

شماره دوم د ۱۴۴۲۰۰۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

توفلسازی

جلد پنجم: ایمنی

تألیف:

مهندس حسن مدنی

استادیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

با همکاری:

مهندس سید محمد حسینی دشتیخوانی

مهندس محمد لشکری

پاییز ۱۳۹۵

سرشناسه	: مدنی، حسن، ۱۳۲۲
عنوان و نام پدیدآور	: تونلسازی (جلد پنجم: ایمنی)/ تالیف، حسن مدنی
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، مرکز نشر، ۱۳۷۷
مشخصات ظاهری	: ج: مصور، جدول، نمودار
شابک	: ج. ۵: 6-651-463-964-978
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیا
یادداشت	: واژه‌نامه
یادداشت	: کتاب‌نامه
یادداشت	: نمایه
مندرجات	: ج. ۱: حفاری و اجرا- ج. ۲: خدمات فنی- ج. ۳: تحلیل پایداری- ج. ۴: طراحی و اجرای سیستم نگهداری
موضوع	: تونل سازی
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۷۷ ت ۹/م ۴/۵ تا ۸۰۵
رده‌بندی دی‌جی	: ۶۲۴/۱۹۳
شماره ناشر	: ۷۷-۹۶۰۳ م

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۵/۶/۷ شورای چاپ و نشر
دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: تونلسازی جلد پنجم: ایمنی
تألیف	: مهندس حسن مدنی
ناشر	: با همکاری: مهندس سید محمد جبار دشتیخواهی و مهندس محمد لشکری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: پاییز ۱۳۹۵
تیراژ	: ۳۰۰ نسخه
قیمت	: ۲۸۰۰۰ تومان
شابک	: ۶-۶۵۱-۴۶۳-۹۶۴-۹۷۸
	ISBN : 978-964-463-651-6

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: [www. http://publication.aut.ac.ir](http://publication.aut.ac.ir)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

به نام خدا

پیشگفتار

کتاب حاضر، به عنوان پنجمین جلد از مجموعه کتاب‌های تونلسازی، در عین حال، کتاب مستقلی است که در آن مسایل مختلف مربوط به ایمنی تونل‌ها مورد بحث قرار گرفته است.

از آنجا که یکی از مهمترین مسایل ایمنی تونل‌ها، آتش‌سوزی است، لذا بخش اول کتاب به این امر اختصاص یافته است. در فصل‌های این بخش، علاوه بر تشریح سازوکار آتش‌سوزی، مثال‌هایی از آتش‌سوزی که در سال‌های گذشته در تونل‌های مختلف روی داده، بررسی شده است تا با مطالعه آن، خطر آتش‌سوزی و پیامدهای آن، روشن‌تر تشریح شود و دست اندرکاران صنعت تونلسازی، به این امر توجه بیشتری مبذول دارند. شرح زمان‌های آتش‌سوزی در تونل‌ها، طراحی، برهم کنش سیستم تهویه و آتش‌سوزی و مدلسازی آتش نیز مورد بحث قرار گرفته و در پایان این بخش، مثال‌هایی از مدلسازی آتش در چند تونل در جهان و ایران، تشریح شده است.

بخش دوم کتاب به تشریح تجهیزات ایمنی اختصاص دارد که کلی فصول آن، تجهیزات آتش‌نشانی و سایر تجهیزات ایمنی تونل‌ها آمده است.

موضوع بخش سوم و پایانی کتاب، بازرسی از تونل‌ها است. هدف از این بخش آن است که با انجام بازرسی‌های مداوم، نکات ضعف تونل مشخص شده و با ترمیم و رفع آن‌ها، از بروز حوادث ناگوار جلوگیری شود.

امید است کتاب حاضر و سایر کتاب‌هایی که در این زمینه انتشار می‌یابد، مهندسین کشور را در طراحی، احداث و مسایل ایمنی تونل‌ها یاری دهد و نیز انگیزه‌ای برای انتشار کتاب‌های دیگر در این زمینه باشد.

در تالیف این کتاب از بیش از ۱۰۰ مرجع استفاده شده است که در هر مورد منابع مورد استفاده با عددی در داخل [] مشخص شده است که این عدد، شماره مرجع مورد استفاده در فهرست پایانی مراجع است.

برای ایجاد انگیزه در تالیف گروهی، مولف از همکاری دو نفر از دانشجویان دکتری خود بهره گرفته است که نامشان در کتاب درج شده و امید است این همکاری، راهگشای آنان در تالیف کتاب‌های جدید باشد.

بخش مهمی از منابع مورد استفاده، تحقیقات دانشجویانم در قالب پایان‌نامه‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی بوده است که بدینوسیله از آنان تشکر می‌شود و اسامی آنان به ترتیب الفبا به شرح زیر است:

۱- آقای دکتر اصغر آزادی

۲- آقای مهندس بابک آذرفر

۳- آقای مهندس محمد خویشوند

۴- آقای مهندس علی رحیمی

۵- آقای مهندس مهدی سولی

۶- آقای مهندس حسن رشیدی

۷- آقای مهندس محسن شامزادی

۸- آقای دکتر محسن شریفی

۹- خانم مهندس مهسا متقی رشت آرا

۱۰- آقای مهندس حامد یزدیانی

همچنین از همکار ارجمندم جناب آقای دکتر مهدی سیری سیرف زاده که در طرح پژوهشی همکاری داشته‌اند، سپاسگزاری می‌شود. جا دارد که از جناب دانشجویانم آقایان مهندس محمدرضا کوپی علی‌پور، مهندس مهدی یزدان‌پرست و خانم مهندس ماطمه الیاسی که با مطالعه دستنویس کتاب، اشتباهات موجود را تصحیح کرده‌اند، سپاسگزارم.

در پایان جا دارد که از مسئولین محترم مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر که امکان انتشار این کتاب را فراهم آورده‌اند، قدردانی کنم.

حسن مدنی

تیرماه ۱۳۹۵

فهرست فشرده مطالب

بخش اول - آتش سوزی در تونل‌ها

۳	فصل اول - مبانی آتش سوزی
۳۵	فصل دوم - مثال‌هایی از آتش سوزی در تونل‌ها
۷۳	فصل سوم - آزمایش‌های آتش سوزی در تونل‌ها
۹۳	فصل چهارم - طراحی آتش
۱۲۱	فصل پنجم - برهم کنش سیستم تهویه و آتش سوزی
۱۷۷	فصل ششم - مدلسازی آتش
۲۲۹	فصل هفتم - مثال‌هایی از مدلسازی آتش در تونل‌ها

بخش دوم - تجهیزات ایمنی

۲۶۹	فصل هشتم - تجهیزات آتش‌نشانی
۳۲۹	فصل نهم - سایر تجهیزات ایمنی تونل‌ها

بخش سوم - بازرسی از تونل‌ها

۳۵۵	فصل دهم - مبانی بازرسی تونل‌ها
۳۷۱	فصل یازدهم - مطالعات محلی و بازرسی از تونل‌ها
۴۰۵	فصل دوازدهم - آزمون‌های بازرسی

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

بخش اول - آتش سوزی در تونل‌ها

فصل اول - مبانی آتش سوزی

۳	۱-۱- آشنایی
۳	۲- مثلث آتش
۴	۱-۲-۱- مواد قابل اشتعال
۴	۲-۲-۱- دریا
۵	۱-۳-۱- آسپژ
۶	۳-۱- ویژگی‌های آتش
۸	۱-۳-۱- دود
۸	۲-۳-۱- دما و تشعشع حرما
۱۰	۳-۳-۱- آهنگ رهايش گد (اندا، يا با گرمایی آتش)
۱۳	۴- نحوه گسترش و انتقال آتش
۲۰	۱-۴-۱- هدایت یا روش مستقیم
۲۰	۲-۴-۱- جابه‌جایی یا روش غیرمستقیم
۲۱	۳-۴-۱- تشعشع
۲۱	۵-۱- انواع آتش
۲۲	۱-۵-۱- گروه A
۲۲	۲-۵-۱- گروه B
۲۲	۳-۵-۱- گروه C
۲۳	۴-۵-۱- گروه D
۲۳	۶- رفتار افراد در آتش سوزی‌های تونل
۲۵	۷-۱- منحنی‌های گسترش آتش
۲۶	۱-۷-۱- منحنی استاندارد ISO
۲۶	۲-۷-۱- منحنی مواد هیدروکربنی
۲۷	۳-۷-۱- منحنی مواد هیدروکربنی اصلاح شده

۲۸	۱-۷-۴- منحنی RABT - ZTV
۲۸	۱-۷-۵- منحنی RWS
۲۹	۱-۸-۸- مراحل رشد آتش
۳۲	۱-۸-۱- احتراق اولیه
۳۳	۱-۸-۲- مرحله رشد
۳۳	۱-۸-۳- مرحله برق زدن
۳۴	۱-۸-۴- مرحله تکامل
۳۴	۱-۸-۵- مرحله زوال
۳۵	فصل دوم- مثالهایی از آتش سوزی در تونل‌ها
۳۵	۲-۱- آشنایی
۳۶	۲-۲- تونل مون - دن
۵۱	۲-۳- تونل سنت - جوردن
۵۴	۲-۴- تونل تایرون در آرش
۵۶	۲-۵- مقایسه بین سه آتش سوزی مهم و نتایج حاصل از آنها
۵۶	۲-۶- برخی حوادث دیگر در تونل‌های راه
۵۶	۲-۶-۱- تونل نیهونزاگا
۶۰	۲-۶-۲- تونل کالدوکات
۶۰	۲-۶-۳- تونل گلینالم
۶۱	۲-۶-۴- تونل دالین
۶۱	۲-۶-۵- تونل فرجوس
۶۱	۲-۶-۶- تونل تروجان
۶۲	۲-۶-۷- تونل کوینت
۶۲	۲-۷- آتش سوزی در تونل مانش
۶۲	۲-۷-۱- اطلاعات کلی در مورد تونل
۶۲	۲-۷-۲- آستری تونل
۶۳	۲-۷-۳- تجهیزات تهویه تونل
۶۳	۲-۷-۴- واگن‌های مسافربری و باربری
۶۴	۲-۷-۵- تجهیزات آتش‌نشانی، تأمین آب و کنترل دود
۶۴	۲-۷-۶- اعمال ویژه در موارد اضطراری
۶۵	۲-۷-۷- محدودیت حمل بار خطرناک
۶۵	۲-۷-۸- آتش سوزی در تونل

۶۶	۲-۷-۹- تعمیر و بازسازی
۶۷	۲-۷-۱۰- نتیجه گیری از حادثه
۶۸	۲-۸-۸- چند حادثه آتش سوزی دیگر در تونل های راه آهن
۶۸	۲-۸-۱- تونل سین پلات
۶۹	۲-۸-۲- تونل وراندوک
۶۹	۲-۸-۳- تونل کروزت
۶۹	۲-۸-۴- تونل سان بندستو
۷۰	۲-۸-۵- تونل هایرشن گرابین
۷۰	۲-۸-۶- تونل سامیت
۷۱	۲-۸-۷- تونل سالرنو
۷۲	۲-۸-۸- تونل کیتز اشتین هورن
۷۲	۱-۸-۶- ایستگاه مترو جوگانگو در شهر دیاگو کره جنوبی
۷۳	فصل سوم آزمایش های ای از آتش سوزی در تونل ها
۷۳	۳-۱- آشنایی
۷۳	۳-۲- تونل اوفنگ
۷۴	۳-۳- تونل میدن غربی انگلستان
۷۴	۳-۴- تونل ریلی گلاسکو اسکاتلستان
۷۴	۳-۵- آزمایش های بزرگ مقیاس در روز
۷۵	۳-۵-۱- آتش سوزی اتوبوس
۷۵	۳-۵-۲- شبیه سازی آتش سوزی کامیون
۷۶	۳-۵-۳- آتش سوزی تخته های چوبی بدون بویه دشتی
۷۶	۳-۵-۴- آتش سوزی تخته های چوبی با اعمال بویه دشتی
۷۸	۳-۵-۵- آتش سوزی سواری
۷۸	۳-۵-۶- آتش سوزی کامیون با بار سنگین
۷۹	۳-۶-۶- آزمایش های بزرگ مقیاس آتش سوزی در تونل دوم بنلوکس
۸۰	۳-۶-۱- آتش سوزی سواری
۸۱	۳-۶-۲- آتش سوزی کامیون کوچک
۸۱	۳-۷- آزمایش های آتش سوزی در تونل مموریال
۸۵	۳-۸-۸- آزمایش های بزرگ مقیاس در تونل رونه هامر
۸۵	۳-۸-۱- مشخصات تونل

۸۶	۲-۸-۳- بار آتش
۸۸	۳-۸-۳- نحوه انجام آزمایش
۹۱	۴-۸-۳- نتایج آزمایش
۹۳	فصل چهارم- طراحی آتش
۹۳	۱-۴-۱- آشنایی
۹۳	۲-۴-۲- تحقیقات انجام شده
۹۵	۳-۴-۳- مبانی رشد آتش
۹۶	۴-۳-۴-۱- رشد خطی
۹۸	۴-۳-۴-۲- رشد درجه دو
۹۹	۴-۳-۴-۳- رشد نمایر با کنترل سوخت
۹۹	۴-۳-۴-۴- رشد نمایر با کنترل تهویه
۹۹	۴-۴-۴-۱- منحنی های رشد آتش در حالت های مختلف
۱۰۱	۴-۴-۱-۱- آتش سوزی میوور های بای و تانکرها
۱۰۳	۴-۴-۲- آتش سوزی وسایل نقلیه
۱۰۵	۴-۵-۵- محاسبه گرمای آزاد شده در اثر آتش سوزی
۱۰۷	۴-۶-۶- دمای لایه دود
۱۰۸	۴-۷-۷- طول شعله آتش
۱۰۹	۴-۸-۸- نقش مشخصات هندسی تونل
۱۱۰	۴-۸-۱-۱- مدل مبنا
۱۱۲	۴-۸-۲- تأثیر درصد کامیون های سه محوره
۱۱۳	۴-۸-۳- تأثیر حجم آتش
۱۱۴	۴-۸-۴- تأثیر طول تونل
۱۱۴	۴-۸-۵- تأثیر عرض تونل
۱۱۶	۴-۸-۶- تأثیر ارتفاع تونل
۱۱۸	۴-۸-۷- تأثیر شیب تونل
۱۲۱	فصل پنجم- برهم کنش سیستم تهویه و آتش سوزی
۱۲۱	۵-۱-۱- آشنایی
۱۲۲	۵-۲-۲- عملکرد سیستم تهویه به هنگام آتش سوزی
۱۲۲	۵-۲-۱- مرحله تخلیه افراد
۱۲۳	۵-۲-۲- بعد از تخلیه افراد (آتش نشانی)
۱۲۴	۵-۳-۳- رفتار دود ناشی از آتش سوزی در تونل - پدیده عقب زدگی لایه دود

- ۱۲۶ ۴-۵- محاسبه سرعت بحرانی
- ۱۲۷ ۵-۴-۱- رابطه توماس
- ۱۲۷ ۵-۴-۲- رابطه دِرس
- ۱۲۸ ۵-۴-۳- رابطه هسلدین
- ۱۲۹ ۵-۴-۴- رابطه کندی و دان
- ۱۳۱ ۵-۴-۵- رابطه سایتو
- ۱۳۱ ۵-۴-۶- رابطه اتکینسون و اوکا
- ۱۳۳ ۵-۴-۷- رابطه وو و بیکر
- ۱۳۳ ۵-۵-۱- رامل مؤثر در سرعت بحرانی
- ۱۳۳ ۵-۱-۱- شیب تونل
- ۱۳۵ ۵-۵-۲- طول تونل
- ۱۳۶ ۵-۱-۲- عمق آتش
- ۱۳۷ ۵-۶-۱- محاسبه سرعت بحرانی در تونل‌ها
- ۱۳۷ ۵-۶-۱- طول تونل در حیدرآباد
- ۱۴۳ ۵-۶-۲- تونل راه‌آهن گندک
- ۱۴۷ ۵-۶-۳- تونل صدر - نیشهران (تونل ملت)
- ۱۴۹ ۵-۶-۴- تونل شماره ۱۰۰ مسیر راه‌آهن بافق - بندرعباس
- ۱۵۲ ۵-۷- لایه‌بندی دما در دود
- ۱۵۵ ۵-۸- نقش تهویه در کنترل آتش
- ۱۵۵ ۵-۸-۱- تهویه طبیعی
- ۱۵۸ ۵-۸-۲- تهویه طولی
- ۱۶۱ ۵-۸-۳- تهویه عرضی و نیمه عرضی
- ۱۶۶ ۵-۸-۴- واحد تهویه سیار
- ۱۶۷ ۵-۹- جلوگیری از ورود دود از طریق راهروهای متصل کننده تونل (میانبرها)
- ۱۷۰ ۵-۹-۱- مورد اول: آتش‌سوزی در مجاورت دهانه شرقی
- ۱۷۰ ۵-۹-۲- مورد دوم: آتش‌سوزی در نزدیکی دهانه شرقی
- ۱۷۱ ۵-۹-۳- مورد سوم: آتش‌سوزی در وسط تونل
- ۱۷۱ ۵-۹-۴- مورد چهارم: آتش‌سوزی در مجاورت دهانه غربی
- ۱۷۱ ۵-۱۰- چرخش دود در دهانه‌های تونل‌های دوقلو
- ۱۷۲ ۵-۱۱- عملکرد سیستم تهویه به هنگام آتش‌سوزی
- ۱۷۲ ۵-۱۱-۱- کاهش کارایی بادبزن به دلیل وزن مخصوص کم دودهای داغ

۱۷۲	۵-۱۱-۲- مقاومت حرارتی تجهیزات تهویه
۱۷۴	۵-۱۱-۳- سیستم تهویه پشتیبان
۱۷۷	فصل ششم- مدلسازی آتش
۱۷۷	۶-۱-۱- آشنایی
۱۷۹	۶-۲- شرایط محیط قابل تحمل
۱۸۰	۶-۳- مبانی ترمودینامیکی آتش سوزی در محیط‌های محصور
۱۸۱	۶-۳-۱- معادلات موازنه انرژی
۱۸۶	۶-۳-۲- آتش «مجنون زمان»
۱۸۷	۶-۳-۳- سلسله آهنگ رهايش گرما در مراحل مختلف آتش
۱۸۹	۶-۴- ویژگی‌های زبانه آتش
۱۹۲	۶-۴-۱- زبانه آتش
۱۹۳	۶-۴-۲- روابط بین زبانه آتش
۱۹۷	۶-۴-۳- برهم کنش دیوارها و میله‌ها با زبانه آتش
۱۹۸	۶-۵- معادلات حاکم بر حرکت سائده
۱۹۹	۶-۵-۱- معادلات بقای جرم
۲۰۰	۶-۵-۲- معادلات بقای اندازه حرکت
۲۰۰	۶-۵-۳- معادله بقای انرژی
۲۰۱	۶-۵-۴- معادله حالت
۲۰۱	۶-۵-۵- معادلات ناویر- استوکس برای سیال نیوتن
۲۰۲	۶-۵-۶- معادلات ذرات
۲۰۲	۶-۵-۷- معادلات عمومی انتقال
۲۰۳	۶-۶- معادلات آشفته‌گی جریان
۲۰۴	۶-۶-۱- ویژگی‌های معادلات جریان آشفته
۲۰۵	۶-۶-۲- مدلسازی جریان‌های آشفته
۲۰۸	۶-۶-۳- تقسیم‌بندی معادلات آشفته‌گی
۲۱۲	۶-۷- دینامیک سیالات محاسباتی
۲۱۲	۶-۷-۱- تاریخچه
۲۱۴	۶-۷-۲- اهداف
۲۱۵	۶-۷-۳- مفاهیم اصلی
۲۱۷	۶-۸- مدلسازی آتش به کمک دینامیک سیالات محاسباتی
۲۱۸	۶-۸-۱- طراحی محدوده

۲۱۸	۶-۸-۲- شبکه‌بندی محدوده (مش‌بندی)
۲۲۱	۶-۸-۳- انتخاب معادلات و تعیین شرایط مرزی
۲۲۱	۶-۸-۴- حل معادلات
۲۲۳	۶-۸-۵- پردازش نتایج و ارائه نمودارها و منحنی‌ها
۲۲۴	۶-۹- چگونگی مدلسازی آتش
۲۲۵	۶-۱۰- انتخاب آهنگ رهایش گرما در مدلسازی
۲۲۷	۶-۱۱- نرم‌افزارهای مدلسازی آتش
۲۲۹	فصل هفتم - مثال‌هایی از مدلسازی آتش در تونل‌ها
۲۲۹	۱-۱- شنایی
۲۳۰	۷-۱-۱- ایستگاه تراموای سریع کاراکو
۲۳۰	۷-۲- مشخصات کلی
۲۳۱	۷-۱-۲- ماریوهای مختلف آتش‌سوزی
۲۳۴	۷-۲-۲- شرایط مدلسازی
۲۳۵	۷-۲-۴- زاویه نازل مدلسازی
۲۳۶	۷-۳-۳- تونل شمالی - ر- نیس تهران
۲۳۶	۷-۳-۱- اطلاعات تونل
۲۴۳	۷-۳-۲- اطلاعات کلی مدلسازی
۲۴۳	۷-۳-۳- طراحی هندسه محدوده
۲۴۳	۷-۳-۴- مش‌بندی محدوده
۲۴۴	۷-۳-۵- تعیین فیزیک جریان در بسته نرم‌افزاری
۲۴۷	۷-۳-۶- شرایط مرزی
۲۵۰	۷-۳-۷- انتخاب الگوریتم حل مسئله در بسته نرم‌افزاری
۲۵۱	۷-۳-۸- اجرای مدل و نتایج مدلسازی
۲۵۴	۷-۳-۹- ترسیم سناریو با هدف بررسی سرعت بحرانی
۲۵۵	۷-۴-۴- تونل راه‌آهن شماره ۲۰ هرمزگان
۲۵۵	۷-۴-۱- اطلاعات تونل
۲۵۵	۷-۴-۲- طراحی هندسه محدوده
۲۵۵	۷-۴-۳- مش‌بندی محدوده
۲۵۸	۷-۴-۴- معادلات فعال شده
۲۵۸	۷-۴-۵- شرایط مرزی

۲۵۹	۷-۴-۶- حل وابسته به زمان
۲۶۰	۷-۴-۷- فاکتورهای زیر ترخیص
۲۶۰	۷-۴-۸- گسسته سازی
۲۶۱	۷-۴-۹- حل نرم افزار
۲۶۱	۷-۴-۱۰- نتایج حاصل
۲۶۵	۷-۴-۱۱- اعتبار سنجی نتایج

بخش دوم- تجهیزات ایمنی

۲۶۹	فصل هشتم- تجهیزات آتش نشانی
۲۶۹	۸-۱- آشنایی
۲۶۹	۸-۲- مکانیسم آتش نشانی
۲۷۰	۸-۲-۱- حذف سوخت
۲۷۱	۸-۲-۲- سرد کردن
۲۷۲	۸-۲-۳- حذف اکسیژن
۲۷۲	۸-۳- مواد مورد مصرف در دستگاه های آتش نشانی
۲۷۲	۸-۳-۱- آب
۲۷۵	۸-۳-۲- کف
۲۸۲	۸-۳-۳- پودرهای شیمیایی خشک
۲۸۴	۸-۳-۴- دی اکسید کربن
۲۸۵	۸-۳-۵- هیدروکربن های هالوژنه
۲۸۸	۸-۳-۶- مواد خاموش کننده آتش فلزات
۲۸۹	۸-۴- وسایل آتش نشانی قابل حمل
۲۹۱	۸-۴-۱- مشخصات عمومی کپسول های آتش نشانی
۲۹۶	۸-۴-۲- کپسول های آتش نشانی با آب (رنگ قرمز)
۳۰۰	۸-۴-۳- کپسول های پودر خشک (به رنگ آبی)
۳۰۴	۸-۴-۴- کپسول های دی اکسید کربن (سیاه رنگ)
۳۰۸	۸-۴-۵- کپسول های کف (رنگ سبز)
۳۱۱	۸-۴-۶- کپسول های هالوژنه (رنگ سبز)
۳۱۳	۸-۵- شیلنگ آتش نشانی
۳۱۴	۸-۵-۱- انواع شیلنگ
۳۱۵	۸-۵-۲- منبع آب و خط لوله

۳۱۶ ۸-۶- سیستم آتش‌نشانی سقفی خودکار (اسپرینکلر)

۳۱۷ ۸-۶-۱- سیستم آب پاشی سقفی

۳۱۸ ۸-۶-۲- اسپرینکلرهای آتش‌های گروه B و C

۳۱۸ ۸-۶-۳- اسپرینکلر موضعی

۳۱۹ ۸-۷- آشکارسازهای آتش (دکتور)

۳۲۰ ۸-۷-۱- آشکارسازهای گرمایی

۳۲۱ ۸-۷-۲- آشکارساز دودی

۳۲۲ ۸-۷-۳- آشکارساز گازی

۳۲۲ ۸-۷-۴- آشکارساز شعله‌ای

۳۲۳ ۸- استانداردهای مربوط به تجهیزات آتش‌نشانی

۳۲۳ ۸-۱- تقسیم‌بندی تونل‌ها از دیدگاه ایمنی

۳۲۵ ۸-۲- تونل‌های آتش‌نشانی

۳۲۷ ۸-۳- شیب آتش‌نشانی

۳۲۷ ۸-۴- تونل‌های سقف

۳۲۸ ۸-۵- آشکارساز آتش

۳۲۹ فصل نهم- سایر تجهیزات تونل‌ها

۳۲۹ ۹-۱- آشنایی

۳۳۱ ۹-۲- تجهیزات سازه‌ای

۳۳۱ ۹-۲-۱- خروجی‌های اضطراری (دوران‌های فوری)

۳۳۵ ۹-۲-۲- دوربرگردان و محل‌های دور ران

۳۳۶ ۹-۲-۳- پناهگاه‌ها

۳۳۷ ۹-۲-۴- راه‌های دسترسی تیم نجات

۳۳۸ ۹-۲-۵- کانال‌های زهکشی

۳۳۹ ۹-۲-۶- مخزن جمع‌آوری مایعات

۳۳۹ ۹-۲-۷- روکش سطح جاده تونل

۳۳۹ ۹-۲-۸- مقاومت سازه تونل در برابر آتش

۳۴۰ ۹-۳- تجهیزات ارتباطی

۳۴۰ ۹-۳-۱- تلفن اضطراری

۳۴۱ ۹-۳-۲- شاسی اعلام خطر آتش‌سوزی

۳۴۲ ۹-۳-۳- سیستم ارتباط رادیویی

۳۴۲	۹-۳-۴- بلندگو
۳۴۲	۹-۴- علائم راهنمایی
۳۴۳	۹-۴-۱- علائم راهنمایی در بیرون تونل
۳۴۳	۹-۴-۲- علائم راهنمایی در داخل تونل
۳۴۴	۹-۵- منبع برق اضطراری
۳۴۵	۹-۵-۱- برق اضطراری برای تجهیزات ایمنی
۳۴۵	۹-۵-۲- روشنایی اضطراری
۳۴۶	۹-۶- سیستم مدیریت و کنترل ایمنی
۳۴۶	۹-۶-۱- مسئول ایمنی تونل
۳۴۶	۹-۶-۲- مرکز امدادگران
۳۴۶	۹-۶-۳- رست پایش
۳۴۸	۹-۶-۴- نحوه کنترل سیستم‌های ایمنی
۳۴۹	۹-۶-۵- تجهیزات مورد کارد تونل
۳۴۹	۹-۷- سیستم تهویه اضطراری
۳۴۹	۹-۷-۱- کانال مکش دود
۳۵۱	۹-۷-۲- ارزیابی وضعیت تهویه اضطراری
۳۵۱	۹-۷-۳- عملیات و واکنش‌ها در موارد اضطراری

بخش سوم- بازرسی از تونل‌ها

۳۵۵	فصل دهم- مبانی بازرسی تونل‌ها
۳۵۵	۱۰-۱- آشنایی
۳۵۶	۱۰-۲- توانایی‌های بازرسی
۳۵۶	۱۰-۲-۱- موارد سازه‌ای
۳۵۶	۱۰-۲-۲- موارد مکانیکی
۳۵۷	۱۰-۲-۳- موارد برقی
۳۵۸	۱۰-۲-۴- مسیر، ریل سوم، سیستم هشدار دهنده و ارتباطات
۳۵۸	۱۰-۳- مسئولیت‌ها
۳۵۹	۱۰-۴- لوازم و تجهیزات مورد نیاز
۳۵۹	۱۰-۴-۱- تجهیزات بازرسی
۳۶۰	۱۰-۴-۲- تجهیزات ایمنی

۳۶۱	۵-۱۰- مقررات بازرسی
۳۶۱	۱۰-۵-۱- برنامه‌ریزی و آماده‌سازی
۳۶۱	۱۰-۵-۲- مشخص کردن نقاط معیوب
۳۶۲	۱۰-۵-۳- فرم‌های بازرسی
۳۶۹	۱۰-۶- نحوه دسترسی به نقاط مختلف تونل
۳۷۰	۱۰-۷- ایمنی
۳۷۰	۱۰-۷-۱- تونل‌های راه
۳۷۰	۱۰-۷-۲- تونل‌های راه‌آهن
۳۷۱	فصل یازدهم- مطالعات محلی و بازرسی از تونل‌ها
۳۷۱	۱-۱- آشنایی
۳۷۱	۱۱-۲- بازرسی
۳۷۲	۱۱-۳- مواردی که باید به هنگام بازرسی مورد توجه قرار گیرد
۳۷۲	۱۱-۴- نحوه بازرسی
۳۷۳	۱۱-۴-۱- بازرسی چشمی
۳۷۳	۱۱-۴-۲- استفاده از ابزارهای جک
۳۷۳	۱۱-۴-۳- آزمون‌ها، ویر
۳۷۹	۱۱-۵- تخمین درجه فرسودگی و برداشتن سنگ‌های مسیر تونل
۳۸۰	۱۱-۵-۱- بررسی‌های میدانی و کاوش زمین
۳۸۳	۱۱-۵-۲- ارزیابی پارامترها به کمک کارشناسین و آزمون‌های آزمایشگاهی
۳۸۳	۱۱-۵-۳- تشخیص مخاطرات ژئوتکنیکی
۳۸۴	۱۱-۶- جنبه‌های زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی بررسی
۳۸۵	۱۱-۷- روال بازرسی
۳۸۹	۱۱-۷-۱- سازه‌های ویژه
۳۸۹	۱۱-۷-۲- روش‌های مدیریت اطلاعات
۳۹۱	۱۱-۸- موارد بازرسی در سیستم نگهداری بتنی
۳۹۲	۱۱-۸-۱- لق شدگی
۳۹۳	۱۱-۸-۲- ترک خوردگی
۳۹۵	۱۱-۸-۳- ریزش
۳۹۵	۱۱-۸-۴- ریزش درزه‌ای
۳۹۵	۱۱-۸-۵- کندگی

۳۹۶	۱۱-۸-۶- حفره‌های گلی
۳۹۶	۱۱-۸-۷- شوره زدگی
۳۹۶	۱۱-۸-۸- تغییر رنگ
۳۹۷	۱۱-۸-۹- حفره‌های خالی
۳۹۷	۱۱-۸-۱۰- حفره‌های لانه زنبوری
۳۹۷	۱۱-۸-۱۱- نشست آب
۳۹۷	۱۱-۹- موارد بازرسی در سیستم نگهداری فولادی
۳۹۸	۱۱-۹-۱- زنگ زدگی
۳۹۸	۱۱-۹-۲- ترک خوردگی
۳۹۹	۱۱-۹-۳- تاب خوردگی و پیچ خوردگی
۳۹۹	۱۱-۹-۴- نشست آب
۳۹۹	۱۱-۹-۵- سیستم حفاظت کننده
۴۰۰	۱۱-۱۰- موارد بازرسی در سیستم نگهداری سنگ چینی
۴۰۰	۱۱-۱۰-۱- قطعات سنگ
۴۰۰	۱۱-۱۰-۲- ملات
۴۰۰	۱۱-۱۰-۳- شکل سنگ چینی
۴۰۱	۱۱-۱۰-۴- نشست آب
۴۰۱	۱۱-۱۱- موارد بازرسی در سیستم نگهداری چربی
۴۰۱	۱۱-۱۱-۱- تجزیه چوب
۴۰۱	۱۱-۱۱-۲- حشرات
۴۰۲	۱۱-۱۱-۳- ترک‌ها و شکاف‌ها
۴۰۲	۱۱-۱۱-۴- خسارات ناشی از آتش
۴۰۳	۱۱-۱۱-۵- حفره‌ها
۴۰۳	۱۱-۱۱-۶- نشست آب
۴۰۳	۱۱-۱۲- عناصر اتصال دهنده سیستم نگهداری
۴۰۳	۱۱-۱۲-۱- پیچ و مهره‌ها
۴۰۴	۱۱-۱۲-۲- درزه گیرها
۴۰۵	فصل دوازدهم- آزمون‌های بازرسی
۴۰۵	۱۲-۱- آشنایی
۴۰۶	۱۲-۲- نمونه‌برداری و آماده‌سازی آن برای آزمایش
۴۰۶	۱۲-۳- آزمون‌های بررسی در مورد پوشش بتنی دیواره تونل

۴۰۶	۱۲-۳-۱- مغزه گیری از پوشش دیواره تونل
۴۰۷	۱۲-۳-۲- تشریح نظری نمونه‌ها
۴۰۸	۱۲-۳-۳- تعیین خصوصیات فیزیکی نمونه‌ها
۴۰۸	۱۲-۳-۴- آزمایش مقاومت فشاری تک محوری و سه محوری
۴۰۹	۱۲-۳-۵- آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم (آزمایش برزیلی)
۴۰۹	۱۲-۳-۶- آزمایش چکش اشمیت
۴۱۲	۱۲-۳-۷- آزمایش فراصوتی (اولتراسونیک)
۴۱۳	۱۲-۴- آزمایش آرماتور
۴۱۳	۱۲-۴-۱- آزمایش‌های مقاومتی
۴۱۴	۱۱-۴-۲- آزمایش خوردگی
۴۱۵	۱۲-۵- آزمایش میل مهارها (بولت‌ها)
۴۱۵	۱۲-۵-۱- آماده سازی و تجهیزات مورد نیاز
۴۱۸	۱۲-۵-۲- آزمایش کشش میل مهار
۴۲۱	۱۲-۵-۳- محاسبه کشش میل مهار
۴۲۱	۱۲-۵-۴- بررسی شرایط آرماتور
۴۲۲	۱۲-۶- بررسی مقاومت و تغییرات قاب‌های فولادی
۴۲۳	۱۲-۷- آزمون‌های شاتکرز
۴۲۳	۱۲-۷-۱- آزمون بارگذاری در آتشگاه
۴۲۷	۱۲-۷-۲- آزمون بارگذاری برجا
۴۲۹	فهرست منابع به ترتیب استفاده در متن
۴۴۱	فهرست الفبایی منابع
۴۵۳	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی
۴۶۱	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی
۴۶۹	فهرست نمادها
۴۷۵	فهرست راهنما
۴۸۹	فهرست نام‌ها