

راهنمای عملی روش‌های پیشرفته

تصفیه آب‌های شهری و صنعتی

حاوی مطالبی جامع در زمینه روش‌های مختلف تصفیه آب شامل روش‌های تصفیه فیزیکی و شیمیایی شامل زلال‌سازی، صافش و گندزدایی؛ روش رزینی؛ روش اسمز معکوس؛ روش الکترودیالیز؛ روش مغناطیسی؛ نگرش عملیاتی بر مسائل بهسازی شیمیایی آب برج‌های خنک‌کن و دیگ‌های بخار شامل واپاش خوردگی، رسوب‌گذاری و جرم‌گرفتگی سامانه‌های مذکور و روش‌های شیرین‌سازی آب‌های شور

مؤلف

مهندس محمدرضا نفری

سرشناسه	نفری، محمدرضا، ۱۳۲۹ -
عنوان و نام پدیدآور	راهنمای عملی روش‌های پیشرفته تصفیه آب‌های شهری و صنعتی / مؤلف محمدرضا نفری.
مشخصات نشر	تهران: انجمن خوردگی ایران، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۷۷۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۵۵۸۳-۵۳-۳
وضعیت فهرست‌نویسی	فیپا
یادداشت	کتابنامه: ص. [۷۳۵-۷۵۲]
موضوع	آب - تصفیه
موضوع	Water-Purification
موضوع	آب - مهندسی
موضوع	Hydraulic engineering
شناسه افزوده	انجمن خوردگی ایران
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۷ ر ۲ ن / ۴۳۰ TD
رده‌بندی دیویی	۶۲۸/۱۶۲
شماره کتابشناسی ملی	۵۴۵۷۵۳۴



نام کتاب : راهنمای عملی روش‌های پیشرفته تصفیه آب‌های شهری و صنعتی
مؤلف : مهندس محمدرضا نفری
ناشر : انجمن خوردگی ایران
چاپ : اول، ۱۳۹۸
تیراژ : ۱۵۰۰ جلد
چاپ و صحافی : پیشگام چاپ
آدرس ناشر: تهران، خیابان انقلاب، میدان فردوسی، خیابان شهید موسوی (فرصت)،
کوچه بهبهان، پلاک ۱۱ کدپستی: ۱۵۸۱۹۷۶۴۱۵ تلفن و دورنگار: ۸۸۸۲۷۳۳۴

کلیه حقوق محفوظ و متعلق به مؤلف است.

قیمت ۱۵۰,۰۰۰ تومان

به نام آن که جان را فکرت آموخت

ز یزدان خرد تا به کیهان رسید زمین، آسمان، نور آمد پدید
«کتاب» است سرمایه سروری خردمند مردا که دانش گزید

اهمیت آب به عنوان عجیب ترین پدیده خلقت بر کسی پوشیده نیست و این امر می طلبد در شرایطی که خشکسالی اغلب کشورهای قاره آسیا و به ویژه آفریقا را تهدید می کند؛ در مصرف بهینه آن اهتمام تام و تمامی به عمل آید و برای تحقق آن نیاز به همکاری همگان است ولی در این ارتباط باید نقش مدیران و کارشناسان مرتبط در کشاورزی و صنعت ملموس تر باشد.

با عنایت به اینکه بیشترین مصرف آب در کشاورزی است لذا شایسته است با روزآمدسازی روش های نوین آبیاری، در مصرف هرچه بیشتر آب صرفه جویی گردد و بحران کمبود آب در عمل به فرصت تبدیل شود تا به تبع آن برداشت آب از منابع زیرزمینی مدیریت گردد و کشور عزیزمان ایران به یکباره با تخلیه ناخواسته برخی از شهرها و روستاها مواجه نشود که در آن صورت با یک بحران سرزمینی مواجه خواهیم شد.

انجمن خورده گی ایران که تا به حال به انتشار ۷۰ جلد کتاب علمی و فنی اهتمام ورزیده، با توجه به اینکه با توسعه صنعت در عمل مسئله آب با خوردگی گره خورده، سعی نموده تا به موازات انتشار کتاب های خوردگی، به مسئله مهم آب و فاضلاب نیز بها داده و کتاب هایی را در این زمینه منتشر نماید تا در این ارتباط سهم خود را ادا کرده باشد.

از جناب آقای مهندس محمدرضا نفری از پیشکسوتان فرهیخته و پرتلاش «انجمن خوردگی ایران» و «شرکت ملی صنایع پتروشیمی» که از چهره های شاخص این انجمن و چه بسا در کشور در زمینه آب، فاضلاب و خوردگی هستند و تا به حال ۳۷ جلد کتاب فنی / کاربردی در زمینه های فوق به رشته تحریر درآورده اند و در عمل بیش از نیمی از کتاب های منتشره توسط انتشارات این انجمن علمی را در طی دو دهه اخیر به خود اختصاص داده اند؛ با افتخار سپاسگزاری نموده و توفیق هرچه بیشتر ایشان را در خدمت به این مرزوبوم خواستاریم.

دکتر ابراهیم حشمت دهکردی

رئیس انجمن خوردگی ایران

تهران - ۱۳۹۸

دانش تو را بلندپایه و حکمت تو را راهنمایی می‌کند

حضرت علی (علیه السلام)

به نام خداوند جهان آفرین

پیشگفتار مؤلف

چلچراغ علم، دنیا را فروزان می کند
خشک شد وقتی که آب چشمه ها و رودها
هر خردمندی، جهانی را گلستان می کند
اهل دانش، کارِ شعرِ «باز، باران» می کند

آب به عنوان مایه حیات و فراوان ترین ماده روی کره زمین از دو اتم هیدروژن و اکسیژن تشکیل یافته است. اتم های هیدروژن و اکسیژن در شرایط عادی به صورت گازی هستند؛ در حالی که هیدروژن می سوزد، اکسیژن می سوزاند، آب؛ برای خاموش کردن آتش مورد استفاده واقع می شود.

با افزایش روزافزون مصرف آب در جهان به دلایلی همچون ازدیاد جمعیت، ایجاد و توسعه طرح های صنعتی و کشاورزی، آب؛ بسته به نوع مصرف گاه نیاز به تصفیه دارد و در طول چندین دهه اخیر، ضرورت تمسک به فناوری های نوین، توجه صاحب نظران را به خود جلب نموده است. واقعیت بر این است به ویژه در کشورهای خشک و نیمه خشک مسئله کمبود آب مشکلی جدی است و می طلبد در این ارتباط از راهکارهای راهبردی و چاره ساز استفاده گردد.

از کل آب موجود در کره زمین، ۹۷٪ آن به صورت آب شور در دریاها و اقیانوس هاست و از ۳٪ باقی مانده به صورت آب شیرین، ۲٪ آن به صورت یخ در یخچال های طبیعی و تنها ۱٪ مابقی از کل آب مذکور موجود در کره زمین به صورت آب شیرین در دسترس است که منابع آب های زیرزمینی، آب های سطحی، چشمه ها و رودخانه ها را تشکیل می دهد.

شایان ذکر است که از ۱٪ آب های شیرین در دسترس، حدود ۹۲٪ آن برای کشاورزی، حدود ۷٪ برای اهداف صنعتی و تنها ۱٪ باقی مانده به عنوان آب شرب مورد استفاده واقع می شود.

از زمان های بسیار دور، استفاده از آب صاف و زلال برای آشامیدن مورد توجه بشر بوده ولی با توسعه علم شیمی و توانایی تجزیه آب توسط شیمی دان ها و به ویژه برای کاربردهای صنعتی، امر مهم تصفیه آب مورد عنایت ویژه واقع گردیده است.

در مقطعی، تصفیه آب بیشتر شامل زلال سازی و بعضاً استفاده از آهک و نیز صافی های شنی را در بر می گرفت لکن با شیوع بیماری های واگیر همچون حصبه و وبا که از طریق آب منتشر می شود و در زمانی موجب جان باختن هزاران تن از مردم شد، صرف نظر از تصفیه آب از بُعد تجزیه ای، گندزدایی آن نیز مورد توجه تام و تمام قرار گرفت.

با توسعه دامنه علم، روش‌های مختلف تصفیه آب گسترش یافت به‌طوری‌که روش‌های نوین جایگزین شیوه‌های قدیمی‌تر شده، به گونه‌ای که امروز هم برای حفظ سلامت انسان و هم برای اهداف صنعتی، به تصفیه آب توجه خاصی معمول می‌گردد.

این جانب از بدو ورودم به صنعت نفت از اوائل دهه ۵۰ خورشیدی تحت تأثیر نقش و اهمیت بسیار بالای آب در صنعت قرار گرفتم و کوشیدم برای نشر اطلاعات فنی در این زمینه برای کارشناسان و دانشجویان با استفاده از منابع علمی / فنی معتبر، نسبت به انتشار مطالب مورد نیاز در این ارتباط اقدام کنم. برای تحقق این امر مهم تا به حال با انتشار ۳۷ جلد کتاب فنی در زمینه‌های آب، فاضلاب و خوردگی و... تلاش کردم با انتشار کتاب‌های تخصصی در زمینه‌های فنی به تکلیف خویش عمل نمایم.

به‌رغم اینکه قبلاً درباره هر روش تصفیه آب، کتاب‌های اختصاصی و مجزایی منتشر نموده بودم ولی همواره با این دغدغه مواجه بودم تا نسبت به انتشار کتابی جامع در زمینه تصفیه آب اقدام کنم تا تمامی روش‌های تصفیه آب کاربردها و مشکلات مربوط به آب در صنعت را به‌طوریکجا دربرگیرد تا به تبع آن کارشناسان شاغل در صنعت و نیز دانشجویان رشته‌های فنی و مراکز آموزشی و صنعتی بتوانند جهت ارتقای اطلاعات خویش در زمینه مذکور از آن بهره‌مند شوند.

کتاب حاضر به‌واقع این امر مهم را محقق می‌سازد و آب و مسائل آن که به‌رغم فراوانی‌اش هنوز در غربت است را به مخاطبان، بیشتر معرفی نماید. اگرچه در طول قرن بیستم غالب کارشناسان بحران آب را پیش‌بینی کرده بودند ولی با آغاز قرن بیست‌ویکم طیف وسیعی از هم‌وطنان ما هم در ایران‌زمین در جریان کمبود آب قرار گرفته‌اند، لذا چنانچه این امر مهم مورد توجه جدی مدیریت کلان آب کشور قرار گیرد؛ می‌توان این بحران جدی و خانمان‌سوز را پشت سر گذاشت. در تهیه و تدوین این کتاب سعی شده تا تمامی روش‌های تصفیه آب با وسواسی زایدالوصف به رشته تحریر درآید به گونه‌ای که مخاطبان آن بتوانند به‌طوریکجا به اهداف ازپیش‌تعیین‌شده آن دسترسی پیدا نمایند.

خوشبختانه انتشار ۳۷ امین کتاب این جانب با ۳۷ سال خدمات مؤظفم در صنعت نفت تقارن پیدا کرده و این امر حاکی از اوج اهمیتی است که برای آموزش و انتقال اطلاعات به دیگران قائل بوده‌ام. امید است با عنایت به اینکه در طول ۴۰ سال اخیر که در عمل با مسائل و مشکلات آب، فاضلاب و خوردگی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و سایر صنایع کشور سروکار داشته‌ام، توانسته باشم حق مطلب را در این ارتباط ادا کرده باشم و از دانش‌پژوهان صحنه علم و عمل در این زمینه درخواست می‌نمایم تا نسبت به بسط این کار عالمانه و خداپسندانه اقدام نمایند.

از آنجا که امروزه! تمامی آحاد بشری نیاز مبرم و حیاتی به آب دارند، در خیلی از نقاط دنیا درگیر بحران کمی و کیفی موضوعی به نام آب هستند؛ شاید یک وظیفه تمام‌عیار ملی هر فرد این

باشد که در حدّ توانایی خویش، نسبت به ترویج دانش، حفظ و صیانت از منابع طبیعی — حفظ محیط زیست — و آب اهتمام لازم و کافی مبذول دارد.

از جناب آقای دکتر ابراهیم حشمت دهکردی رئیس محترم انجمن خوردگی ایران که با انتشار این کتاب از طریق انتشارات انجمن موافقت فرمودند سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر ناصر گیوه‌چی که با گشاده‌رویی ملموسی که ناشی از دانش محوری ایشان است، مطالب کتاب را مورد بازخوانی قرار دادند، تشکر می‌کنم.

از جناب آقای فرج‌ا... مرید بیدختی به‌خاطر بهره‌گیری از نقطه‌نظرهای صائب ایشان در زمینه ویرایش نگارشی تمام کتاب‌های از قبل منتشرشده‌ام، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنم.

از سرکار خانم ندا علائی که با دقتی تام و تمام نسبت به تایپ و ویرایش‌های مکرر این کتاب اهتمام ورزیدند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

در تهیه و تدوین این کتاب همانند سایر کتاب‌های منتشرشده قبلی‌ام سعی کردم که از واژه‌های مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی استفاده نمایم تا مخاطبان این کتاب با واژه‌های علمی روزآمدشده آن در ارتباط با آب، فاضلاب و خوردگی نیز بیشتر آشنا شوند.

اگرچه در تهیه و تدوین مطالب این کتاب کوشش فراوان به‌عمل آمده ولی با توجه به کم‌وکاستی‌های احتمالی آن، از خوانندگان گرامی درخواست می‌کنم نقطه‌نظرهای اصلاحی خویش را به این جانب گوشزد فرمایند تا در چاپ‌های بعدی مورد عنایت واقع گردد.

با تشکر

محمدرضا نفری

عضو انجمن خوردگی ایران

تهران - ۱۳۹۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱	
کلیات	
.....	۱۷
.....	۱۷
.....	۲۰
.....	۲۳
.....	۲۴
.....	۲۷
فصل ۲	
تصفیه فیزیکی و شیمیایی آب	۴۱
بخش I: زلال سازی	۴۱
.....	۴۱
.....	۴۳
.....	۴۴
.....	۴۵
.....	۴۵
.....	۴۸
.....	۵۱
.....	۵۲
.....	۵۳
.....	۵۵
.....	۵۶
.....	۵۹
.....	۶۹
.....	۷۰
.....	۸۳
.....	۸۳
.....	۸۴
.....	۸۷
.....	۸۸
.....	۹۴
.....	۱۰۸
.....	۱۱۱
.....	۱۱۶
.....	۱۲۴
.....	۱۲۴
.....	۱۲۹
.....	۱۳۸
.....	۱۳۹
.....	۱۳۹
.....	۱۴۰
.....	۱۴۱
.....	۱۴۲

۱۴۳	واکنش با آهک
۱۴۴	واکنش‌های سودااش
۱۴۶	جداسازی سیلیس
۱۴۶	کاهش قلیائیت
۱۴۹	بخش II : صافش
۱۴۹	مقدمه
۱۴۹	سازوکارهای صافش
۱۶۷	انواع صافی‌ها
۱۷۳	صافی‌های شنی
۱۸۹	صافی‌های کیسه‌ای
۱۹۲	ریز صافش، MF
۱۹۴	فراصافش، UF
۱۹۵	نانو صافش، NF
۱۹۷	صافی کربنی
۱۹۹	بخش III : گندزدایی
۱۹۹	نظریه گندزدایی
۲۰۴	گندزدایی با کلر
۲۱۹	گندزدایی با دی‌اکسید کلر
۲۲۹	گندزدایی با اُزون
۲۳۳	گندزدایی با پرتو فرابنفش

فصل ۳

۲۳۷	رزین‌های تبادل یون
۲۳۷	بخش I : کلیات
۲۳۷	مقدمه
۲۳۸	تاریخچه
۲۴۲	خواص یک ماده تبادله‌گر یونی
۲۴۴	اصطلاحات مربوط به تبادله‌گرهای یونی
۲۴۶	مواد جذب کننده و رزین‌های خاص
۲۴۷	رزین‌های خاص
۲۴۷	کاربرد تبادله‌گرهای یونی
۲۴۹	بخش II : سامانه‌های رزینی
۲۴۹	مقدمه
۲۵۱	میل ترکیبی یون
۲۵۲	ساختار دانه رزین
۲۵۲	ساختار شیمیایی
۲۵۲	ساختار فیزیکی
۲۵۳	اندازه و توزیع ذره
۲۵۴	ظرفیت رزین
۲۵۹	احیای رزین
۲۵۹	واشویه
۲۵۹	افزودن احیا کننده
۲۶۱	آب کشی تَکند
۲۶۱	آب کشی تَند

۲۶۳	انواع رزین‌ها
۲۶۳	کاتیون اسید قوی
۲۷۰	کاتیون اسید ضعیف
۲۷۴	آنیون باز قوی
۲۷۹	آنیون باز ضعیف
۲۸۲	پیکربندی‌های تجهیزات تبادل یون
۲۸۳	نرم‌سازی
۲۸۳	قلیائیت‌زدایی
۲۹۰	نمک‌زدایی اولیه
۲۹۵	نمک‌زدایی با بستر مخلوط
۲۹۷	واحدهای با بستر پُر شده
۲۹۹	سایر کاربردهای تصفیه با رزین‌ها
۲۹۹	حذف مواد آلی
۳۰۰	کاربردهای خاص
۳۰۰	تصفیه آب میوه‌ها و محلول‌های قندی
۳۰۱	کاربرد در صنایع لبنی
۳۰۱	تصفیه پساب‌های صنعتی
۳۰۳	انتخاب رزین
۳۰۵	گندزدایی آب و رزین‌ها
۳۰۵	محاسبات طراحی سامانه‌های تبادل یونی
۳۱۲	مشکلات عمومی سامانه‌های تبادلگر یونی
۳۱۴	مشکلات مربوط به بهره‌برداری
۳۲۱	تصفیه مقدماتی آب قبل از ورود به سامانه تبادل یونی
۳۲۴	آزمون‌های رزین و تجزیه و تحلیل آنها
۳۲۴	نکات مهم دانستنی در مورد رزین‌ها
۳۲۵	عیب‌یابی سامانه‌های تبادل یونی

فصل ۴

۳۳۵	اسمز معکوس
۳۳۵	مقدمه
۳۳۷	اساس اسمز معکوس و صافی نانو
۳۴۰	ریزصافش
۳۴۰	فراصافش
۳۴۰	نانوصافش
۳۴۱	اسمز معکوس
۳۴۲	اصول اسمز معکوس و صافی نانو
۳۴۲	چگونگی عملکرد اسمز معکوس
۳۴۴	عوامل مؤثر در عملکرد اسمز معکوس و صافی نانو
۳۴۵	تعریف غشا
۳۴۸	عملکرد غشاها
۳۴۹	غشاهای مطمئن برای استفاده در فرایندهای غذایی
۳۵۰	ساختار اِلِمان
۳۵۲	غشاهای مناسب برای اسمز معکوس
۳۵۴	شیمی آب و پیش‌تصفیه
۳۵۷	نوع و تجزیه آب ورودی
۳۶۳	واپایش رسوب

۳۶۳	اسیدزنی
۳۶۶	افزودن مواد ضد رسوب
۳۶۷	سختی‌گیری با استفاده از رزین تبادل یونی اسیدی قوی
۳۶۷	خنثی کردن خاصیت قلیایی با استفاده از رزین تبادل کاتیونی اسیدی ضعیف
۳۶۹	سختی‌گیری به وسیله آهک‌زنی
۳۷۰	شست‌وشوی پیشگیرانه
۳۷۰	اصلاح متغیرهای عملیاتی
۳۷۱	محاسبات رسوب‌گذاری
۳۷۳	جلوگیری از رسوب کلسیم کربنات
۳۸۱	جلوگیری از رسوب کلسیم سولفات
۳۸۳	جلوگیری از رسوب باریم سولفات
۳۸۴	جلوگیری از رسوب استرانسیم سولفات
۳۸۴	جلوگیری از رسوب کلسیم فلوئورید
۳۸۵	جلوگیری از رسوب سیلیکا
۳۸۹	جلوگیری از رسوب کلسیم فسفات
۳۹۳	جلوگیری از رسوب‌دهی ذرات کلونیدی
۳۹۴	شیمی کلرزنی
۳۹۸	سدیم بی‌سولفیت
۴۰۰	کلر ترکیبی
۴۰۰	سایر مواد کندزدا
۴۰۱	آزون
۴۰۱	زی‌صافش
۴۰۲	پرتو فرابنفش
۴۰۲	جلوگیری از ایجاد رسوب آلی
۴۰۳	جلوگیری از تخریب غشاهای
۴۰۳	جلوگیری از رسوب آهن و منگنز
۴۰۵	جلوگیری از رسوب آلومینیم
۴۰۶	تصفیه آب ورودی حاوی هیدروژن سولفید
۴۰۶	جلوگیری از مشکل پتانسیل در قسمت خوراک / محلول غلیظ‌شده غشا
۴۰۷	جلوگیری از مشکلات در قسمت آب تصفیه در غشا
۴۰۸	پیش‌تصفیه
۴۱۰	شست‌وشوی غشاهای سامانه RO
۴۱۲	احتیاط‌های ایمنی
۴۱۴	وسایل شست‌وشو
۴۱۷	حلال‌های شست‌وشوی شیمیایی
۴۱۷	روش‌های شست‌وشو برای وضعیت‌های خاص
۴۲۸	عیب‌یابی سامانه اسمز معکوس

فصل ۵

۴۳۷	الکترودیالیز
۴۳۷	مقدمه
۴۳۸	شیمی آب
۴۴۰	اصول الکترودیالیز
۴۴۱	اجزای سامانه الکترودیالیز
۴۴۱	غشاهای
۴۴۲	غشاهای آنیونی

۴۴۲	غشاهای کاتیونی
۴۴۲	خواص غشاها
۴۴۳	جداکننده‌ها
۴۴۷	مجموعه یا ستون غشایی کامل
۴۴۸	قانون فاراده
۴۵۰	مرحله‌بندی الکتریکی
۴۵۳	محدودیت‌های جریان‌های الکترودیالیز یک‌سو، ED
۴۵۳	الکترودیالیز معکوس، EDR
۴۵۶	سامانه‌های با بازیافت بالا
۴۵۹	تعویض فازی
۴۶۰	بسامد تعویض
۴۶۱	بازچرخش جریان قسمت حاوی الکتروود
۴۶۲	تزریق مواد شیمیایی
۴۶۳	نتیجه‌گیری
۴۶۳	بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری واحدهای الکترودیالیز
۴۶۳	صافی‌های کارتریج
۴۶۴	سنجه‌های آب بدون نمک
۴۶۴	روش بهره‌برداری و مسائل غشاها
۴۶۵	مشکلات واحدهای الکترودیالیز
۴۶۹	شست‌وشوی در جای سامانه الکترودیالیز (CIP)

فصل ۶

۴۷۱	تصفیه مغناطیسی آب‌های صنعتی
-----	-----------------------------

فصل ۷

۴۷۷	سامانه‌های خنک‌کن
۴۷۷	I) سامانه‌های خنک‌کن یکبار گذر
۴۸۲	بازدارندگی در سامانه‌های خنک‌کن یکبار گذر
۴۸۳	انواع خوردگی‌ها در آب‌های خنک‌کن
۴۸۵	II) سامانه‌های خنک‌کن مدار بسته
۴۸۸	مزایای سامانه‌های خنک‌کن مدار بسته
۴۸۹	تشکیل رسوب
۴۸۹	بروز خوردگی
۴۹۱	واپایش خوردگی و رسوب‌دهی در سامانه‌های چرخشی بسته
۴۹۴	نیتريت‌ها
۴۹۵	بازدارنده‌های سامانه خنک‌کن خودرو
۴۹۵	بُرات‌ها
۴۹۵	کرومات‌ها
۴۹۶	نیتريت‌ها
۴۹۶	روغن‌های نامیزه‌ای
۴۹۶	ترکیبات مختلط بازدارنده‌ها
۴۹۸	بازدارندگی در سامانه‌های خنک‌کن دیزل‌های ثابت و لوکوموتیو
۴۹۹	بازدارندگی در سامانه‌های خنک‌کن دیزل‌های بزرگ معادن
۴۹۹	بازدارندگی در سامانه‌های گرمایش و تهویه
۴۹۹	بازدارندگی در سامانه‌های یخچال
۵۰۰	III) سامانه‌های بازچرخشی مدار باز

۵۰۴	مشخصات سامانه خنک کن مدارباز
۵۰۵	عوامل مؤثر روی کار سامانه خنک کن مدارباز
۵۰۹	عملیات پیش تصفیه مورد نیاز برای سامانه خنک کن
۵۱۳	مسائل برج‌های خنک کن مدارباز
۵۱۶	انواع رسوبات و علل تشکیل آنها
۵۲۲	واپایش چرخه غلظت
۵۲۷	جلوگیری از تشکیل رسوب
۵۲۷	نرم‌سازی آب
۵۲۷	تنظیم pH
۵۲۷	نقش تزریق اسید در واپایش رسوب برج‌های خنک کن
۵۳۲	واپایش رسوب در آب‌های خنک کن
۵۳۲	رسوبات مهم در آب برج‌های خنک کن
۵۳۲	کلسیم کربنات
۵۳۳	کلسیم سولفات
۵۳۵	روش‌های واپایش رسوب گذاری
۵۳۵	تزریق اسید
۵۳۶	عملیات کاهش مواد معلق
۵۳۶	مواد پلیمری واپایشگر رسوبات
۵۳۹	منعقد کننده‌ها
۵۴۱	پراکنده سازها
۵۴۲	مواد واپایشگر رسوب
۵۴۳	چنگاله‌ها
۵۴۴	لیگنوسولفونات‌ها
۵۴۴	پلی فسفات‌ها
۵۴۴	پلی اکریلات‌ها
۵۴۵	پلی متا اکریلات‌ها
۵۴۵	هم‌بسپاری‌های مالئیک‌انیدرید
۵۴۶	پلی مالئیک‌انیدرید
۵۴۶	استرهای فسفات
۵۴۷	فسفونات‌ها
۵۴۷	خوردگی
۵۵۲	واپایش خوردگی در سامانه‌های خنک کن مدارباز
۵۵۳	بازدارنده‌های معدنی
۵۵۳	کرومات‌ها
۵۵۴	سیلیکات‌ها
۵۵۵	مولیبدات‌ها
۵۵۶	فسفات‌ها
۵۵۸	پلی فسفات‌ها
۵۶۰	فسفونات‌ها
۵۶۱	بازدارنده‌های آلی
۵۶۲	کاربردهای مخلوط بازدارنده‌ها
۵۶۳	کرومات- «روی»
۵۶۴	کرومات- «روی»- فسفونات
۵۶۴	پلی فسفات- «روی»
۵۶۴	فسفونات- «روی»
۵۶۵	بازدارنده‌های رسوبی طبیعی در آب

سامانه‌های بدون فلزات سنگین.....	۵۶۵
AMP-HEDP.....	۵۶۶
پلی فسفات- HEDP.....	۵۶۶
پلی فسفات- اورتو فسفات.....	۵۶۶
تأثیر کیفیت آب خنک کن بر رسوب‌دهی و خوردگی فلزات.....	۵۶۶
گازهای محلول.....	۵۶۷
تشکیل رسوب در آب‌های خنک کن و نحوه واپایش آن.....	۵۷۰
تولید لجن و نحوه واپایش آن.....	۵۷۲
نحوه واپایش مقدار تزریق و روش‌های تجزیه‌ای.....	۵۷۳
بازدارندگی فلزات غیر آهنی.....	۵۷۴
بازدارندگی فلز روی.....	۵۷۴
بازدارندگی فلز آلومینیم.....	۵۷۵
بازدارندگی فلز مس.....	۵۷۵
بازدارنده ۲- مرکاپتو بنزوتیازول، MBT.....	۵۷۶
بازدارنده ۱، ۲، ۳- بنزوتری آزول، BTA.....	۵۷۷
سولفات آهن II.....	۵۷۸
اندازه‌گیری مقدار خوردگی.....	۵۷۸
راه‌های اندازه‌گیری خوردگی.....	۵۷۹
اندازه‌گیری مقدار خوردگی با خوردگی سنج.....	۵۸۱
نقش ریزاندامگان‌ها در سامانه‌های آب برج‌های خنک کن.....	۵۸۲
واپایش میکربی برج‌های خنک کن.....	۵۸۶
کلرزنی.....	۵۸۶
زیست‌کش‌ها.....	۵۸۹
فساد چوب.....	۶۱۱
حملة شیمیایی.....	۶۱۴
حملة میکربی.....	۶۱۴
واپایش فساد چوب.....	۶۱۵
واپایش لیگنین‌زدایی.....	۶۱۵
واپایش زیستی.....	۶۱۵

فصل ۸

سامانه مولد بخار.....	۶۱۷
اجزای مربوط به سامانه.....	۶۱۷
گرمکن‌های هوازداي آب خوراک.....	۶۱۸
اکونومايزر.....	۶۲۱
انواع ديگ‌های بخار.....	۶۲۲
قطعات داخل ظرف بخار.....	۶۲۶
آبر گرمکن‌ها.....	۶۲۸
توربین‌ها.....	۶۲۹
اهداف بهسازی آب.....	۶۳۱
مواد شیمیایی اکسیژن‌خوار.....	۶۳۲
سدیم سولفیت.....	۶۳۳
هیدرازین.....	۶۳۵
کربوهیدرازید.....	۶۳۶
اریترویت.....	۶۳۷
دی‌اتیل هیدروکسیل آمین، DEHA.....	۶۳۸

۶۴۰	متیل اتیل کتو کسیم، MEKO
۶۴۱	هیدروکینون، HQ
۶۴۲	واپایش خوردگی در تجهیزات بعد از دیگ بخار
۶۴۳	علل خوردگی سامانه چگاله
۶۴۴	کربن دی‌اکسید
۶۴۷	اکسیژن
۶۴۹	کربن دی‌اکسید به‌اضافه اکسیژن
۶۵۰	آمونیاک
۶۵۲	سولفور دی‌اکسید و هیدروژن سولفید
۶۵۳	روش‌های جلوگیری از خوردگی چگاله
۶۵۴	آمین‌های خنثی‌کننده
۶۶۰	برخی از مشکلات سامانه دیگ‌های بخار
۶۶۱	حمله اسیدی
۶۶۲	تردش ناشی از سود
۶۶۲	علل وقوع تردش فلز دیگ بخار
۶۶۹	واپایش زیراب دیگ بخار
۶۷۵	تشکیل رسوب
۶۷۷	تشکیل رسوب ناشی از محصولات خوردگی
۶۸۰	واپایش رسوب
۶۸۵	واکنش‌های استوکیومتری
۶۸۶	واکنش‌های غیراستوکیومتری
۶۸۶	مواد آلی
۶۸۶	پلیمرها
۶۸۷	مواد منزوی‌ساز آستانه
۶۸۸	فسفونات‌ها

فصل ۹

۶۹۱	شیرین‌سازی آب‌های شور
۶۹۱	مقدمه
۶۹۱	تاریخچه نمک‌زدایی
۶۹۳	دسته‌بندی آب‌ها از لحاظ شوری
۶۹۵	پذیرش جهانی صنعت نمک‌زدایی
۶۹۸	بازار آینده نمک‌زدایی
۶۹۹	روش‌های شیرین‌سازی آب‌های شور
۷۰۰	فرایندهای غشایی
۷۰۱	اسمز معکوس
۷۰۷	الکترودیالیز
۷۰۹	فرایندهای نمک‌زدایی گرمایی
۷۱۰	تقطیر چندمرحله‌ای، MED
۷۱۰	تبخیر ناگهانی چندمرحله‌ای
۷۱۴	پیش‌تصفیه
۷۲۸	گندزدایی
۷۳۰	مقررات
۷۳۳	نتیجه‌گیری
۷۳۵	فرهنگ واژه‌های انگلیسی به فارسی
۷۴۳	منابع
۷۵۹	درباره مؤلف