

۱۴۸۳۳۰۱

کتاب راهنمای

شیرین سازی آب

برای طراحان و برنامه ریزان

مترجم: نگین بهشت کار

ویراستار علمی: اترم پایدار

www.ketab.ir

سرشناسه	واتسون، ایان سی.
عنوان و نام پدیدآور	Watson, Ian C
مشخصات نشر	کتاب راهنمای شیرین سازی آب برای طراحان و برنامه ریزان / نویسندگان یان واتسون، او. جی مورین، لیزا هنتورن؛ مترجم نگین بهشت کار؛ ویراستار علمی پایدار.
مشخصات ظاهری	تهران: الیاس، ۱۳۹۶.
شابک	ص: ۲۹۵، مصور، جدول، نمودار.
وضعیت فهرست نویسی	۹۷۸۶۰۰۵۷۲۷۳۶۴
یادداشت	قیفا
موضوع	Desalting Handbook for Planners - Rev. 3: عنوان اصلی:
موضوع	آب های شور -- ایالات متحده -- نمک زدایی
موضوع	Saline water conversion -- United States:
موضوع	آب های شور -- نمک زدایی
موضوع	Saline water conversion:
شناسه افزوده	مورین، او. ج.
شناسه افزوده	O.J. Morin
شناسه افزوده	هنتون، لیزا
شناسه افزوده	Henthorne, Lisa
شناسه افزوده	بهشت کار، نگین، ۱۳۶۶، مترجم
شناسه افزوده	پایدار، اکرم، ۱۳۳۵، ویراستار
ردیف دیسک	۴۷۹TD / الف و ۲، ۱۳۹۶
ردیف بند	۱۶۷/۴۲۸:
شمار کتابشناسی ملی	۴۶۰۲۷۸۷:



این کتاب با حمایت مالی شرکت خدمات مهندسی و آموزشی پیتیک (پرداد پترو دانش) به انتشار رسیده است

نام کتاب: کتاب راهنمای شیرین سازی آب برای طراحان و برنامه ریزان

مترجم: نگین بهشت کار

ویراستار علمی: اکرم پایدار

طراح جلد:

ناشر: الیاس

چاپ: مرکز چاپ پیتیک

نوبت چاپ: اول - زمستان ۱۳۹۵

تیراژ: ۳۰۰

شابک: ۹۷۸۶۰۰۵۷۲۷۳۶۴

قیمت: ۲۸۰۰۰ تومان

هرگونه حق چاپ و تکثیر، برای نویسندگان و شرکت خدمات مهندسی پیتیک محفوظ است.

تلفن مرکز نشر پیتیک: ۰۲۱-۸۸۹۸۴۳۰۶

در سال‌های اخیر، به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، افزایش جمعیت و صنعتی شدن جوامع، مشکل کمبود آب در بسیاری از مناطق دنیا بروز یافته و در مناطق متعددی تبدیل به بحرانی جدی شده است. کشور ما ایران نیز در این برهه زمانی، با مشکل جدی کمبود و بحران آب روبروست. در چنین شرایطی، مدیریت منابع آب به نحوی مؤثر و مقید، اهمیتی بیش از پیش می‌یابد و در این میان، استفاده از منابع جایگزین آب مانند شیرین‌سازی آب‌های شور و لب‌شور نیز لازم است به طور ویژه مورد توجه تصمیم‌گیران و سرمایه‌گذاران قرار گیرد.

انتخاب روش نمک‌زدایی آب در هر مکان و با توجه به شرایط هر پروژه متفاوت است، و لازم است در این مسیر به جنبه‌های مختلف فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی تکنولوژی‌های مختلف شیرین‌سازی آب، توجه کافی صورت گیرد تا ضمن استفاده بهینه از سرمایه‌های ملی، از تأثیرات سوء احتمالی این روش‌ها بر محیط زیست اطراف جلوگیری گردد. کتاب راهنمای طراحان و برنامه‌ریزان در شیرین‌سازی آب، به کلیه مسائل مرتبط با شیرین‌سازی آب با تکنولوژی‌های مختلف پرداخته است و می‌تواند به عنوان کتابی جامع، برای آشنایی تصمیم‌گیران، سرمایه‌گذاران، طراحان و برنامه‌ریزان با جنبه‌های گوناگون مرتبط با شیرین‌سازی آب مورد استفاده قرار گیرد.

این کتاب، اولین بار در سال ۱۹۷۲، لادی توسط اداره تحقیقات و تکنولوژی آب و دفتر امور احیاء وزارت کشور ایالات متحده آمریکا و رایش دوم آن در سال ۱۹۷۷ منتشر شد. به دلیل تغییرات اساسی تکنولوژی‌ها و هزینه‌های شیرین‌سازی آب، رایش سوم این کتاب در سال ۲۰۰۳ به چاپ رسید و با توجه به عدم تغییرات عمده در تکنولوژی، رایش سیرین بازی آب از آن زمان و عدم انتشار ویرایش‌های بعدی برای این کتاب، این نسخه جهت ترجمه انتخاب شد. دلیل عدم تناسب برخی از قسمت‌های کتاب با نیازهای داخلی کشور و بنابر تشخیص مترجم، قسمتی از کتاب خلاصه‌سازی شد و در نهایت کتاب حاضر جهت استفاده مهندسان، کارشناسان، مدیران، دانشجویان و سایر علاقه‌مندان آماده گردید.

امید است ترجمه این کتاب راهنما بتواند مورد استفاده کارشناسان صنعت شیرین‌سازی آب قرار گیرد و قدمی کوچک در راه اعتلای صنعت و توسعه پایدار و بادوام کشور ایران باشد.

نگین بهشت کار

بهمن ۱۳۹۵

دپارتمان مهندسی نیروگاه شرکت پیتک

شرکت خدمات مهندسی و آموزشی پیتک (برداد پترو دانش) از سال ۱۳۸۸ توسط، جمعی از کارشناسان صنایع نیروگاه و نفت و گاز کشور تاسیس گردید. از همان ابتدا، ارائه خدمات و آموزش‌های تخصصی نیروگاه، جز اهداف اصلی شرکت قرار گرفت. در این مسیر، اولین مجموعه جامع دوره‌های تخصصی نیروگاه تدوین گردید. این مجموعه در حال حاضر، شامل بیش از ۶۵۰ دوره تخصصی، در حوزه‌های طراحی، ساخت، تعمیرات و بهره‌برداری از نیروگاه است و بیش از ۴۵ شرکت معتبر نیروگاهی از خدمات تخصصی پیتک در زمینه مهندسی نیروگاه بهره‌برده‌اند. شرکت پیتک در حال حاضر، توانایی آن را دارد که کلیه دوره‌های مورد نیاز شرکت‌های طراحی، مشاور، سازنده، بهره‌بردار و تعمیرات نیروگاهی را در سطوح مختلف، تدوین و اجرا کند. در حال حاضر، برخی از نیروگاه‌های کشور، کلیه آموزش‌های بدو استخدام و ارتقا حین خدمت خود را به پیتک واگذار نموده و برخی دیگر نیز، به صورت مداوم از خدمات آموزشی پیتک، استفاده می‌کنند. همچنین برگزاری دوره‌های عمومی و تخصصی نیروگاه در سطوح ابتدایی و پیشرفته بسیاری از شرکت‌های مشاور و پیمانکار معتبر نیروگاه کشور، بر عهده پیتک است. در صفحات انتهایی کتاب، لیستی از برخی از دوره‌های برگزار شده توسط پیتک در بخش‌های مختلف این صنعت، از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ ارائه شده است. شرکت‌ها و مسئولین آموزش، می‌توانند برای اطلاع از لیست کامل دوره‌های نیروگاهی پیتک، با مرکز آموزش شرکت، تماس حاصل نمایند.

همچنین پیتک از ابتدا به ارائه خدمات مهندسی نیروگاه نیز پرداخته است که در حال حاضر برخی از شرکت‌ها و نیروگاه‌های کشور از خدمات مشاوره و مهندسی شرکت بهره‌می‌برند.

علاوه بر آن، با توجه به ارتباط موثر و گسترده پیتک با کارشناسان و مدرسان مجرب نیروگاهی سراسر کشور، بخش نشر کتب نیروگاهی پیتک نیز از سال ۱۳۹۴ شروع به فعالیت نموده و تاکنون ۷ عنوان کتاب منتشر نموده که ۵ عنوان آن، مرتبط با صنعت نیروگاه است.

افق پیش روی مدیران و همکاران پیتک، گسترش کلیه فعالیت‌های آموزشی، مشاوره و نشر شرکت، در حوزه نیروگاه است. به نحوی که در سال‌های آتی، پیتک به قطب اصلی آموزش و مشاوره صنعت نیروگاه کشور تبدیل شود و در این مسیر از همکاری کلیه کارشناسان مجرب این صنعت استقبال می‌کند.

دپارتمان تخصصی مهندسی نیروگاه پیتک

بهمن ۱۳۹۵

۱	بخش اول: مقدمه.....
۲	۱-۱ تاریخچه.....
۴	۲-۱ مقدمه‌ای بر تکنولوژی‌های نمک زدایی.....
۵	۳-۱ بازار فرآورده‌های نمک زدایی در دنیا.....
۶	۲ بخش دوم: کاربردهای نمک زدایی.....
۷	۱-۲ منابع آب تغذیه.....
۸	۱-۱-۲ فاضلاب صنعتی.....
۸	۲-۱-۲ فاضلاب شهری.....
۸	۳-۱-۲ آب لب‌شور زیرزمینی.....
۹	۴-۱-۲ آب‌های لب‌شور سطحی.....
۹	۱-۲ آب ریا.....
۹	۲-۲ نمک‌زدایی برای تأمین آب.....
۱۲	۱-۲-۲ منابع تک‌بیلی تأمین آب در آمریکا.....
۱۲	۲-۲-۲ جایگزینی برای پمپاژ آب.....
۱۳	۳-۲-۲ جایگزینی برای مال‌آب ز فواصل دور.....
۱۳	۴-۲-۲ کاربردهای صنعتی.....
۱۵	۳-۲ بررسی نمونه‌های اجرا شده.....
۱۵	۱-۳-۲ نمک زدایی آب لب‌شور با استفاده از فرآیند اسمز معکوس.....
۱۷	۲-۳-۲ نمک زدایی آب شور با استفاده از فرآیند اسمز معکوس.....
۱۸	۳-۳-۲ احیاء فاضلاب با استفاده از فرآیند اسمز معکوس.....
۲۱	۴-۳-۲ نمک‌زدایی از آب دریا با روش تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای (MSF).....
۲۶	۳ بخش سوم: شیعی آب.....
۲۷	۱-۳ ترکیبات نمک‌ها.....
۲۸	۲-۳ اجزای موجود در آب.....
۲۸	۳-۳ سنجش نمونه‌های آب.....
۲۹	۱-۳-۳ اندازه‌گیری pH.....
۳۲	۲-۳-۳ اندازه‌گیری هدایت الکتریکی.....
۳۲	۴-۳ انواع آب و تصفیه‌های گوناگون.....

۳۲	۱-۴-۳ آب شیرین
۳۳	۲-۴-۳ آب لبشور
۳۳	۳-۴-۳ آب دریا
۳۳	۵-۳ آنالیز آب
۴۰	۴ بخش چهارم: فرآیندهای نمک زدایی
۴۲	۱-۴ مبانی فرآیندهای نمک‌زدایی تقطیری
۴۳	۲-۴ مشخصات فرآیندهای نمک‌زدایی تقطیری
۴۳	۱-۲-۴ دما در نمک‌زدایی تقطیری
۴۳	۲-۲-۴ رسوب در فرآیندهای تقطیری
۴۳	۱-۲-۲-۴ اثرات رسوب‌گذاری
۴۴	۲-۲-۲-۴ رسوب سولفات کلسیم
۴۵	۱-۳-۲-۲ رسوب کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم
۴۶	۴-۲-۱ خوردگی و سایش در فرآیندهای تقطیری
۴۶	۳-۲-۴ انتقال حرارت در فرآیندهای نمک‌زدایی تقطیری
۴۷	۴-۲-۴ تمایز نمک‌زدایی در فرآیندهای نمک‌زدایی تقطیری
۴۷	۵-۲-۴ انرژی ورودی در فرآیندهای نمک‌زدایی تقطیری
۴۸	۳-۴ فرآیند نمک‌زدایی قطب چند، غلای (MED)
۴۸	۱-۳-۴ اصول کارکرد MED
۴۹	۲-۳-۴ پیکربندی‌های MED
۴۹	۱-۲-۳-۴ آرایش لوله‌های افقی
۵۳	۲-۲-۳-۴ آرایش لوله‌های عمودی
۵۴	۳-۲-۳-۴ آرایش دسته‌لوله‌های عمودی روی هم چیده شده (چینه‌ای)
۵۶	۳-۳-۴ مشخصات فرآیندی MED
۵۷	۴-۳-۴ مواد مورد استفاده در ساخت MED
۵۸	۵-۳-۴ وضعیت موجود انواع MED در جهان
۵۹	۴-۴ روش تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای (MSF)
۵۹	۱-۴-۴ اصول کارکرد MSF
۶۱	۲-۴-۴ آرایش‌های فرآیند MSF
۶۱	۳-۴-۴ شرح فرآیند MSF
۶۱	۱-۳-۴-۴ طراحی یکبار گذر
۶۴	۲-۳-۴-۴ طراحی باز چرخشی
۶۴	۳-۳-۴-۴ رسوب‌گذاری
۶۵	۴-۳-۴-۴ خوردگی

۴-۴-۴	مشخصات فرایند MSF	۶۶
۵-۴-۴	مواد مورد استفاده در ساخت MSF	۶۶
۶-۴-۴	وضعیت فرایندهای MSF	۶۷
۵-۴	روش تراکم بخار (VC)	۶۷
۱-۵-۴	اصول عملکرد VC	۶۸
۲-۵-۴	آرایش‌های فرایندی VC	۶۹
۳-۵-۴	شرح فرایند VC	۷۰
۴-۵-۴	مشخصات فرایندی VC	۷۱
۵-۵-۴	مواد مورد استفاده در ساخت VC	۷۱
۶-۵-۴	وضعیت موجود انواع VC در جهان	۷۲
۶-۴	مقایسه روش‌های تقطیری با سایر روش‌های نمک‌زدایی	۷۳
۷-۴	روش الکترودیالیز	۷۳
۱-۷-۴	اصول عملکرد فرایند ED/EDR	۷۴
۲-۷-۴	مقایسه فرایندهای ED و EDR	۷۷
۳-۷-۴	مصرف برق فرایندهای ED و EDR	۷۷
۴-۷-۴	متغیرهای فرایند ED و EDR	۷۸
۵-۷-۴	تجهیزات فرایند ED و EDR	۷۹
۶-۷-۴	چیدمان پلنت ED و EDR	۸۰
۷-۷-۴	تشکیل رسوب و گرفتگی در غشاهای ED و EDR	۸۱
۸-۷-۴	طول عمر غشاهای ED و EDR	۸۳
۹-۷-۴	طول عمر الکتروود ED/EDR	۸۴
۸-۴	مقایسه فرایند ED و EDR با سایر فرایندهای نمک‌زدایی	۸۴
۹-۴	روش اسمز معکوس و نانو فیلتراسیون	۸۵
۱-۹-۴	اصول عملکرد RO و NF	۸۵
۲-۹-۴	مقایسه غشاهای RO و NF	۸۸
۳-۹-۴	پیکربندی غشاهای RO	۸۹
۱-۳-۹-۴	پیکربندی حلزونی	۸۹
۲-۳-۹-۴	پیکربندی الیاف نازک توخالی	۹۰
۳-۳-۹-۴	پیکربندی لوله‌ای	۹۱
۴-۳-۹-۴	پیکربندی قاب و صفحه‌ای	۹۲
۵-۳-۹-۴	ملاحظات طراحی پیکربندی غشاها	۹۳
۴-۹-۴	مصرف برق	۹۴

۹۶	۵-۹-۴ متغیرهای فرایند RO
۹۹	۶-۹-۴ تجهیزات جانبی RO و NF
۱۰۰	۷-۹-۴ چیدمان سیستم RO
۱۰۲	۸-۹-۴ طول عمر غشاء
۱۰۳	۱۰-۴ مقایسه RO و NF با سایر فرایندهای نمکزدایی
۱۰۴	۵ بخش پنجم: پیش تصفیه
۱۰۵	۱-۵ مقدمه
۱۰۵	۲-۵ فرایندهای تقطیری
۱۰۵	۱-۲-۵ رسوب گذاری در فرایندهای تقطیری
۱۰۵	۱-۱-۲-۵ رسوب سولفات کلسیم
۱۰۶	۲-۱-۲-۵ رسوب کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم
۱۰۶	۳-۲-۵ خوردگی در فرایندهای تقطیری
۱۰۷	۲-۲-۵ سایش بر اثر جامدات معلق در فرایندهای تقطیری
۱۰۷	۴-۱-۵ تأثیر دما بر اجزاء
۱۰۹	۳-۵ فرایندهای غشایی
۱۱۰	۱-۳-۵ رسوب گذاری فرایندهای غشایی
۱۱۳	۲-۳-۵ گرفتگی بر اثر اکسیدهای ذری در فرایندهای غشایی
۱۱۴	۳-۳-۵ گرفتگی بیولوژیک در فرایندهای غشایی
۱۱۸	۴-۳-۵ جامدات معلق در فرایندهای غشایی
۱۲۰	۵-۳-۵ سایر ملاحظات برای فرایندهای غشایی
۱۲۱	۱-۵-۳-۵ سیلیس
۱۲۱	۲-۵-۳-۵ سولفید هیدروژن
۱۲۴	۶ بخش ششم: تصفیه تکمیلی
۱۲۵	۱-۶ مقدمه
۱۲۶	۲-۶ تثبیت
۱۲۷	۱-۲-۶ افزودن مواد شیمیایی
۱۲۷	۲-۲-۶ ملاحظات خوردگی
۱۲۹	۳-۶ تثبیت به روش اختلاط
۱۳۰	۴-۶ زدودن گازهای محلول
۱۳۱	۵-۶ گندزدایی
۱۳۴	۱-۵-۶ تصفیه با کلر
۱۳۴	۱-۱-۵-۶ گاز کلر

۱۳۵	۲-۱-۵-۶ کلر مایع: هیپوکلریت سدیم، یا هیپوکلریت کلسیم
۱۳۶	۳-۱-۵-۶ تصفیه با کلرامین‌ها
۱۳۶	۷ بخش هفتم: انتخاب فرآیند و بهای آب
۱۳۹	۱-۷ مقدمه
۱۳۹	۲-۷ کیفیت آب تولیدی
۱۳۹	۱-۲-۷ غلظت نمک
۱۴۲	۲-۲-۷ ترکیبات
۱۴۲	۳-۲-۷ اختلاط
۱۴۳	۳-۷ مشخصات منبع آب تغذیه
۱۴۳	۱-۳-۷ قابلیت اعتماد
۱۴۳	۲-۳-۷ شوری
۱۴۴	۳-۳-۷ دما و حرارت
۱۴۵	۳-۷ ترکیبات موجود در آب
۱۴۶	۵-۳-۷ کیفیت فیزیکی
۱۴۷	۴-۷ انرژی الکتریکی و حرارت
۱۴۷	۱-۴-۷ پلنت تک مرحله‌ای با فرآیندهای تقطیری
۱۴۸	۲-۴-۷ پلنت دو منظوره
۱۵۲	۵-۷ قیود و محدودیت‌های زیست محیطی برای انتخاب محل سایت
۱۵۲	۱-۵-۷ جنبه‌های برنامه‌ریزی و هزینه
۱۵۳	۲-۵-۷ دفع پساب شور
۱۵۳	۱-۲-۵-۷ تخلیه پساب شور به آب‌های
۱۵۴	۲-۲-۵-۷ تزریق به چاه عمیق
۱۵۴	۳-۲-۵-۷ حوضچه‌های تبخیر
۱۵۴	۴-۲-۵-۷ تبخیر تا حد خشک شدن و تبلور
۱۵۵	۶-۷ عوامل تأثیرگذار بر محل سایت
۱۵۶	۱-۶-۷ منبع تأمین آب
۱۵۶	۱-۱-۶-۷ تأمین آب
۱۵۶	۲-۱-۶-۷ ملاحظات پیش تصفیه
۱۵۷	۳-۱-۶-۷ کیفیت منبع آب
۱۵۸	۲-۶-۷ محل سایت
۱۵۸	۳-۶-۷ مساحت زمین مورد نیاز

۱۵۹	۴-۶-۷ مشکلات و مسائل دفع پساب شور
۱۵۹	۵-۶-۷ جماعه‌وری داده‌ها و اطلاعات
۱۵۹	۶-۶-۷ موارد مشکل ساز
۱۶۲	۷-۷ هزینه‌های نسبی فرایندهای نمک‌زدایی
۱۶۳	۱-۷-۷ سرمایه‌گذاری پلنت و بهای آب
۱۶۳	۱-۱-۷-۷ فرضیات
۱۶۴	۲-۱-۷-۷ مقایسه هزینه‌های پلنت‌ها
۱۷۰	۸-۷ بهینه‌سازی هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری فرایندهای نمک‌زدایی تقطیری
۱۷۱	۹-۷ بهینه‌سازی هزینه‌ها در فرایند الکترو دیالیز معکوس (EDR)
۱۷۳	۱۰-۷ بهینه‌سازی هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری فرایند اسمز معکوس
۱۷۵	۸ فصل هشتم: ملاحظات زیست‌محیطی
۱۷۶	۱-۸
۱۷۷	۸ روش‌های دفع پساب شور
۱۷۸	۱-۲-۸ مسائل مشکلات زیست‌محیطی محتمل
۱۷۹	۲-۲-۸ روش تخلیه به آب‌های سطحی
۱۷۹	۳-۲-۸ تخلیه فاضلاب رو شهری
۱۸۰	۴-۲-۸ تزریق به چاه عمیق
۱۸۰	۵-۲-۸ دفع زمینی
۱۸۰	۶-۲-۸ حوضچه‌های تبخیر/تأسیسات تبخیر نمک
۱۸۰	۷-۲-۸ تغلیظ‌کننده‌های پساب شور برای تأسیسات مفر تخلیه
۱۸۱	۹ بخش نهم: دستورالعمل‌های تخمین هزینه
۱۸۲	۱-۹ اطلاعات اولیه برای تخمین هزینه
۱۸۳	۲-۹ هزینه سرمایه‌گذاری
۱۸۳	۱-۲-۹ مبانی محاسبه هزینه سرمایه‌گذاری
۱۸۵	۲-۲-۹ هزینه‌های سالیانه
۱۸۶	۳-۹ مشروح برآورد هزینه‌ها
۱۸۶	۱-۳-۹ هزینه‌های سرمایه‌گذاری
۱۸۶	۱-۱-۳-۹ هزینه‌های پلنت نمک‌زدایی
۱۸۷	۲-۱-۳-۹ دفع پساب شور
۱۸۹	۳-۱-۳-۹ پیش تصفیه
۱۸۹	۴-۱-۳-۹ آبگیر ورودی
۱۸۹	۵-۱-۳-۹ لوله آب تغذیه

۱۸۹	۶-۱-۳-۹ تأمین بخار
۱۹۰	۷-۱-۳-۹ آماده‌سازی کلی سایت
۱۹۰	۸-۱-۳-۹ تصفیه تکمیلی
۱۹۰	۹-۱-۳-۹ تجهیزات جانبی
۱۹۱	۱۰-۱-۳-۹ ساختمان و سازه‌ها
۱۹۱	۲-۳-۹ هزینه‌های سرمایه‌گذاری غیر مستقیم
۱۹۱	۱-۲-۳-۹ حمل و نقل و بیمه
۱۹۱	۲-۲-۳-۹ بهره‌دوران ساخت و ساز
۱۹۱	۳-۲-۳-۹ هزینه‌های بالاسری احداث و سود
۱۹۲	۴-۲-۳-۹ مخارج مستقیم کارفرما
۱۹۳	۵-۲-۳-۹ هزینه‌های احتمالی
۱۹۳	۳-۳-۹ هزینه‌های سرمایه‌گذاری استهلاک ناپذیر
۱۹۳	۱-۳-۹ زمین
۱۹۳	۱-۳-۹ سرمایه در گردش
۱۹۴	۴-۳-۹ هزینه سالانه
۱۹۴	۱-۴-۳-۹ نیروی کار
۱۹۴	۲-۴-۳-۹ مواد شیمیایی
۱۹۵	۳-۴-۳-۹ انرژی
۱۹۷	۴-۴-۳-۹ قطعات یدکی و مواد مصرفی
۱۹۷	۵-۴-۳-۹ هزینه‌های تعویض غش
۱۹۷	۶-۴-۳-۹ بیمه
۱۹۷	۷-۴-۳-۹ هزینه سالیانه سرمایه
۱۹۷	۸-۴-۳-۹ ضریب بار پلنت
۲۳۲	ضمیمه یک: استانداردهای ASTM مربوط به فرآیندهای تولید
۲۳۳	ضمیمه دو: مثال‌های حل شده
۲۶۴	ضمیمه ۳: فهرست واژگان
۲۷۶	ضمیمه ۴: لیست حروف اختصاری