

شماره درج شده

۱۴۴۳۱۱۲



شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (سهامی خاص)
دفتر نظامات آموزشی - پژوهشی و تدوین ضوابط و استانداردها

تأثیر بخ: دها بر روسازی انعطاف پذیر

تدوین و گردآوری:

رضا اسمعیلی

زیر نظر: معاونت فنی و نظارت مهندسی

ناشر: شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (سهامی خاص)



شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (سهامی خاص)

سرشناسه: اسمعیلی، رضا، ۱۳۵۴-

عنوان و نام پدیدآور: تأثیر یخزدها بر روسازی انعطاف پذیر / تدوین و گردآوری رضا اسمعیلی؛ زیر نظر معاونت فنی و نظارت مهندسی

مشخصات نشر: تهران: شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، ۱۳۹۴.

مشخصات ظاهری: ۲۹۴ ص.

شابک: ۳۰۰۰۰ ریال: ۹۵۸۷۶-۵-۰۰-۶۰۰-۹۷۸

وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا

موضوع: روسازی -- نگهداری و تعمیر

موضوع: کنترل و پیشگیری از یخ‌زدگی

شماره افزوده: شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۴ ت ۱۵ الف / TE۲۵۰

شماره کتابشناسی ملی: ۴۱۷۲۸۸۵

رده‌بندی دیویی: ۶۲۵/۸۵

تأثیر یخزدها بر روسازی انعطاف پذیر

تدوین و گردآوری: رضا اسمعیلی

طراحی روی جلد: دفتر خدمات آموزشی - پژوهشی و تدوین ضوابط و استانداردها

شابک: ۹۵۸۷۶-۵-۰۰-۶۰۰-۹۷۸

سال چاپ: ۱۳۹۴

ناشر: اسری

ردیت چاپ: اول

تیراژ: ۱۰۰۰ جا

قیمت: ۳۰۰۰۰۰ ریال

ناشر: شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (وابسته به شرکت راه و شهرسازی)

تهران خیابان کارگر شمالی، بالاتر از بزرگراه جلال آل احمد، پلاک ۱، کوی دانشگاه

صندوق پستی: ۱۱۳۶۵/۱۸۴۷ تلفن: ۸۸۰۰۷۹۵۳-۸۸۰۲۵۴۲ دو خطی: ۸۸۰۲۵۴۲

www.tsml.ir

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

پیش‌گفتار

خدای را سپاس که با لطف و عنایت خود توفیق خدمتی دیگر را به ما ارزانی داشت و فرصت گردآوری و انتشار این کتاب را عطا فرمود.

بی‌شک پیشرفت فرهنگ و گسترش علم در هر جامعه، از عوامل حفظ و بقای آن جامعه می‌باشد. لزوم بهبود دانش فنی بخش‌های مختلف مهندسی کشور، کلیه دست‌اندرکاران این بخش‌ها را موظف می‌نماید تا سهمی در رسیدن به این هدف داشته، در این راه از هیچ کوشش و تلاشی دریغ ننمایند.

در این راستا شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک با پیشینه بیش از شصت سال حضور در استان‌ها، شهرستان‌ها و آزمایشگاه‌های محلی مستقر در پروژه‌های عمرانی و آرایه خدمات در زمینه کنترل کیفیت و آزمایش‌های مصالح ساختمانی، کاوش‌های صحرایی، سمات مهندسی ژئوتکنیک و مقاومت مصالح، فعالیت‌های پژوهشی و تحقیقات کاربردی، تدوین استانداردها و... به ایفای نقش و انجام وظیفه در انتشار متون علمی و تدوین دستورالعمل‌های مورد نیاز با هدف بهبود خدمات فنی و مهندسی پرداخته است.

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک بر این باور است که با آن شد تا در پی انتشار آثار پیشین و در جهت تهیه و توسعه منابع علمی و فنی مورد نیاز پژوهشگران، مهندسان و دانشجویان محترم در رشته مهندسی عمران، این کتاب را گردآوری و منتشر نماید.

در تدوین این کتاب کوشش شده است تا بیشتر از تحقیقات، گزارش‌ها و استانداردهای به‌روز شده نگهداری زمستانی راه در کشورهای برف‌نیز استفاده گردد. با توجه به نوپایی این فناوری، در صورت هرگونه تغییر در استانداردها و گزارش‌های مربوطه، تغییرات مناسب در برخی از بخش‌های این کتاب لحاظ خواهد شد.

این کتاب دارای چهار فصل است. فصل اول با عنوان روش‌های نگهداری زمستانی، به توصیف استراتژی‌های کنترل یخ و برف، مواد مصرفی در فرآیند نگهداری زمستانی راه‌ها، عوامل تأثیرگذار بر روی قابلیت ذوب‌کنندگی مواد مصرفی، روش‌های گوناگون استفاده از این مواد در فرآیند نگهداری زمستانی، برتری و کاستی‌های مواد یخ‌زدا و روش آزمون‌های ارزیابی‌های مواد یخ‌زدا می‌پردازد. فصل دوم با عنوان

کنترل یخ و برف در راه‌ها، با هدف تعریف سطوح سرویس نگهداری زمستانی، روش‌های تعیین آن، انتخاب روش نگهداری زمستانی مناسب، تعیین میزان ماده مصرفی و روند تصمیم‌سازی در فرآیند نگهداری زمستانی گردآوری شده است. فصل سوم به چگونگی جابجایی مواد یخ‌زدا در محیط زیست، ترکیبات چالش‌برانگیز این مواد، اثرات نامطلوب‌شان بر آب، خاک، پوشش گیاهی و هوا می‌پردازد. فصل چهارم با عنوان آثار یخ‌زدهای شیمیایی بر روسازی‌های آسفالتی، به بررسی اثرهای یخ‌زدا بر قیر، سنگدانه‌های معدنی، واکنش فیزیکی شیمیایی میان سنگدانه‌ها و محلول‌های یخ‌زدا، چسبندگی میان قیر و سنگدانه‌های معدنی، ماستیک‌ها، تأثیر یخ‌زدهای شیمیایی بر مخلوط‌های آسفالتی و ویژگی‌هایی همچون چگالی، درصد فضای خالی مخلوط، مقاومت مارشال، روانی، مقاومت کششی مخلوط آسفالتی، حساسیت رطوبت مخلوط، مدول الاستیک، مقاومت سایشی مخلوط، مقاومت لغزشی مخلوط و امکان وقوع واکنش قلیایی سیلیسی ناشی از بکارگیری یخ‌زدها می‌پردازد و در نهایت مکانیزم بروز رآبی در روسازی‌های آسفالتی در معرض یخ‌زدا بررسی می‌گردد.

در پایان از کارشناسان دست‌انامات آموزشی - پژوهشی و تدوین ضوابط و استانداردهای شرکت سهامی آب‌ماشگ، فنی و مکانیک خاک آقای مهندس رضا اسمعیلی جهت تدوین و گردآوری این نوشتار، آقایان مهندس علی‌محمد اسمعیلی و مهندس محسن اسماعیلی طاهری جهت بازخوانی و ویراستاری آن و آقای محسن پروین جهت صفحه‌آرایی و طرح روی جلد کتاب تشکر و قدردانی می‌گردد. از همه استادان، پژوهشگران، کارشناسان، دانش‌مندان، علاقه‌مندان درخواست می‌شود با ارسال پیشنهادهای خود ما را در بهبود کیفیت این کتاب یاری نمایند.

سید رضا حسینی

رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل

فهرست مطالب

فصل اول: روش‌های نگهداری زمستانی

۱	۱-۱ مقدمه
۱	۲-۱ استراتژی‌های کنترل یخ و برف
۱	۱-۲-۱ یخ‌زدایی پیشگیرانه
۳	۲-۲-۱ یخ‌زدایی عکس‌العملی
۴	۳-۲-۱ بارش برف و یخ‌زدایی
۵	۴-۲-۱ یخ‌زدایی
۶	۱-۴-۲-۱ برف رویی در راه دوخطه دوطرفه
۷	۲-۴-۲-۱ برف رویی در راه دوخطه یک‌طرفه
۸	۳-۴-۲-۱ برف رویی در راه سه‌خطه یک‌طرفه
۹	۴-۴-۲-۱ برف رویی تقاطع‌ها و روبروها
۹	۵-۴-۲-۱ برف رویی شانه‌های راه
۹	۶-۴-۲-۱ برف رویی روگذرها، دوربرگردان‌ها و دمانه‌ها - رابط راه
۱۰	۵-۲-۱ روش‌های کنترل بازدارنده برف
۱۶	۶-۲-۱ نگهداری تأخیری
۱۷	۷-۲-۱ کنترل ترافیک
۱۷	۸-۲-۱ مسدود کردن راه
۱۸	۹-۲-۱ روش‌های یخ‌زدایی در حال پیشرفت
۲۱	۳-۱ مواد مصرفی در فرآیند نگهداری زمستانی و فراوانی آنها
۲۳	۱-۳-۱ نمک‌های کلریدی
۲۵	۲-۳-۱ کلرید سدیم جامد و محلول
۲۵	۳-۳-۱ کلرید کلسیم

- ۲۶ ۴-۳-۱ کلرید منیزیم
- ۲۶ ۵-۳-۱ کلریدهای آمیخته
- ۲۶ ۶-۳-۱ ترکیبات آلی
- ۲۷ ۷-۳-۱ کلسیم منیزیم استات
- ۲۸ ۸-۳-۱ استات پتاسیم
- ۲۸ ۹-۳-۱ مشتقات کشاورزی
- ۲۸ ۱۰-۳-۱ دیگر مواد آلی
- ۲۹ ۱۱-۳-۱ مواد ساینده
- ۲۹ ۴-۱ عامل تأثیرگذار بر سرعت ذوب یخ و برف
- ۳۰ ۱-۴-۱ روش استفا از مواد یخزدا
- ۳۰ ۲-۴-۱ اثر زمان بر عامل ذوب‌کنندگی مواد شیمیایی یخزدا
- ۳۱ ۳-۴-۱ اثر دمای روسازی
- ۳۲ ۴-۴-۱ تأثیر شرایط آب‌وهوایی
- ۳۲ ۵-۴-۱ تأثیر رطوبت
- ۳۳ ۶-۴-۱ تأثیر نوع روسازی
- ۳۴ ۷-۴-۱ تأثیر ترافیک
- ۳۵ ۸-۴-۱ اثر زمان پخش مواد یخزدا
- ۳۵ ۹-۴-۱ وضعیت چسبیدگی یخ و برف به سطح روسازی
- ۳۶ ۱۰-۴-۱ ویژگی‌های مواد شیمیایی یخزدا
- ۳۶ ۱-۱۰-۴-۱ کاهش دمای انجماد
- ۳۸ ۲-۱۰-۴-۱ دوام
- ۳۸ ۳-۱۰-۴-۱ گرانروی
- ۳۸ ۴-۱۰-۴-۱ وزن مخصوص
- ۳۹ ۵-۱۰-۴-۱ آثار یخزداها روی محیط زیست

- ۴۱ ۴-۱۰-۶ پایداری مواد شیمیایی یخزدا
- ۴۱ ۴-۱۰-۷ خوردگی
- ۴۲ ۴-۱۰-۸ جابجایی
- ۴۳ ۴-۱۰-۹ ذخیره سازی
- ۴۶ ۴-۱۰-۱۰ رسانایی الکتریکی
- ۴۷ ۴-۱۰-۱۱ مستندسازی
- ۴۷ ۵-۱ معیارهای انتخاب برای خرید یخزدا
- ۴۹ ۶-۱ استرژی مختلف بکارگیری از مواد یخزدا در فرآیند نگهداری
- زیرمجموعه
- ۵۲ ۶-۱-۱ یخزدایی یسگ
- ۵۳ ۶-۱-۲ یخزدایی عکس‌العملی
- ۵۳ ۶-۱-۳ یخزدایی پیش مرطوب
- ۵۶ ۶-۱-۴ کاربرد مواد ساینده
- ۶۱ ۶-۱-۵ مخلوط مواد ساینده خشک و مواد شیمیایی یخزدا
- ۶۵ ۶-۱-۶ اصلاح مواد دپو شده
- ۶۵ ۷-۱ استفاده از مواد شیمیایی یخزدا
- ۶۶ ۷-۱-۱ قابلیت بکارگیری مواد شیمیایی خشک
- ۶۹ ۷-۱-۲ قابلیت بکارگیری مایعات شیمیایی در یخزدایی
- ۷۲ ۷-۱-۳ قابلیت بکارگیری مواد شیمیایی پیش مرطوب در یخزدایی
- ۷۴ ۸-۱ برتری‌ها و کاستی‌های مواد یخزدا
- ۷۴ ۸-۱-۱ برتری‌ها و کاستی‌های مواد شیمیایی یخزدا
- ۷۶ ۸-۱-۲ برتری‌ها و کاستی‌های محلول‌های شیمیایی
- ۷۷ ۸-۱-۳ برتری‌ها و کاستی‌های مواد ساینده

۷۷	۹-۱ روش آزمون‌های ارزیابی مواد یخ‌زدا
۷۷	۱-۹-۱ ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی
۷۷	۱-۹-۱-۱ نمونه‌گیری
۷۸	۲-۹-۱ تجزیه و تحلیل یخ‌زداها
۷۸	۱-۲-۹-۱ میزان رطوبت
۷۸	۲-۲-۹-۱ میزان آب غیرمحلول
۷۹	۳-۲-۹-۱ ترکیبات شیمیایی
۷۹	۳-۹-۱ قابلیت آبی
۸۰	۴-۹-۱ نقطه انجماد
۸۱	۵-۹-۱ رنکینگ
۸۲	۶-۹-۱ ترکیب یونیک
۸۲	۷-۹-۱ گرمای انحلال
۸۳	۸-۹-۱ گرانروی محلول‌های شیمیایی
۸۳	۹-۹-۱ pH محلول‌های شیمیایی
۸۴	۱۰-۱ عملکرد یخ‌زدا
۸۴	۱-۱۰-۱ آزمون ذوب‌کنندگی یخ
۸۵	۲-۱۰-۱ آزمون نفوذ در یخ
۸۶	۳-۱۰-۱ آزمون تخریب یخ
۸۷	۴-۱۰-۱ آزمون جدایشی یخ
۸۸	۱۱-۱ پارامترهای مهندسی
۸۸	۱-۱۱-۱ ویژگی‌های اصطکاکی
۸۹	۲-۱۱-۱ دانه‌بندی
۹۰	۳-۱۱-۱ شکل ذرات یخ‌زدا
۹۱	۴-۱۱-۱ خصوصیات جریان

- ۹۱ ۵-۱۱-۱ حساسیت گردخیزی
- ۹۲ ۶-۱۱-۱ وزن مخصوص مایعات
- ۹۲ ۷-۱۱-۱ چگالی ذرات جامد
- ۹۲ ۱۲-۱ اثرهای زیست محیطی
- ۹۳ ۱-۱۲-۱ آزمون های زیست محیطی توافقی
- ۹۳ ۲-۱۲-۱ آزمون های اثرهای زیست محیطی

فصل درم: کنترل یخ و برف در راه ها

- ۹۶ ۱-۲ مقدمه
- ۹۶ ۲-۲ سطح سرویس
- ۹۶ ۳-۲ چگونگی تعیین سطح سرویس
- ۹۷ ۱-۳-۲ روش سطح انرژی
- ۹۷ ۲-۳-۲ روش اولویت بندی نگهداری زمستانی
- ۹۷ ۳-۳-۲ روش نوع فعالیت
- ۹۷ ۴-۳-۲ سطح سرویس هدف
- ۹۸ ۴-۲ شاخص های عملکردی در سنجش سطح سرویس
- ۱۰۰ ۵-۲ ملاحظات عملکردی روش های کنترل یخ و برف مربوط به سطح سرویس زمستانی
- ۱۰۲ ۶-۲ ملاحظات اجرایی فرآیند نگهداری زمستانی
- ۱۰۲ ۱-۶-۲ شرایط آب و هوایی
- ۱۰۳ ۱-۱-۶-۲ پیش بینی وضعیت آب و هوایی
- ۱۰۵ ۲-۶-۲ شرایط محل انجام فرآیند
- ۱۰۵ ۳-۶-۲ شرایط ترافیکی

- ۷-۲ عملکرد بر اساس سطح سرویس ۱۰۵
- ۸-۲ رخداد زمستانی طرح ۱۰۵
- ۹-۲ سطح سرویس همزمان با رخداد زمستانی ۱۰۶
- ۱۰-۲ سطح سرویس پس از پایان رخداد زمستانی ۱۰۷
- ۱۱-۲ تعیین سطح سرویس هدف ۱۰۷
- ۱۲-۲ پیشنهادات اجرایی برای کنترل یخ و برف ۱۰۸
- ۱۳-۲ استراتژی‌ها و سطح سرویس ۱۱۰
- ۱۴-۲ انتخاب روش نگهداری زمستانی ۱۱۰
- ۱۵-۲ دستورالعمل‌های اجرایی پیشنهاد شده به ناوگان نگهداری زمستانی ۱۱۱
- ۱-۱۵-۲ مواد سیال یا جامد ۱۱۱
- ۲-۱۵-۲ یخ‌زدایی پیش‌گرم با روش شیمیایی خشک ۱۱۱
- ۳-۱۵-۲ یخ‌زدایی عکس‌العمل با روش شیمیایی خشک ۱۱۲
- ۴-۱۵-۲ آمیزه مواد ساینده و مواد جامد شیمیایی ۱۱۲
- ۵-۱۵-۲ ساخت محلول‌های شیمیایی از مواد جامد شیمیایی ۱۱۳
- ۶-۱۵-۲ بکارگیری مواد جامد شیمیایی ۱۱۳
- ۱-۱۵-۲ راه‌های دو خطه ۱۱۳
- ۲-۱۵-۲ راه‌های چند خطه ۱۱۴
- ۳-۱۵-۲ قوس‌ها، تپه‌ها و تقاطع‌ها ۱۱۴
- ۴-۱۵-۲ پل‌ها و دیگر سازه‌های مرتفع‌تر از زمین ۱۱۴
- ۵-۱۵-۲ قوس‌های بر بلندی دار ۱۱۵
- ۶-۱۵-۲ پخش مواد شیمیایی یخ‌زدا همزمان با وزش باد ناهمراستا با راه ۱۱۵
- ۷-۱۵-۲ پارکینگ‌ها ۱۱۵
- ۷-۱۵-۲ تغییر سطح سرویس زمستانی متوقع یا استراتژی نگهداری زمستانی ۱۱۵

۱۱۶	۸-۱۵-۲ بدترین حالت های ممکن
۱۱۶	۹-۱۵-۲ محلول های شیمیایی یخزدا
۱۱۷	۱۰-۱۵-۲ پیش مرطوب سازی با محلول های شیمیایی یخزدا
۱۱۷	۱۱-۱۵-۲ یخزدایی اولیه لایه یخ سیاه و یخبندان ها به وسیله محلول های شیمیایی
۱۱۹	۱۲-۱۵-۲ پیش نگهداری با محلول های شیمیایی یخزدا
۱۱۹	۱۳-۱۵-۲ مواد ساینده
۱۱۹	۱۶-۲ تعیین میزان ماده مصرفی
۱۲۲	۱۷-۲ رابطه میان محلول های شیمیایی و متغیرهای کنترل کننده
۱۲۴	۱۸-۲ بکارگیری اطلاعات آب و هوایی و راه در روند تصمیم سازی نگهداری زمستانه
	فصل سوم: اثرهای زیست محیطی یخزدا
۱۳۴	۱-۳ مقدمه
۱۳۵	۲-۳ انتقال در محیط زیست
۱۳۶	۱-۲-۳ جابجایی در خاک
۱۳۸	۲-۲-۳ جابجایی در هوا
۱۳۹	۳-۲-۳ جابجایی در آب
۱۴۰	۳-۳ ترکیبات چالش برانگیز
۱۴۱	۱-۳-۳ فروسانیدها
۱۴۲	۲-۳-۳ رادیواکتیویته
۱۴۳	۴-۳ کاستی های رخ داده در منابع آبی در اثر مصرف مواد نگهداری زمستانی راه
۱۴۴	۱-۴-۳ مواد اصلی

۱۴۴	۳-۴-۱-۱ ذرات ریزدانه مواد ساینده
۱۴۷	۳-۴-۱-۲ کلر
۱۴۸	۳-۴-۱-۳ کاتیون‌های قلبایی و قلبایی خاکی
۱۵۰	۳-۴-۱-۴ آب نمک محلول
۱۵۰	۳-۴-۱-۵ مواد آلی
۱۵۱	۳-۴-۱-۶ مواد افزودنی
۱۵۱	۳-۴-۱-۷ فلزات سنگین
۱۵۱	۳-۴-۱-۸ سایر مواد معدنی
۱۵۲	۳-۴-۱-۹ مواد آلی
۱۵۲	۳-۴-۱-۱۰ مواد الاینده
۱۵۳	۳-۴-۱-۱۱ فسفر
۱۵۴	۳-۴-۱-۱۲ نیتروژن
۱۵۶	۳-۴-۱-۱۳ مواد معدنی کلید تر از مواد مغذی
۱۵۸	۳-۵ ارزیابی زیست محیطی مواد خاص در استفاده در نگهداری زمستانی
۱۵۸	۳-۵-۱ قابلیت رقیق کنندگی
۱۶۰	۳-۵-۲ آزمون مسمومیت زایی
۱۶۱	۳-۵-۳ آزمون‌های سنجش پتانسیل مصرف اکسیژن
۱۶۲	۳-۵-۴ پایش میدانی
۱۶۲	۳-۶ بررسی‌های کلی آثار زیست محیطی مواد کنترل کننده یخ و برف بر آب
۱۶۴	۳-۷ آثار زیست محیطی ناشی از وجود مواد یخ‌زدا بر خاک
۱۶۵	۳-۷-۱ تغییرات رخ داده در خصوصیات فیزیکی خاک
۱۶۷	۳-۷-۲ کلر

۱۶۸	۳-۷-۳ سدیم
۱۷۰	۴-۷-۳ کلسیم
۱۷۱	۵-۷-۳ منیزیم
۱۷۲	۶-۷-۳ پتاسیم
۱۷۲	۷-۷-۳ استات
۱۷۳	۸-۷-۳ ترکیبات آلی
۱۷۴	۹-۷-۳ اوره
۱۷۵	۱۰-۷-۳ مواد ساینده
۱۷۵	۱۱-۷-۳ فروسیانیدها
۱۷۶	۸-۳ اثر مواد مصرفی در نگهداری زمستانی بر پوشش گیاهی حاشیه راه
۱۸۱	۱-۸-۳ اثر کلرید سدیم بر گیاهان کناره راه
۱۸۲	۲-۸-۳ اثر کلرید کلسیم بر گیاهان کناره راه
۱۸۴	۳-۸-۳ اثر کلرید منیزیم بر گیاهان کناره راه
۱۸۵	۴-۸-۳ اثر مشتقات استات بر گیاهان کناره راه
۱۸۵	۵-۸-۳ اثر مشتقات آلی بر گیاهان کناره راه
۱۸۶	۶-۸-۳ اثر اوره، پتاسیم و کربنات‌ها بر گیاهان کناره راه
۱۸۶	۷-۸-۳ اثر مواد ساینده بر گیاهان کناره راه
۱۸۷	۹-۳ کیفیت هوا

فصل چهارم: آثار یخ‌زدهای شیمیایی بر روسازی‌های آسفالتی

۱۹۲	۱-۴ مقدمه
۱۹۳	۲-۴ تأثیر یخ‌زدهای شیمیایی بر قیر
۱۹۳	۱-۲-۴ اثر یخ‌زدا بر ساختمان مولکولی قیر
۱۹۴	۱-۱-۲-۴ pH محلول‌های یخ‌زدا بر قیر

- ۱۹۴ ۲-۱-۲-۴ آثار فیزیکی - شیمیایی محلول نمک‌های یخزدا بر قیر
- ۱۹۴ ۳-۱-۲-۴ اثر یخزدا بر امولسیون‌شدگی قیر
- ۱۹۵ ۱-۳-۱-۲-۴ آزمون انحلال در محیط آبی
- ۱۹۷ ۲-۳-۱-۲-۴ FTIR آزمون
- ۱۹۸ ۳-۳-۱-۲-۴ اثر یخزدا بر نقطه نرمی، درجه نفوذ و پیرشدگی قیر
- ۲۰۱ ۳-۴ تأثیر یخزدا‌های شیمیایی بر سنگدانه‌های معدنی
- ۲۰۴ ۴-۴ اکشن فیزیکی شیمیایی میان محلول‌های یخزدا و سنگدانه‌ها
- ۲۰۴ ۱-۴-۴ توزیع اندازه خخل و فرج
- ۲۰۵ ۲-۴-۴ جذب ربات ماده نامحلول
- ۲۰۵ ۳-۴-۴ واکنش پلیمر قلیایی
- ۲۰۶ ۴-۴-۴ فشار اسمزی
- ۲۰۶ ۵-۴-۴ شیمی سنگدانه‌ها
- ۲۰۷ ۶-۴-۴ آثار فیزیکی
- ۲۰۷ ۷-۴-۴ گرمای نهان ذوب
- ۲۰۷ ۸-۴-۴ اثر ترکیب سولفات موجود در نمک‌ها بر یخزدا
- ۲۰۸ ۵-۴ تأثیر یخزدا‌های شیمیایی بر چسبندگی قیر و سنگدانه‌ها معدنی
- ۲۱۱ ۶-۴ اثر مواد یخزدا روی ویژگی‌های ویسکوالاستیک ماسک‌ها
- ۲۱۳ ۷-۴ تأثیر یخزدا‌های شیمیایی بر مخلوط آسفالتی
- ۲۱۳ ۱-۷-۴ اثر یخزداها بر وزن، چگالی و حجم آزمونه‌ها
- ۲۲۴ ۲-۷-۴ اثر یخزداها بر درصد فضای خالی مخلوط‌های آسفالتی
- ۲۲۷ ۳-۷-۴ اثر یخزدا بر مقاومت مازشال و روانی
- ۲۲۸ ۴-۷-۴ اثر یخزداها بر مقاومت کششی مخلوط آسفالتی

- ۲۳۵ ۵-۷-۴ اثر یخزدها بر حساسیت رطوبتی مخلوط آسفالتی
- ۲۳۶ ۶-۷-۴ اثر یخزدها بر مدول الاستیک مخلوط آسفالتی
- ۲۳۷ ۷-۷-۴ اثر یخزدها بر مقاومت سایشی مخلوط آسفالتی
- ۲۳۷ ۸-۷-۴ اثر مواد شیمیایی یخزدها بر مقاومت لغزشی مخلوط آسفالتی
- ۲۳۹ ۹-۷-۴ بررسی واکنش قلبایی- سیلیسی مخلوط‌های آسفالتی در معرض
محلول‌های یخزدها
- ۲۴۲ ۸-۴ مک‌نیزم روز خرابی روسازی‌های آسفالتی در معرض یخزدهای
شیمیایی