
مهندسی شبکه‌های آبرسانی

برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری

نویسندگان: Syed R. Qasim, Edward M. Motely and Guang Zhu

ترجمه: محمدرضا افضلی



سرشناسه	: قاسم، سید Qasim, Seyed R
عنوان و نام پدیدآور	: مهندسی شبکه‌های آب‌رسانی: برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری / نوشته سید ر قاسم؛ ادوارد ماتلی، گوانگ چو؛ ترجمه محمدرضا افضلی
مشخصات نشر	: تهران: یزدا: ماهنامه تهویه و تبرید، ۱۳۸۷.
مشخصات ظاهری	: ۹۸۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Water works engineering: planning, design, and operation. c2006
یادداشت	: واژه‌نامه
موضوع	: آب - تصفیه‌خانه‌ها - طرح و ساختمان
شناسه افزوده	: ماتلی، ادوارد
شناسه افزوده	: چو، گوانگ، ۱۹۵۸ - م.
شناسه افزوده	: Zhu, Guang
شناسه افزوده	: Matley, Edward M
شناسه افزوده	: افضلی، محمدرضا، ۱۳۳۱ - مترجم
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۸۷ / ۲۴۴ / ۴۴۴ TD
رده‌بندی دیوپی	: ۶۲۸/۱۶۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۵۹۸۴۳۲



مهندسی شبکه‌های آب‌رسانی برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری

نوشته: Syed R. Qasim, Edward M. Motely and Guang Zhu

ترجمه: محمدرضا افضلی

ناشر: یزدا

چاپ اول: ۱۳۸۸

آماده‌سازی قبل از چاپ: ماهنامه‌ی تهویه و تبرید

مدیر تولید: محمد پیروزمند

صفحه‌آرایی: معصومه شهبازی

طرح جلد: اکرم هاشمی

نمونه‌خوانی: شهلا مهرافرا

چاپ / صحافی: پنج رنگ

قطع و تعداد صفحات: وزیری - ۹۸۶

شمارگان: ۱۱۰۰ نسخه

بها: ۱۸۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۰۵۸-۷۵-۸ ISBN: 978-600-5058-75-8



مرکز پخش: تهران - سیدخندان - خیابان ارسباران - کوچه‌ی ستاری - شماره‌ی ۲۲ - نشر یزدا

تلفن: ۲۲۸۸۵۶۴۷-۵۰ دورنگار: ۲۲۸۸۵۶۵۱

WWW.HVAC.IR E-MAIL: YAZDA@HVAC.IR

حقوق چاپ و نشر محفوظ و مخصوص یزدا است.

فهرست

پیش‌گفتار.....	۷
فصل ۱: مقدمه.....	۱۱
فصل ۲: کیفیت آب.....	۱۹
فصل ۳: فرایندهای تصفیه‌ی آب.....	۵۱
فصل ۴: مبانی طراحی.....	۷۱
فصل ۵: گزارش طراحی مقدماتی و تعریف مساله برای طراحی.....	۱۱۹
فصل ۶: سازه‌ی آب‌گیری، آشغال‌گیری و هواده‌ی آب خام.....	۱۵۷
فصل ۷: انتقال، اندازه‌گیری دبی و تلمبه‌زنی آب.....	۱۹۵
فصل ۸: انعقاد، لخته‌سازی و رسوب‌گیری.....	۲۷۵
فصل ۹: ته‌نشین‌سازی.....	۳۵۵
فصل ۱۰: صاف‌سازی.....	۴۱۷
فصل ۱۱: کنترل رنگ، طعم و بو.....	۴۹۵
فصل ۱۲: گندزدایی و فلوئوریدزنی.....	۵۵۱

فصل ۱۳: پایداری آب، مخزن آب زلال پمپ‌های پرفشار و شبکه‌ی توزیع...	۶۴۳
فصل ۱۴: فراوری و دفع پسماندها	۷۳۹
فصل ۱۵: مکان‌یابی تصفیه‌خانه، جانمایی، لوله‌گذاری محوطه و نیمرخ هیدرولیکی	۷۹۹
فصل ۱۶: کنترل فرایند	۸۳۹
فصل ۱۷: خلاصه‌ی طرح	۸۷۱
فصل ۱۸: طرح‌ها و فرایندهای جدید تصفیه‌ی آب	۸۸۱
فصل ۱۹: اجتناب از خطاهای طراحی	۹۱۷
پیوست الف: خواص فیزیکی و شیمیایی آب.....	۹۲۷
پیوست ب: ثابت‌ها و ضرایب مورد استفاده برای محاسبه‌ی افت فشار هیدرولیکی	۹۳۱
پیوست ج: سازندگان و فروشندگان تجهیزات تصفیه‌خانه‌ی آب	۹۳۷
پیوست د: پارامترهای طراحی، اختصارات، نمادها، ثابت‌ها، ضرایب تبدیل و سایر اطلاعات مفید برای مهندسی شبکه‌های آب‌رسانی.....	۹۴۹
نمایه	۹۶۱
واژه‌نامه	۹۷۱

پیش‌گفتار

اصلاحیه‌های قانون آب آشامیدنی سالم، مصوب سال 1986، فراگیرترین تغییرات قانونی در تاریخ آب‌رسانی عمومی است و تاثیر آن بیشتر از تاثیر اصل قانون طی دو دهه‌ی گذشته خواهد بود. این تغییرات قانونی منعکس‌کننده‌ی این واقعیت است که نمایندگان کنگره‌ی آمریکا نگرانی عمیق مردم برای کیفیت آب آشامیدنی، و همچنین سرخوردگی آن‌ها از شیوه‌ی اجرای قانون اصلی توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) را به خوبی درک کرده‌اند. مهندسان و مدیران خدمات عمومی که در برنامه‌ریزی، طراحی، و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های آب شرکت دارند، بایستی ارزیابی گزینه‌های موجود و پیش‌بینی وضعیت آینده را آغاز کنند. در حال حاضر در برنامه‌های درسی مهندسی عمران و مهندسی محیط زیست بسیاری از دانشگاه‌ها، درس‌هایی در زمینه‌ی طراحی تصفیه‌خانه‌ی آب نیز گنجانده شده است.

در سال‌های اخیر کتاب‌های ارزشمند زیادی نوشته شده که در آن‌ها نظریه و اصول فرایندهای تصفیه‌ی آب مطرح شده است. نویسندگان کتاب حاضر در طی سال‌ها تجربه در حوزه‌ی تصفیه‌ی آب به این نتیجه رسیده‌اند که هیچ اثری به طور کامل به برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری از شبکه‌های آب‌رسانی اختصاص نیافته است. نویسندگان در تدوین این کتاب هدفی دوگانه را دنبال می‌کرده‌اند؛ اول تحکیم بخشیدن به پیشرفت‌ها در حوزه‌ی طراحی مهندسی شبکه‌های آب‌رسانی، که در نتیجه‌ی پیشرفت فناوری در این حوزه پدید آمده‌اند، و نیز تحکیم بخشیدن به مفاهیم و خط‌مشی‌هایی که توسط قوانین زیست‌محیطی و رهنمودهای متعاقب آن‌ها رواج یافته‌اند؛ و دوم پی‌ریزی گام‌به‌گام شیوه‌های اجرایی برای برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های سنتی آب با ظرفیت متوسط.

این کتاب از نوزده فصل و چهار پیوست تشکیل می‌شود. فصل‌های 1 تا 4 به اصول پایهی مهندسی آب اختصاص یافته است. روندهای فعلی و آتی در فناوری تصفیه‌ی آب، اجرای

تعیین‌کننده‌ی کیفیت آب، پارامترهای طراحی، مقررات مربوط به آب آشامیدنی، عملیات و فرایندهای واحد، تلفیق فرایندها و زنجیره‌های فرایندها به تفصیل شرح داده شده است.

فصل 5 به تهیه‌ی گزارش طراحی مقدماتی (پیش‌طرح) اختصاص دارد. هدف کلی از تهیه‌ی گزارش مهندسی مقدماتی و نمونه‌ای از این گزارش برای تصفیه‌خانه‌ای با ظرفیت متوسط، در این فصل ارائه شده است. در گزارش طراحی مقدماتی، راه‌کارهایی برای (1) تخمین جمعیت، نیاز آبی، ظرفیت تصفیه‌خانه و کیفیت آب خام؛ (2) ارزیابی و انتخاب زنجیره‌ی فرایند تصفیه؛ (3) هماهنگی با سیستم تصفیه‌ی آب؛ و (4) تخمین هزینه‌های پروژه‌ی تکمیلی پیشنهادی ارائه می‌شود.

باقیمانده‌ی کتاب به طراحی یک تصفیه‌خانه‌ی متوسط آب اختصاص یافته که گزارش طراحی مقدماتی آن در فصل 5 تهیه شده است. محاسبات طراحی گام‌به‌گام، جزئیات تجهیزات، نقشه‌های مهندسی، طرح‌ها و مشخصات فنی، و بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری سازه‌های آب‌گیری، سیستم‌های انتقال آب خام، تصفیه و توزیع نیز به طور مشروح ارائه شده است. این سیستم‌ها شامل سیستم برداشت آب خام، آشغال‌گیری، تلمبه‌خانه، خط‌لوله‌ی انتقال آب، اندازه‌گیری دبی، اختلاط سریع، لخته‌سازی، زلال‌سازی، صاف‌سازی، کنترل رنگ، طعم و بو، گندزدایی، توزیع و حمل و دفع پسماندها هستند. به علاوه، فصل‌های مستقلی نیز به طرح جانمایی تصفیه‌خانه، لوله‌کشی و هیدرولیک محوطه‌ی تصفیه‌خانه، ابزار دقیق و کنترل‌گرهای خودکار، خلاصه‌ی طرح و اجتناب از خطاهای طراحی اختصاص یافته است. یک فصل دیگر (فصل 18) نیز در کتاب گنجانده شده و فرایندهای تصفیه‌ی غیرسنستی در آن شرح داده شده است. در این فصل فرایندهای تصفیه برای حذف نیترات و فلوئورید، تبادل یون، اسمز معکوس و حذف فلزات سنگین و مواد آلی، به اختصار آمده است.

در این کتاب، روش‌های طراحی فقط به منظور نمایش و ارائه‌ی اطلاعات کلی آمده است و نباید آن‌ها را به عنوان استاندارد طراحی تصفیه‌خانه‌ی آب به کار برد. هر جا در این کتاب، به روش‌ها، فرایندها و تجهیزات خاص اشاره شده، منظور تأیید یا توصیه‌ی آن‌ها نبوده است. با مراجعه به سازندگان متعدد دیگری که نامشان در این کتاب نیامده است، می‌توانید به اطلاعات هم‌ارز یا بهتر دست پیدا کنید.

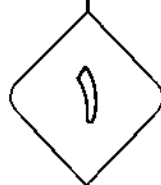
این کتاب برای دانشجویان، مدرسان، مهندسان مشاور، سازندگان تجهیزات و کارکنان فنی شاغل در سازمان‌ها و موسساتی که وظیفه‌ی آن‌ها بررسی طرح‌ها و مشخصات فنی است، مفید می‌باشد و نیازهای آن‌ها را برآورده می‌کند. برای افزایش هرچه بیشتر سودمندی این کتاب، مطالب آن به زبانی ساده و به صورتی موجز بیان شده است. بسیاری از جدول‌ها را با رجوع به منابع متعدد تهیه کرده‌ایم. در این جدول‌ها اطلاعاتی عرضه می‌شود که در طراحی تصفیه‌خانه‌ی آب کاربرد گسترده دارند. خواص پایه‌ی آب، اطلاعات مربوط به طراحی هیدرولیکی، خواص

شیمیایی و انتخاب تجهیزات، سازندگان تجهیزات، معادله‌های هزینه و تبدیل واحدها در چهار پیوست کتاب ارائه شده است.

شایان ذکر است که روی گزارش طراحی مقدماتی، و طراحی تصفیه‌خانه‌های سنتی بسیار تاکید شده است. نویسندگان این کتاب به خوبی واقف هستند که در مورد بسیاری از فرایندهای غیرسنتی تصفیه‌ی آب، مانند نیترات‌زدایی، فلوئوریدزدایی، کانی‌زدایی و سایر فرایندهای تخصصی (که به اختصار در فصل‌های 3 و 18 مطرح شده‌اند) تا این اندازه تاکید نشده، یا به جزئیات طراحی آن‌ها پرداخته نشده است. دلیل آن بسیار ساده است. معرفی روش‌های طراحی برای این فرایندها مستلزم نگارش کتاب دیگری با همین حجم است. نویسندگان این کتاب اعتقاد راسخ دارند که اصول برنامه‌ریزی و طراحی پی‌ریزی شده در این کتاب را می‌توان به آسانی تعمیم داد و در طراحی بسیاری از فرایندهای دیگر تصفیه برای ساخت تصفیه‌خانه‌های جدید، یا ارتقا و تکمیل تصفیه‌خانه‌های موجود، به کار برد. بنابراین طراحی گام‌به‌گام و تفصیلی یک تصفیه‌خانه‌ی سنتی آب، به طور کامل، مهم‌ترین ویژگی کتاب حاضر است.

این کتاب برای درس طراحی مهندسی شبکه‌های آبرسانی نوشته شده است. در اغلب دانشکده‌های مهندسی عمران و مهندسی محیط زیست، چنین درسی در دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد ارائه می‌شود. مطالب این کتاب طوری تهیه و ارائه شده است که پیش‌نیازهای معمولی (مکانیک سیالات و درسی مقدماتی در آبرسانی و تصفیه‌ی فاضلاب) برای درک آن کفایت می‌کند. به علاوه، مطالب پایهای مطرح‌شده در این کتاب را می‌توان در یک دوره‌ی سه‌ترمیه واحدی نیز تدریس کرد.

در این کتاب، در بعضی موارد واحدهای متداول در آمریکا و در بعضی موارد هر دو دستگاه واحدهای متداول در آمریکا و SI، در کنار هم، به کار رفته است و جدول‌های تبدیل واحدها در پیوست جداگانه‌ای آمده است.



مقدمه

قرن هاست که هدف اصلی از تاسیس تصفیه‌خانه‌ی آب تغییر نکرده است: تولید آبی که از لحاظ زیست‌شناختی و شیمیایی سالم باشد، ذائقه‌ی مصرف‌کنندگان آن را بپسندد، خورنده نباشد و رسوب نداشته باشد. امروزه طرح تصفیه‌خانه‌ی آب بسیار پیچیده شده است، زیرا مواد شیمیایی بسیار زیادی کشف شده، حجم قوانین و مقررات مربوط به آب آشامیدنی بسیار افزایش یافته است و کوشش می‌شود ذائقه‌های حساس‌تری را از طعم آب راضی نگه دارند. طراحان تصفیه‌خانه، علاوه بر اصول پایه، باید همه نوع احکام قانونی، همچنین دل‌مشغولی‌های عمومی و ملاحظات زیست‌محیطی را در نظر داشته باشند تا ایده‌ی اولیه‌ی از برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌ی آب به دست بیاورند. در این فصل خلاصه‌ای از پیشینه‌ی تاریخی، وضعیت فعلی و مسیرهای جدید در حوزه‌ی مهندسی شبکه‌های آبرسانی و طراحی تصفیه‌خانه‌ی آب ارائه می‌شود.

1.1 پیشینه‌ی تاریخی

اشتیاق برای نوشیدن آب زلال و گوارا ریشه در دوران باستان دارد. روش‌های اولیه‌ی تصفیه‌ی آب آلوده، عبارت بود از جوشاندن، قرار دادن در معرض نور خورشید، فرو بردن مکرر میله‌ی مسی داغ در آب، و صاف‌سازی.^۱ قدیمی‌ترین عملیات تصفیه‌ی آب عمدتاً به صورت غیرپیوسته و در خانه‌ها انجام می‌شد. از قرن شانزدهم به بعد، برای خدمات‌رسانی به جوامع بزرگ تاسیسات مرکزی تصفیه‌ی آب ساخته شد. در قرن هجدهم، صاف‌سازی برای جدا کردن ذرات از آب، به عنوان روشی موثر برای زلال‌سازی آب به کار گرفته شد.

رشد شبکه‌های آب‌رسانی در ایالات متحده‌ی آمریکا از اوایل قرن نوزدهم آغاز شد. تا سال ۱۸۶۰، بیش از ۴۰۰ شبکه‌ی آب‌رسانی، و در پایان همان قرن بیش از ۳۰۰۰ شبکه‌ی آب‌رسانی مهم برای تأمین نیاز شهرهای بزرگ این کشور ساخته شد. در بسیاری از تصفیه‌خانه‌ها از فیلترهای ماسه‌ای استفاده می‌شد که سرعت تصفیه‌ی آن‌ها پایین بود. در اواسط دهه‌ی ۱۸۹۰، شرکت آب‌رسانی لوئیزویل فرایند انعقاد، همراه با صاف‌سازی توسط فیلترهای ماسه‌ای سریع را معرفی کرد. نخستین بار در دهه‌ی ۱۸۳۰ برای تنظیم طعم و بوی آب آشامیدنی از کلر استفاده شد. در آن زمان تصور می‌شد بیماری‌ها از طریق بو منتشر می‌شوند.^۲ اما از دهه‌ی ۱۸۹۰ و پس از مطرح شدن نظریه‌ی میکروبی بیماری‌ها، اهمیت گندزدایی آب آشامیدنی درک شد.^۳ فرایند کلرزنی ابتدا در سال ۱۹۰۸ معرفی شد و سپس رواج یافت.

۱.۲ استانداردهای ملی آب آشامیدنی

تدوین نخستین استانداردها برای شبکه‌های آب آشامیدنی، با تصویب قانون قرنطینه‌ی بین‌ایالتی توسط کنگره در سال ۱۸۸۳ آغاز شد.^۴ این قانون به رییس سازمان خدمات بهداشت عمومی ایالات متحده‌ی آمریکا (USPHS) اختیار می‌داد که مقرراتی را برای جلوگیری از ورود، انتقال، یا گسترش بیماری‌های واگیردار تدوین و اجرا کند. تاریخچه‌ی مختصر پیشرفت‌های حاصل در استانداردهای کیفی آب در ایالات متحده در جدول (۱-۱) آمده است.

محدودیت منابع سبب شده است که سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA) ارزیابی مجدد و تدوین مقررات جدید را در دستور کار خود قرار دهد. با تنفیذ دوباره‌ی قانون آب آشامیدنی سالم (SDWA)، انتظار می‌رود تغییرات مهمی در برنامه‌ی جاری تنظیم مقررات سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA) رخ دهد.

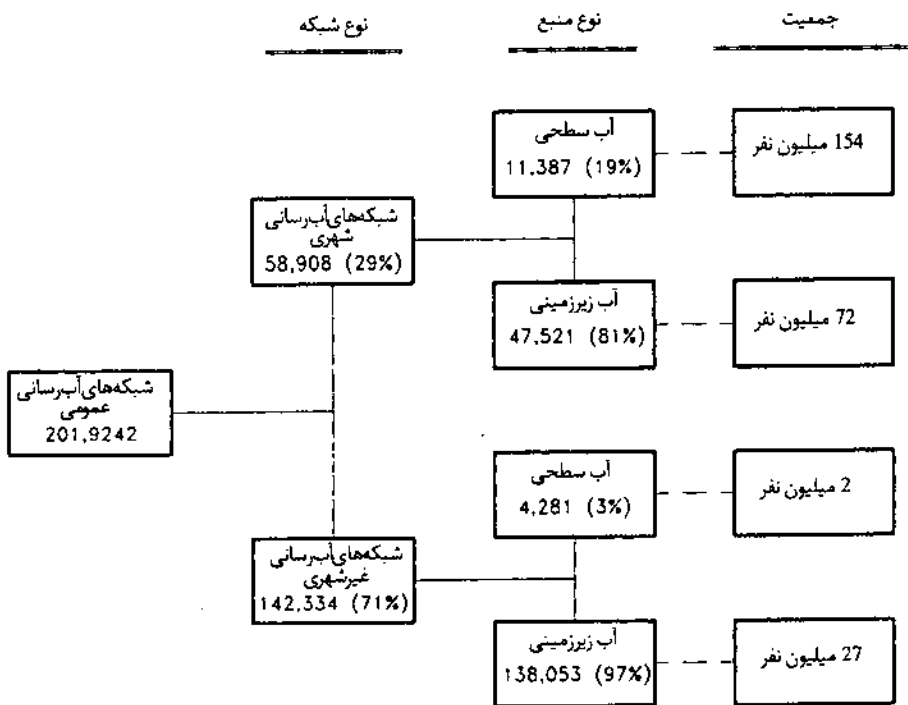
۱.۳ وضعیت فعلی و فناوری‌های نوین

۱.۳.۱ وضعیت فعلی

بررسی انجام شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA) نشان داد که در سال ۱۹۸۷ تقریباً ۲۰۲۰۰۰ شبکه‌ی آب‌رسانی عمومی در ایالات متحده‌ی آمریکا وجود داشته است. در حدود ۷۲/۲۹٪ از این شبکه‌ها در خدمت جوامع انسانی است و تقریباً ۷۹/۰٪ جمعیت آمریکا از آن‌ها بهره‌مند می‌شوند. شکل (۱-۱) توزیع این شبکه‌ها را برحسب منابع سطحی یا زیرزمینی نشان می‌دهد.^۵ از میان ۵۸۹۰۸ شبکه‌ی شهری که به حدود ۲۲۶ میلیون نفر خدمت‌رسانی می‌کنند، ۵۱۵۵۲ شبکه «کوچک» یا «بسیار کوچک» شمرده می‌شوند. هر یک از این شبکه‌ها، به طور متوسط در خدمت جمعیتی کمتر از ۳۳۰۰ نفر است. کل جمعیت تحت پوشش این شبکه‌ها به حدود ۲۵ میلیون نفر می‌رسد.

جدول 1-1: تاریخچه و پیشرفت‌های حاصل در استانداردهای کیفی آب در ایالات متحده آمریکا

سال	پیشامد
1912	وضع نخستین مقررات مربوط به آب که استفاده از لیوان مشترک در شرکت‌های مسافری بین‌ایالتی را منع می‌کرد.
1913	توصیه برای محدود کردن تراز حداکثر آلودگی میکروبی به 2 کلی فرم در 100 mL.
1914	انتشار استانداردها توسط وزارت خزانه‌داری؛ فراهم آمدن مبنایی برای همیاری ملی، ایالتی و محلی.
1915	تصمیم‌گیری در سطح ملی، برای بازنگری در مقررات مربوط به آب آشامیدنی بر اساسی قانون‌مند.
1925	وضع محدودیت 1 کلی فرم در 100 mL؛ همچنین پیشنهاد استانداردهایی برای میزان مجاز سرب، مس، روی، و مواد معدنی اضافی.
1942	تعیین کمیته‌ی مشورتی از سوی USPHS برای بازنگری در مقررات سال 1925. ابتکارات مهم حاصل از این بازنگری عبارت بود از: پایش میکروپ‌شناختی کیفیت آب در شبکه‌ی توزیع و حداکثر غلظت مجاز فلزات سنگین.
1946	انتشار حداکثر غلظت مجاز فلزات سنگین.
1962	تدوین استاندارد برای تعیین حدود الزامی برای ناخالصی‌های میکروبی و شیمیایی مربوط به بهداشت. این استانداردها 28 آلاینده را در بر می‌گرفت.
1970	بررسی سال 1970 USEPA نشان داد که 41٪ شبکه‌های مورد بررسی با خطوط هادی تعیین شده در سال 1962 تطبیق ندارند.
1974	فرهنگستان ملی علوم (NAS) جزوه‌ی تری‌هالومتان‌ها (THMs) در منابع آب و آثار بهداشتی ناشی از آن‌ها را منتشر کرد. قانون آب آشامیدنی سالم (SDWA, PL 93-523) امضا شد که در آن وضع مقررات ملی آب آشامیدنی خواسته شده بود.
1975-1980	مقررات موقتی تصویب شد و در پی آن، اصلاحیه‌های SDWA در سال‌های 1977، 1979 و 1980 انتشار یافت. این اصلاحیه‌ها راه را برای تنفیذ دوباره‌ی قانون هموار ساخت و چند تغییر جزئی را نیز به همراه داشت. مقررات قابل اجرا فقط برای 23 آلاینده بود که اغلب آن‌ها استانداردهای موقتی بودند. فهرست تری‌هالومتان‌ها و بهترین فناوری دسترس‌پذیر (BAT)، به ترتیب، در سال‌های 1979 و 1983 منتشر شد.
1986-1999	اصلاحیه‌های SDWA در جدول زمانی نظارتی تغییرات چشمگیری پدید آورد. USEPA به سمت تعیین استاندارد برای 83 آلاینده هدایت شد و موعد معینی برای تکمیل کار در نظر گرفتند. اگرچه بخش عمده‌ی کار در موعد مقرر به انجام نرسید، اما در حال حاضر تعداد آلاینده‌های مشمول مقررات از 83 آلاینده بسیار بیشتر است. مقررات و استانداردهای اصلی بازنگری شده و نافذشده از طریق اصلاحیه‌های SDWA در سال‌های 1986 تا 1999 عبارت‌اند از استانداردهای فلوتورید، فهرست‌های اولویت‌بندی، قوانین مربوط به سرب و مس، فاز 1 VOCs (ترکیبات آلی فرار)، فاز 2 VOCs و IOC (آلاینده‌های غیرآلی)، فاز 5 VOCs و IOC. قانون کلی فرم کل، قانون آمایش آب‌های سطحی، قانون اصلاح آمایش آب‌های سطحی، قانون جمع‌آوری اطلاعات، قانون گزارش‌های جلب اعتماد مصرف‌کننده، قانون هسته‌های پرتوزا، قانون گندزداها - برحاصل‌های گندزدایی (D/DBPs)، قانون سولفات و قانون آب‌های زیرزمینی.



شکل 1-1: توزیع شبکه‌های آب‌رسانی برحسب نوع شبکه و نوع منبع آب در سال 1987.

شبکه‌های کوچک بیشتر از بقیه مقررات ملی را نقض می‌کنند و تقریباً 89٪ از 43000 مورد ثبت شده در سال 1988 مربوط به همین شبکه‌ها است. اغلب موارد نقض به عدم رعایت نکات میکروپوشناختی، و ناتوانی از پایش و گزارش ندادن، مربوط می‌شود. در سایر موارد، زیرپا گذاشتن مقررات شامل تخطی از ترازهای حداکثر آلاینده (MCLs) است که در قانون آب آشامیدنی سالم (SDWA) تعیین شده است. تطبیق دادن شبکه‌های آب‌رسانی کوچک با مقررات حاکم، مستلزم استفاده از فناوری‌های مناسب، توانایی متصدی، منابع مالی و تمهیدات سازمانی است.⁹ اصلاحیه‌های سال 1986 قانون آب آشامیدنی سالم (SDWA) به سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA) اختیار قانونی داد تا بهترین فناوری دسترس‌پذیر (BAT) قابل استفاده در طراحی را، به منظور تطبیق با مقررات ملی اولیه آب آشامیدنی، به کار بگیرد.^{9,10} بهترین فناوری‌های دسترس‌پذیر فعلی برای حفظ استانداردها به قرار زیر هستند:

- برای کنترل میکروپوشناختی، کدری و رنگ در تصفیه‌ی آب‌های سطحی: صاف‌سازی. انواع متداول صاف‌سازی عبارت‌اند از سنتی یا مرسوم، مستقیم، ماسه‌ای آهسته، خاک دیاتومه، و استفاده از غشا.
- برای غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها: گندزدایی. گندزدهای متداول عبارت‌اند از کلر،

کلردیوکسید، کلرآمین‌ها و اوزون.

• برای حذف آلاینده‌های آلی از آب‌های سطحی: هوادهی در برج پرشده، کربن فعال دانه‌ای (GAC)، کربن فعال پودری (PAC)، هوادهی پخشی، فرایندهای اکسایش پیشرفته، و اسمز معکوس.

• برای حذف آلاینده‌های غیرآلی: غشا، تبادل یون، آلومین فعال و کربن فعال دانه‌ای (GAC).

• برای کنترل خوردگی: معمولاً تنظیم pH یا استفاده از بازدارنده‌های خوردگی.

1.3.2 فناوری نوین

استانداردهای اصلاحیه‌های سال 1986 قانون آب آشامیدنی سالم (SDWA) و همچنین مقررات جدید، به پیدایش سریع فناوری‌های نوین برای تصفیه و پایش آب منتهی شده است. تا همین اواخر، صنعت آب ایالات متحده آمریکا علاقه‌ی اندکی به فرایندهای زیست‌شناختی نشان می‌داد که شاید علت آن مهم‌ترین نقص آشکار این فرایندها بوده یعنی ورود احتمالی میکروارگانیسم‌های زیان‌آور، یا برحاصل‌های (فرآورده‌های جانبی) آن‌ها به آب تصفیه‌شده. کارآیی آشکار این فرایندها در حذف کربن آلی تجزیه‌پذیر زیستی که ممکن است سبب رشد مجدد میکروارگانیسم‌های زیان‌آور در شبکه‌ی توزیع شود، تنظیم کارآمد طعم و رنگ آب، و کاهش نیاز به کلر و احتمال تشکیل DBP، پژوهش‌گران و تامین‌کنندگان آب آشامیدنی در ایالات متحده آمریکا را بر آن داشته است که به تدریج بر اکراه خود غلبه کنند. امروزه داده‌های پژوهشی در ایالات متحده نشان داده است که، برای حذف ریزآلاینده‌ها، استفاده از فیلترهای کربنی یا ماسه‌ای فعال زیست‌شناختی به صرفه‌تر از فرایندهای شیمی فیزیکی است. مزایای دیگری که برای این روش ذکر شده حذف آهن و منگنز و تبدیل آمونیاک از طریق نیترات‌سازی است.^{12,11} با استفاده از این فرایند می‌توان تصفیه‌خانه‌ی سنتی موجود را به تصفیه‌خانه‌ی جدید با طرح مورد نظر و برخوردار از این فناوری، ارتقا داد.

طی چند سال گذشته فناوری غشا در تصفیه‌ی آب آشامیدنی به کار گرفته شده است که از دلایل آن می‌توان به وجود غشاهای مناسب و تقاضا برای حذف بسیاری از آلاینده‌ها اشاره کرد. میکروصاف‌سازی، فراصاف‌سازی و صاف‌سازی نانو و اصطلاحاتی از این قبیل در صنعت آب متداول شده است. از فناوری غشا، به صورت آزمایشی، برای حذف میکروب‌هایی مانند زیاردیا و کریپتوسپوریدیوم و حذف گزینشی نیترات‌ها استفاده شده است.^{14,13} در موارد دیگر، فناوری غشا برای حذف شکل‌های اولیه‌ی VOCs، DBP و ... به کار گرفته شده است.^{16,15}

چند فناوری تصفیه‌ی دیگر قابلیت انطباق با عملیات در مقیاس صنعتی را دارند که از آن جمله اکسایش فوتوشیمیایی با استفاده از اوزون و تابش فرابنفش (UV)، یا هیدروژن پروکسید برای تخریب ترکیبات آلی نسوز را می‌توان نام برد.^{18,17} مثالی از یک فناوری که در خارج از آمریکای شمالی ابداع شد و سپس در آمریکا توسعه یافت، فرایند هابرر است. در این فرایند از تلفیق عملیات لخته‌سازی

تماسی، صاف‌سازی و جذب با پودر کربن فعال، برای تامین نیازهای متنوعی در زمینه‌ی تصفیه‌ی آب‌های سطحی و زیرزمینی استفاده می‌شود.^{19، 20}

تصفیه‌خانه‌های آب، به سبب الزام به رعایت استانداردهای آب آشامیدنی، نه تنها در پی بهبود عملیات تصفیه‌ی آب هستند، بلکه نیازمند پایش کارآمدتر ذخایر خود از لحاظ آلاینده‌های میکروبی نیز می‌باشند. از حسگرهای الکترونی برای آشکارسازی زود هنگام رشد جلبک‌ها در مخازن و تشخیص مشکلات و رهنمودگیری برای تغییرات عملیاتی استفاده می‌شود.²¹ فناوری کاوه‌ی (پروپ) گن نخستین بار برای شناسایی بهتر میکروب‌ها در حوزه‌ی میکروب‌شناسی بالینی ابداع شد. اکنون با استفاده از عیار سنج‌های پرتوزا و غیرپرتوزای کاوه‌ی گن، همراه با روش‌های مرسوم آشکارسازی، برای شناسایی ویروس‌های روده‌ای و انگل‌های تک‌سلولی، مانند زیاردیا و کریپتوسپوریوم تلاش می‌شود. این روش قابلیت پایش منابع آب، و آشکارسازی تعداد فزاینده‌ای از گروه‌های میکروبی پیچیده را دارد.²²

1.4 مهندسی و طراحی شبکه‌های آب‌رسانی

با وجود مقررات و استانداردهای بی‌شماری که یک شبکه‌ی آب‌رسانی عمومی باید آن‌ها را رعایت کند، در طول نیم قرن گذشته اصول فرایند تصفیه‌ی سنتی آب تغییر چشمگیری نیافته است. فیلتر چه حاوی ماسه باشد و چه حاوی آنتراسیت، یا هر دو، چه آهنگ صاف‌سازی آن کند باشد و چه سریع، چه آهنگ صاف‌سازی آن ثابت باشد، یا متغیر، صاف‌سازی به هر حال صاف‌سازی است، رسوب‌گیری باز هم رسوب‌گیری است و گندزدایی هنوز هم گندزدایی است. اما آن چه تغییر یافته، ابزارهای فراوانی است که اکنون در اختیار طراحان قرار گرفته است. کامپیوتر موهبت سرعت و دقت در طراحی و بهره‌برداری را به ارمغان آورده است. امروزه مهندسان می‌توانند فرایندها و زنجیره‌های فرایند جایگزین را با سرعتی مقایسه کنند که با قلم و کاغذ مقدور نبود. علاوه بر آن، سیستم کنترل نظارتی و گردآوری داده (SCADA) می‌تواند متغیرهای دقیق کنترل فرایند، و سوابق بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری، را در اختیار متصدیان بهره‌برداری و مدیران تصفیه‌خانه قرار دهد. مهندسان، گذشته از این که می‌توانند گزینه‌های مختلف را روی صفحه‌ی نمایشگر کامپیوتر ببینند، قادر به انجام مطالعات واحد پیش‌آهنگ (نیمه‌صنعتی) با چندین متغیر ذاتی فرایند طراحی تصفیه‌خانه‌ی آب نیز هستند. به علاوه، متصدیان بهره‌برداری و مدیران تصفیه‌خانه می‌توانند یک واحد پیش‌آهنگ در حال ساخت را، برای بهینه‌سازی آهنگ تغذیه‌ی مواد شیمیایی و تهیه‌ی اطلاعات مهم لازم برای توسعه و ارتقای آتی، به کار بگیرند.

تصفیه‌خانه‌ی آب را باید طوری طراحی کرد که بتواند آب با کیفیت مورد نظر را، با سهولت و قیمت معقول، تامین کند. چنین طرحی باید انعطاف‌پذیری لازم را برای مقابله با تغییرات فصلی، و همچنین تغییرات درازمدت کیفیت آب، و مقررات و استانداردهای آبی کیفیت آب آشامیدنی داشته

باشد. بنابراین طراحی و برنامه‌ریزی خوب باید از پنج مرحله‌ی مهم زیر تشکیل شود:

1. تعیین مشخصات منبع آب و کیفیت مورد نظر آب تصفیه‌شده؛
2. مطالعات طراحی مقدماتی، برای پی‌ریزی فرایندهای جایگزین و انتخاب زنجیره‌ی فرایند نهایی؛
3. طراحی تفصیلی جایگزین‌های برگزیده؛
4. ساخت؛
5. بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری تصفیه‌خانه.

مهندسان، دانشمندان و تحلیل‌گران مالی باید اصولی را از رشته‌های مختلفی از قبیل مهندسی، شیمی، میکروبی‌شناسی، زمین‌شناسی، معماری و اقتصاد به کار بگیرند تا بتوانند یک تصفیه‌خانه‌ی آب طراحی کنند.

1.5. حیطه‌ی کار این کتاب

هدف این کتاب ارائه‌ی اطلاعات لازم برای دانشجویان و مهندسان شاغل است. مبانی نظری، طراحی، بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری، حل مشکل، انتخاب تجهیزات، و تعیین مشخصات فنی، اجزای جدا نشدنی هر فرایند تصفیه هستند.

موضوعاتی که در این کتاب تشریح می‌شوند، عبارت‌اند از:

- معیارهای کیفی آب خام و آب تصفیه‌شده؛
- برنامه‌ریزی تصفیه‌خانه و طراحی سازه‌ی آب‌گیری؛
- بالاکشی و انتقال آب خام؛
- مبانی نظری، طراحی و جانمایی فرایندهای تصفیه؛
- نیمرخ هیدرولیکی؛
- تلمبه‌زنی و توزیع؛
- ابزار دقیق و کنترل.

مراجع

1. Baker, M. N. The Quest for Pure Water, 2d ed., American Water Works Association, Inc., New York, 1981.
2. White, C. G. The Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants, 3d ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
3. Pedden, T. M. Drinking Water and Ice Supplies and Their Relations to Health and Disease, G. P. Putnam's Sons, The Knickerbocker Press, New York, 1891
4. AWWA. Water Quality and Treatment, 4th ed., McGraw-Hill Book Co., New York, 1990
5. Pontius, F. W. «SDWA - A Look Back,» Jour. AWWA, vol. 85, no. 2, pp. 22-24 & 94,

- February 1993.
6. Pontius, F. W. and Robinson, J. A. «The Current Regulatory Agenda: An Update,» Jour. AWWA, vol. 86, no. 2, pp. 54-63, February 1994.
 7. Pontius, F. W. «An Update of the Federal Drinking Water Regs.» Jour. AWWA, vol. 90, no. 3, pp. 48-58, March 1998.
 8. USEPA. The National Public Water System Program, FY 1988 Compliance Report, Office of Drinking Water, Cincinnati, OH, March 1990.
 9. Goodrich, J. A., Adams, J. Q., Lykins, B. W., and Clark, R. M. «Safe Drinking Water from Small Systems: Treatment Options,» Jour. AWWA, vol. 84, no. 5, pp. 49-55, May 1992.
 10. USEPA. Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities, EPA/625023/89-4/, Office of Drinking Water, Cincinnati, OH, March 1990.
 11. Le Chevallier, M. K., Becker, W. C., Schorr, R., and Lee, R. G. «Evaluating the Performance of Biologically Active Rapid Filters,» Jour. AWWA, vol. 84, no. 4, pp. 136-146, April 1992.
 12. Manem, J. A. and Rittmann, B. E. «Removing Trace-Level Organic Pollutants in a Biological Filter,» Jour. AWWA, vol. 84, no. 4, pp. 152-157, April 1992.
 13. Adam, S. S., Jacangelo, J. G., and Laine, J. M. «Low Pressure Membranes: Assessing Integrity,» Jour. AWWA, vol. 87, no. 3, pp. 62-75, March 1995.
 14. McCleaf, P. R. and Schroeder, E. D. «Denitrification Using a Membrane Immobilized Biofilm,» Jour. AWWA, vol. 87, no. 3, pp. 77-86, March 1995.
 15. Allgerier, S. C. and Summers, R. C. «Evaluating NF for DBP Control with RBSMT,» Jour. AWWA, vol. 87, no. 3, pp. 87-99, March 1995.
 16. Castro, K. and Zander, A. K. «Membrane Air-Stripping Effects of Pretreatments,» Jour. AWWA, vol. 87, no. 3, pp. 50-61, March 1995.
 17. Glaze, W. H. and Kang, J. W. «Advanced Oxidation Process for Treating Ground Water Contaminated with TCE and PCE: Laboratory Studies,» Jour. AWWA, vol. 80, no. 5, pp. 57-63, May 1988.
 18. Glaze, W. H., Kang, J. W., and Aiet, M. «Ozone-Hydrogen Peroxide Systems for Control of Organics in Municipal Water Supplies,» Proceedings of the Second International Conference in the Role of Ozone on Water and Wastewater Treatment, TekTran International Ltd., Kitchener, Ontario, Canada, pp. 233-244, 1987.
 19. Haberer, K. and Schmidh, S. N. «The Haberer Process: Combining Contact Flocculation, Filtration, and PAC Adsorption,» Jour. AWWA, vol. 83, no. 9, pp. 82-89, September 1991.
 20. Stukenberg, J. R. and Hesby, J. C. «Pilot Testing the Haberer Process in the United States,» Jour. AWWA, vol. 83, no. 9, pp. 90-96, September 1991.
 21. White, B. N., Kiefer, D. A., Morrow, J. H., and Stolarik, G. F. «Remote Biological Monitoring in an Open Fin-ished-Water Reservoir,» Jour. AWWA, vol. 83, no. 9, pp. 107-112, September 1991.
 22. Richardson, K. J., Stewart, M. H., and Wolfe, R. L. «Application of Gene Probe Technology to the Water Industry,» Jour. AWWA, vol. 83, no. 9, pp. 71-81, September 1992.
 23. James M. Montgomery, Inc. Water Treatment Principles and Design, John Wiley & Sons, New York, 1985.

