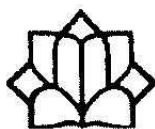


۲۵۱۱۹۰۶
۹۸/۴۱



۶۴۱

آب‌های زیرزمینی

جلد اول: هیدرولیک جریان

مؤلفان:

زهرا جمشیدزاده

(عضو هیئت علمی دانشگاه کاشان)

مجید توانگری برزی

(عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان)

۱۳۹۸

سرشناسه	:	جمشیدزاده، زهرا، ۱۳۵۵ -
عنوان و نام پدیدآور	:	آب‌های زیرزمینی؛ جلد اول: هیدرولیک جریان/ مولفان زهرا جمشیدزاده، مجید توانگری برزی.
مشخصات نشر	:	تهران: سخنوران، دانشگاه کاشان، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	:	۳۴۸ ص.
شابک	:	دوره ۰-۳۴۱-۶۲۲-۹۷۸: ج. ۷۱-۳۴۲-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
موضوع	:	آب‌های زیرزمینی
موضوع	:	Groundwater
موضوع	:	آب‌های زیرزمینی -- مسایل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
موضوع	:	(Higher) Groundwater-- Problems, exercises, etc.
شناسه افزود	:	توانگری برزی، مجید، ۱۳۵۶ -
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۸ ۲۱۸ ج/۲/۱۰۰۳ CB
رده بندی دیویی	:	۴۹/۵۵۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۶۵۷۶۷



۶۴۱

عنوان کتاب: آب‌های زیرزمینی؛ جلد اول: هیدرولیک جریان
مؤلفان: زهرا جمشیدزاده - مجید توانگری برزی

ناشر: سخنوران - دانشگاه کاشان

ناظر چاپ: سخنوران

طراح جلد: شهلا کرباس بافی

سال و نوبت چاپ: ۱۳۹۸ - اول

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۸۷-۶۲۲-۳۴۲-۷

قیمت: ۴۵۰۰۰ تومان

انتشارات دانشگاه کاشان - کیلومتر شش بلوار قطب رواندی - دانشگاه کاشان

حق چاپ محفوظ است.

انتشارات سخنوران: کارگر شمالی، بعد از ادوارد براون، شماره ۱۴۰۷، طبقه اول، تلفن: ۶۶۴۷۶۳۰۶

پیشگفتار:

حیات در کره زمین به آب وابسته است و زندگی گیاهان، حیوانات و انسان بدون وجود آب قابل تصور نیست. تأمین آب برای شرب، کشاورزی، صنعت و سایر نیازهای انسانی باعث شده که تمدن‌های بشری از ده‌ها هزار سال پیش پیرامون منابع آب شکل گیرند. در سرتاسر جهان، بیش از یک‌سوم آب موردنیاز بشر توسط آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. این در حالی است که در بسیاری از مناطق جهان و ازجمله ایران، آب‌های زیرزمینی بیش از نیمی از آب موردنیاز مردم را تأمین می‌کند.

هدف از نگارش این کتاب آشنایی علاقه‌مندان به‌ویژه دانشجویان مهندسی آب و هیدرولوژی محاسبات منابع طبیعی و علوم زمین‌شناسی و ژئوتکنیک با جنبه‌های تئوریک و کاربردی آب‌های زیرزمینی است. تمرکز این کتاب بر ارائه سرفصل‌های مرتبط با هیدرولیک جریان آب زیرزمینی، شتمن بر نه فصل مختلف همراه با ارائه مثال‌ها و تمرین‌های متنوع است. همچنین، هر رویه‌های چاه‌های ناقص و آزمایش پمپاژ در آبخوان‌های نشتی که کمبود آن‌ها در کتب مرجع و درس موجود به چشم می‌خورد در این کتاب ارائه شده‌اند. فصل اول کتاب دربرگیرنده کلیات و مفاهیم پایه آب زیرزمینی، چرخه آب و بیلان آب زیرزمینی است. فصل دوم کتاب به معرفی خواص فیزیکی آبخوان به‌عنوان عامل تأثیرگذار بر نحوه شکل‌گیری و جریان آب‌های زیرزمینی می‌پردازد. در فصل سوم، اصول جریان آب‌های زیرزمینی موردبررسی قرار می‌گیرد. قانون دارسی و اشتبار آن در مسائل آب زیرزمینی، نحوه محاسبه ضریب هدایت هیدرولیکی در آبخوان‌های ممتد و بسط قانون دارسی در فضای سه‌بعدی در این فصل ارائه شده‌اند. فصل چهارم به معرفی معادلات حاکم بر جریان در انواع مختلف آبخوان با شرایط مرزی مختلف می‌پردازد. هیدرولیک جریان در اطراف چاه‌ها در فصول پنجم تا هفتم بررسی شده است و معادلات حاکم بر جریان شعاعی در اطراف چاه‌های کامل و ناقص در آبخوان‌های محصور، آزاد و نشتی معرفی شده‌اند. فصل هشتم به معرفی تئوری چاه‌های مجازی و کاربرد آن در آبخوان‌های محدود و آزمایش پمپاژ در مجاور مرزهای آبخوان می‌پردازد. سیستم‌های چندچاهی و حریم چاه‌ها نیز موضوع این

فصل است. در فصل نهم مسئله تراوش در زیر سدهای خاکی و بتنی و نحوه ترسیم شبکه جریان در غالب چند مثال کاربردی به طور کامل ارائه شده است. به علاوه، در این فصل نحوه شکل گیری شبکه جریان در اطراف چاه ها و مرزهای آبخوان معرفی شده است.

در تدوین این کتاب نویسندگان حداکثر سعی و تلاش خود را نموده اند تا نحوه ارائه مطالب و مثال های کاربردی آن برای دانشجویانی که برای اولین بار با مباحث آب های زیرزمینی آشنا می شوند قابل درک بوده و همچنین برای مهندسان در طرح های کاربردی قابل استفاده باشد. اما، بدیهی است که نظرات سازنده اساتید، متخصصین و دانشجویان محترم می تواند غنای این کتاب بیفزاید. لذا نویسندگان از کلیه نقطه نظرات و راهنمایی های این عزیزان استقبال کرده و امید است این نظرات برای مؤلفان ارسال گردد. از داوران محترم کتاب که آن را کامل و دقیق مطالعه و مورد اظهار نظر قرار داده اند سپاسگزاری می گردد. حمایت دانشگاه گیلان در چاپ و انتشار این کتاب موجب تشکر و تقدیر است. در پایان لازم می دانیم مراتب تشکر و قدردانی خود را از سرکار خانم مهندس شهلا کرباس یافی که با دقت زیاد امور ترسیم شکل ها و برادارها را به عهده داشته اند، اعلام نماییم.

زهرا جمشیدزاده Email: jamshidzadeh@kashan.ac.ir

مجید توانگری برزی Email: m.tavangari@iaukashan.ac.ir

خرداد ۱۳۹۸

فهرست مطالب

فصل ۱.....	۱
کلیات.....	۱
۱-۱- اهمیت آب‌های زیرزمینی.....	۲
۱-۲- توزیع آب در کره زمین و چرخه آب (چرخه هیدرولوژیکی).....	۴
۱-۳- سینه استخراج آب‌های زیرزمینی.....	۷
۱-۳-۱- فواید.....	۷
۱-۳-۲- روند برداشت آب‌های زیرزمینی.....	۸
۱-۴- منشأ شکل‌گیری آب‌های زیرزمینی.....	۱۱
۱-۴-۱- آب‌های جوی.....	۱۱
۱-۴-۲- آب‌های ذاتی.....	۱۲
۱-۴-۳- آب‌های ماگماتیک.....	۱۲
۱-۵- توزیع رطوبت در خاک.....	۱۲
۱-۵-۱- ناحیه تهویه.....	۱۳
۱-۵-۱-۱- ناحیه رطوبت خاک.....	۱۳
۱-۵-۱-۲- ناحیه میانی.....	۱۴
۱-۵-۱-۳- ناحیه موئینگی.....	۱۴
۱-۵-۱-۲- ناحیه اشباع.....	۱۶
۱-۶- انواع سازندهای زمین شناسی.....	۱۷
۱-۶-۱- آکیوفر یا آبخوان.....	۱۷

- ۱-۶-۲- آکیو کلود ۱۸
- ۱-۶-۳- آکیو تارد ۱۸
- ۱-۶-۴- آکیو فیوژ ۱۸
- ۱-۷- انواع آبخوان به لحاظ شرایط مرزی ۱۹
- ۱-۷-۱- آبخوان آزاد (غیرمحصور) ۱۹
- ۱-۷-۲- آبخوان محصور یا تحت فشار ۱۹
- ۱-۷-۳- آبخوان نشئی ۲۰
- ۱-۷-۴- آبخوان معلق ۲۱
- ۸-۱- انواع آبخوان به لحاظ جنس مواد تشکیل دهنده ۲۲
- ۸-۱-۱- آبخوان های تشکیل از رسوبات شن و ماسه های ۲۲
- ۸-۱-۲- آبخوان های تشکیل شده در ماسه سنگ و کنگلومرا ۲۳
- ۸-۱-۳- آبخوان های تشکیل شده در سنگ های کربناتی (آبخوان های کارستی) ۲۳
- ۸-۱-۴- آبخوان های تشکیل شده در سنگ های آتشفشانی ۲۴
- ۸-۱-۵- آبخوان های تشکیل شده در سنگ های شکسته ۲۴
- ۹-۱- اندرکنش آب های سطحی و زیرزمینی ۲۴
- ۱۰-۱- بیلان آبی یا بیلان هیدرولوژیکی ۲۸
- ۱۱-۱- کاربردهای مهندسی آب های زیرزمینی ۳۳
- ۱-۱۱-۱- حفر چاه ۳۳
- ۲-۱۱-۱- مدیریت منابع آب ۳۳
- ۳-۱۱-۱- ساخت و ساز پروژه های عمرانی ۳۴
- ۴-۱۱-۱- بررسی های زیست محیطی ۳۴

۱-۱۱-۵- مطالعات زمین شناسی ۳۴

۱-۱۲- مسائل ۳۵

فصل ۲ ۳۷

آبخوان و خواص فیزیکی آن ۳۷

۱-۲- خواص فیزیکی محیط متخلخل خاک ۳۸

۱-۲-۱- تقسیم بندی خاک بر اساس اندازه دانه ها و بافت خاک ۳۸

۱-۲-۲- تخلخل ۴۱

۱-۲-۱-۲- متر، سرامل مؤثر بر تخلخل رسوبات ۴۴

الف) آرایش و تراز گرسن دانه ها ۴۴

ب) شکل و تراکم دانه ها ۴۵

ج) درجه سیمانی شدن ۴۶

د) توزیع دانه های با ابعاد مختلف (جورسنگ) ۴۷

۱-۲-۳- جرم مخصوص ظاهری ۴۸

۱-۲-۴- جرم مخصوص حقیقی ۴۸

۱-۲-۵- درصد رطوبت ۴۸

۱-۲-۶- درجه اشباع ۴۸

۱-۲-۷- تخلخل مؤثر یا آبدهی ویژه ۴۹

۱-۲-۸- نگهداشت ویژه ۵۱

۱-۲-۹- ضریب هدایت هیدرولیکی (ضریب نفوذپذیری) خاک ۵۵

۱-۲-۹-۱- معادلات تجربی تعیین ضریب هدایت هیدرولیکی ۵۶

۵۸	۲-۹-۱-۲- روش های آزمایشگاهی تعیین ضریب هدایت هیدرولیکی
۶۱	۲-۹-۱-۳- روش های میدانی تعیین ضریب هدایت هیدرولیکی
۶۱	۲-۱-۱۰- ضریب انتقال آبخوان
۶۲	۲-۱-۱۱- ضریب ذخیره و ذخیره ویژه آبخوان
۶۵	۲-۱-۱۱-۱- ضریب ذخیره آبخوان محصور
۶۶	۲-۱-۱۱-۲- ضریب ذخیره آبخوان آزاد
۷۰	۲-۱-۱۱-۳- ضریب ذخیره آبخوان آزاد

فصل ۳ ۷۱

۷۱	اصول جریان آب های زیرزمینی
۷۲	۳-۱- ارتفاع (هد) هیدرولیکی
۷۵	۳-۲- گرادیان هیدرولیکی
۷۷	۳-۳- قانون دارسی
۸۷	۳-۴- حدود اعتبار معادله دارسی
۸۹	۳-۵- محیط متخلخل همگن/ناهمگن، همسانگرد/ناهمسانگرد
۹۰	۳-۵-۱- ضریب نفوذپذیری معادل در خاک های لایه ای ناهمگن
۹۱	۳-۵-۱-۱- جریان آب زیرزمینی در امتداد موازی لایه های آبرفتی
۹۲	۳-۵-۱-۲- جریان آب زیرزمینی در امتداد عمود بر لایه های آبرفتی
۱۰۰	۳-۵-۱-۳- جریان عبوری از آبخوان مطبق همسانگرد در حالت کلی
۱۰۲	۳-۶- بسط قانون دارسی در فضای سه بعدی
۱۰۵	۳-۶-۱- مؤلفه های سرعت دارسی در محیط متخلخل همگن و همسانگرد

- ۳-۶-۲- معادله دارسی در محیط متخلخل غیرهمگن و همسانگرد ۱۰۷
- ۳-۶-۳- مؤلفه‌های سرعت دارسی در محیط متخلخل غیرهمسانگرد و همگن ۱۰۸
- ۳-۷- مؤلفه‌های دبی عبوری از آبخوان بر حسب ضریب انتقال ۱۱۰
- ۳-۸- جریان آب در آبخوان مطبق ۱۱۳
- ۳-۹- فرمول دارسی بر حسب هد فشار ۱۱۶
- ۳-۱۰- مسائل ۱۱۷

فصل ۴ ۱۲۱

- معادلات حاکم بر جریان ۱۲۱
- ۴-۱- معادله سه بعدی جریان غردائمی در آبخوان محصور ۱۲۲
- ۴-۲- معادله جریان دائمی آب در آبخوان محصور همگن و همسانگرد ۱۲۵
- ۴-۳- معادله حاکم بر جریان سه بعدی در آب آبدار آزاد ۱۲۸
- ۴-۴- معادله حاکم بر جریان دوبعدی در آبخوان محصور در صورت وجود تغذیه یا پمپاژ ۱۳۳
- ۴-۵- معادله حاکم بر جریان دوبعدی در آبخوان آزاد در صورت وجود تغذیه یا پمپاژ ۱۳۶
- ۴-۶- فرضیه دوپویی و فرشهایمر ۱۳۷
- ۴-۷- مسائل ۱۴۴

فصل ۵ ۱۴۵

- هیدرولیک چاههای کامل ۱۴۵
- ۵-۱- مخروط افت چاه ۱۴۶

- ۳-۵- فرضیات پایه در تحلیل جریان به سمت چاهها ۱۴۷
- ۴-۵- جریان شعاعی ماندگار به سمت چاه پمپاژ کامل در آبخوان محصور ۱۴۸
- ۵-۵- جریان شعاعی ماندگار به سمت یک چاه کامل در آبخوان آزاد ۱۵۷
- ۶-۵- جریان شعاعی ناماندگار به سمت چاه کامل در آبخوان محصور ۱۶۱
- ۵-۶-۱- آزمایش های آبخوان ۱۶۳
- ۵-۶-۲- معادله تاپس ۱۶۴
- ۵-۶-۳- روش ژاکوب- کوپر ، تعیین پارامترهای T و S با استفاده از یک چاه
مشاهداتی ۱۷۱
- ۵-۶-۴- روش ژاکوب ، آزمایش پمپاژ برای تعیین مقادیر T و S لایه آبدار با استفاده از
چند چاه مشاهده ۱۷۶
- ۵-۷-۱- جریان ناماندگار به سمت چاه در آبخوان آزاد ۱۷۷
- ۵-۷-۱- افت هد جریان ناماندگار در آبخوان آزاد بدون آبدهی تأخیری ۱۷۸
- ۵-۷-۲- افت هد جریان ناماندگار در آبخوان آزاد با آبدهی تأخیری ۱۷۹
- ۵-۷-۲-۱- روش بولتون ۱۷۹
- ۵-۷-۲-۲- روش نیومن ۱۸۱
- ۵-۸- آزمایش پمپاژ با دبی متغیر (افت پلکانی) ۱۸۳
- ۵-۹- تلفات چاه ۱۸۵
- ۵-۱۰- آزمایش جبران افت ۱۸۹
- ۵-۱۱- مسائل ۱۹۱

فصل ۶ ۱۹۳

- هیدرولیک چاه های کامل در آبخوان نشتی ۱۹۳

- ۱-۶- آزمایش پمپاژ و تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان های محصور نشتی ۱۹۴
- ۲-۶- جریان شعاعی ماندگار به سمت چاه پمپاژ در آبخوان نشتی ۱۹۶
- ۱-۲-۶- روش دی گلی ۱۹۶
- ۲-۲-۶- روش هنتوش- ژاکوب ۱۹۹
- ۳-۶- جریان شعاعی ناماندگار به سمت چاه پمپاژ در آبخوان محصور نشتی ۲۰۲
- ۱-۳-۶- روش هنتوش- ژاکوب (روش والتون) ۲۰۲
- ۲-۶- روش منحنی های اصلاح شده هنتوش ۲۰۷
- ۴-۶- مسائل ۲۱۲

فصل ۷ ۲۱۳

- هیدرولیک چاه های ناقص ۲۱۳
- ۲-۷- معادله جریان شعاعی ماندگار به سمت چاه ناقص در آبخوان محصور ۲۱۷
- ۱-۲-۷- روش اول اصلاحی هایزمن ۲۱۷
- ۲-۲-۷- روش دوم اصلاحی هایزمن ۲۱۹
- ۳-۷- معادله جریان شعاعی ماندگار به سمت چاه ناقص در آبخوان آزاد ۲۲۲
- ۴-۷- معادله جریان شعاعی ناماندگار به سمت چاه ناقص در آبخوان محصور ۲۲۳
- ۵-۷- مسائل ۲۲۶

فصل ۸ ۲۲۷

- جریان در مجاورت مرزهای آبخوان ۲۲۷
- ۱-۸- تئوری چاه مجازی ۲۲۸

- ۲۳۲..... ۲-۸- سیستم‌های چند مرزی
- ۲۳۵..... ۳-۸- تحلیل جریان ماندگار در مجاور مرزهای آبخوان محصور یا آزاد
- ۲۳۵..... ۱-۳-۸- تداخل چاه‌ها و سیستم‌های چندچاهی
- ۲۴۱..... ۲-۳-۸- تعیین افت هد در مجاور مرزها با استفاده از تئوری چاه‌های مجازی
- ۲۴۴..... ۳-۳-۸- روش استالمن
- ۲۴۶..... ۴-۸- روش دایتر
- ۲۴۹..... ۵-۸- مدل

فصل ۹..... ۲۵۱

- ۲۵۱..... شبکه جریان
- ۲۵۱..... ۱-۹- حل عمومی مسائل تراوش
- ۲۵۳..... ۲-۹- خطوط جریان و خطوط همپتانسیل
- ۲۵۶..... ۳-۹- شرایط مرزی
- ۲۵۸..... ۴-۹- جریان در مقاطع با ضرایب نفوذپذیری متفاوت
- ۲۶۱..... ۵-۹- شبکه جریان در خاکهای غیرهمسانگرد
- ۲۶۴..... ۶-۹- ترسیم شبکه جریان
- ۲۶۵..... ۱-۶-۹- توصیه‌های اساسی
- ۲۶۷..... ۲-۶-۹- انواع شبکه جریان
- ۲۶۸..... ۳-۶-۹- سیستم‌های جریان تحت فشار (سطح ایستابی معلوم)
- ۲۶۸..... ۱-۹- تراوش از زیر یک پرده آب بند (مقطع با ضریب نفوذپذیری ثابت):
- ۲۷۰..... ۲-۹- مثال جریان از زیر یک سد بتنی (مقطع با نفوذپذیری ثابت):

۲۷۳.....	۹-۶-۴- سیستم جریان آزاد (سطح ایستابی نامعلوم).
۲۷۳.....	مثال ۹-۳- تراوش در درون یک سد خاکی همگن:
۲۷۶.....	۹-۶-۵- مقطع مرکب با سطح ایستابی نامشخص
۲۷۶.....	مثال ۹-۴- سد خاکی غیرهمگن
۲۸۲.....	مثال ۹-۵- سد خاکی روی پی با نفوذپذیری کم
۲۸۴.....	مثال ۹-۶- سد خاکی با پی نفوذپذیر
۲۸۵.....	۹-۷- بهایع از شبکه‌های جریان پیچیده
۲۸۸.....	۹-۸- شبکه‌های رین در آب‌های زیرزمینی
۲۸۹.....	۹-۸-۱- حالت اول: ترسیم شبکه جریان در پلان چاه:
۲۹۲.....	۹-۸-۲- حالت دوم: ترسیم شبکه جریان در برش طولی چاه:
۲۹۵.....	پیوست الف
۳۱۱.....	پیوست ب
۳۲۳.....	پیوست ج: فهرست موضوعی
۳۲۹.....	مراجع