلاریزاسیون غلظتی

فصل چهارم: اصول طراحی

۹۳	مقدمه.....
۹۳	۴.۱ انواع آرایش و صورت‌بندی واحد RO.....
۹۵	۴.۱.۱ آرایش تک مرحله‌ای.....
۹۵	۴.۱.۲ آرایش چند مرحله‌ای.....
۹۶	۴.۱.۳ بازیافت در واحد چند مرحله‌ای.....
۹۷	۴.۱.۲ جریان تغلیظ برگشتی.....
۹۹	۴.۱.۳ سیستم‌های دو گذر
۱۰۰	۴.۲ نکات اساسی و کلیدی در طراحی اسمز معکوس
۱۰۲	۴.۳ هزینه‌ها در طراحی سیستم اسمز معکوس

فصل پنجم: طراحی اسمز معکوس

۱۰۷	۵.۱ آنالیز آب و جریان‌ها.....
۱۰۸	۵.۲ تعیین نوع جریان.....
۱۰۹	۵.۳ انتخاب ممبران (نوع غشا).....
۱۱۰	۵.۳.۱ بررسی هزینه‌ها در انتخاب ممبران
۱۱۴	۵.۴ محاسبه تعداد ممبران
۱۱۵	۵.۵ تعیین فلاکس طراحی.....
۱۱۶	۵.۵.۲ محاسبه تعداد ممبران بر اساس دیتاشیت سازنده.....
۱۱۸	۵.۵.۳ جریان آب خوراک

۱۱۹.....	۵.۵.۴ جریان تغلیظ شده.....
۱۲۰.....	۵.۶ محاسبه تعداد پرشر وسل.....
۱۲۰.....	۵.۷ صورت بندی.....
۱۲۴.....	۵.۹ موازنه (متعادل سازی) جریان تولیدی.....
۱۲۶.....	۵.۱۰ طراحی و شبیه سازی با نرم افزار.....

۱۲۹ فصل ششم: نرم افزار طراحی

۱۳۳.....	۶.۱ Water Application Value Engine (WAVE)—DuPont Water Solutions
۱۳۴.....	۶.۱.۱ مشخصات آب خوراک.....
۱۳۵.....	۶.۱.۲ صورت بندی واحد RO.....
۱۳۹.....	۶.۱.۳ تنظیمات مواد شیمیایی.....
۱۴۰.....	۶.۱.۴ قابلیت های ویژه نرم افزار WAVE.....
۱۴۰.....	۶.۱.۵ تولید و بررسی گزارش.....
۱۴۱.....	۶.۱.۶ عملیات یکجا یا بچ (Batch Operation) و مدیریت پروژه ها.....
۱۴۱.....	۶.۱.۷ سیستم اسمز معکوس تجاری کوچک (ROSC).....
۱۴۱.....	۶.۱.۸ سیستم اسمز معکوس مدار بسته (CCRO).....
۱۴۲.....	۶.۱.۹ مقایسه نرم افزار ROSA و WAVE.....
۱۴۳.....	۶.۲ نرم افزار IMSDesign (Hydranautics).....
۱۴۷.....	۶.۳ نرم افزار Q+ Projection LGChem.....
۱۵۳.....	۶.۴ اختطارها و رفع آنها.....
۱۵۳.....	۶.۵ تعیین مقدار Flow Factor.....
۱۵۵.....	۶.۶ مثال طراحی با نرم افزار WAVE.....

۱۵۹ فصل هفتم: پیش تصفیه ۱

۱۵۹.....	مقدمه.....
۱۶۰.....	۷.۱ املاح و شاخص های آب.....
۱۶۱.....	۷.۲ شاخص های اصلی آب:.....

۱۶۳	شرایط انتخاب روش مناسب سیستم پیش تصفیه
۱۶۴	بخش‌های مختلف پیش تصفیه
۱۶۵	مخازن ته‌نشینی
۱۶۷	۷.۴.۱.۱ طراحی یک مخزن مستطیل شکل
۱۶۹	۷.۴.۱.۲ پارامترهای طراحی
۱۷۰	۷.۴.۲ منعقدسازی
۱۷۷	۷.۴.۲.۱ اختلاط سریع
۱۷۹	۷.۴.۲.۲ میکسرهای سریع استاتیکی
۱۸۳	۷.۴.۲.۳ تزریق فلوکولانت (کمک منعقدکننده)
۱۸۴	۷.۴.۲.۴ مصرف بیش از حد منعقدکننده‌ها (Overdosing)
۱۸۶	۷.۴.۳ ضدعفونی
۱۸۸	۷.۴.۳.۱ واکنش‌های کلر در آب
۱۸۹	۷.۴.۳.۲ فرم‌های مختلف کلر
۱۹۱	۷.۴.۳.۳ دوز تزریقی کلر
۱۹۲	۷.۴.۳.۴ نمودار نقطه شکست کلر
۱۹۳	۷.۴.۴ کلرزدایی
۱۹۵	۷.۴.۵ شناورسازی DAF
۲۰۰	۷.۴.۵.۱ انواع سیستم DAF
۲۰۲	۷.۴.۵.۲ پارامترهای طراحی DAF
۲۰۵	۷.۴.۶ بازدارنده‌های رسوب
۲۰۶	۷.۴.۶.۱ تعیین رسوب‌گذار بودن آب
۲۰۸	۷.۴.۶.۲ ضد رسوب‌ها
۲۰۹	۷.۴.۶.۳ مکانیزم تشکیل رسوب
۲۱۱	۷.۴.۶.۴ مکانیزم عمل آنتی اسکالانت
۲۱۳	۷.۴.۶.۵ قابلیت تحمل کلسیم Calcium Tolerance
۲۱۳	۷.۴.۶.۶ انتخاب آنتی اسکالانت

۲۱۴	۷.۴.۶.۷ محدودیت کنترل رسوب
۲۱۴	۷.۴.۶.۸ ارزیابی آنتی اسکالانت
۲۱۶	۷.۴.۶.۹ تعیین دوز تزریقی آنتی اسکالانت
۲۱۷	۷.۴.۶.۱۰ محل تزریق آنتی اسکالانت
۲۱۷	۷.۴.۷ فیلترهای کارتریج
۲۲۲	۷.۴.۷.۱ ظرفیت نگهداری آلودگی
۲۲۴	۷.۴.۷.۲ راندمان و نسبت بتا
۲۲۷	۷.۴.۷.۳ آنالیز فیلتر کارتریج

فصل هشتم: پیش تصفیه ۲

۲۲۹	۸.۱ هدف از فیلتراسیون
۲۳۰	۸.۲ مشخصات بسترهای فیلتر
۲۳۲	۸.۳ مکانیزم فیلتراسیون
۲۳۳	۸.۴ انواع فیلتر
۲۳۴	۸.۵ مدیا و انواع دانه‌بندی
۲۳۶	۸.۶ بکواش (شستشوی معکوس) فیلتر
۲۳۸	۸.۶.۱ تعیین صحت دانه‌بندی
۲۳۹	۸.۷ بستر فیلتر
۲۴۱	۸.۸ مزایا و معایب فیلترهای ثقلی سریع (RSF) و فیلترهای تحت فشار (PSF)
۲۴۲	۸.۹ چیدمان فیلترهای شنی
۲۴۳	۸.۱۰ عملکرد فیلترهای شنی
۲۴۳	۸.۱۰.۲ ذرات آلی:
۲۴۳	۸.۱۰.۳ میکروارگانیزم‌ها:
۲۴۴	۸.۱۱ کنترل عملکرد فیلترشنی
۲۴۴	۸.۱۲ شستشوی شیمیایی فیلترشنی
۲۴۴	۸.۱۲.۱ روش شستشو
۲۴۵	۸.۱۳ مشکلات فیلترهای شنی و رفع آن

۲۴۵	۸.۱۳.۱ تزریق بیش از حد منعقدکننده:
۲۴۵	۸.۱۳.۲ اختلاط داخلی فیلتر
۲۴۶	۸.۱۳.۳ گلوله‌های لجنی یا گلی (سخت شدن مدیای فیلتر)
۲۴۷	۸.۱۳.۴ فرورفتگی سطح مدیا
۲۴۷	۸.۱۳.۵ برآمدگی در سطح مدیا
۲۴۷	۸.۱۳.۶ کانالیزه شدن
۲۴۷	۸.۱۳.۷ جلبک زدن سطح
۲۴۹	۸.۱۴ ضدعفونی فیلترهای شنی
۲۴۹	۸.۱۵ دوره عملکرد یک فیلترشنی
۲۵۱	۸.۱۶ اصول طراحی و محاسبات سرانگشتی
۲۵۳	۸.۱۷ مثال طراحی
۲۵۸	۸.۱۸ محاسبه حجم و تناژ مدیا
۲۶۰	۸.۱۹ تست SDI
۲۶۱	۸.۱۹.۱ آنالیز کاغذ SDI
۲۶۳	۸.۱۹.۳ نکات مهم در تست SDI
۲۶۴	۸.۱۹.۴ مقایسه دو تست SDI (نرمال سازی SDI)

۲۶۵ فصل نهم: شستشوی شیمیایی

۲۶۶	۹.۱ انواع گرفتگی
۲۶۶	۹.۱.۱ رسوب (Scaling):
۲۶۷	۹.۱.۲ گرفتگی (Fouling):
۲۶۸	۹.۱.۳ انواع فولینگ
۲۶۹	۹.۱.۴ منشأ فولینگ‌ها
۲۶۹	۹.۲ زمان مناسب شستشوی غشاها
۲۷۱	۹.۳ مواد شیمیایی مورد نیاز
۲۷۱	۹.۳.۱ شستشوی غشاها با محلول‌های با pH بالا
۲۷۲	۹.۳.۲ شستشوی غشاها با محلول‌های با pH پایین

۲۷۳	۹.۴ زدودن رسوب‌ها.....
۲۷۳	۹.۴.۱ رسوب کلسیم:.....
۲۷۳	۹.۴.۲ رسوب پلیمری سیلیکا:.....
۲۷۴	۹.۵ کنترل و جداسازی فولانت.....
۲۷۴	۹.۵.۱ گرفتگی ذرات ارگانیک، بیوفولینگ و کلوئیدی:.....
۲۷۴	۹.۵.۲ ذرات سیلیکا:.....
۲۷۵	۹.۵.۳ فولانت‌های فلزی:.....
۲۷۷	۹.۶ اصول و ملاحظات T. A. C. T.....
۲۷۷	۹.۷ شرایط لازم برای شستشوی مناسب.....
۲۸۰	۹.۸ مراحل شستشو.....
۲۸۱	۹.۸.۱ محاسبه حجم آب سیستم:.....
۲۸۳	۹.۸.۲ مراحل شستشوی اسیدی/قلیایی.....
۲۸۴	۹.۸.۳ مراحل ضدعفونی.....
۲۸۴	۹.۹ ضدعفونی غشا اسمز معکوس.....
۲۸۵	۹.۹.۱ پراکسید هیدروژن / پراستیک اسید.....
۲۸۶	۹.۹.۲ بایوسایدهای غیر اکسیدکننده.....
۲۸۷	۹.۹.۲.۱ DBNPA: یک بایوساید غیر اکسید کننده.....
۲۸۹	۹.۹.۲.۲ ایزوتیازولین ها: CMIT/MIT.....
۲۹۱	۹.۱۰ محافظت (پررزو) ممبران در هنگام خاموشی سیستم RO.....
۲۹۱	۹.۱۰.۱ خاموشی کوتاه مدت.....
۲۹۲	۹.۱۰.۲ خاموشی طولانی مدت.....
۲۹۳	۹.۱۱ دستور العمل مواد شیمیایی (جهت ساخت در محل شستشو).....
۲۹۵	۹.۱۲ بررسی اثربخشی شستشوی شیمیایی.....
۲۹۶	۹.۱۳ نکاتی جهت شستشوی بهتر.....
۲۹۷	فصل دهم: غشاها
۲۹۷	۱۰.۱ ساختار و مواد غشاهای اسمز معکوس.....

- ۱۰.۱.۱ تأثیر جنس و خواص لایه جداسازی غشا بر عملکرد آن ۲۹۹
- ۱۰.۱.۲ تأثیر بار سطحی غشا بر عبور نمک ۲۹۹
- ۱۰.۱.۳ کنترل خواص سطحی برای کاهش رسوب گذاری ۳۰۰
- ۱۰.۲ پیکربندی المان‌ها ۳۰۰
- ۱۰.۲.۱ المان‌های مارپیچی در اسمز معکوس (Spiral-Wound) ۳۰۰
- ۱۰.۲.۱.۱ ساختار اسپیسر ۳۰۲
- ۱۰.۲.۱.۲ مشخصات فنی المان‌های مارپیچی ۳۰۲
- ۱۰.۲.۱.۳ طرز قرارگیری المان‌ها در پرشروسل ۳۰۳
- ۱۰.۲.۱.۴ اتصالات بین المان‌ها ۳۰۴
- ۱۰.۲.۲ غشاهای الیاف توخالی (Hollow-Fibre) ۳۰۵
- ۱۰.۳ ثبات شیمیایی و مکانیکی غشا ۳۰۵
- ۱۰.۳.۱ ثبات مکانیکی ۳۰۶
- ۱۰.۳.۱.۱ محدودیت‌های عملیاتی دما و فشار خوراک ۳۰۶
- ۱۰.۳.۱.۲ پدیده جمع شدن المان‌ها (Telescoping) ۳۰۷
- ۱۰.۳.۱.۳ هواگیری از سیستم RO ۳۰۹
- ۱۰.۳.۱.۴ افت فشار در المان‌ها و پرشروسل ۳۰۹
- ۱۰.۳.۱.۵ فشار معکوس آب تولیدی ۳۱۰
- ۱۰.۳.۱.۶ برگشت آب تولیدی ۳۱۰
- ۱۰.۳.۲ ثبات شیمیایی ۳۱۱
- ۱۰.۳.۲.۱ دی اکسید کلر (ClO_2) جایگزینی برای کلر ۳۱۲
- ۱۰.۳.۲.۲ اثرات منوکلرامین ۳۱۳
- ۱۰.۳.۲.۳ تأثیر pH بر ممبران پلی آمید ۳۱۴
- ۱۰.۴ محدوده پارامترها و شرایط عملیاتی برای غشا ۳۱۴
- ۱۰.۵ عیب‌یابی سامانه‌های اسمز معکوس ۳۱۶
- ۱۰.۵.۱ مشکلات قابل مشاهده در عملکرد سیستم RO ۳۱۷
- ۱۰.۵.۱.۱ غلظت بالای املاح در آب تولیدی ۳۱۷

۳۱۹.....	۱۰.۵.۱.۲ تغییرات در دبی آب تولیدی.....
۳۱۹.....	۱۰.۵.۱.۳ تغییرات در فشار ورودی.....
۳۲۰.....	۱۰.۵.۱.۴ افت فشار بالا.....
۳۲۰.....	۱۰.۵.۲ علل شایع در عملکرد نادرست سیستم.....
۳۲۰.....	۱۰.۵.۲.۱ خرابی‌های مکانیکی.....
۳۲۱.....	۱۰.۵.۲.۲ طراحی تجهیزات RO.....
۳۲۱.....	۱۰.۵.۲.۳ مشکلات عملیاتی.....
۳۲۱.....	۱۰.۵.۲.۴ مشکلات غشایی.....
۳۲۲.....	۱۰.۶ روش‌های بازرسی و عیب‌یابی.....
۳۲۲.....	۱۰.۶.۱ بازرسی مکانیکی.....
۳۲۲.....	۱۰.۶.۲ مشکلات عملکرد عمومی.....
۳۲۴.....	۱۰.۶.۳ طراحی سامانه و پیش‌بینی عملکرد.....
۳۲۵.....	۱۰.۶.۴ آنالیز آب.....
۳۲۶.....	۱۰.۶.۵ آزمون یک‌پارچگی غشا.....
۳۲۷.....	۱۰.۶.۶ تهیه پروفیل و پروب‌زنی.....
۳۲۷.....	۱۰.۶.۶.۱ پروفایلینگ.....
۳۲۸.....	۱۰.۶.۶.۲ پروبینگ.....
۳۳۱.....	۱۰.۶.۷ کالبدشکافی.....
۳۳۱.....	۱۰.۶.۷.۱ روش انجام کالبدشکافی غشا.....
۳۳۲.....	۱۰.۶.۷.۲ بازرسی چشمی (Visual Inspection).....
۳۳۳.....	۱۰.۶.۸ نرم‌سازی داده‌ها.....

مقدمه نویسنده

اسمز معکوس، به عنوان یک فناوری پیشرفته و کارآمد در شیرین‌سازی آب، نقش حیاتی در تأمین منابع آب شیرین جهان ایفا می‌کند. با وجود اهمیت روزافزون این فناوری، متأسفانه تاکنون کمتر منبع آموزشی مکتوب و جامعی به زبان فارسی در دسترس بوده است که بتواند به طور کامل و دقیق مبانی، طراحی و فرآیندهای آن را پوشش دهد. این کمبود، انگیزه‌ای شد تا کتاب «اسمز معکوس: از دریا تا غشا» را به رشته تحریر درآورم.

هدف اصلی این کتاب، ارائه یک راهنمای جامع و کاربردی برای مهندسان، بهره‌برداران و دانشجویان علاقه‌مند به حوزه اسمز معکوس است. در این کتاب، تلاش شده است تا با زبانی ساده و قابل فهم، مفاهیم اساسی، اصول طراحی، و فرآیندهای مختلف اسمز معکوس را به طور کامل تشریح کنم. همچنین، با ارائه مثال‌های کاربردی و مطالعات موردی، سعی شده است تا درک عمیق‌تری از این فناوری برای خوانندگان فراهم شود. برای نگارش این کتاب، علاوه بر ترجمه و گردآوری مطالب از کتب و مقالات علمی معتبر، از تجربیات ارزشمند خود و همکارانم در بهره‌برداری از تاسیسات اسمز معکوس نیز بهره گرفته‌ام.

با وجود تلاش‌های صورت گرفته، این کتاب قطعاً خالی از کاستی نیست. دنیای علم و فناوری پیوسته در حال پیشرفت است و ممکن است برخی از مطالب این کتاب با آخرین تحولات علمی همگام نباشد. همچنین، با توجه به گستردگی و پیچیدگی موضوع اسمز معکوس، ممکن است برخی از جنبه‌های آن به طور کامل پوشش داده نشده باشد.

لازم به ذکر است که مطالعه این کتاب به تنهایی نمی‌تواند شما را به یک طراح یا بهره‌بردار چیره تبدیل کند. هدف اصلی آن، ارائه آموزش‌های مقدماتی و آشنایی هرچه بیشتر با اسمز معکوس است. با این حال، با مطالعه این کتاب، شما به عنوان یک بهره‌بردار، با دید بازتری به اسمز معکوس نگاه خواهید کرد و در هنگام خرید یا طراحی سیستم‌های جدید، قادر خواهید بود تا نکات مهم و کلیدی را بهتر تشخیص دهید.

امیدوارم این کتاب بتواند گامی هرچند کوچک در جهت ارتقای دانش و آگاهی شما در زمینه فناوری اسمز معکوس بردارد و به شما در مسیر پیشرفت و موفقیت در این حوزه کمک کند.

سامان صانعی