

کیفیت آب

مبانی و محاسبات

پدیدآورنده

امیر تائبی

استاد بازنشسته دانشکده عمران

دانشگاه صنعتی اصفهان



انشارات دانشگاه صنعتی اصفهان

شماره کتاب ۱۶۸

گروه فنی و مهندسی ۷۲

کیفیت آب مبانی و محاسبات

پدیدآورنده	:	دکتر امیر تائبی
ویراستار ادبی	:	مهناز پیرزاده
صفحه آرا	:	فرحناز نصیری
طراح جلد	:	شقایق پورسلیمی
ناشر	:	انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	:	چاپخانه دانشگاه صنعتی اصفهان
چاپ اول	:	بهار ۹۸
شمارگان	:	۱۰۰۰ جلد
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۸۲۵۷-۳۳-۲
قیمت	:	۳۵۰۰۰ ریال

سرشناسه	:	تائبی، امیر، ۱۳۳۴ -
عنوان و نام پدیدآور	:	کیفیت آب: مبانی و محاسبات/ پدیدآورنده امیر تائبی؛ ویراستار ادبی مهناز پیرزاده.
مشخصات نشر	:	اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	:	پانزده، ۶۲۷ص.: مصور، جدول، نمودار.
فروست	:	انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان؛ شماره کتاب ۱۶۸. گروه فنی و مهندسی؛ ۷۲.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۸۲۵۷-۳۳-۲
وضعیت فهرست‌نویسی	:	فیا
یادداشت	:	واژه‌نامه. کتاب‌نامه: ص. [۶۱۳] - ۶۲۷. نمایه.
موضوع	:	آب - کیفیت Water quality
موضوع	:	آب -- کیفیت -- ارزشیابی Water quality-- Evaluation
شناسه افزوده	:	دانشگاه صنعتی اصفهان. انتشارات
رده‌بندی کنگره	:	TD۳۷۰
رده‌بندی دیوبی	:	۶۲۸/۱۶۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۶۸۱۰۵۴

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان محفوظ است.

اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان - انتشارات - کدپستی ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱ تلفن: ۳۳۹۱۲۹۵۲ (۰۳۱) دورنگار: ۳۳۹۱۲۵۵۲ برای خرید اینترنتی کلیه کتاب‌های منتشره انتشارات می‌توانید به وبگاه <http://publication.iut.ac.ir> مراجعه و یا مستقیماً از کتابفروشی انتشارات واقع در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی اصفهان (تلفن ۳۳۹۱۳۹۵۲) خریداری فرمائید.

پیشگفتار نویسنده

گرچه دو سوم سطح کره زمین را آب پوشانده است، ولی به دلیل توزیع نایکخواخت، کمبود آب در بسیاری از مناطق جهان، از جمله ایران، مشاهده می‌شود. با توجه به رشد جمعیت و ارتقای سطح رفاه و بهداشت عمومی، نیاز آبی به صورت روزانه روبه رشد است. از سوی دیگر، منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای آلودگی آب نیز روبه فزون است. بنابراین برای جلوگیری از زوال کمی و کیفی منابع محدود آب شیرین باید به طور جدی نسبت به صرفه جویی و کنترل آلودگی آنها اقدام کرد. طبق تعریف، آب وقتی آلوده است که ویژگی‌های آن به طور مستقیم یا غیرمستقیم چنان تغییر کند که آن آب برای مصارفی که قبلاً در حالت طبیعی به کار می‌رفت، نامطلوب شود. برای کنترل آلودگی آب، باید متخصصان و دست‌اندرکاران آبرسانی شهری، صنعتی، کشاورزی و تفریحی از دانش کافی درباره مبانی کیفیت آب برخوردار باشند. خوشبختانه، در طی سالیان گذشته، منابع علمی متعددی در زمینه هیدرولوژی، هیدرولیک، مکانیک سیالات و منابع آب منتشر شده‌اند؛ ولی کمبود منابع در زمینه کیفیت آب، به ویژه آنهایی که جنبه‌های محاسباتی کیفیت آب را نیز بیان کنند، محسوس است. بنابراین، فقدان مرجعی جامع در زمینه کیفیت آب که بتواند نیاز خوانندگان با زمینه‌های تحصیلی و انتظارات متفاوت را برآورده کند، انگیزه اصلی برای نگارش و انتشار این کتاب شد.

این کتاب که حاصل تجربیات دانشگاهی و مشاوره‌ای اینجانب در بیش از سه دهه است، علاوه بر آنکه مرجعی برای متخصصان و دست‌اندرکاران علوم، مهندسی و بهداشت آب خواهد بود، می‌تواند به عنوان کتاب درسی مناسبی برای دروس مربوط به شیمی، بهداشت و میکروبیولوژی آب و نیز کنترل و مدل‌سازی کیفیت منابع آب، در دوره‌های کارشناسی و نیز تحصیلات تکمیلی، استفاده شود. از این رو، برای دروسی که بر فراگیری مبانی و پارامترهای ارزیابی کیفیت آب تأکید دارند، مطالب قسمت‌های اول و دوم (شامل فصل‌های ۱ تا ۹) و برای دروس مربوط به مدل‌سازی کیفیت منابع آب، مطالب قسمت سوم (شامل فصل‌های ۱۰ تا ۱۳) توصیه می‌شود.

در این کتاب، جنبه‌های کاربردی مطالب با طرح مثال‌های حل شده، نمایش داده شده است و برای تمرین و یادگیری بیشتر خوانندگان، در انتهای هر فصل، مسئله‌های حل نشده ارائه شده‌اند. در محاسبات فقط دستگاه بین‌المللی یکاها (متریک) به کار رفته است. در ضمن، در حد ممکن از واژه‌های مصوب

فرهنگستان ادب و زبان فارسی استفاده شده است؛ لیکن در انتخاب واژه مناسب، مصطلح بودن، روانی متن و جلوگیری از ابهام نیز مدنظر بوده است.

مطالب ارائه شده در این کتاب به چهار قسمت تقسیم شده اند: قسمت اول با عنوان مباحث پایه و پیش نیاز شامل فصل های ۱ تا ۳ است؛ به طوری که خوانندگان این قسمت، ضمن کسب اطلاعات پایه در زمینه های منابع، مصارف و خواص ذاتی آب، از پیش نیاز کافی در زمینه شیمی و مدل سازی که برای مطالعه دیگر مطالب کتاب نیاز است، برخوردار می شوند. قسمت دوم با عنوان پارامترهای ارزیابی کیفیت آب شامل فصل های ۴ تا ۹ است. خوانندگان این قسمت، با پارامترهایی که معمولاً برای ارزیابی کیفیت آب لازم است، آشنا می شوند. از این رو، در فصل ۴ پارامترهای کلی و فیزیکی، در فصل ۵ مواد معدنی و پارامترهای مربوطه، در فصل ۶ چرخه های طبیعی مواد مغذی، در فصل ۷ حل پذیری و انتقال گازها، در فصل ۸ مواد آلی و پارامترهای مربوطه و در فصل ۹ حضور و نقش میکروب ها در آب بحث می شوند. قسمت سوم با عنوان کنترل کیفیت منابع آب شامل فصل های ۱۰ تا ۱۳ است؛ به طوری که نهرها و رودخانه ها در فصل ۱۰، دریاچه ها و مخازن سدها در فصل ۱۱، آب های زیرزمینی در فصل ۱۲ و دریاها و مصب ها در فصل ۱۳ بررسی می شوند. در ضمن، خوانندگان قسمت سوم، با مبانی مدل سازی و مدل های پایه کیفیت منابع مختلف آب های طبیعی نیز آشنا می شوند. قسمت چهارم با عنوان مقررات و استانداردهای کیفیت آب شامل فصل های ۱۴ و ۱۵ است. در فصل ۱۴ مقررات و استانداردهای کیفیت آب برای آشامیدنی و مصارف بهداشتی، مصرف در صنایع، مصرف در کشاورزی و آبیاری و نیز برای کاربری تفریحی معرفی می شوند. در فصل ۱۵، مقررات و استانداردهای کیفیت آب بازیافتی، برای تخلیه به آب های پذیرنده (سطحی، زیرزمینی یا اقیانوسی) و مصرف در کشاورزی و صنایع معرفی می شوند. خوانندگان فصل های ۱۴ و ۱۵، ضمن آشنایی با مقررات و استانداردهای ایران، با استانداردها و راهنماهای معتبر خارجی نیز آشنا می شوند.

در اینجا بر خود لازم می دانم که افراد تأثیرگذار در نشر این کتاب را معرفی و از آنها تشکر و قدردانی کنم. آقایان دکتر محمد نظری شریبان، دکتر حسین دلال زاده عطوفی و مهندس نیماد فعله گری، از دانش آموختگان رشته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست دانشگاه صنعتی اصفهان، نسبت به رسم شکل ها، تایپ، بازخوانی و کنترل محاسبات مثال های کتاب زحمات فراوانی را متحمل شدند؛ از این رو، از آنها صمیمانه سپاسگزارم و امیدوارم، با توجه به استعداد و توان علمی شاخصی که در آنها دیدم، بتوانند باعث تحول و پیشرفت در علوم و مهندسی محیط زیست کشور شوند. از سرکار خانم شقایق پورسلیمی برای طرح جلد کتاب، از سرکار خانم مهناز پیرزاده برای ویرایش ادبی، از سرکار خانم فرحتاز نصیری برای صفحه آرایی، از سرکار خانم مرضیه خردمند برای کنترل فنی، از سرکار خانم سمیه رضویان معاون انتشارات و نیز از مدیریت و کارکنان انتشارات و چاپخانه دانشگاه صنعتی اصفهان بسیار سپاسگزارم. پیشاپیش از هرگونه راهنمایی و انتقادی که برای تصحیحات احتمالی و نیز ویرایش بعدی به عمل آید،

صمیمانه سپاسگزارم. خوانندگان محترم می‌توانند نظراتشان را به ایمیل انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان (entesharat@of.iut.ac.ir) یا ایمیل اینجانب (amirth@cc.iut.ac.ir) ارسال کنند.

امیر تائبی

استاد دانشکده مهندسی عمران

دانشگاه صنعتی اصفهان

فهرست مطالب

قسمت اول: مباحث پایه و پیش‌نیاز..... ۱

۱ منابع و مصارف آب..... ۳

۱-۱ نیاز به آب ۳

۲-۱ چرخه آب ۴

۳-۱ تغییرات کیفیت آب شیرین در چرخه آب ۵

۴-۱ اهمیت تأثیر کیفیت آب بر کاربری آن ۷

۵-۱ منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای آلودگی آب ۸

۶-۱ مصارف آب ۹

۱-۶-۱ مصرف آب در شهر ۹

۲-۶-۱ مصرف آب در صنعت ۱۱

۳-۶-۱ مصرف آب در کشاورزی ۱۲

۴-۶-۱ نیاز آبی اکوسیستم‌ها ۱۲

۷-۱ مسئله‌ها ۱۳

۲ مبانی شیمی و مدل‌سازی ۱۵

۱-۲ روش‌های تجزیه ۱۵

۲-۲ یکاهای اندازه‌گیری غلظت ۱۶

۱-۲-۲ مول، جرم مولی، اکیوالان و وزن اکیوالان ۱۶

۲-۲-۲ غلظت جرمی ۱۸

۳-۲-۲ غلظت مولی ۱۸

۴-۲-۲ مولالیت ۱۸

۵-۲-۲ غلظت نرمال ۱۸

۶-۲-۲ غلظت برحسب کلیم کربنات ۱۹

- ۱۹..... ۷-۲-۲ کسر جرمی و کسر حجمی
- ۲۰..... ۸-۲-۲ کسر مولی
- ۲۱..... ۳-۲ الکتروخثایی
- ۲۳..... ۴-۲ تعادل شیمیایی
- ۲۳..... ۱-۴-۲ برهم کنش الکترواستاتیکی
- ۲۴..... ۲-۴-۲ قدرت یونی
- ۲۶..... ۵-۲ تعادل حل پذیری
- ۲۷..... ۱-۵-۲ انواع حل پذیری
- ۲۸..... ۲-۵-۲ حاصل ضرب حل پذیری
- ۳۰..... ۳-۵-۲ عوامل مؤثر بر حل پذیری
- ۳۲..... ۴-۵-۲ تأثیر هماتفت سازی بر انحلال کانی ها
- ۳۷..... ۶-۲ سینتیک شیمیایی
- ۳۹..... ۱-۶-۲ تعیین مرتبه و ثابت آهنگ واکنش
- ۴۳..... ۲-۶-۲ اثر دما بر ثابت آهنگ واکنش
- ۴۴..... ۷-۲ موازنه جرم
- ۴۸..... ۸-۲ رآکتورها
- ۴۹..... ۱-۸-۲ زمان ماند هیدرولیکی
- ۵۰..... ۲-۸-۲ مطالعات ردیابی و منحنی های پاسخ
- ۵۳..... ۳-۸-۲ مقایسه کارایی رآکتورها
- ۵۵..... ۴-۸-۲ عوامل مؤثر بر پیدایش جریان غیرایدهال در رآکتورها
- ۵۷..... ۵-۸-۲ رآکتور جریان نهر گونه با پراکنش طولی
- ۵۸..... ۶-۸-۲ رآکتورهای اختلاط کامل سری
- ۶۴..... ۹-۲ مسئله ها

۳ خواص ذاتی آب ۶۹

- ۶۹..... ۱-۳ ساختار مولکولی
- ۷۲..... ۲-۳ حل کنندگی
- ۷۳..... ۳-۳ مشخصات گرمایی
- ۷۵..... ۴-۳ فشار بخار
- ۷۵..... ۵-۳ چگالی، وزن ویژه و چگالی نسبی
- ۷۷..... ۱-۵-۳ روابط بین چگالی، دما و ناخالصی های آب
- ۷۹..... ۶-۳ کشش سطحی و موینگی

- ۷-۳ گران‌روی ۸۲
- ۸-۳ تراکم‌پذیری ۸۵
- ۹-۳ مسئله‌ها ۸۶

قسمت دوم: پارامترهای ارزیابی کیفیت آب ۸۹

۴ پارامترهای کلی و فیزیکی کیفیت آب ۹۱

۱-۴ مواد جامد ۹۱

۱-۱-۴ طبقه‌بندی مواد جامد ۹۱

۲-۱-۴ کل مواد جامد ۹۲

۳-۱-۴ مواد جامد محلول ۹۴

۴-۱-۴ مواد جامد معلق ۹۵

۵-۱-۴ مواد جامد ته‌نشین‌پذیر ۹۶

۶-۱-۴ مواد جامد فرار و ثابت ۹۷

۲-۴ جذابی و تراکسیلندگی ۹۹

۳-۴ زلالی و کدورت ۱۰۱

۱-۳-۴ اندازه‌گیری زلالی (دیسک سکی) ۱۰۲

۲-۳-۴ اندازه‌گیری کدورت ۱۰۳

۳-۳-۴ ملاحظات در مورد کدورت آب‌ها ۱۰۴

۴-۴ رسانندگی الکتریکی ۱۰۷

۵-۴ رنگ ۱۱۲

۶-۴ بو و طعم ۱۱۳

۱-۶-۴ بو ۱۱۳

۲-۶-۴ طعم ۱۱۵

۷-۴ دما ۱۱۶

۱-۷-۴ اثر دما بر کیفیت آب ۱۱۷

۸-۴ مسئله‌ها ۱۱۸

۵ ناخالصی‌های معدنی آب ۱۲۱

۱-۵ منابع طبیعی مواد معدنی در آب ۱۲۲

۱-۱-۵ هوازدگی و آب‌شویی کانی‌ها ۱۲۲

۲-۱-۵ متابولیسم زیستی ۱۲۳

۱۲۵	۳-۱-۵ فرایندهای انتقال هیدرولوژیکی
۱۲۵	۲-۵ عناصر اصلی
۱۲۵	۱-۲-۵ کلسیم
۱۲۶	۲-۲-۵ منیزیم
۱۲۷	۳-۲-۵ سدیم
۱۲۸	۴-۲-۵ پتاسیم
۱۲۹	۵-۲-۵ کلرید
۱۳۰	۶-۲-۵ یون هیدروژن (pH)
۱۳۳	۳-۵ عناصر کم مقدار و خُردمغذی ها
۱۳۶	۱-۳-۵ خُردمغذی های فلزی
۱۴۱	۲-۳-۵ خُردمغذی های شبه فلزی و نافلزی
۱۴۴	۳-۳-۵ عناصر و گونه های کم مقدار نامغذی
۱۴۸	۴-۵ رادیونوکلیدها
۱۵۲	۵-۵ پارامترهای گِهای
۱۵۳	۱-۵-۵ اسیدیته
۱۵۵	۲-۵-۵ قلیائیت
۱۵۹	۳-۵-۵ سختی
۱۶۵	۴-۵-۵ شوری
۱۶۷	۵-۵-۵ نسبت جذب سدیم
۱۶۸	۶-۵ مسئله ها
۱۷۱	۶ چرخه های طبیعی مواد مغذی در منابع آب
۱۷۱	۱-۶ کربن
۱۷۲	۱-۱-۶ چرخه کربن
۱۷۴	۲-۱-۶ کربن دیوکسید
۱۷۶	۳-۱-۶ کربنات و بی کربنات
۱۷۹	۴-۱-۶ کل کربن معدنی
۱۷۹	۵-۱-۶ اثر نوسانات غلظت کربن دیوکسید بر pH آب
۱۸۰	۶-۱-۶ توزیع نسبی گونه های کربن معدنی
۱۸۵	۷-۱-۶ شاخص های تعیین وضعیت جرم گذاری یا انحلال کلسیم کربنات
۱۸۷	۲-۶ نیتروژن
۱۸۸	۱-۲-۶ نیتروژن مولکولی

۱۸۸	۲-۲-۶ آمونیاک و آمونیوم
۱۹۲	۳-۲-۶ نیتريت و نيترات
۱۹۳	۴-۲-۶ نيتروژن آلي
۱۹۴	۵-۲-۶ نيتروژن كل
۱۹۴	۶-۲-۶ چرخه و تبديلات نيتروژن
۲۰۱	۳-۶ فسفر
۲۰۱	۱-۳-۶ فسفريك اسيدها و فسفات‌ها
۲۰۵	۲-۳-۶ اندازه گيري فسفر
۲۰۶	۳-۳-۶ چرخه فسفر
۲۰۶	۴-۶ گوگرد
۲۰۷	۱-۴-۶ سولفات
۲۰۸	۲-۴-۶ سولفيد
۲۱۳	۳-۴-۶ چرخه و تبديلات گوگرد
۲۱۶	۵-۶ مسئله‌ها
۲۱۹	۷ گازها در آب
۲۱۹	۱-۷ فشار جو
۲۲۱	۲-۷ قانون گازهای ايدنال
۲۲۳	۳-۷ غلظت اشباع گاز در آب
۲۲۳	۱-۳-۷ قانون هنري
۲۲۷	۲-۳-۷ عوامل مؤثر بر غلظت اشباع
۲۲۹	۴-۷ انتقال گاز
۲۲۹	۱-۴-۷ جذب گاز
۲۳۲	۲-۴-۷ گاززدایی (واجذب گاز)
۲۳۳	۳-۴-۷ هوادهی
۲۳۶	۵-۷ گازهای متداول در آب‌ها
۲۳۶	۱-۵-۷ اكسيژن
۲۴۱	۲-۵-۷ متان
۲۴۲	۶-۷ مسئله‌ها
۲۴۵	۸ تركيبات آلي در آب
۲۴۵	۱-۸ طبقه‌بندي مواد آلي

۲۴۷	۲-۸ مواد آلی طبیعی
۲۴۸	۳-۸ ترکیبات آلی سنتزی
۲۵۰	۴-۸ محصولات جانبی گندزدایی
۲۵۱	۵-۸ اندازه گیری غلظت محتوای آلی آب
۲۵۱	۱-۵-۸ اکسیژن خواهی نظری
۲۵۳	۲-۵-۸ اکسیژن خواهی زیست شیمیایی
۲۶۴	۳-۵-۸ اکسیژن خواهی شیمیایی
۲۶۶	۴-۵-۸ کل کربن آلی و کربن آلی محلول
۲۶۸	۵-۵-۸ جذبایی فرابنفش و فلوئورسانس
۲۶۹	۶-۵-۸ کل هالوژن آلی
۲۶۹	۷-۵-۸ ترکیبات آلی کم مقدار
۲۷۱	۶-۸ مسئله ها
۲۷۵	۹ زیست شناسی و میکروپوشناسی آب
۲۷۵	۱-۹ کلیات زیست شناسی
۲۷۶	۱-۱-۹ طبقه بندی موجودات زنده
۲۷۷	۲-۱-۹ متابولیسم
۲۷۹	۳-۱-۹ مواد مغذی
۲۷۹	۴-۱-۹ شرایط محیطی
۲۸۰	۲-۹ دروایان
۲۸۰	۳-۹ باکتری ها
۲۸۱	۱-۳-۹ تولید مثل باکتریایی
۲۸۳	۲-۳-۹ تأثیر باکتری ها بر کیفیت منابع آب
۲۸۶	۴-۹ گیادر وایان
۲۸۶	۱-۴-۹ عوامل کنترل کننده رشد گیادر وایان
۲۸۸	۲-۴-۹ تأثیر گیادر وایان بر کیفیت آب
۲۹۰	۳-۴-۹ بر آورد فراوانی گیادر وایان
۲۹۰	۵-۹ پاتوژن ها در آب
۲۹۱	۶-۹ نشانگرهای آلودگی میکروبی آب
۲۹۲	۱-۶-۹ نشانگرهای باکتریایی
۲۹۳	۲-۶-۹ نشانگرهای ویروسی
۲۹۴	۷-۹ شناسایی و تعیین فراوانی باکتری های کلیفرم

۲۹۴	۱-۷-۹ روش صافی غشایی
۲۹۴	۲-۷-۹ روش تخمیر چندلوله‌ای
۲۹۹	۸-۹ مسئله‌ها

قسمت سوم: کنترل کیفیت منابع آب ۳۰۱

۳۰۳	۱۰ کیفیت آب رودخانه‌ها
۳۰۳	۱-۱۰ کلیات
۳۰۵	۲-۱۰ فرایندهای انتقال آلاینده‌ها
۳۰۵	۱-۲-۱۰ اختلاط اولیه
۳۱۱	۲-۲-۱۰ پراکنش طولی
۳۱۶	۳-۱۰ مدل‌های انتقال آلاینده
۳۱۶	۱-۳-۱۰ تخلیه آنی
۳۱۹	۲-۳-۱۰ تزریق کوتاه‌مدت
۳۲۱	۴-۱۰ مدل‌های اکسیژن محلول
۳۲۲	۱-۴-۱۰ اکسیژن‌زدایی
۳۲۳	۲-۴-۱۰ بازه‌های
۳۲۵	۳-۴-۱۰ مدل استریتر-فلیس
۳۳۲	۴-۴-۱۰ محدودیت‌های مدل استریتر-فلیس
۳۳۳	۵-۴-۱۰ مدل DO همراه با نیترات‌سازی
۳۳۶	۷-۴-۱۰ مدل DO همراه با فوتوسنتز، تنفس و اکسیژن‌خواهی رسوب
۳۳۹	۵-۱۰ مدل برای پاتوژن‌ها
۳۴۲	۶-۱۰ بار آلاینده
۳۴۲	۱-۶-۱۰ کل بار مجاز روزانه (TMDL)
۳۴۳	۲-۶-۱۰ منحنی دیرش بار (LDC)
۳۴۶	۳-۶-۱۰ کاربرد منحنی دیرش بار
۳۵۵	۴-۶-۱۰ بارهای طولانی مدت آلاینده
۳۶۰	۷-۱۰ مدیریت و احیای کیفیت آب
۳۶۰	۱-۷-۱۰ روش‌های غیرسازهای
۳۶۱	۲-۷-۱۰ روش‌های سازهای
۳۶۱	۸-۱۰ برنامه‌های رایانه‌ای
۳۶۲	۹-۱۰ مسئله‌ها

۳۶۹	۱۱ کیفیت آب دریاچه‌ها و مخازن
۳۶۹	۱-۱۱ کلیات
۳۷۱	۲-۱۱ پارامترهای هیدرولیکی
۳۷۲	۳-۱۱ گردش آب
۳۷۴	۴-۱۱ ته‌نشینی
۳۷۷	۵-۱۱ نفوذ نور
۳۷۹	۶-۱۱ سطح تغذیه و بیش‌پرورش
۳۷۹	۱-۶-۱۱ سطح تغذیه دریاچه
۳۸۰	۲-۶-۱۱ بیش‌پرورش (یوتروفیکاسیون)
۳۸۱	۳-۶-۱۱ اندازه‌گیری سطح تغذیه دریاچه
۳۸۵	۷-۱۱ لایه‌بندی گرمایی
۳۸۶	۱-۷-۱۱ مشخصات لایه‌ها
۳۸۷	۲-۷-۱۱ آمیختگی دوره‌ای
۳۸۸	۳-۷-۱۱ اثرات لایه‌بندی بر کیفیت آب
۳۸۹	۴-۷-۱۱ شاخص‌های وضعیت پایداری
۳۹۲	۵-۷-۱۱ لایه‌بندی‌زدایی مصنوعی
۳۹۴	۸-۱۱ مناطق اکولوژیکی داخلی
۳۹۵	۹-۱۱ مدل‌های کیفیت آب
۳۹۵	۱-۹-۱۱ مدل صفربُعدی (اختلاط کامل)
۴۰۰	۲-۹-۱۱ مدل‌های یک‌بُعدی (عمودی)
۴۰۳	۳-۹-۱۱ مدل‌های دو‌بُعدی
۴۰۶	۱۰-۱۱ مدیریت و احیای کیفیت آب
۴۰۶	۱-۱۰-۱۱ کنترل بیش‌پرورش (یوتروفیکاسیون)
۴۰۶	۲-۱۰-۱۱ کنترل سطح اکسیژن محلول
۴۰۷	۳-۱۰-۱۱ کنترل آلاینده‌های سمّی
۴۰۸	۴-۱۰-۱۱ کنترل اسیدیته
۴۰۹	۵-۱۰-۱۱ کنترل گیاهان آبی
۴۰۹	۱۱-۱۱ برنامه‌های رایانه‌ای
۴۱۰	۱۲-۱۱ مسئله‌ها
۴۱۵	۱۲ کیفیت آب‌های زیرزمینی
۴۱۶	۱-۱۲ منابع آلودگی آب‌های زیرزمینی

۴۱۶	۱-۱-۱۲ مخازن گنداب
۴۱۷	۲-۱-۱۲ تصفیه زمینی پساب
۴۱۸	۳-۱-۱۲ جریان برگشتی آبیاری
۴۲۰	۴-۱-۱۲ خاک چال‌ها
۴۲۱	۵-۱-۱۲ دیگر منابع آلودگی
۴۲۱	۲-۱۲ مدل‌های زوال و انتقال
۴۲۲	۱-۲-۱۲ منبع آلودگی آبی (خطی یا صفحه‌ای)
۴۲۴	۲-۲-۱۲ منبع آلودگی خطی پیوسته
۴۲۵	۳-۲-۱۲ منبع آلودگی صفحه‌ای پیوسته
۴۲۹	۳-۱۲ فرایندهای انتقال
۴۳۴	۴-۱۲ فرایندهای زوال
۴۳۵	۱-۴-۱۲ جذب
۴۴۰	۲-۴-۱۲ تخریب مرتبه یک
۴۴۳	۳-۴-۱۲ ترکیب جذب و تخریب
۴۴۵	۴-۴-۱۲ زیست کلونیدها
۴۴۷	۵-۱۲ مایعات غیر آبی امتزاج ناپذیر
۴۴۹	۱-۵-۱۲ باقی مانده اشباع
۴۵۲	۶-۱۲ پالودن آلودگی زیر سطحی
۴۵۴	۱-۶-۱۲ بازیابی محصول آزاد
۴۵۶	۲-۶-۱۲ خاک برداری و دفع
۴۵۶	۳-۶-۱۲ استخراج بخار خاک
۴۶۱	۴-۶-۱۲ زی تهویه
۴۶۱	۵-۶-۱۲ هوا جاب سازی
۴۶۲	۶-۶-۱۲ پمپاژ و- تصفیه
۴۷۰	۷-۶-۱۲ زی پالایی
۴۷۱	۸-۶-۱۲ دیوار واکنش گر تراوا
۴۷۱	۹-۶-۱۲ محبوس سازی
۴۷۲	۱۰-۶-۱۲ زوال طبیعی
۴۷۳	۷-۱۲ مسئله‌ها

۴۷۷ ۱۳ کیفیت آب‌های اقیانوسی و مصب‌ها

۴۷۸ ۱-۱۳ ریزشگاه‌های اقیانوسی

۴۸۰	 ۲-۱۳ اختلاط میدان نزدیک
۴۸۰	 ۱-۲-۱۳ پرشارهای مجزا
۴۸۹	 ۲-۲-۱۳ پرشارهای خطی
۴۹۶	 ۳-۲-۱۳ ملاحظات طراحی
۵۰۰	 ۳-۱۳ اختلاط میدان دور
۵۰۷	 ۴-۱۳ مصب‌ها
۵۰۸	 ۱-۴-۱۳ آلودگی آب
۵۰۸	 ۲-۴-۱۳ توزیع شوری و لایه‌بندی
۵۱۰	 ۳-۴-۱۳ مدل اکسیژن محلول استریتر-فلپس برای مصب
۵۱۵	 ۴-۴-۱۳ جریان گردشی
۵۱۶	 ۵-۴-۱۳ زمان پاک‌سازی
۵۱۸	 ۵-۱۳ مسئله‌ها

قسمت چهارم: مقررات و استانداردهای کیفیت آب ۵۲۱

۵۲۳	 ۱۴ مقررات و استانداردهای کیفیت آب مصرفی
۵۲۳	 ۱-۱۴ مقررات و استانداردهای مصوب ایران مرتبط با آب
۵۲۴	 ۲-۱۴ آب آشامیدنی
۵۲۴	 ۱-۲-۱۴ استانداردهای ایران
۵۲۹	 ۲-۲-۱۴ USEPA استانداردهای
۵۳۱	 ۳-۱۴ کیفیت آب برای کشاورزی
۵۳۳	 ۴-۱۴ کیفیت آب برای مصارف صنعتی
۵۳۴	 ۵-۱۴ کیفیت آب برای کاربری تفریحی
۵۳۵	 ۶-۱۴ نمونه‌برداری

۱۵ مقررات و استانداردهای کیفیت آب بازیافتی ۵۳۷

۵۳۸	 ۱-۱۵ کیفیت پساب‌ها
۵۳۹	 ۲-۱۵ تخلیه پساب به آب‌های سطحی
۵۳۹	 ۱-۲-۱۵ استاندارد ایران
۵۳۹	 ۲-۲-۱۵ راهنمای استرالیا
۵۳۹	 ۳-۲-۱۵ USEPA راهنمای
۵۳۹	 ۳-۱۵ تزریق پساب به آب زیرزمینی
۵۳۹	 ۱-۳-۱۵ استاندارد ایران

۵۴۱	USEPA راهنمای ۲-۳-۱۵
۵۴۱	کاربری پساب در کشاورزی ۴-۱۵
۵۴۵	استاندارد و راهنمای ایران ۱-۴-۱۵
۵۴۶	WHO راهنمای ۲-۴-۱۵
۵۴۷	USEPA راهنمای ۳-۴-۱۵
۵۴۸	کاربری پساب در صنایع ۵-۱۵
۵۴۹	پیوست‌ها
۵۵۱	پیوست ۱ جداول موردنیاز
۵۵۹	پیوست ۲ کوتاه‌نوشت‌ها و یکاهای اندازه‌گیری
۵۶۵	واژه‌نامه
۶۰۱	واژه‌یاب
۶۱۳	منابع