

ساختمان های مدرن و انرژی های تجدیدپذیر

نیمه های حرارتی

نویسنده: کان:

حسن قاسم زاده

افسانه علی وردی - زهره احمدی



دانشگاه صنعتی کرج

شماره ۴۷۳

سرشناسه: قاسم‌زاده، حسن، ۱۳۴۹ -

عنوان و نام پدیدآور: ساختمان‌های مدرن و انرژی تجدیدپذیر شمع‌های حرارتی / مؤلفان حسن قاسم‌زاده، افسانه علی‌وردی، زهرا محمدی.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۸.

مشخصات ظاهری: ۳۸۴ ص.: مصور(رنگی)، جدول، نمودار.

شابک: 978-622-6655-29-3

وضعیت فهرست نویسی: فیا

موضوع: ساختمان‌ها -- صرفه‌جویی در انرژی

موضوع: منابع زمین‌مایی

موضوع: انرژی‌های پایان‌ناپذیر

موضوع: شمع‌زنی (مهندسی عمران)

شناسه افزوده: محمدی زهرا، ۱۱۳۳ -

شناسه افزوده: علی‌وردی، افسانه، ۱۳۴۹ -

رده بندی کنگره: TJ۱۶۳/۵

رده بندی دیویی: ۶۹۶

شماره کتابشناسی ملی: ۵۸۷۸۹۴۵

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: ساختمان‌های مدرن و انرژی تجدیدپذیر شمع‌های حرارتی

مؤلفان: دکتر حسن قاسم‌زاده، مهندس افسانه علی‌وردی و زهرا محمدی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: مهر ۱۳۹۸، تهران

شمارگان: ۲۰۰ جلد

ویرایش: گروه ویراستاری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چاپ: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

صحافی: گرنامی

قیمت: ۵۵۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - شماره ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی‌عصر (ع) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش پُرخط): press.kntu.ac.ir

دیباچه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت کشور و بالا رفتن مصرف انرژی در بخش‌های مسکونی و تجاری که عمده مصارف انرژی کشور را به خود اختصاص داده و از طرف دیگر، رشد اندک تولید ناخالص ملی، استفاده غیرمنطقی از انرژی، تخریب محیط‌زیست و کاهش بهره‌وری انرژی، اهمیت جایگزینی منابع سوخت فسیلی را دوچندان کرده است. بی‌تردید در طی سال‌های آتی هزینه‌های مختلف انرژی برای مصارف مختلف گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و نیروی محرکه در فرایند تولید، رشد چشمگیری پیدا خواهد کرد و عرصه رقابت‌های جهانی در راستای تولید انرژی‌های نوین و تجدیدپذیر توسعه خواهد یافت.

کتاب ساختمان‌های مدرن انرژی تجدیدپذیر به یک موضوع بین رشته‌های عمران، مکانیک و برق یعنی تولید یک نوع انرژی، به روش شمع‌های حرارتی می‌پردازد که یک روش مناسب برای سرمایش و گرمایش ساختمان‌ها است. در کلیه پروژه‌هایی که به دلیل محدودیت ظرفیت باربری خاک، نیاز به احداث شمع است به‌عنوان یک گزینه می‌توان شمع‌ها را که فقط کاربری سازه‌ای دارند به شمع‌های حرارتی تبدیل کرد. شمع‌های حرارتی انرژی خود را از زمین دریافت می‌کنند که دارای انرژی نامتناهی و تجدیدپذیر است. در چند دهه‌ی اخیر سطح زمین دما در کلیه فصل‌های سالی دارای تغییرات کمی است در حالی که روی سطح زمین دما دارای تغییرات به نسبت قابل ملاحظه‌ای است. با استفاده از شمع‌های حرارتی می‌توان از این اختلاف دما برای ایجاد انرژی در ساختمان‌ها استفاده نمود. در این روش یک سیال رابط دمای زیر سطح زمین را روی سطح زمین منتقل می‌کند. به این ترتیب در شمع حرارتی، سیال رابط در زمستان دمای به نسبت سرد زیر زمین را به سطح آورده و ساختمان‌ها را گرم می‌کند و در تابستان‌ها، دمای به نسبت سرد را از زیر زمین به سطح آورده و ساختمان‌ها را خنک می‌کند.

انتقال حرارت شمع‌های حرارتی به زمین در شرایطی صورت می‌گیرد که خاک به طور معمول غیراشباع از آب است بنابراین برای تحلیل و طراحی شمع‌های حرارتی افزون بر مکانیک خاک کلاسیک نیاز به دانستن مکانیک خاک غیراشباع است. با توجه به پژوهش‌های این حقیر در رفتار این خاک‌ها، در مجموعه حاضر ابتدا مدل‌های رفتاری خاک غیراشباع و نحوه انتقال حرارت در خاک غیراشباع توضیح داده می‌شود و سپس به معرفی انواع شمع‌های حرارتی، ظرفیت باربری و بررسی رفتار حرارتی آنها پرداخته می‌شود. طراحی مناسب سامانه‌های شمع حرارتی با در نظر گرفتن دقیق شرایط پیرامون آن می‌تواند بهره‌وری برق مصرفی برای سرمایش و گرمایش ساختمان را تا ۵۰۰ درصد افزایش دهد.

لازم است از زحمات کلیه دانشجویانم در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی که در تهیه کتاب کمک نمودند به ویژه خانم افسانه علی وردی و خانم زهرا محمدی دانشجویان کارشناسی ارشد تشکر نمایم. همچنین از خانم آریانا ابراهیم که در ویرایش کتاب مرا همراهی نمودند قدردانی نموده و توفیق روز افزون برای این دانشجویان از خداوند متعال خواستارم.

این کتاب با هدف توسعه انرژی‌های نوین در صنعت ساختمان نگاشته شده است. امید است با بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور ضمن کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی که سبب افزایش آلودگی محیط زیست می‌شوند از این ثروت خدادادی برای پیشرفت کشور استفاده بهینه شود. بدیهی است این حقیر به این نکته واقف است که کتاب ممکن است دارای کاستی‌های و اشکالاتی باشد برشمردن این موارد و ارسال آنها از طریق رایانامه Ghasemzadeh@kntu.ac.ir باعث مباحثات و پیاس خواهد بود.

حسن قاسم‌زاده

عضو هیات علمی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

بهار ۱۳۹۸

فهرست مطالب

۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- وضعیت مصرف انرژی در جهان.....	۲
۳-۱- موقعیت ایران از نظر منابع انرژی در جهان.....	۳
۴-۱- انواع انرژی.....	۵
۵-۱- استفاده از منابع انرژی و اثرهای آن بر محیط زیست.....	۵
۵-۱-۱- آلودگی هوا ناشی از انرژی های تجدیدناپذیر.....	۷
۶-۱- انگیزه های گسترش انرژی های تجدیدپذیر.....	۸
۷-۱- انواع انرژی تجدیدپذیر.....	۱۱
۷-۱-۱- انرژی خورشیدی.....	۱۳
۷-۱-۲- انرژی باد.....	۱۳
۷-۱-۳- انرژی زیست توده.....	۱۴
۷-۱-۴- انرژی برق آبی.....	۱۵
۷-۱-۵- انرژی زمین گرمایی.....	۱۶
۸-۱- سامانه های زمین گرمایی.....	۱۶
۹-۱- کاربردهای انرژی زمین گرمایی.....	۱۷
۱۰-۱- توزیع جهانی منابع انرژی زمین گرمایی.....	۱۸
۱۱-۱- انرژی زمین گرمایی در ایران.....	۱۹
۱۲-۱- استفاده از انرژی زمین گرمایی در ساختمان ها.....	۲۱
۱۳-۱- انواع سامانه های زمین گرمایی ساختمان.....	۲۳
۱۴-۱- میزان مصرف انرژی برق ساختمان.....	۲۵
۱۵-۱- تأثیر استفاده از شمع حرارتی بر مصرف برق.....	۳۰
۱۶-۱- جمع بندی.....	۳۱
۲-۲- فصل دوم: جریان آب در خاک های اشباع و غیر اشباع.....	۳۲
۲-۲-۱- جریان آب در خاک های اشباع.....	۳۶
۲-۲-۲- قانون داریسی.....	۳۶
۲-۲-۳- تعیین آزمایشگاهی نفوذپذیری.....	۳۸
۲-۲-۴- نفوذپذیری خاک های چندلایه.....	۴۰
۲-۲-۵- سرعت تراوش.....	۴۲
۲-۲-۶- تراوش دوبعدی و سه بعدی.....	۴۳

۴۵	۲-۲ معرفی خاک‌های غیراشباع
۴۵	۲-۲-۱ مکش در خاک
۴۶	۲-۲-۲ منحنی مشخصه آب خاک (SWCC)
۴۸	۳-۲ جریان آب در خاک‌های غیراشباع
۴۹	۱-۳-۲ قانون دارسی برای خاک‌های غیراشباع
۴۹	۲-۳-۲ ضریب نفوذپذیری در خاک غیراشباع
۵۱	۳-۳-۲ رابطه بین درجه اشباع و ضریب نفوذپذیری
۵۴	۴-۳-۲ رابطه بین مکش بافتی و ضریب نفوذپذیری
۵۶	۵-۳-۲ هیستریزس توابع نفوذپذیری
۵۸	۶-۳-۲ تعادل استاتیکی (بقای تکانه)
۵۹	۳-۲ جریان بخار آب
۶۲	۸-۳-۲ دلالت دیفرانسیل جزئی برای حالت پایدار جریان آب
۶۹	۴-۲ جمع‌بندی
۷۱	فصل سوم: انتقال حرارت مکان‌اشباع غیراشباع
۷۲	۱-۳ اهمیت انتقال حرارت
۷۳	۲-۳ ارتباط با قانون اول ترمودینامیک (قانون بقای انرژی)
۷۶	۳-۳ رسانش (هدایت)
۷۸	۱-۳-۳ ضریب هدایت حرارتی
۸۰	۲-۳-۳ ضریب نفوذ گرمایی
۸۰	۴-۳ همرفت
۸۱	۱-۴-۳ لایه‌های مرزی همرفت
۸۵	۲-۴-۳ انتقال حرارت
۸۶	۳-۴-۳ انتقال جرم
۸۸	۳-۵ تابش
۹۰	۶-۳ انتقال حرارت در خاک‌های غیراشباع
۹۱	۱-۶-۳ فرایندهای جریان‌های حرارتی
۹۲	۲-۶-۳ نظریه جریان حرارت
۹۲	۳-۶-۳ هدایت حرارتی خاک‌ها
۹۷	۳-۶-۴ ظرفیت حرارتی و حرارت ویژه خاک غیراشباع
۹۹	۳-۶-۵ حرارت تبخیر
۹۹	۳-۶-۶ ضریب پخش حرارتی
۱۰۰	۷-۶-۳ قانون بقای جرم آب با در نظر گرفتن اثرات حرارت
۱۰۲	۸-۶-۳ معادلات دیفرانسیل جزئی برای جریان هدایت حرارتی
۱۰۵	۹-۶-۳ معادلات جریان حرارت شامل جریان بخار
۱۰۵	۱۰-۶-۳ شرایط مرزی شار حرارتی و دما
۱۰۷	۷-۳ جمع‌بندی

۱۰۹	فصل چهارم: مدل‌های رفتاری خاک‌های غیراشباع.....
۱۱۰	۱-۴ مقدمه.....
۱۱۱	۲-۴ اساس مدل‌های رفتاری در خاک‌های غیراشباع.....
۱۱۱	۱-۲-۴ متغیرهای حالت تنش.....
۱۱۲	۲-۲-۴ نظریه تغییر حجم و مدل‌های همسان تنش - کرنش.....
۱۱۴	۳-۲-۴ مقاومت برشی خاک‌های غیراشباع.....
۱۱۵	۴-۲-۴ تابع تسلیم و قانون سخت شوندگی.....
۱۱۶	۵-۲-۴ مدل‌های ترکیبی برای خاک‌های متورم شونده.....
۱۱۸	۳-۴ مدل هیدرو مکانیکی.....
۱۱۸	۱-۳-۴ اثرهای حالت تنش و کرنش.....
۱۱۹	۳-۴ کرنش‌های کشسان و خمیری.....
۱۱۹	۳-۳-۴ سطوح تسلیم و سطوح مرزی.....
۱۲۱	۴-۳-۴ مدل خم‌ری سطوح مرزی و سطح زیر بارگذاری.....
۱۲۳	۶-۳-۴ قوانین سخت‌شوندگی.....
۱۲۵	۷-۳-۴ روابط ساختاری.....
۱۲۸	۴-۴ مدل ترمو هیدرو مکانیک.....
۱۲۹	۱-۴-۴ اثرات دما بر خواص هیدرو مکانیکی.....
۱۳۱	۲-۴-۴ روابط ترمو هیدرو مکانیکی.....
۱۳۲	۱-۲-۴-۴ منحنی نرم شوندگی حرارتی و منحنی انقباضی - فروریزش.....
۱۳۴	۲-۲-۴-۴ منحنی تسلیم حرارتی.....
۱۳۴	۳-۲-۴-۴ سطوح تسلیم.....
۱۳۵	۴-۲-۴-۴ مقایسه نتایج تجربی و مدل.....
۱۳۷	۵-۴ مدل ترمو هیدرو مکانیک خاک غیراشباع.....
۱۳۸	۱-۵-۴ بقای جرم در گازها.....
۱۳۹	۲-۵-۴ بقای جرم آب (رطوبت).....
۱۴۱	۳-۵-۴ بقای انرژی و انتشار حرارت.....
۱۴۲	۴-۵-۴ معادلات تعادل و قوانین سازگاری.....
۱۴۳	۵-۵-۴ مثالی در مورد انتقال حرارت.....
۱۴۹	فصل پنجم: طراحی شمع‌ها در خاک‌های اشباع و غیراشباع.....
۱۵۰	۱-۵ مقدمه.....
۱۵۲	۲-۵ ملاحظات عمومی ظرفیت باربری شمع.....
۱۵۶	۳-۵ تعیین ظرفیت باربری شمع‌ها.....
۱۵۶	۱-۳-۵ روش α.....
۱۵۹	۲-۳-۵ روش β.....
۱۶۲	۳-۳-۵ روش γ.....

۱۶۴.....	۴-۵ ظرفیت باربری گروه شمع.....
۱۶۵.....	۵-۵ نشست پی‌های عمیق.....
۱۶۶.....	۱-۵-۵ نشست شمع تکی.....
۱۶۷.....	۲-۵-۵ نشست شمع‌ها در خاک غیراشباع.....
۱۷۰.....	۳-۵-۵ نشست گروه شمع.....
۱۷۳.....	فصل ششم: معرفی انواع شمع‌های حرارتی.....
۱۷۴.....	۱-۶ مقدمه.....
۱۷۶.....	۲-۶ انواع شمع‌های حرارتی.....
۱۷۶.....	۱-۲-۶ شمع‌های حرارتی از نظر اجرا.....
۱۷۷.....	۲-۲-۶ لوله‌ها و جریان سیال درون شمع‌ها.....
۱۷۸.....	۳-۶ سامانه زمین‌گرمایی ساده.....
۱۸۰.....	۴-۶ روش آتش شمع به سازه.....
۱۸۱.....	۵-۶ عملکرد شمع‌های حرارتی.....
۱۸۱.....	۱-۵-۶ گرم کردن یا سردن تنهها.....
۱۸۲.....	۲-۵-۶ ذخیره حرارت فصلی.....
۱۸۳.....	۳-۵-۶ پمپ‌های حرارتی.....
۱۸۴.....	۶-۶ تجهیزات جانبی شمع از نظر حرارتی.....
۱۸۶.....	۷-۶ الگوهای متداول استفاده از شمع‌های حرارتی.....
۱۹۲.....	۸-۶ مراحل انجام پروژه‌های شمع‌های زمین‌گرمایی.....
۱۹۵.....	فصل هفتم: معرفی انواع سامانه‌های حرارتی.....
۱۹۶.....	۱-۷ طراحی شمع حرارتی.....
۱۹۶.....	۲-۷ نحوه تغییرات دمای خاک در اعماق کم.....
۱۹۸.....	۳-۷ تأثیر شرایط آب و هوایی بر ویژگی‌های حرارتی خاک.....
۱۹۹.....	۴-۷ تغییرات دما در نقاط مختلف خاک.....
۲۰۲.....	۵-۷ انتقال حرارت در خاک.....
۲۰۲.....	۶-۷ حرارت قابل استخراج از منابع زمین‌گرمایی.....
۲۰۳.....	۱-۶ روش نامب برای محاسبه میزان حرارت استخراج شده.....
۲۰۵.....	۷-۷ نوع رژیم جریان.....
۲۰۵.....	۱-۷-۷ شرایط جریان از دیدگاه هیدرودینامیکی.....
۲۰۶.....	۲-۷-۷ شرایط جریان از دیدگاه حرارتی.....
۲۰۸.....	۸-۷ ضریب هدایت حرارتی.....
۲۱۱.....	۱-۸-۷ تأثیر رطوبت بر هدایت حرارتی.....
۲۱۲.....	۹-۷ ضریب انتقال حرارت.....
۲۱۴.....	۱۰-۷ نمودار تغییرات دما.....
۲۱۵.....	۱۱-۷ ویژگی‌های حرارتی سیال درون لوله‌ها.....
۲۱۶.....	۱۲-۷ نحوه محاسبه دمای سیال درون لوله‌ها.....
۲۱۷.....	۱-۱۲-۷ شمع حرارتی با لوله A شکل منفرد.....

۲۲۰	۲-۱۲-۷ شمع حرارتی با لوله‌های نا شکل دوتایی
۲۲۱	۱۳-۷ محاسبه شار حرارتی در سامانه شمع حرارتی
۲۲۳	۱۴-۷ تعیین طول حلقه
۲۲۴	۱۵-۷ توان حرارتی استخراج شده از شمع حرارتی
۲۲۶	۱۶-۷ ویژگی‌های حرارتی مصالح
۲۲۷	۱۶-۷ ویژگی‌های حرارتی بتن
۲۳۱	۱۶-۲ ویژگی‌های حرارتی فولاد
۲۳۲	۱۷-۷ ویژگی‌های حرارتی لوله‌های انتقال سیال
۲۳۳	فصل ششم: فریت و نشست شمع‌های حرارتی
۲۳۴	۱-۸ ظرفیت باربری شمع‌های حرارتی
۲۳۹	۱۱-۸ نحوه محاسبه نقطه خنثی
۲۴۱	۱-۸ محاسبه اصطکاک بدنه شمع
۲۴۲	۲-۸ اندرکنش تیر و شمع حرارتی
۲۴۲	۱۲-۸ روش کلم
۲۴۴	۲-۲-۸ مشخص کردن جهت انتگرال
۲۴۶	۳-۸ رفتار مکانیکی شمع‌های حرارتی
۲۴۷	۴-۸ نشست حرارتی سر شمع
۲۴۸	۵-۸ نشست شمع‌های حرارتی مجار
۲۵۳	۱-۵-۸ ضریب اندرکنش
۲۶۰	۶-۸ نشست شمع در حالت انجماد
۲۶۳	۷-۸ نشست گروه شمع
۲۶۵	۱-۷-۸ مدل‌های عددی
۲۷۰	۲۰-۷-۸ مقایسه با نتایج تجربی
۲۷۱	فصل ششم: رفتار شمع‌های حرارتی بر اساس نتایج تجربی
۲۸۰	۱-۹ رفتار ترمومکانیکی شمع‌های حرارتی
۲۸۱	۱-۱-۹ بررسی رفتار با استفاده از روش‌های عددی
۲۹۹	۲-۹ تأثیر سیکل‌های حرارتی بر عملکرد شمع‌های حرارتی با تمرکز بر نفوذپذیری خاک
۳۰۱	۱۲-۹ فرمول‌های حاکم بر رفتار ترمو هیدرو مکانیکی
۳۰۲	۲۰-۲-۹ تحلیل فشار آب حفره‌ای با تغییر نفوذپذیری‌ها
۳۰۴	۳-۹ تأثیر کرنش‌های جزئی بر پاسخ ترمومکانیکی شمع حرارتی
۳۰۵	۴-۹ تأثیر گروه شمع در پاسخ ترمومکانیکی
۳۰۵	۵-۹ رفتار ترمو هیدرو مکانیکی شمع در خاک‌های رسی اشباع
۳۰۸	۶-۹ بررسی آزمایشگاهی رفتار شمع در خاک غیراشباع
۳۱۰	۷-۹ مطالعه موردی و مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار
۳۱۰	۱۷-۹ داده‌های تجربی
۳۱۰	۲۰-۷-۹ تاریخچه بارگذاری
۳۱۱	۳۷-۹ مدل‌سازی به روش اجزا محدود

۳۱۲	۴-۷-۹ شرایط استفاده‌شده در مدل‌سازی.....
۳۱۳	۵-۷-۹ مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی.....
۳۱۷	فصل دهم: تأثیر عوامل مختلف بر شمع‌های حرارتی.....
۳۱۸	۱-۱۰ عوامل مؤثر بر افزایش راندمان انتقال حرارت.....
۳۱۹	۲-۱۰ بهینه‌سازی هندسی.....
۳۲۵	۳-۱۰ بررسی سیال‌های نانو به‌عنوان سیال موجود در لوله‌ها.....
۳۳۱	۴-۱۰ بهبود انتقال حرارت به‌وسیله بتن.....
۳۳۵	۵-۱۰ تحلیل و بررسی یک مدل عددی.....
۳۳۶	۱-۵-۱۰ فرمول‌های ریاضی حاکم بر مدل موردنظر.....
۳۳۸	۲-۵-۱۰ شرایط مرزی و شرایط اولیه.....
۳۳۹	۳-۵-۱۰ تأثیر مشخصات لوله‌ها.....
۳۴۲	۴-۵-۱۰ اثر نسبت بدون بعد ابعاد شمع بر رفتار ترمومکانیکی.....
۳۴۵	۵-۵-۱۰ تأثیرات نرخ جریان سیال در لوله‌ها.....
۳۵۰	۶-۱۰ مهم‌ترین رزدهای نامشده.....
۳۵۳	۷-۱۰ راندمان شمع‌ها در حرارت.....
۳۵۴	۸-۱۰ راندمان حرارتی شمع‌های حرارتی در پروژه فرودگاه زوریخ.....
۳۶۰	۹-۱۰ عملکرد طولانی‌مدت شمع‌های حرارتی.....
۳۶۴	۱۰-۱۰ مزایا و معایب شمع‌های حرارتی.....
۳۶۴	۱۱-۱۰ کاربرد دیگر شمع‌های حرارتی.....
۳۶۹	منابع.....