

مهندسی کنترل آلودگی هوا

نوئل دی نورز

ایوب ترکیان

نیاز دانش

سرشناسه	: دی نورز، نوئل، ۱۹۳۲ - م. De Nevers, Noel
عنوان و نام پدیدآور	: مهندسی کنترل آلودگی هوا / نوئل دی نورز؛ [مترجم] ایوب ترکیان.
مشخصات نشر	: تهران: نیاز دانش، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۷۲۰ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-7724-89-7
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Air Pollution control engineering
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: هوا - آلودگی Air -- Pollution
موضوع	: هوا -- تصفیه -- وسایل و تجهیزات Air -- Purification -- Equipment and supplies
شناسه افزوده	: ترکیان، ایوب، ۱۳۳۷ - مترجم
رده بندی کنگره	: TD۸۸۳/د۹م۹ ۱۳۹۶
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۵۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۸۰۶۳۹۴



نام کتاب	: مهندسی کنترل آلودگی هوا
نویسنده	: نوئل دی نورز
مترجم	: ایوب ترکیان
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	: حمیدرضا محمد شیرازی - محمد شمس
ناشر	: نیاز دانش
صفحه آرا	: واحد تولید انتشارات نیاز دانش
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۶
شمارگان	: ۵۰۰ نسخه
قیمت	: ۳۵۰۰۰۰ ریال

ISBN:978-600-7724-89-7

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۷۲۴-۸۹-۷

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیهی CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است، متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

آدرس انتشارات: تهران، میدان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، تقاطع وحید نظری، پلاک ۲۵۵، طبقه ۱، واحد ۲

۰۲۱-۶۶۴۷۸۱۰۶-۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۲۱۰۶۷۰۹ - ۰۹۱۲

پیشگفتار مؤلف

این کتاب برای دانشجویان سال آخر کارشناسی یا دانشجویان تحصیلات تکمیلی است که می‌خواهند با مهندسی کنترل آلودگی هوا آشنا شوند. همچنین برای مهندسين شاغل نیز می‌تواند به عنوان مرجع مورد استفاده قرار گیرد ولی میزان جزئیاتی که لازم دارند ممکن است کافی نباشد. در عین حال، برای زمینه‌های که تجربه شخصی ندارند، مطالب می‌تواند مفید باشد. تقریباً نیمی از کتاب به صورت تئوری و عملی به سیستم‌های کنترل آلودگی هوا اختصاص دارد. نیمه دیگر مربوط به موضوعاتی نظیر اثرات آلودگی هوا، ساختار قوانین و سازمان‌های مقرراتی، مدل‌های انتشار آلودگی هوا و غیره مربوط است که در انتخاب دستگاه‌های کنترل لازم است. این موضوعات شدیداً با طراحی و انتخاب دستگاه‌ها اندرکنش دارند و به همین خاطر در کتاب گنجانده شده‌اند.

سعی شده که مطالب کتاب به صورت مستقیم و شفاف ارائه شوند تا یک مهندس با تجربه به راحتی بتواند بدون کمک گرفتن از فرد دیگری آن را خوانده و درک کند. همچنین سعی شده که مباحث مبتنی بر مبانی زمینه‌های مختلف مهندسی شیمی نظیر استوکیومتری، ترمودینامیک، مکانیک سیالات، انتقال گرما، انتقال جرم، و سینتیک واکنش‌ها باشد تا یک دانشجوی سال آخر کارشناسی مهندسی شیمی بداند خیلی از مطالبی که قبلاً خوانده است، به خوبی در زمینه کنترل آلودگی قابل پیاده‌سازی است. همچنین سعی شده که مطالب طوری تنظیم شود که اساتید بتوانند بدون تجربه شخصی قبلی در زمینه کنترل آلودگی هوا، آنها را در سیلابس درسی برای دانشجویان سال آخر کارشناسی قرار دهند. سطح شیمی ارائه شده در حد سال اول دانشگاه است چون دانشجویان مهندسی مکانیک و عمران این میزان اطلاع از موضوع را دارا می‌باشند.

دو اصل در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته است. اول این که، سه قاعده در تدریس باید دنبال شود: حرکت از دانسته‌ها به مجهولات، ساده به پیچیده، و مرحله به مرحله. دوم این که، اگر حداقل دو روش برای حل یک مسئله به ذهن کسی نرسد، مسئله را خوب متوجه نشده است. در مقایسه با کتب دیگر، تلاش زیادتری انجام شده و فضای بیشتری برای تعیین مقادیر و ارقام

مورد نیاز در این حرفه اختصاص داده شده است. باور این است که دانشجو باید احساس خوبی در مورد چقدر بزرگ؟ با چه سرعت؟ چقدر داغ؟ و چه مقدار؟ داشته باشد.

در بسیاری از مطالب کتاب، سطح مطلب ساده نگه داشته شده و جوانب پیچیده‌تر در مسایل آخر فصل آورده شده است. توصیه می‌شود که دانشجویان حداقل همهٔ مسایل را مرور کنند تا بتوانند تشخیص دهند چه جنبه‌های دیگر وجود دارد یا چگونه می‌توان آنها را طرح کرد. در بعضی مواقع مواردی مطرح شده که مستقیماً ممکن است به کنترل آلودگی هوا مرتبط نباشد ولی مسایل فنی جالبی است که اطلاع از آنها خالی از لطف نیست. گنجاندن آنها در کتاب به دانشجو کمک می‌کند که بین مطالب دیگری که آموخته با مطالب جدید پل بزند. هر چه دانشجو بتواند بین مطالب جدید و مطالب قبل پل‌زنی داشته باشد، احتمال در خاطر ماندن مطالب و استفاده بهتر از آنها بیشتر می‌شود.

از افرادی که خطاهای تایپی، شماره غلط معادله یا شکل، یا هر خطای دیگر را اطلاع دهند، تشکر می‌شود. این خطاها در چاپ‌های بعدی اصلاح خواهند شد. در این ویرایش سوم سعی شده که مطالب تغییر یافته (قوانین و مقررات، روندهای اتمسفری، فن‌آوری‌های کنترل) به‌روز شوند. چندین مثال و مسئله نیز اضافه شده است. در پاسخ به پیشنهادات، تغییر آرایشی در ساختار بعضی مطالب صورت گرفته است. از همهٔ اساتید و دانشجویانی که خطاهای دو ویرایش قبلی یا ضعف توضیحات را گزارش کرده‌اند، تشکر می‌شود. افرادی که در خفا و با زبانی لین، از شما انتقاد می‌کنند، دوستان شما هستند.

نوئل دی نورز

پیشگفتار مترجم

بیش از دو دهه از ترجمه ویراست اول این کتاب گذشت و اکنون ترجمه ویراست سوم که نزدیک ۳ ماه پیش منتشر و به همت همکاران کتابخانه دانشگاه تهیه شد، در اختیار خوانندگان قرار می‌گیرد. میزان تفاوت ترجمه با متن اصلی ناچیز و به جایگزینی چند عکس و مثال یا حذف چند پاراگراف غیرمرتبط محدود است. در نظر بود که در تدوین مطالب، به مشکلات مبتلابه کشور و ساختارهای حقوقی و نظارتی کیفیت هوا در صنایع و کلان‌شهرها پرداخته شده و ترجمه به ترجمه و تألیف تبدیل شود که متأسفانه به علت مشغله همکاران فعال در زمینه‌های مختلف این رشته و ضرورت تسریع در انتشار مطالب، این امر میسر نشد. قرار بود این کتاب در نمایشگاه کتاب ۹۶ عرضه شود که تعطیلات فروردین و عدم دسترسی مطلق زیرساخت‌های انتشاراتی به اینترنت! مزید بر علت شد. مشکل دیگر، الزام شیوه‌نامه‌ها بر ترجمه حداکثری مطالب از زبان اصلی شامل معادلات، شکل‌ها، و جداول و صفحه‌آرایی آنها توسط مترجم بود که نه مقبول است و نه مطلوب. بهر حال، مشکلات نشر متون تخصصی در کشور با توجه به محدودیت تولید محتوا، ضعف‌های مستندسازی، نبود فرهنگ گردش اطلاعات، و دل‌بستگی مفرط به امتیاز مقالات در نشریات خارجی و نقش‌بندی ایوان بر این پای‌بست ویران، ورود به فعالیت‌های منطبق بر نیاز کشور را در هم‌آورد جام با جم، برای شیخ و شاب مرارت‌بار می‌سازد. بهر حال، تا درخت دوستی کی بر دهد/حالیارفتیم و تخمی کاشتیم.

امید است با افزایش ظرفیت‌های تولید داده‌های بومی مکفی و کیفی، فارغ از اقبال و ادب‌های گذرا و مستعجل، شاهد تضعیف شاخص‌های غرض و مرض و ارتقای روحیه مسئولیت‌پذیری نسبت به نیازهای کشور و عرضه انتشارات بیشتر و بهتر در زمینه‌های مختلف آلودگی هوا باشیم. همان‌گونه که در مباحث آلودگی‌های زیست‌محیطی، میزان و محیط انتشار یا دبی و غلظت آلاینده، باید به صورت یک‌پارچه مورد تحلیل قرار گیرند، فعالیت در زمینه‌های تخصصی بدون توجه به نیازهای واقعی کشور، مغایر با رسالت حرفه‌ای و چه بسا نابخشودنی است. در این راستا، سرفصل‌های زیر قابل بررسی است:

- **ساختارهای حقوقی تدوین و نظارت بر شاخص‌های کیفیت هوا** قوانین و مقررات زیست‌محیطی کشور اقتباس از کشورهای صنعتی است و به‌نظر نمی‌رسد در تقنین، امکان بومی‌سازی وجود داشته باشد ولی در تدوین مقررات و خصوصاً پیاده‌سازی، ضرورت بومی‌سازی حتی در فضای دیوان‌سالاری، هم مقبول و هم مطلوب است. باید توجه داشت که فن‌آوری‌های موجود در کشور به علل مختلف وارداتی و قدیمی است و انتظار دستیابی سریع و مستمر به استانداردها واقع‌گرایانه نیست. در عین حال، هم‌اندیشی منظم و شاخص‌مدار دولت، دانشگاه، مجلس، قوه قضائیه، و صنعت، احتمال موفقیت در اهداف را افزایش می‌دهد. در این راستا، مباحث غلظت آلاینده با دبی انتشار در کنار هم بررسی می‌شود تا بارگذاری‌ها معیار موفقیت قرار گیرد. در اثرسنجی، بارگذاری و شرایط محیطی هم‌زمان سنجش می‌شود تا توسعه صنعتی و حفاظت از کیفیت محیط‌زیست هر دو محقق گردد. نهایتاً، سیستم نظارت مستمر وجود خواهد داشت تا تلاش‌های انتخاب فن‌آوری مناسب فرایندی و کنترلی، با برنامه‌های تعمیر و نگهداری منظم، عجین گردند.
- **سیستم‌های پایش و کنترل منابع انتشار آلاینده** شناخت هر پدیده‌ای مستلزم در اختیار قرار داشتن داده است که در این راستا کمیت و کیفیت و زمان و مکان نقش به‌سزایی ایفا می‌کند. در رابطه با کمیت، نوع پارامتر، تعداد نمونه، و بسامد نمونه‌برداری و در کیفیت، روش (پیوسته و ناپیوسته، فیلم‌برداری و عکس‌برداری) و فن‌آوری (فیزیکی، شیمیایی، دستگاهی) پایش مطرح است. زمان و مکان نمونه‌برداری تابع میزان و نوع نوسانات فرایند (فراورده تولیدی، سوخت مورد استفاده، حرکت و جهت باد، دما و فشار، واکنش‌های ثانویه)، ماهیت فرایند و آلاینده (تعداد مؤلفه‌های دخیل، ذرات، گازها)، هندسه محیط (تغییر جهت یا اندازه کانال جریان، توپولوژی زمین) است. جوانب پر اهمیت دیگری نیز وجود دارد (به‌عنوان مثال، اندازه و توزیع و دانسیته ذرات، مباحث ترمودینامیکی و سینتیکی) و هر کدام از این جنبه‌ها نیز زیرمجموعه‌های خاص خویش را دارد. به‌طور خلاصه، داده و ابزار و نمونه و فن‌آوری لازم ولی کافی نیستند؛ اندیشه مکتوب و شاخص‌مند جمیع ذی‌نفعان قبل از عمل، و اصلاح مستمر رویه‌ها در حین پیاده‌سازی، رمز افزایش احتمال موفقیت در دستیابی به اهداف است.
- **سه‌مبندی منابع تولید آلاینده‌های هوا** در بعضی از موارد نظیر ارزیابی اثرات احداث مجموعه‌های جدید با پتانسیل تولید و انتشار آلودگی هوا، امکان نمونه‌برداری وجود ندارد. در این شرایط، رویکرد پیشنهادی مدل‌سازی بر مبنای اطلاعات حاصل از مبانی طراحی واحدهایی است که قرار است احداث شده یا در یک ناحیه خاص به چرخه طبیعت وارد شوند.

این نوع رویکرد متداول است و کاربرد وسیعی در ارزیابی اثرات زیست محیطی دارد که در آن، بر اساس شاخص‌هایی چون توان خودپالایی یک منطقه، اثرات منابع آلاینده موجود، و پتانسیل تجمعی منابع پیشنهادی، و پیوست‌های اجتماعی فرهنگی و سلامت، در مورد طرح‌های توسعه صنعتی تصمیم‌گیری می‌شود.

رویکرد دیگر مدل‌سازی، در شرایطی کاربرد دارد که وضعیت زیست محیطی خاصی در یک منطقه در اثر فعالیت‌های انسان پایه حاکم بوده و هدف، تعیین نقش هر واحد در ایجاد این شرایط است (سه‌م‌بندی). روند امور در حالت قبلی از منبع به پذیرنده و در این حالت از پذیرنده به منبع است و هر کدام محاسن و کاربردهای خود را دارد. در مدل‌سازی پذیرنده به منبع، هدف شامل کمک به مدیران در ارزیابی اقدامات بالقوه و سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز برای کاهش میزان خاصی از آلاینده در یک مکان در زمان‌های مختلف یا تعیین جرایم زیست‌محیطی متناسب با میزان آلوده‌زایی منبع ذی‌ربط است. در این راستا، علاوه بر شناخت وضعیت غلظت آلاینده‌های مختلف در محل پذیرنده در زمان‌های مختلف، دسترسی به مختصات مکانی و اطلاعات فرایندی و کنترلی منابع مستقر در منطقه و نتایج اندازه‌گیری‌های سری زمانی لازم است.

○ **تولید و انتقال ریزگردها** با توجه به تغییرات شرایط آب‌وهوایی در نقاط مختلف جهان، پدیده تولید و انتقال ریزگردها در کشور ظهور کرده و ابعاد منطقه‌ای به‌خود گرفته است. با توجه به محدودیت‌های دانشی و تجربی دنیا در این خصوص، ضرورت منشأیابی، پیش‌یابی پتانسیل وقوع، مدل‌سازی انتشار و انتقال، ارزیابی اثرات، و آمادگی برای مقابله به‌خوبی احساس می‌شود. با توجه به مقیاس‌های ملی و منطقه‌ای، رویکردهای پیش و مدل‌سازی نیز متفاوت بوده و علاوه بر پایش‌های ایستگاهی در سطح زمین، بهره‌برداری بیشتر و بهتر از داده‌های حاصل از فن‌آوری‌های سنجش از راه دور برای تعیین نحوه شکل‌گیری و ردیابی حرکت پلوم‌های انتشار لازم است. در مدل‌سازی‌ها، تلفیقی از دو رویکرد فوق‌الذکر لازم است تا بتوان سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز برای از بین بردن یا کمینه‌کردن کانون‌های گردوغبار در منشأ و اثرات سوء در مقصد را بهینه‌سازی نمود.

○ **جوانب اقتصادی بارگذاری آلاینده‌ها** تجارب حاصل از وقوع پدیده‌هایی چون باران اسیدی، تخریب لایه اوزون، و تغییر اقلیم جهانی، اهمیت پرهیز از نگاه جزیره‌ای و ایجاد و تقویت نگرش‌های جامع‌نگر به پدیده‌های زیست‌محیطی را بیش از پیش آشکار کرد. در مقیاس‌های کوچک‌تر هم، فرهنگ توجه به مسئولیت‌های اجتماعی در بین صاحبان صنایع، در حال گسترش و نهادینه شدن است که نمود آن در تحلیل‌های مبتنی بر چرخه حیات

زنجیره تأمین، تولید، توزیع، مصرف، و بازیافت فرآورده‌ها، قابل مشاهده می‌باشد. سازگار بودن با محیط‌زیست، اصطلاحی است که به تدریج در حال ورود به فرهنگ‌نامه مردم، دولت، و صنعت است و بسیاری از هزینه‌های غیرمستقیم فردی و جمعی فعالیت‌های انسانی را در قیمت‌گذاری‌ها یا مالیات‌بندی‌ها دخالت خواهد داد.

○ ظرفیت‌سازی و توانمندسازی فرهنگی اجتماعی در گذشته، سازمان حفاظت از

محیط‌زیست یا یک واحد سازمانی خاص در صنعت مسئولیت حفظ و بهبود کیفیت محیط‌زیست را به‌عهده داشت که با توجه به تعدد و تنوع آلاینده‌ها و محدودیت‌های منابع انسانی، امکان اشراف بر فعالیت‌های آلوده‌ساز را غیر ممکن می‌ساخت. رشد فن‌آوری‌های اطلاعات و شبکه‌های اجتماعی بستر شکل‌گیری سازمان‌های مردم‌نهاد را تسهیل کرده که عامل تأثیرگذاری مهمی در تغییر رویه‌های سیاستمداران و صاحبان صنایع محسوب می‌شوند. مواد خام این نوع نگرش در آموزه‌های ما در قالب امر به معروف و نهی از منکر تجلی دارد که متأسفانه و ساده‌انگارانه، بل ساده‌لوحانه، به عکس‌العمل فیزیکی سخت‌افزاری حکومتی در مقابل معلول‌هایی چون عیان‌شدن تارمویی، حریب‌شکنی خردی، و تجاهر غافلانه‌ای، محدود شده و این مهم در شبیخونی سعادت‌سوز و شقاوت‌ساز رخ می‌دهد که سرمایه‌های مادی و معنوی ما را به تاراج می‌برد. باقی نمی‌توان گفت الا به غم‌گساران.

با توجه به فرصت محدود زمانی ۲،۵ ماهه برای ترجمه، طبعاً معایب و نواقصی از لحاظ فرم و محتوا وجود دارد که گوشزد کردن آنها توسط عزیزان خواننده از طریق torkian@sharif.edu موجب مزید امتنان خواهد بود. خرقه رهن می و مطرب شد و زَنار بماند.

ایوب ترکیان

فروردین ۹۶

فهرست مطالب

فصل ۱ / مقدمه	۱۹
۱-۱ سابقه در ایالات متحده	۱۹
۲-۱ آگاهی‌های مردمی ۱۹۶۹-۱۹۷۰	۲۱
۳-۱ حذف یا کنترل	۲۳
۴-۱ یک مشکل یا خانواده‌ای از مشکلات	۲۴
۵-۱ انتشار، انتقال، پذیرش	۲۶
۶-۱ واحدها و استانداردها	۲۸
۷-۱ ساختار کتاب	۳۰
۸-۱ خلاصه	۳۰
فصل ۲ / اثرات آلودگی هوا	۳۳
۱-۲ اثرات آلودگی هوا بر سلامت	۳۳
۱-۲-۱ آزمایش بر روی حیوانات	۳۸
۲-۱-۲ تماس کوتاه مدت افراد داوطلب	۴۱
۳-۱-۲ اپیدمیولوژی	۴۱
۴-۱-۲ مقررات محافظت سلامت	۴۷
۲-۲ اثرات آلودگی هوا بر مواد	۴۹
۳-۲ اثرات آلودگی هوا بر قابلیت دید	۵۱
۴-۲ خلاصه	۵۶
فصل ۳ / قوانین و مقررات	۶۱
۱-۳ قوانین و مقررات آلودگی هوا در ایالات متحده	۶۱

۶۳	۲-۳ فلسفه‌های کنترل آلودگی هوا
۶۴	۳-۳ چهار فلسفه
۶۵	۱-۳-۳ فلسفه استاندارد انتشار
۷۱	۲-۳-۳ فلسفه استاندارد کیفیت هوا
۷۵	۳-۳-۳ فلسفه جرایم آلودگی
۷۹	۴-۳-۳ فلسفه هزینه - منفعت
۸۳	۴-۳ تغییرات و اصلاحات
۸۳	۱-۴-۳ استانداردهای کیفیت هوا
۸۳	۲-۴-۳ مشکلات منطقه‌ای
۸۴	۳-۴-۳ تجارت آلودگی
۸۴	۴-۴-۳ سقف و تجارت
۸۵	۵-۳ قوانین اصلی آلودگی هوا
۸۵	۶-۳ خلاصه

۹۱	فصل ۴ / پایش و تخمین آلودگی هوا
۹۲	۱-۴ نمونه معرف
۹۵	۲-۴ برداشت نمونه معرف
۹۶	۳-۴ تعیین غلظت
۹۷	۴-۴ میانگین‌گیری
۱۰۰	۵-۴ روش‌های استاندارد آنالیز
۱۰۱	۶-۴ تعیین دبی آلاینده
۱۰۲	۷-۴ نمونه برداری ایزوسیستیک
۱۰۳	۸-۴ ضرایب انتشار
۱۰۶	۹-۴ انتشارات مرئی
۱۰۸	۱۰-۴ خلاصه

۱۱۵	فصل ۵ / هواشناسی آلودگی هوا
۱۱۵	۱-۵ اتمسفر
۱۱۶	۲-۵ حرکت افقی اتمسفر
۱۱۶	۱-۲-۵ گرم شدن استوایی، خنک شدن قطبی
۱۱۸	۲-۲-۵ اثر چرخش زمین

۱۲۲	.....	۳-۲-۵ تأثیر زمین و دریا
۱۲۳	.....	۳-۵ حرکت عمودی اتمسفر
۱۲۳	.....	۱-۳-۵ تغییر دانسیته هوا با دما و رطوبت
۱۲۴	.....	۲-۳-۵ تغییر دانسیته هوا با فشار
۱۲۸	.....	۳-۳-۵ پایداری اتمسفری
۱۳۴	.....	۴-۳-۵ ارتفاع اختلاط
۱۳۶	.....	۵-۳-۵ رطوبت
۱۴۰	.....	۴-۵ باد
۱۴۰	.....	۱-۴-۵ سرعت باد
۱۴۱	.....	۲-۴-۵ سرعت باد
۱۴۶	.....	۵-۵ وارونگی دمایی
۱۴۸	.....	۶-۵ فومیگاسیون، راکدی
۱۴۹	.....	۷-۵ پیش‌یابی‌های هواشناسی
۱۵۰	.....	۸-۵ خلاصه
۱۵۷	.....	فصل ۶ / مدل‌سازی آلودگی هوا
۱۵۷	.....	۱-۶ مقدمه
۱۵۸	.....	۲-۶ مدل‌های جعبه ثابت
۱۶۵	.....	۳-۶ مدل‌های دیفیوژنی
۱۶۵	.....	۱-۳-۶ ایده پلوم گوسی
۱۶۷	.....	۲-۳-۶ استخراج پلوم گوسی
۱۷۸	.....	۳-۳-۶ روایات معادله پایه پلوم گوسی
۱۸۴	.....	۴-۶ صعود پلوم
۱۸۶	.....	۵-۶ کاربرد دراز مدت مدل‌های گوسی
۱۸۶	.....	۶-۶ تولید و تخریب آلاینده در اتمسفر
۱۸۸	.....	۷-۶ مدل‌های چندسلولی چندگونه‌ای
۱۹۰	.....	۸-۶ مدل‌های پذیرنده محور و منبع محور
۱۹۱	.....	۹-۶ موضوعات دیگر
۱۹۲	.....	۱-۹-۶ فروکشی کنار ساختمان
۱۹۲	.....	۲-۹-۶ فروشویی آئرو‌دینامیکی
۱۹۳	.....	۳-۹-۶ فواصل انتقال

۱۹۴	۴-۹-۶ پراکنش اولیه
۱۹۴	۵-۹-۶ مدل‌های مورد توصیه EPA
۱۹۴	۱۰-۶ خلاصه
۲۰۵	فصل ۷ / ایده‌های کلی کنترل آلودگی هوا
۲۰۵	۱-۷ گزینه‌ها
۲۰۵	۱-۱-۷ بهبود پراکنش
۲۱۰	۲-۱-۷ کاهش آلاینده‌ها با تغییر فرایند، پیشگیری
۲۱۱	۳-۱-۷ استفاده از دستگاه کنترل آلودگی
۲۱۲	۲-۷ بازیافت منابع
۲۱۳	۳-۷ سرنوشت نهایی آلاینده‌ها
۲۱۴	۴-۷ طراحی سیستم‌های کنترل آلودگی هوا
۲۱۵	۱-۴-۷ هزینه دستگاه‌های کنترل آلودگی هوا
۲۱۶	۵-۷ سرعت سیال در دستگاه‌های کنترل آلودگی هوا
۲۱۷	۶-۷ کمینه کردن دبی حجمی و افت فشار
۲۲۰	۷-۷ راندمان دستگاه کنترل آلودگی هوا
۲۲۱	۸-۷ آلاینده‌های همگن و ناهمگن
۲۲۴	۹-۷ محاسبات پایه دبی حامل آلاینده
۲۲۵	۱۰-۷ احتراق
۲۲۵	۱-۱۰-۷ مواد سوختی
۲۲۵	۲-۱۰-۷ گرمای احتراق
۲۲۶	۳-۱۰-۷ حد انفجار یا احتراق‌پذیری
۲۲۹	۴-۱۰-۷ حالت تعادل در واکنش‌های احتراق
۲۳۰	۵-۱۰-۷ سینتیک احتراق، نرخ سوختن
۲۳۱	۶-۱۰-۷ اختلاط در واکنش‌های احتراق
۲۳۲	۷-۱۰-۷ دمای شعله
۲۳۸	۸-۱۰-۷ زمان احتراق
۲۴۰	۹-۱۰-۷ حجم و ترکیب فراورده‌های احتراق
۲۴۳	۱۱-۷ تغییر دبی حجمی
۲۴۷	۱۲-۷ نقطه شبنم اسیدی
۲۴۹	۱۳-۷ کاتالیزورهای کنترل آلودگی هوا

۲۵۲	۱۴-۷ خلاصه
۲۶۳	فصل ۸ / ماهیت آلاینده‌های ذره‌ای
۲۶۳	۱-۸ ذرات اولیه و ثانویه
۲۷۰	۲-۸ سرعت نشست و نیروی بازدارنده
۲۷۱	۱-۲-۸ قانون استوک
۲۷۳	۲-۲-۸ ذرات خیلی بزرگ برای قانون استوک
۲۷۷	۳-۲-۸ ذرات خیلی کوچک برای قانون استوک
۲۸۰	۴-۲-۸ مسافت توقف استوک
۲۸۱	۵-۲-۸ قطر ذره آئرودینامیکی
۲۸۲	۶-۲-۸ دیفیوژن ذرات
۲۸۳	۳-۸ توابع توزیع اندازه ذره
۲۸۴	۱-۳-۸ یک مثال ساده در مورد جمعیت
۲۸۹	۲-۳-۸ توزیع نرمال یا گوسی
۲۹۲	۳-۳-۸ توزیع لگاریتم - نرمال
۲۹۶	۴-۳-۸ توزیع برحسب وزن و تعداد
۲۹۸	۴-۸ ذرات در بدن انسان
۲۹۸	۵-۸ ذرات ریز ثانویه
۲۹۹	۶-۸ رفتار ذرات در اتمسفر
۳۰۱	۷-۸ خلاصه
۳۱۱	فصل ۹ / کنترل ذرات اولیه
۳۱۱	۱-۹ دستگاه‌های کنترل دیواره‌ای
۳۱۲	۱-۱-۹ ته‌نشین‌کننده‌های ثقلی
۳۱۷	۲-۱-۹ جداسازهای سانتریفیوژی
۳۳۰	۳-۱-۹ الکتروفیلتر (ESP)
۳۴۶	۲-۹ دستگاه‌های جمع‌آوری تقسیم‌جریان
۳۴۶	۱-۲-۹ فیلترهای سطحی
۳۵۹	۲-۲-۹ فیلترهای عمقی
۳۶۶	۳-۲-۹ بستر فیلتر
۳۶۶	۴-۲-۹ اسکراب‌های کنترل ذرات

۳۸۳	.....	۳-۹	انتخات دستگاه کنترل
۳۸۴	.....	۴-۹	خلاصه
۴۰۵	.....	فصل ۱۱ / کنترل ترکیبات آلی فرار	
۴۰۶	.....	۱-۱۰	افت فشار، میزان بخار حالت تعادل، تبخیر
۴۱۱	.....	۲-۱۰	VOCها
۴۱۲	.....	۳-۱۰	کنترل پیشگیرانه
۴۱۳	.....	۱-۳-۱۰	جایگزینی
۴۱۴	.....	۲-۳-۱۰	اصلاح فرایند
۴۱۴	.....	۳-۳-۱۰	کنترل نشتی
۴۲۸	.....	۴-۱۰	کنترل از طریق تغلیظ و بازیافت
۴۲۸	.....	۱-۴-۱۰	تبرید
۴۳۳	.....	۲-۴-۱۰	جذب سطحی
۴۴۱	.....	۳-۴-۱۰	جذب (اسکراب کردن)
۴۵۱	.....	۵-۱۰	کنترل توسط اکسیداسیون
۴۵۲	.....	۱-۵-۱۰	احتراق (سوزاندن)
۴۶۳	.....	۲-۵-۱۰	اکسیداسیون زیستی (بیوفیلتراسیون)
۴۶۴	.....	۶-۱۰	مشکل منابع متحرک
۴۶۴	.....	۷-۱۰	انتخاب فن آوری کنترل
۴۶۵	.....	۸-۱۰	خلاصه
۴۸۵	.....	فصل ۱۱ / کنترل اکسیدهای سولفور	
۴۸۶	.....	۱-۱۱	اکسیداسیون - احیا برای سولفور و نیتروژن
۴۸۷	.....	۲-۱۱	بررسی کلی مشکل سولفور
۴۹۰	.....	۳-۱۱	حذف ترکیبات سولفور احیاشده از نفت خام و گاز طبیعی
۴۹۴	.....	۱-۳-۱۱	کاربرد و محدودیت جاذبها و عاری سازها برای کنترل آلودگی هوا
۴۹۵	.....	۲-۳-۱۱	حذف سولفور از هیدروکربنها
۴۹۶	.....	۴-۱۱	حذف SO _۲ از گازهای آلوده
۵۰۱	.....	۵-۱۱	حذف SO _۲ از گازهای رقیق
۵۰۷	.....	۱-۵-۱۱	تاریخچه FGD

۵۰۷	۲-۵-۱۱ اسکرابر سنگ‌آهک با اکسیداسیون اجباری
۵۱۳	۳-۵-۱۱ رویکردهای دیگر
۵۲۰	۶-۱۱ آینده فن‌آوری کنترل SO_2
۵۲۳	۱-۶-۱۱ عدم سوزاندن
۵۲۳	۷-۱۱ خلاصه
فصل ۱۲ / کنترل اکسیدهای نیتروژن	
۵۳۷	۱-۱۲ بررسی کلی مشکل اکسیدهای نیتروژن
۵۳۷	۱-۱-۱۲ مقایسه با اکسیدهای سولفور
۵۴۱	۲-۱-۱۲ واکنش‌ها در اتمسفر
۵۴۲	۳-۱-۱۲ حالت تعادل NO و NO_2
۵۴۷	۴-۱-۱۲ ترمال، فوری، و سوخت
۵۴۸	۲-۱۲ ترمال NO
۵۴۸	۱-۲-۱۲ سینتیک زلدوویچ تشکیل NO ترمال
۵۵۲	۲-۲-۱۲ زمان گرم‌شدن و خنک‌شدن
۵۵۷	۳-۱۲ NO فوری
۵۵۷	۴-۱۲ NO سوخت
۵۵۸	۵-۱۲ منابع غیراحتراقی اکسیدهای نیتروژن
۵۵۹	۶-۱۲ کنترل انتشارات اکسیدهای نیتروژن
۵۵۹	۱-۶-۱۲ کنترل اکسید نیتروژن توسط اصلاح احتراق
۵۶۲	۲-۶-۱۲ کنترل اکسید نیتروژن توسط تصفیه بعد از شعله
۵۶۴	۷-۱۲ واحدها و استانداردها در کنترل NO_x
۵۶۶	۸-۱۲ خلاصه
فصل ۱۳ / مشکل وسایل نقلیه موتوری	
۵۷۷	۱-۱۳ بررسی کلی آلودگی هوای خودروها
۵۷۷	۱-۱-۱۳ انتشارات
۵۷۸	۲-۱-۱۳ سابقه مقرراتی کنترل آلودگی هوای وسایل موتوری
۵۸۰	۲-۱۳ موتور احتراق داخلی (IC)
۵۸۱	۱-۲-۱۳ موتور IC بنزینی چهارزمانه
۵۸۲	۲-۲-۱۳ تولید آلاینده

۵۹۵	۳-۱۳ انتشارات کارتل و تبخیری
۵۹۹	۴-۱۳ انتشارات آگزوز
۵۹۹	۱-۴-۱۳ تصفیه کاتالیزوری فراورده‌های احتراق
۶۰۳	۲-۴-۱۳ تغییر سوخت برای کاهش انتشار
۶۰۷	۳-۴-۱۳ کنترل کامپیوتری
۶۰۸	۴-۴-۱۳ احتراق در فقر سوختی
۶۰۸	۵-۱۳ اخلال و آزمایشات انتشار
۶۰۹	۶-۱۳ انتشارات ذخیره و انتقال
۶۰۹	۷-۱۳ نیروگاه‌های آلترناتیو
۶۱۰	۱-۷-۱۳ موتورهای دیزلی
۶۱۵	۲-۷-۱۳ موتورهای دوزمانه بنزینی
۶۱۶	۳-۷-۱۳ موتورهای توربین گازی
۶۱۶	۴-۷-۱۳ خودروهای برقی
۶۱۷	۵-۷-۱۳ خودروهای هیبریدی
۶۱۸	۶-۷-۱۳ گزینه‌های دیگر
۶۱۸	۸-۱۳ کاهش وابستگی به وسایل نقلیه موتوری
۶۱۹	۹-۱۳ خلاصه

فصل ۱۴ / آلاینده‌های هوا و اقلیم جهانی

۶۲۶	۱-۱۴ گرم‌شدن/تغییر اقلیم جهانی
۶۳۲	۱-۱-۱۴ الزام تابشی
۶۳۴	۲-۱-۱۴ دی‌اکسید کربن
۶۳۹	۳-۱-۱۴ دیگر گازهای گلخانه‌ای، آئروسول‌ها
۶۴۲	۲-۱۴ تخریب لایه اوزون و کلروفلورکربن‌ها
۶۴۵	۳-۱۴ باران اسیدی
۶۴۸	۴-۱۴ وضعیت فعلی
۶۴۹	۱-۴-۱۴ چه کار می‌توان کرد؟
۶۵۰	۲-۴-۱۴ حبس و ذخیره کربن (CCS)
۶۵۲	۳-۴-۱۴ انطباق یا مهندسی زمین
۶۵۳	۵-۱۴ خلاصه

۶۶۱	فصل ۱۵ / موضوعات دیگر
۶۶۱	۱-۱۵ مونوکسید کربن (CO)
۶۶۵	۲-۱۵ سرب
۶۶۶	۳-۱۵ آلاینده‌های هوای خطرناک، HAP، (مواد سمی هوا)
۶۶۸	۱-۳-۱۵ جیوه
۶۶۹	۴-۱۵ آلودگی هوای فضای بسته
۶۶۹	۱-۴-۱۵ غلظت‌های فضای بسته و هوای آزاد
۶۷۲	۲-۴-۱۵ مدل‌ها
۶۷۵	۳-۴-۱۵ کنترل کیفیت هوا در فضای بسته
۶۷۸	۵-۱۵ مشکل رادون
۶۸۰	۶-۱۵ خلاصه
۶۸۹	پیوست الف / اطلاعات مفید
۶۹۳	پیوست ب / علائم اختصاری
۶۹۷	پیوست ج / مواد سوختی
۶۹۷	ج-۱ منشأ و نحوه احتراق مواد سوختی
۶۹۸	ج-۲ گاز طبیعی
۶۹۹	ج-۳ نفت گاز مایع، پروپان، و بوتان
۷۰۱	ج-۴ سوخت‌های مایع
۷۰۲	ج-۵ سوخت‌های جامد
۷۰۵	ج-۶ مقایسه قیمت و میزان انتشار سوخت‌ها
۷۰۷	ج-۷ ذغال سنگ و سیاست زیست‌محیطی
۷۰۹	پیوست د / شیمی مقدماتی تولید اوزون
۷۱۳	پیوست ه / زمان شکست جاذب
۷۱۹	پیوست و / پاسخ به مسایل منتخب