

برنام‌ح‌راوندجان‌و



انتشارات
۸۵۲

کانی‌شناسی کاربرد ی رس‌ها

دکتر مرتضی رزم‌آرا فرزقی
عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه:	رزم آرا، مرتضی، ۱۳۳۹ -
عنوان و نام پدیدآور:	کانی شناسی کاربردی رس ها/ مرتضی رزم آرا فرزقی؛ ویراستار ادبی هانیه اسدیپور فعال مشهد.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری:	۳۴۴ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۸۵۲.
شابک:	
وضعیت فهرست نویسی:	فاپا.
یادداشت:	واژه نامه. کتابنامه: ص. [۳۲۵] - ۳۴۰. نمایه.
موضوع:	سنگ معدن رسی
	سنگ معدن رسی -- کاربردهای صنعتی
	خاک رس
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده بندی کنگره:	QE۳۸۹/۶۲۵
رده بندی دیویی:	۵۴۹/۶
شماره کتابشناسی ملی:	۸۹۹۰۳۲۳
ISBN:	978-964-386-545-0
Clay minerals	
Clay minerals -- Industrial applications	
Clay	

کانی شناسی کاربردی رس ها

پدیدآورنده: دکتر مرتضی رزم آرا فرزقی
ویراستار ادبی: هانیه اسدیپور فعال مشهد
مشخصات: وزیری، ۱۰۰ نسخه، چاپ دوم، پاییز ۱۴۰۴ (اول، ۱۴۰۱)
چاپ و صحافی: همیار
بها: ۴/۰۰۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.



انتشارات
۸۵۲

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
مؤسسه کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن بست
گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱۷
کلمات مخفف.....	۱۹
فصل ۱. کلیات.....	۲۱
۱-۱ مقدمه.....	۲۱
۲-۱ کاربرد رس‌ها در دنیای کنونی و در آینده.....	۲۱
۳-۱ ارتباط کانی‌شناسی رس‌ها با شاخه‌های دیگر علوم.....	۲۲
۴-۱ تعریف رس.....	۲۳
۵-۱ تمایز بین رس و کانی‌رسی.....	۲۴
۶-۱ کانی‌های رسی و محیط‌زیست.....	۲۵
۷-۱ رفتار رس‌ها از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی و عمران.....	۲۶
۸-۱ رس‌ها از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی.....	۲۷
۹-۱ خاک از دیدگاه مهندسی.....	۲۸
۱۰-۱ مشخصات کانی‌های رسی.....	۲۹
۱۱-۱ جنبه‌های مفید و سودمند رس‌ها.....	۳۰
۱۲-۱ مباحث اساسی کتاب.....	۳۱
فصل ۲. چگونگی تشکیل خاک‌های رسی.....	۳۳
۱-۲ مقدمه.....	۳۳
۲-۲ مشخصات اساسی خاک.....	۳۵
۳-۲ توصیف و طبقه‌بندی خاک.....	۳۶
۴-۲ هوازدگی و آلتراسیون.....	۳۶
۱-۴-۲ هوازدگی فیزیکی.....	۳۶
۲-۴-۲ هوازدگی شیمیایی.....	۳۸
۵-۲ فاکتورهای مشارکت‌کننده در تشکیل خاک‌های رسی.....	۴۱
۱-۵-۲ آب و هوا.....	۴۲
۲-۵-۲ موجودات زنده.....	۴۳

- ۴۳..... ۲-۵-۳ پست و بلندی زمین (رلیف).
- ۴۶..... ۲-۵-۴ سنگ مادر.....
- ۴۸..... ۲-۵-۵ زمان.....
- ۴۹..... ۲-۶ تفاوت خاک، سیاه خاک و رسوب.....
- ۵۰..... ۲-۷ انواع نهشته‌های حاصل از هوازدگی.....
- ۵۰..... ۲-۷-۱ نهشته‌های سطحی برجا.....
- ۵۰..... ۲-۷-۲ رسوبات حمل شده.....
- ۵۴..... ۲-۸ حالت‌های عمده و چگونگی تشکیل رس‌ها.....
- ۵۴..... ۲-۸-۱ رس‌های آواری.....
- ۵۴..... ۲-۸-۲ رس‌های درجا.....
- ۵۴..... ۲-۸-۳ رس‌های دیاژنتیک.....
- ۵۶..... ۲-۸-۴ رس‌های آواری عهد حاضر.....
- ۵۶..... ۲-۹ رس چیست؟.....
- ۵۷..... ۲-۱۰ اجزای اصلی خاک.....
- ۵۷..... ۲-۱۱ طبقه‌بندی خاک‌ها.....
- ۵۸..... ۲-۱۲ خصوصیات خاک.....
- ۵۸..... ۲-۱۳ اندازه دانه‌ها در خاک.....
- ۵۹..... ۲-۱۴ دانه‌بندی و محدوده اندازه دانه‌ها در خاک‌ها.....
- ۶۰..... ۲-۱۵ اندازه ذرات رس.....
- ۶۱..... ۲-۱۵-۱ خصوصیات وابسته به اندازه ذرات.....
- ۶۱..... ۲-۱۵-۲ رده‌های اندازه ذرات.....
- ۶۲..... ۲-۱۶ کلوئیدها.....
- ۶۲..... ۲-۱۶-۱ کلوئید چیست؟.....
- ۶۴..... ۲-۱۶-۲ خواص کلوئیدی.....
- ۶۴..... ۲-۱۶-۳ اثر تیندال.....
- ۶۴..... ۲-۱۶-۴ انواع کلوئیدها.....
- ۶۵..... ۲-۱۶-۵ انواع کلوئیدها در خاک.....
- ۶۶..... ۲-۱۶-۶ دگرروانی.....
- ۶۹..... **فصل ۳. طبقه‌بندی و ساختار کانی‌های رسی.....**
- ۶۹..... ۳-۱ مقدمه.....
- ۷۰..... ۳-۲ بلوک‌های ساختاری مینا در فیلسیلیکات‌ها.....

۷۰	۱-۲-۳ ساختار رس های سیلیکاته لایه ای
۷۰	۲-۲-۳ ساختن بلوک ها: لایه های چهار وجهی (تتراهدری) و هشت وجهی (اکتاهدری)
۷۶	۳-۲-۳ لایه واحد و ناحیه بین لایه ای
۷۶	۴-۲-۳ جانشینی هم ریختی
۷۷	۵-۲-۳ خلاصه بحث فیلسیلیکات ها
۷۸	۳-۳ معیارهای طبقه بندی فیلسیلیکات ها
۸۰	۴-۳ طبقه بندی رس ها
۸۱	۱-۴-۳ رس های سیلیکاته لایه ای
۸۳	۲-۴-۳ خاک رس های اکسیدی فلزی- اکسیدهای فلزی و هیدروکسیدهای آبدار
۸۳	۳-۴-۳ مواد آمورف: آلوفان ها و ایمو جولايت ها
۸۵	۴-۴-۳ دیگر کانی های همراه رس ها: کرنات ها و کانی های سولفات ه
۸۵	۵-۳ ساختار فیلسیلیکات ها
۸۵	۱-۵-۳ سیلیکات های ورقه ای
۸۶	۶-۳ گروه میکا
۸۸	۷-۳ میکاهای آبدار
۸۹	۸-۳ طبقه بندی کانی های رسی بر مبنای ساختار
۹۰	۹-۳ معیارهای طبقه بندی کانی های رسی
۹۱	۱-۹-۳ تعداد و نحوه قرار گیری لایه ها
۹۱	۲-۹-۳ نوع لایه اکتاهدری: دی اکتاهدری در برابر تری اکتاهدری
۹۲	۳-۹-۳ مقدار بار (الکتریکی) لایه (غالباً در ساختارهای نوع 2:1 و 2:1)
۹۲	۴-۹-۳ چندگونگی
۹۲	۵-۹-۳ اتصال لایه ها
۹۲	۶-۹-۳ جانشینی
۹۲	۱۰-۳ طبقه بندی کانی های رسی
۹۳	۱-۱۰-۳ کانی های رسی دارای ساختار 1:1
۹۳	۲-۱۰-۳ مشخصات کانی های نوع 1:1
۹۴	۳-۱۰-۳ فیلسیلیکات ها و کانی های رسی دارای ساختار 2:1
۹۶	۴-۱۰-۳ کانی های رسی دارای ساختار 2:1
۹۶	۱۱-۳ طبقه بندی کانی های رسی بر مبنای کانی شناسی
۹۶	۱-۱۱-۳ گروه کائولینیت و مشخصات گروه کائولینیت
۱۰۱	۲-۱۱-۳ گروه ایلیت
۱۰۳	۱۲-۳ گروه اسمکتایت

۱۰۳.....	۱-۱۲-۳ مشخصات گروه مونتموریلونیت.....
۱۰۴.....	۲-۱۲-۳ کانی مونتموریلونیت.....
۱۰۶.....	۱۳-۳ گروه ورمیکولیت.....
۱۰۷.....	۱-۱۳-۳ کانی ورمیکولیت.....
۱۰۸.....	۱۴-۳ سپولیت.....
۱۱۰.....	۱-۱۴-۳ گروه کانی‌های رسی پالیگورسکیت - سپولیت.....
۱۱۰.....	۱۵-۳ رس‌های لایه‌ای مختلط.....
۱۱۲.....	۱۶-۳ رس‌های آنیونی یا هیدروکسیدهای لایه‌ای مضاعف و یا رس‌های نوع LDH.....
۱۱۵.....	۱۷-۳ رس‌های پیلارد (PILC) و کانی‌های رسی.....
۱۱۵.....	۱-۱۷-۳ مفهوم پیلارینگ و کانی‌های رسی پیلارد.....
۱۱۶.....	۲-۱۷-۳ انواع پیلارینگ.....
۱۱۷.....	۱۸-۳ دیگر کانی‌های فیلسیلیکات.....
۱۱۷.....	۱-۱۸-۳ گروه کلریت.....
۱۱۹.....	۱۹-۳ مقایسه ساختارها.....

فصل ۴. فرایندهای مؤثر در تشکیل خاک‌های رسی..... ۱۲۳

۱۲۳.....	۱-۴ مقدمه.....
۱۲۳.....	۲-۴ هوازدگی.....
۱۲۳.....	۱-۲-۴ سازوکار عملکرد هوازدگی شیمیایی در تشکیل کانی‌های رسی.....
۱۲۶.....	۲-۲-۴ نرخ واکنش.....
۱۲۸.....	۳-۴ جذب.....
۱۲۸.....	۴-۴ آگرگاتی شدن.....
۱۲۹.....	۵-۴ قلیایی شدن.....
۱۲۹.....	۶-۴ جایگزین شدن توسط کلسیم.....
۱۲۹.....	۷-۴ تشکیل کمپلکس فلزی به کمک عوامل ارگانیک.....
۱۲۹.....	۸-۴ تراکم، فشردگی.....
۱۲۹.....	۹-۴ ازدست‌دادن کلسیم.....
۱۲۹.....	۱۰-۴ تجزیه شیمیایی.....
۱۲۹.....	۱۱-۴ دهیدراسیون.....
۱۲۹.....	۱۲-۴ نهشته شدن.....
۱۲۹.....	۱۳-۴ نمک‌زدایی.....
۱۲۹.....	۱۴-۴ سیلیس‌زدایی.....

فهرست مطالب ۷

۱۲۹	۱۵-۴ پخش و نفوذ.....
۱۳۰	۱۶-۴ جدایش آگرگات‌ها.....
۱۳۰	۱۷-۴ پراکنش.....
۱۳۰	۱۸-۴ تبادل انرژی.....
۱۳۰	۱۹-۴ فرسایش.....
۱۳۰	۲۰-۴ اکسید شدن آهن.....
۱۳۰	۲۱-۴ زله‌ای شدن.....
۱۳۰	۲۲-۴ هوموسی شدن.....
۱۳۰	۲۳-۴ هیدراسیون.....
۱۳۱	۲۴-۴ هیدرولیز.....
۱۳۱	۲۵-۴ انعقاد یا دلمه‌ای شدن.....
۱۳۱	۲۶-۴ سفت‌شدگی.....
۱۳۱	۲۷-۴ تراوش.....
۱۳۲	۲۸-۴ کانی‌سازی.....
۱۳۲	۲۹-۴ اکسایش.....
۱۳۲	۳۰-۴ رسوب.....
۱۳۲	۳۱-۴ کاهش یا احیا.....
۱۳۲	۳۲-۴ سیلیسی شدن.....
۱۳۲	۳۳-۴ انحلال.....
۱۳۲	۳۴-۴ جریان سطحی آب.....
۱۳۲	۳۵-۴ تعلیق.....
۱۳۲	۳۶-۴ ستر.....
۱۳۲	۳۷-۴ حرکت بالارونده موینگی.....
۱۳۲	۳۸-۴ مرگب.....
۱۳۳	فصل ۵. خواص کانی‌های رسی.....
۱۳۳	۱-۵ مقدمه.....
۱۳۴	۲-۵ خواص کانی‌های رسی.....
۱۳۵	۱-۲-۵ خواص فیزیکوشیمیایی.....
۱۳۶	۲-۲-۵ خواص ژئوتکنیکی مهندسی رس‌ها.....
۱۳۷	۳-۵ سطح ویژه.....
۱۳۸	۱-۳-۵ اهمیت سطح ویژه.....

- ۱۳۸..... ۲-۳-۵ سطح ویژه یا SSA (Specific surface area).....
- ۱۳۹..... ۳-۳-۵ اندازه گیری سطح ویژه.....
- ۱۳۹..... ۴-۵ خواص بار در کانی‌های رسی.....
- ۱۴۰..... ۱-۴-۵ لایه الکتریکی مضاعف.....
- ۱۴۳..... ۵-۵ ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC).....
- ۱۴۵..... ۱-۵-۵ چرا ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) اهمیت دارد؟.....
- ۱۴۵..... ۶-۵ رس‌های با حجم متغیر.....
- ۱۴۶..... ۱-۶-۵ رس‌های منبسط‌شونده.....
- ۱۴۸..... ۲-۶-۵ رس‌های منقبض‌شونده.....
- ۱۴۸..... ۷-۵ خاصیت خمیرسانی خاک.....
- ۱۴۸..... ۱-۷-۵ نظریات درمورد خمیرسانی خاک.....
- ۱۴۸..... ۲-۷-۵ ثابت‌های اتربرگ.....
- ۱۴۹..... ۳-۷-۵ حد انقباض.....
- ۱۵۰..... ۴-۷-۵ حد خمیرسانی.....
- ۱۵۰..... ۵-۷-۵ حد چسبندگی.....
- ۱۵۰..... ۶-۷-۵ حد چسبناکی.....
- ۱۵۰..... ۷-۷-۵ حد بالای جریان گران‌روی.....
- ۱۵۰..... ۸-۷-۵ فاکتورهای مؤثر در ثابت‌های اتربرگ.....
- ۱۵۰..... ۸-۵ خواص بارز کانی‌های رسی.....
- ۱۵۰..... ۱-۸-۵ خواص بارز کائولن (شامل کانی‌های کائولینیت، دیکیت، نکریت و هالوزایت).....
- ۱۵۱..... ۲-۸-۵ خواص بارز کانی‌های گروه اسمکتایت.....

۱۵۳..... فصل ۶. خصوصیات فیزیکی خاک‌های رسی.....

- ۱۵۳..... ۱-۶ مقدمه.....
- ۱۵۳..... ۲-۶ خصوصیات فیزیکی رس‌ها.....
- ۱۵۳..... ۳-۶ خواص فیزیکی خاک.....
- ۱۵۴..... ۴-۶ رنگ.....
- ۱۵۵..... ۵-۶ قانون استوکس.....
- ۱۵۵..... ۶-۶ خصوصیات فیزیکی کانی‌های رسی.....
- ۱۵۵..... ۱-۶-۶ اندازه ذرات رس.....
- ۱۵۶..... ۲-۶-۶ شکل ذرات رس.....
- ۱۵۶..... ۳-۶-۶ اندیس‌هایی درمورد شکل ذرات.....

۱۵۷.....	۷-۶ ساخت یا ساختار خاک.....
۱۵۸.....	۱-۷-۶ انواع ساخت خاک.....
۱۶۳.....	۸-۶ ساختار کانی های رسی.....
۱۶۳.....	۱-۸-۶ ریخت شناسی (مورفولوژی) کانی های رسی و آگرگات های آنها.....
۱۶۷.....	۹-۶ سازوکارهای تجمع و اتصال اجزای تشکیل دهنده خاک.....
۱۶۷.....	۱-۹-۶ نظریه راسل.....
۱۶۷.....	۲-۹-۶ نظریه ارتباط توسط یون کلسیم.....
۱۶۸.....	۳-۹-۶ ساختار رس - آب.....
۱۶۸.....	۴-۹-۶ مفهوم مجاورت سطح - یال.....
۱۶۸.....	۵-۹-۶ مدل امرسون.....
۱۶۹.....	۶-۹-۶ نظریه دومن رسی.....
۱۶۹.....	۷-۹-۶ نظریه پیوند (توسط مواد) آلی.....
۱۶۹.....	۸-۹-۶ نظریه شبه بلوری.....
۱۷۰.....	۹-۹-۶ نظریه مجموعه های میکروسکوپی تشکیل دهنده خاک.....
۱۷۰.....	۱۰-۹-۶ مدل تسلسلی تجمع (Waters و Oades).....
۱۷۰.....	۱۱-۹-۶ مدل هسته ای POM.....
۱۷۰.....	۱۰-۶ عوامل مؤثر بر آگرگاتی شدن.....
۱۷۰.....	۱۱-۶ پوسته ای شدن یا انسداد سطحی.....
۱۷۰.....	۱-۱۱-۶ انواع پوسته (قشر).....
۱۷۱.....	۱۲-۶ بافت خاک.....
۱۷۲.....	۱-۱۲-۶ تفاوت خاک های با بافت ریزدانه در مقابل خاک های با بافت درشت دانه.....
۱۷۳.....	۲-۱۲-۶ بر آورد بافت خاک.....
۱۷۴.....	۳-۱۲-۶ رده بافتی.....
۱۷۵.....	۱۳-۶ فابریک در کانی های رسی.....
۱۷۵.....	۱-۱۳-۶ روش های مطالعه فابریک.....
۱۷۶.....	۱۴-۶ تخلخل.....
۱۷۶.....	۱۵-۶ نفوذ پذیری (قابلیت تراوایی) خاک.....
۱۷۶.....	۱۶-۶ رطوبت خاک.....
۱۷۷.....	۱۷-۶ خلل و فرج.....
۱۷۷.....	۱۸-۶ چگالی خاک.....

۱۷۹	فصل ۷. رس‌های واگرا و مخاطرات مرتبط با رس‌ها
۱۷۹	۱-۷ مقدمه
۱۷۹	۲-۷ واگرایی رس‌ها و رس‌های واگرا
۱۸۰	۱-۲-۷ معضلات مرتبط با رس‌های واگرا
۱۸۱	۲-۲-۷ خواص مکانیکی رس‌های واگرا
۱۸۱	۳-۲-۷ خواص شیمیایی رس‌هایی واگرا
۱۸۲	۴-۲-۷ منشأ (ژنز) رس‌های واگرا
۱۸۳	۵-۲-۷ روش‌های ارزیابی و تشخیص رس‌های واگرا
۱۸۶	۶-۲-۷ اصلاح رس‌های واگرا
۱۸۶	۳-۷ منقبض شدن - متورم شدن
۱۸۶	۱-۳-۷ تورم‌پذیری
۱۸۷	۲-۳-۷ انقباض
۱۸۷	۴-۷ گسیختگی
۱۸۹	۵-۷ لغزش
۱۹۰	۶-۷ خزش
۱۹۱	۱-۶-۷ چگونگی انجام خزش
۱۹۱	۷-۷ عوامل خارجی شکست
۱۹۱	۸-۷ عوامل داخلی شکست
۱۹۱	۱-۸-۷ رس‌ها
۱۹۲	۲-۸-۷ رس‌های روان
۱۹۲	۳-۸-۷ نقش آب
۱۹۳	۴-۸-۷ ماسه‌های روان
۱۹۳	۹-۷ ساختارهای نامناسب
۱۹۴	۱۰-۷ عوامل محرک
۱۹۴	۱۱-۷ طبقه‌بندی حرکت توده‌ها
۱۹۴	۱-۱۱-۷ ریزش
۱۹۴	۲-۱۱-۷ لغزش
۱۹۵	۳-۱۱-۷ جریان
۱۹۶	۴-۱۱-۷ فرونشست
۱۹۷	۱۲-۷ مخاطرات رس‌ها
۱۹۷	۱-۱۲-۷ عمران
۱۹۸	۲-۱۲-۷ صنعت

۱۹۸.....	۳-۱۲-۷ محیط‌زیست
۱۹۸.....	۴-۱۲-۷ کشاورزی
۱۹۹.....	فصل ۸. روش‌های شناسایی کانی‌های رسی
۱۹۹.....	۸-۱ مقدمه
۲۰۰.....	۸-۲ روش‌های شناسایی رس‌ها
۲۰۱.....	۸-۳ شناسایی رس‌ها در صحرا
۲۰۱.....	۸-۳-۱ تعیین اندازه ذرات در صحرا
۲۰۱.....	۸-۴ آماده‌سازی نمونه
۲۰۲.....	۸-۵ آزمایشات اندازه دانه
۲۰۲.....	۸-۵-۱ الک کردن تر
۲۰۲.....	۸-۵-۲ الک کردن خشک
۲۰۲.....	۸-۵-۳ تعیین اندازه ذرات در آزمایشگاه
۲۰۴.....	۸-۶ آنالیزهای اندازه ذره
۲۰۵.....	۸-۶-۱ منحنی‌های دانه‌بندی تیپیک
۲۰۵.....	۸-۶-۲ شاخص‌های دانه‌بندی
۲۰۶.....	۸-۶-۳ مثال‌هایی از آنالیز الک
۲۰۷.....	۸-۷ تکنیک‌های تحلیلی برای مطالعات رس‌ها
۲۰۷.....	۸-۸ شناسایی کانی‌های رسی به کمک پراش پرتو X
۲۰۸.....	۸-۸-۱ آماده‌سازی نمونه کانی‌های رسی برای آنالیزهای XRD
۲۰۸.....	۸-۸-۲ ارزیابی نمونه
۲۰۹.....	۸-۸-۳ تفکیک سنگ
۲۱۰.....	۸-۸-۴ جدایش کانی‌های رسی از توده‌های سست
۲۱۰.....	۸-۸-۵ جدایش سیلت و رس با استفاده از ته‌نشینی ثقلی جهت مطالعات XRD
۲۱۱.....	۸-۸-۶ روش ته‌نشینی ثقلی
۲۱۱.....	۸-۹ عمل‌آوری کانی‌های رسی
۲۱۱.....	۸-۹-۱ جدایش کانی‌های رسی از سنگ‌های کربناته
۲۱۲.....	۸-۹-۲ حذف کربنات‌ها توسط عمل‌آوری با اسیداستیک
۲۱۳.....	۸-۹-۳ جدایش کانی‌های رسی از سنگ‌های سولفات
۲۱۳.....	۸-۹-۴ حذف اکسیدهای آهن به روش شیمیایی و یا حذف پیک‌های آن‌ها در آنالیزهای XRD
۲۱۴.....	۸-۹-۵ حذف مواد آلی (ارگانیک)
۲۱۴.....	۸-۹-۶ عمل‌آوری حرارتی گرمایش کانی‌های رسی برای مطالعات XRD

- ۲۱۵.....۷-۹-۸ عمل‌آوری توسط اتیلن‌گلیکول.....
- ۲۱۵.....۱۰-۸ شناسایی کانی‌های رسی به کمک آنالیزهای XRD.....
- ۲۱۶.....۱-۱۰-۸ اطلاعات حاصل از یک الگوی پراش پرتو X.....
- ۲۱۶.....۲-۱۰-۸ چندگونگی.....
- ۲۱۷.....۱۱-۸ شناسایی کانی‌های رسی توسط آنالیزهای دیفرانسیل حرارتی یا DTA.....
- ۲۱۷.....۱-۱۱-۸ شناسایی کانی‌های رسی توسط آنالیزهای حرارتی‌وزنی یا TGA.....
- ۲۱۸.....۱۲-۸ روش‌های شناسایی کانی‌های رسی توسط میکروسکوپ‌های الکترونی.....
- ۲۱۹.....۱-۱۲-۸ شناسایی کانی‌های رسی توسط میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی (SEM).....
- ۲۱۹.....۲-۱۲-۸ شناسایی کانی‌های رسی با استفاده از تصاویر توپوگرافیک (و مورفولوژی) حاصل از SEM.....
- ۲۲۰.....۳-۱۲-۸ تصاویر حاصل از اختلاف ترکیب.....
- ۲۲۰.....۴-۱۲-۸ کاتدولو مینیسانس (CL).....
- ۲۲۱.....۵-۱۲-۸ نگاشت پرتو X.....
- ۲۲۲.....۶-۱۲-۸ شناسایی کانی‌های رسی توسط میکروسکوپ‌های الکترونی تراگیل (TEM).....
- ۲۲۵.....۱۳-۸ شناسایی کانی‌های رسی به کمک سطح ویژه (SSA).....
- ۲۲۵.....۱۴-۸ شناسایی کانی‌های رسی با تعیین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی آن‌ها.....
- ۲۲۷.....۱۵-۸ کاربرد نمودارهای خمیرسانی در شناسایی کانی‌های رسی.....
- ۲۲۷.....۱۶-۸ شناسایی کانی‌های رسی پتاسیم‌دار با اندازه‌گیری مقدار پتاسیم موجود در آن‌ها.....
- ۲۲۸.....۱۷-۸ روش‌های پیشرفته‌شناسایی کانی‌های رسی.....
- ۲۳۰.....۱۸-۸ آزمایشات لازم جهت شناسایی کانی‌های گروه کائولینیت.....
- ۲۳۱.....۱-۱۸-۸ شناسایی کانی‌های گروه کائولینیت توسط XRD.....
- ۲۳۱.....۲-۱۸-۸ شناسایی کانی‌های گروه کائولینیت به کمک آنالیزهای شیمیایی.....
- ۲۳۲.....۳-۱۸-۸ شناسایی کائولینیت توسط میکروسکوپ‌های الکترونی (SEM و TEM).....
- ۲۳۳.....۴-۱۸-۸ شناسایی کائولینیت توسط آنالیزهای حرارتی‌وزنی (TGA).....
- ۲۳۵.....۵-۱۸-۸ سطح ویژه کائولینیت.....
- ۲۳۵.....۶-۱۸-۸ ظرفیت تبادل کاتیونی کائولینیت.....
- ۲۳۵.....۷-۱۸-۸ خصوصیات تورم‌پذیری و خمیرسانی کائولینیت.....
- ۲۳۶.....۸-۱۸-۸ دیگر کانی‌های گروه کائولینیت.....
- ۲۳۸.....۱۹-۸ روش‌های شناسایی کانی‌های گروه ایلیت.....
- ۲۳۸.....۱-۱۹-۸ شناسایی ایلیت توسط XRD.....
- ۲۳۸.....۲-۱۹-۸ شناسایی ایلیت به کمک آنالیزهای شیمیایی (XRF).....
- ۲۴۰.....۳-۱۹-۸ شناسایی ایلیت توسط میکروسکوپ‌های الکترونی.....
- ۲۴۰.....۴-۱۹-۸ سطح ویژه ایلیت.....

۲۴۱.....	۵-۱۹-۸ ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) ایلیت.
۲۴۱.....	۶-۱۹-۸ خصوصیات تورم‌پذیری و خمیرسانی ایلیت.
۲۴۱.....	۷-۱۹-۸ تعیین پتاسیم موجود در کانی ایلیت.
۲۴۱.....	۲۰-۸ روش‌های شناسایی کانی‌های گروه اسمکتایت.
۲۴۲.....	۱-۲۰-۸ روش‌های شناسایی کانی‌های گروه اسمکتایت توسط XRD.
۲۴۲.....	۲-۲۰-۸ شناسایی کانی‌های گروه اسمکتایت توسط آنالیزهای شیمیایی.
۲۴۴.....	۳-۲۰-۸ شناسایی کانی‌های گروه اسمکتایت به کمک DTA (یا DSC) و آنالیزهای حرارتی وزنی TG.
۲۴۵.....	۴-۲۰-۸ استفاده از میکروسکوپ‌های الکترونی در شناسایی کانی‌های گروه مونتموریلونیت.
۲۴۵.....	۵-۲۰-۸ سطح ویژه مونتموریلونیت.
۲۴۶.....	۶-۲۰-۸ ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) مونتموریلونیت.
۲۴۷.....	۷-۲۰-۸ خصوصیات تورم‌پذیری و خمیرسانی مونتموریلونیت.
۲۴۸.....	۲۱-۸ شناسایی کانی‌های گروه ورمیکولیت.
۲۴۸.....	۱-۲۱-۸ شناسایی ورمیکولیت توسط XRD.
۲۴۸.....	۲-۲۱-۸ شناسایی ورمیکولیت به کمک آنالیزهای شیمیایی.
۲۴۸.....	۳-۲۱-۸ شناسایی ورمیکولیت توسط میکروسکوپ‌های الکترونی (SEM و TEM).
۲۴۸.....	۴-۲۱-۸ سطح ویژه ورمیکولیت.
۲۴۹.....	۵-۲۱-۸ ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) ورمیکولیت.
۲۴۹.....	۲۲-۸ شناسایی کانی‌های گروه هیدروکسیدهای مضاعف لایه‌ای (LDH).
۲۴۹.....	۱-۲۲-۸ شناسایی گروه LDH توسط میکروسکوپ‌های الکترونی.
۲۵۰.....	۲۳-۸ شناسایی کانی‌های گروه کلریت.
۲۵۰.....	۱-۲۳-۸ شناسایی کانی‌های گروه کلریت توسط XRD.
۲۵۰.....	۲-۲۳-۸ شناسایی کانی‌های گروه کلریت توسط آنالیزهای شیمیایی.
۲۵۲.....	۳-۲۳-۸ شناسایی کلریت توسط میکروسکوپ‌های الکترونی.
۲۵۳.....	۴-۲۳-۸ سطح ویژه کلریت.
۲۵۳.....	۵-۲۳-۸ دیگر روش‌های شناسایی کانی‌های گروه کلریت.
۲۵۳.....	۲۴-۸ شناسایی کانی‌های گروه پالیکورسکیت.
۲۵۳.....	۱-۲۴-۸ شناسایی کانی پالیکورسکیت توسط XRD.
۲۵۴.....	۲-۲۴-۸ شناسایی کانی پالیکورسکیت توسط آنالیزهای شیمیایی.
۲۵۴.....	۳-۲۴-۸ شناسایی پالیکورسکیت توسط میکروسکوپ‌های الکترونی.
۲۵۵.....	۲۵-۸ شناسایی سپیولیت.
۲۵۵.....	۱-۲۵-۸ شناسایی سپیولیت توسط XRD.
۲۵۷.....	۲-۲۵-۸ شناسایی سپیولیت توسط آنالیزهای شیمیایی.

۲۵۷.....	۳-۲۵-۸ شناسایی سپیولیت توسط میکروسکوپ‌های الکترونی.....
۲۵۹.....	۴-۲۵-۸ شناسایی سپیولیت به کمک DTA و آنالیزهای حرارتی وزنی (TG).....
۲۶۱.....	۲۶-۸ خصوصیات بارز در شناسایی کانی‌های رسی.....
۲۶۱.....	۱-۲۶-۸ خصوصیات بارز در شناسایی اسمکتایت‌ها.....
۲۶۲.....	۲-۲۶-۸ تفاوت‌های بین ورمیکولیت‌ها و اسمکتایت‌ها.....
۲۶۲.....	۳-۲۶-۸ تمایز بین کلریت و کائولینیت.....
۲۶۲.....	۴-۲۶-۸ تمایز ایلیت از مسکویت.....
۲۶۳.....	۲۷-۸ رس‌های لایه‌ای مختلط.....
۲۶۳.....	۱-۲۷-۸ معنی و مفهوم لایه مختلط.....

فصل ۹. کاربردهای اقتصادی و صنعتی رس‌ها..... ۲۶۵

۲۶۵.....	۱-۹ مقدمه.....
۲۶۸.....	۲-۹ کاربردهای صنعتی رس‌ها.....
۲۶۹.....	۳-۹ طبقه‌بندی صنعتی رس‌ها.....
۲۶۹.....	۴-۹ کانی‌شناسی رس‌ها.....
۲۷۰.....	۵-۹ منشأ (ژنز) کانی‌های رسی.....
۲۷۰.....	۶-۹ گروه کائولینیت.....
۲۷۰.....	۱-۶-۹ تعریف و طبقه‌بندی.....
۲۷۱.....	۲-۶-۹ زمین‌شناسی و رخدادهای کائولن.....
۲۷۱.....	۳-۶-۹ کانی‌شناسی کائولن.....
۲۷۲.....	۴-۶-۹ منشأ (ژنز) کائولینیت.....
۲۷۲.....	۵-۶-۹ خواص کائولن.....
۲۷۲.....	۶-۶-۹ کاربردهای کائولن.....
۲۷۶.....	۷-۹ کانی‌های گروه اسمکتایت.....
۲۷۶.....	۱-۷-۹ تعریف و طبقه‌بندی.....
۲۷۷.....	۲-۷-۹ رخدادهای زمین‌شناسی کانی‌های گروه اسمکتایت.....
۲۷۸.....	۳-۷-۹ کانی‌شناسی کانی‌های گروه اسمکتایت.....
۲۷۹.....	۴-۷-۹ منشأ (ژنز) گروه اسمکتایت.....
۲۸۰.....	۵-۷-۹ بنتونیت.....
۲۹۳.....	۸-۹ کانی‌های گروه ایلیت.....
۲۹۳.....	۱-۸-۹ تعریف و طبقه‌بندی.....
۲۹۳.....	۲-۸-۹ منشأ (ژنز) ایلیت.....

۲۹۴.....	۳-۸-۹ کاربردهای ایلیت.....
۲۹۴.....	۹-۹ کانی‌های گروه ورمیکولیت.....
۲۹۴.....	۱-۹-۹ تعریف و طبقه‌بندی گروه ورمیکولیت.....
۲۹۵.....	۲-۹-۹ کانی‌شناسی ورمیکولیت.....
۲۹۵.....	۳-۹-۹ منشأ (ژنز) ورمیکولیت.....
۲۹۶.....	۱۰-۹ رس توپی.....
۲۹۶.....	۱-۱۰-۹ تعریف و طبقه‌بندی بال کلی (رس توپی).....
۲۹۶.....	۲-۱۰-۹ کانی‌شناسی بال کلی.....
۲۹۶.....	۳-۱۰-۹ منشأ (ژنز) و چگونگی تشکیل رس توپی (بال کلی).....
۲۹۷.....	۴-۱۰-۹ کاربردهای بال کلی.....
۲۹۷.....	۱۱-۹ خاک رس رنگ‌زدا.....
۲۹۸.....	۱-۱۱-۹ کانی‌شناسی.....
۲۹۸.....	۱۲-۹ کانی‌های گروه سپولیت.....
۲۹۸.....	۱-۱۲-۹ تعریف و طبقه‌بندی سپولیت.....
۲۹۸.....	۲-۱۲-۹ زمین‌شناسی.....
۲۹۸.....	۳-۱۲-۹ کاربردها.....
۲۹۹.....	۱۳-۹ رس پفی.....
۲۹۹.....	۱۴-۹ رس کوزه‌گری یا سفالگری.....
۲۹۹.....	۱۵-۹ شیل.....
۳۰۰.....	۱۶-۹ گل آتش‌خوار.....
۳۰۱.....	فصل ۱۰. کاربردهای ویژه رس‌ها.
۳۰۱.....	۱-۱۰ مقدمه.....
۳۰۱.....	۲-۱۰ رس‌ها و کانی‌های رسی جهت کنترل آلاینده‌ها.....
۳۰۳.....	۳-۱۰ کاربردهای رس‌ها در مدیریت پسماندهای سمی و غیرسمی.....
۳۰۴.....	۴-۱۰ نقش کانی‌های رسی در حفظ محیط‌زیست.....
۳۰۴.....	۵-۱۰ جاذب یون‌های فلزات سنگین.....
۳۰۶.....	۶-۱۰ کاربردهای پزشکی و دارویی رس‌ها و کانی‌های رسی.....
۳۰۷.....	۱-۶-۱۰ استفاده از کانی‌های رسی طبیعی در داروسازی و حامل‌های دارویی.....
۳۰۷.....	۲-۶-۱۰ جذب سموم توسط بتونیت‌های طبیعی و اکتیو شده.....
۳۰۹.....	۷-۱۰ رس‌های نانویی به‌عنوان جاذب‌های نانو و مواد متخلخل نانویی در صنایع غذایی.....
۳۰۹.....	۸-۱۰ نقش کانی‌های رسی در اکتشافات نفت و گاز.....

۳۱۰	.....	۹-۱۰ نقش جاذب‌های رسی در مقابله با آلاینده‌های نفتی
۳۱۱	.....	۱۰-۱۰ رس‌های نانویی
۳۱۲	.....	۱۱-۱۰ دیگر کاربردهای متنوع رس‌ها
۳۱۳	.....	واژه‌نامه (فارسی به انگلیسی)
۳۱۹	.....	واژه‌نامه (انگلیسی به فارسی)
۳۲۵	.....	منابع
۳۴۱	.....	نمایه

پیشگفتار

سپاس خدای هستی بخش را که به انسان توانایی آموختن و تفکر آموخت تا بتواند گام‌هایی هرچند کوچک در مسیر شناخت شگفتی‌های خلقت بردارد. در این مسیر هرچه از ابزارهای پیشرفته‌تر استفاده شود، امکان فهم پدیده‌هایی که کمتر در معرض دید بشر بوده‌اند، بهتر وجود خواهد داشت.

هدف از تألیف این کتاب، آشنایی با مبانی کانی‌شناسی رس‌ها و کاربردهای آن‌ها در زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، مهندسی عمران، علوم خاک‌شناسی و محیط‌زیست است. از دیگر اهداف، فراهم کردن زمینه‌ای برای استفاده بهتر پژوهشگران از کانی‌های رسی جهت شناخت بهتر خواص، رفتارها و فاکتورهای کنترل‌کننده تغییر خواص آن‌ها در مقیاس‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی است. رس‌ها و کانی‌های رسی، چه به صورت معمولی و چه به صورت تعدیل‌شده، به دلیل فراوانی، ارزانی، تناسب داشتن با محیط‌زیست و عدم آلایندگی از طرف بعضی از محققان به عنوان مواد شاخص قرن ۲۱ محسوب شده‌اند. به دلیل تأثیر قابل توجه کانی‌های رسی در پروژه‌های مهندسی، مطالعه این کانی‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در زیرسازی جاده‌ها، پی‌سازه‌های بزرگ و حتی زیرسازی محل‌های مسکونی، ایجاد سدهای خاکی و نیز محل دفن زباله‌ها و پسماندها، نیاز به خاک مناسب وجود دارد. از نظر مهندسی، رفتار خاک‌ها عمدتاً تحت تأثیر کانی‌های رسی موجود در آن‌ها قرار می‌گیرد. کاربرد گسترده کانی‌های رسی در بخش‌های گوناگون (مهندسی و صنعتی) ارتباط تنگاتنگی با ساختار و ترکیب آن‌ها دارد. مهندسان ژئوتکنیک از خواص مهندسی خاک همچون مقاومت، تغییر شکل‌پذیری، تراکم‌پذیری، نفوذپذیری و نیز مدل‌های پیش‌بینی نظری به این منظور استفاده می‌کنند. دانشمندان کانی‌شناسی رس‌ها نه تنها به ماهیت کانی‌های رسی، بلکه به برهم‌کنش‌های بین کانی‌های رسی و محیط آن‌ها تحت تأثیر عواملی همچون شرایط ترمودینامیکی محیطی، مشخصه‌های اسیدی‌بازی محیط، نوع کانی‌های رسی، مواد آلی موجود در محیط و غیره می‌پردازند. بنابراین تحقیقات مربوط به آن‌ها نه تنها مستلزم مطالعات کلاسیک شیمی فیزیک جامد-مایع، بلکه نیازمند مطالعات گسترده‌تر در حوزه‌های دیگر نیز است.

در مورد خواصی از خاک‌های رسی که در موارد زیست‌محیطی، زمین‌شناسی مهندسی اقتصادی و عمران اهمیت دارند، خواص فیزیکوشیمیایی، خواص ژئوتکنیکی مهندسی رس‌ها، اهمیت خواص گوناگون رس‌ها (همچون سطح ویژه، ظرفیت تبادل کاتیونی، خمیرسانی، چسبندگی، بار الکتریکی و غیره)، تورم‌پذیری رس‌ها و خواص بارز کانی‌های رسی لازم است تا بحث شود. خصوصیات فیزیکی خاک‌های رسی، ساخت، انواع

ساخت در خاک، نظریات مختلف در مورد مکانیسم‌های تجمع و اتصال اجزای تشکیل دهنده خاک، عوامل مؤثر بر آگرگاتی شدن، بافت خاک، نقش فابریک و قابلیت تراوایی خاک از مواردی است که نیاز به بحث عمیق در مورد آنها وجود دارد.

هدف از تألیف این کتاب فراهم کردن زمینه‌ای برای درک بهتر خواص و رفتار خاک‌های رسی و فاکتورهای کنترل‌کننده تغییر خواص آنها در ارتباط با زمان است. از دیگر اهداف کتاب، مشخص کردن این پرسش است که چرا آگاهی از رفتار خاک‌های رسی در محیط زیست و زمین شناسی اهمیت دارد و چگونه با شناخت عمیق تر رس‌ها، از آنها در حل بسیاری از مسائل زیست محیطی، ژئوتکنیکی و زمین شناسی می‌توان استفاده کرد. امید که این مجموعه برای محققان زیست محیطی، زمین شناسان، کانئ شناسان، مهندسان عمران و ژئوتکنیک که با کاربرد رس‌ها سروکار دارند، مفید باشد. در اینجا لازم است از تمامی همکاران محترم که در تهیه این مجموعه، نهایت سعی و کوشش خود را کرده‌اند، تشکر کنم.

مرئضئ رزم آرا

تابستان ۱۴۰۱

کلمات مخفف

AEC	ظرفیت تبادل آتیونی
AIPEA	انجمن بین المللی رس
BS	سیگنال پس تابش
BSI	تصاویر پس تابش
CEC	ظرفیت تبادل کاتیونی
CL	کاتدولومینسانس
CMS	انجمن کانی‌های رسی
DSC	کالریمتری روبشی تفضیلی
EDS	طیف‌نمایی تفکیک انرژی (آنالیز تفکیک انرژی)
EDX	آنالیز تفکیک انرژی پرتو ایکس
EPMA	ریز کاوشگر الکترونی (الکترون میکروپروب)
ESEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی زیست‌محیطی
FWMH	عرض کامل در نیمه ارتفاع
HRASEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی آنالیزی با قدرت تفکیک بالا
HTXRD	پراش پرتو X درجه حرارت بالا
HRTEM	میکروسکوپ الکترونی تراگسیل تفکیک بالا
H.V.TEM	میکروسکوپ الکترونی تراگسیل با ولتاژ بالا
LDH	هیدروکسیدهای لایه‌ای مضاعف
LT-SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی درجه حرارت پایین
LV-SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی ولتاژ پایین
IMP	مایکروپروب یونی
OM	ارگانومتالیک
PILC	رس‌های پیلارد
PL	حدّ پلاستیک
PSD	توزیع اندازه ذرات
SEI	تصاویر ایجادشده توسط الکترون‌های ثانویه
SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی

SPM	میکروسکوپ الکترونی کاوشی روبشی
SRS	منبع تشعشع سینکروترون
SSA	سطح‌ویژه
STEM	میکروسکوپ الکترونی تراگسیل روبشی
STM	میکروسکوپ تونلی روبشی
TEM	میکروسکوپ الکترونی تراگسیل
TGA	آنالیزهای حرارتی‌وزنی
UHV	خلأ فوق‌العاده بالا
USCS	سامانه واحد طبقه بندی خاک
WDS	طیف‌نمایی تفکیک طول‌موج
XRD	پراش پرتو X
XRF	طیف‌سنجی فلورسینس پرتو X
XPS	طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو

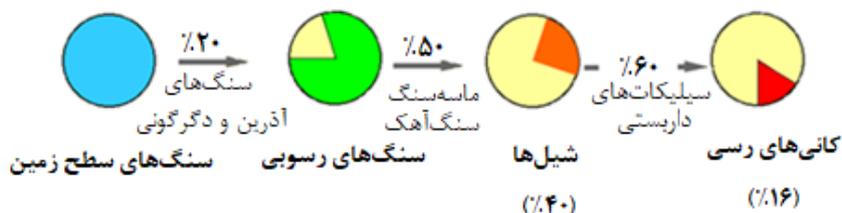
کلیات

۱-۱ مقدمه

از ابتدای زندگی بشر بر روی زمین، رس‌ها همیشه در زندگی انسان نقش ویژه‌ای داشته‌اند. در قرون جدید نیز دانشمندان و فناوری‌ها، تحقیقات و کاربردهای گوناگونی در رشته‌ها و موضوعات مختلف درباره خاک‌های رس داشته‌اند. با توجه به بررسی حجم مواد تشکیل دهنده سطح زمین، برآورد شده است که کانی‌های رسی در حدود ۱۶٪ از ۲۰ کیلومتر بخش فوقانی زمین را تشکیل می‌دهند. رس‌ها در خاک‌ها و زون‌های آلتراسیون هیدروترمال همراه با سنگ‌های آذرین و دگرگونی نیز به فراوانی یافت می‌شوند. کانی‌های رسی در سطح زمین بسیار پایدار هستند. شکل ۱-۱، حجم دربرگیری کانی‌های رسی را در ۲۰ کیلومتری فوقانی پوسته زمین نشان می‌دهد. اصطلاح خاک رس^۱ معمولاً به ماده‌ای اطلاق می‌شود که دارای خصوصیات زیر باشد: ۱- ماده‌ای طبیعی با خاصیت پلاستیکی، ۲- ذراتی با اندازه بسیار ریز (به‌طور معمول ذرات کوچک‌تر از $2\ \mu\text{m}$)، ۳- خرده‌ذرات بسیار ریز کانی‌ها یا ذرات کانی‌هایی که بیشتر از آلومینوسیلیکات‌های لایه‌ای آبدار (گاهی اوقات حاوی Mg و Fe) تشکیل شده‌اند.

۲-۱ کاربرد رس‌ها در دنیای کنونی و در آینده

کانی‌های رسی همچون کائولینیت، گروه اسمکتایت، پالیکورسکیت و سیپولیت در گروه مهم‌ترین و مفیدترین کانی‌های صنعتی جهان محسوب می‌شوند (Murray, 2018). علاوه بر کاربردهای گوناگون کانی‌های رسی در زمین‌شناسی، محیط‌زیست، کشاورزی، آن‌ها در ساخت سازه‌ها (عمران) نیز اهمیت زیادی دارند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و ژئوتکنیکی مهندسی کانی‌های رسی، تعیین‌کننده کاربرد آن‌ها در صنایع فراوری‌اند.



شکل ۱-۱ حجم کانی‌های رسی در ۲۰ کیلومتر فوقانی سطح پوسته زمین (Costanzo and Guggenheim, 2001)

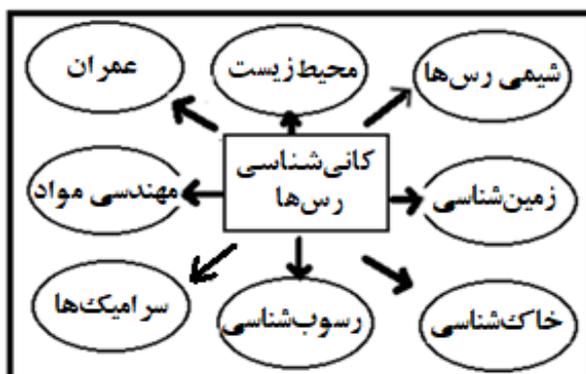


شکل ۲-۱ رس‌ها در دنیای کنونی و در آینده (اقتباس از مجله کانی‌شناسی کاربردی رس‌ها، ۲۰۱۸)

در آینده، فناوری‌های فراوری ارتقا می‌یابند و پیشرفته می‌شوند و تجهیزات جدید در دسترس خواهند بود تا فرآورده‌های حاصل از فراوری کانی‌های رسی بهبود یابند و در دسترس قرار گیرند. رس‌های پیلارد و نانو کامپوزیت‌ها مهم خواهند شد. پیشرفت‌های بیشتر در فناوری رس‌های آلی و عمل‌آوری‌های سطح، کاربردهای جدیدی برای این رس‌های خاص فراهم می‌کنند (Murray, 2018). به‌طور یقین، در آینده شاهد رشد بیشتر و کاربردی‌تر از کانی‌های رسی خواهیم بود (شکل ۲-۱).

۳-۱ ارتباط کانی‌شناسی رس‌ها با شاخه‌های دیگر علوم

رس‌ها گروه خاصی از کانی‌های آلومینوسیلیکات آبدار با ساختار بلوری لایه‌ای‌اند. ذرات رس خیلی کوچک (در اندازه کلونیدی) هستند. بنابراین رفتار آن‌ها توسط نیروهای سطح کنترل می‌شود. برای فهم رفتار خاک‌های رسی، هم بررسی ساختار بلوری کانی‌های رسی و هم شیمی سطح رس‌های معلق در آب، ضروری است. بنابراین رشته‌های مختلف علوم مانند شیمی رس‌ها، ژئوتکنیک، زمین‌شناسی اقتصادی، رسوب‌شناسی و سنگ‌رسوبی، خاک‌شناسی، سرامیک‌ها (علم مواد) و در موارد خاص بیوشیمی، داروشناسی و میکروبیولوژی به دانستن کانی‌شناسی رس‌ها جهت استفاده بهینه از آن‌ها در موارد گوناگون نیاز دارند (شکل ۳-۱).



شکل ۱-۳ ارتباط کانی‌شناسی رس‌ها با شاخه‌های دیگر علوم.

شاید بتوان عنوان کرد که کانی‌های رسی از اینکه این مواد هم در بسیاری از تحقیقات پایه‌ای و هم کاربردی مورد مطالعه و استفاده قرار می‌گیرند، بی‌نظرند. در آینده باید تحقیقات مربوط به علم کانی‌شناسی رس‌ها در مقیاس‌های نانو، میکرو و ماکرو مرتبط با علم مواد و کلوئیدها به صورت بین‌رشته‌ای صورت گیرد.

۴-۱ تعریف رس

دانشمندان مختلف متناسب با رشته و نیازها، تعاریف مختلفی را برای خاک رس ارائه داده‌اند. کانی‌شناسان، رس‌ها را گروه خاصی از کانی‌های فیلوسیلیکات می‌دانند. رسوب‌شناسان تمام ذرات رسوبی که اندازه دانه آن‌ها کمتر از 1/256 mm باشد را به عنوان رس تعریف کرده‌اند، ولی زمین‌شناسان مهندسی، رس‌ها را مواد دانه‌ریز دارای خواص مکانیکی خاص می‌دانند. همه این ابهامات و سردرگمی‌ها، فرمول‌بندی تعریفی یکنواخت و قابل قبول جهانی برای رس و مواد مرتبط با خاک رس را ضروری کرده است. کمیته نام‌گذاری مشترکی از انجمن بین‌المللی رس (AIPEA) و انجمن کانی‌های رسی (CMS) تشکیل شد (۱۹۹۵) و تعریف زیر را از خاک رس ارائه داد که برای همه قابل قبول باشد: اصطلاح «رس» به مواد طبیعی متشکل از کانی‌های ریزدانه اطلاق می‌شود که با داشتن محتوای آب مناسب، خاصیت انعطاف‌پذیری (پلاستیک) دارند و در صورت خشک شدن سخت می‌شوند (Guggenheim and Martin, 1996). موادی که تمام شرایط ذکر شده در تعریف بالا در مورد آن‌ها صادق است، عبارت‌اند از: کائولن، خاک‌چینی، بتونیت، خاک سفیدگری، خاک رس معمولی، رس توپی (بال کلی)، گل آتشخوار و خاک نسوز است. جنبه‌های مختلف این تعریف در زیر توضیح داده شده است:

أ. ماده‌ای طبیعی: برای واجد شرایط بودن به عنوان رس، ماده باید به طور طبیعی ایجاد شده باشد. بنابراین، مواد مصنوعی و سنتتیک مشابه را نمی‌توان رس نامید. به عنوان مثال، خاکسترهای بادی هم می‌توانند دانه‌ریز و هم ممکن است در هنگام مرطوب بودن، قابلیت انعطاف‌پذیری قابل توجهی داشته باشند، اما نمی‌توان آن‌ها را رس

نامید؛ زیرا ساخته دست بشر هستند. بعضی از محققان لاپونیت را رس می‌دانند، اما چون ماده‌ای سنتتیک و مصنوعی است، ناپستی به آن رس اطلاق کرد.

ب. دانه‌ریز بودن ذرات رس: در مورد اندازه ذرات رس، اتفاق نظر عمومی وجود ندارد. دانشمندان خاک‌شناسی کمتر از ۲ μm، رسوب‌شناسان ذرات کمتر از ۴ μm و شیمی‌دانان کلئید به ذرات کمتر از ۱ μm رس اطلاق می‌کنند. گوگنهایم و مارتین^۱ (۱۹۹۵) توصیه کردند که ابعاد واقعی ذرات (به‌عنوان مثال ذرات کمتر از ۴ میکرومتر) باید ملاک عمل قرار گیرد.

ج. کانی‌ها: رس‌ها از کانی یا کانی‌هایی تشکیل شده‌اند. از آنجا که معمولاً کانی‌ها مواد غیر آلی هستند، موادی که عمدتاً از مواد آلی تشکیل شده‌اند را نمی‌توان رس نامید.

د. حالت پلاستیک داشتن با مقدار آب مناسب: معمولاً وقتی آب به ذرات خاک رس خشک اضافه می‌شود، آن‌ها توده پلاستیکی چسبناکی تشکیل می‌دهند. رس چخماقی و خاک رنگ‌زدا این خاصیت را ندارند. اما از نظر منشأ، مواد تشکیل‌دهنده و مصارف صنعتی با رس‌ها شباهت دارند. به‌همین دلیل، در بسیاری از موارد به آن‌ها رس اطلاق شده است، اما اصطلاح شبه‌رس^۲ نیز به‌جای رس برای چنین موادی استفاده شده است.

ه. سفت شدن در صورت خشک شدن یا پخته شدن: خاک رس مرطوب پلاستیکی پس از خشک شدن و پخت سفت می‌شود و هنگامی که در هوا خشک شود، به توده سخت و شکننده تبدیل می‌شود.

در اصطلاح، کلمه رس به سه روش متفاوت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد: **ا.** برای مشخص کردن یک گروه متمایز از کانی‌های دانه‌ریز، **ب.** به‌عنوان مصطلح یک سنگ یا رسوب، **ج.** به‌عنوان یک مجموعه از ذرات در اندازه‌های خاص.

به‌طور کلی، به هر نوع ذره خیلی دانه‌ریز طبیعی که با داشتن مقداری آب در حد مناسب، حالت خمیری (پلاستیکی) پیدا کند و در هنگام خشک شدن یا حرارت دیدن نیز سخت شود، می‌توان رس اطلاق کرد. با وجود فقدان یک تعریف استاندارد از رس در میان زمین‌شناسان، مهندسان عمران و محققان علوم خاک، مفهوم رس توسط تمامی کاربران آن قابل درک است.

۱-۵ تمایز بین رس و کانی‌رسی

از نظر زمین‌شناسی، اصطلاح «رس» معانی متفاوتی دارد: گاهی به گروهی از کانی‌های ریزدانه با اندازه ذرات کوچک‌تر از سیلت و گاهی نیز به‌عنوان یک نوع سنگ یا خاک یا رسوباتی از مواد ریزدانه که عمدتاً از کانی‌های رسی تشکیل شده‌اند، رس اطلاق می‌شود (Bates and Jackson, 1987). به دلیل فقدان یک تعریف استاندارد از رس در میان زمین‌شناسان، کانی‌شناسان، مهندسان عمران و محققان علوم خاک، هر کدام از کاربران، از مفهوم رس درک ویژه منحصراً به خود را دارند، اما این مفهوم توسط تمامی کاربران آن قابل درک است.

1 Guggenheim and Martin
2 argilloid

کلمه رس در منابع مختلف هم به عنوان اصطلاح کانی شناسی، سنگ شناسی و نیز بافتی مورد استفاده محققان مختلف قرار گرفته است. اصطلاح رس بر یک نهشته رسوبی و سنگ و فراورده های حاصل از هوازدگی (آلتراسیون) کانی های سیلیکاته اولیه دلالت می کند (Moore, 1997). به همین دلیل بوده است که اصطلاحاتی همچون رس توپی، گل آتشیوار، بتونیت، گل سفید کننده، گل سرشور و گل رنگ زدا مورد استفاده عموم قرار گرفته است. از دیدگاه کانی شناسی، زمین شناسی، رسوب شناسی، خاک شناسی، زمین شناسی مهندسی و عمران، از کلمه رس معانی کاملاً متمایزی ممکن است استنباط شود.

ذرات رس، اندازه خیلی کوچکی دارند (در حد کلوئید). بنابراین رفتار آن ها توسط نیروهای سطح کنترل می شود. برای فهم رفتار خاک های رسی، هم بررسی ساختار بلوری کانی های رسی و هم شیمی سطح رس های معلّق در آب، ضروری است. از دیدگاه زمین شناسی، کانی های رسی بر اثر هوازدگی و یا آلتراسیون سنگ ها در طی فرایندهای گذشته زمین ایجاد شده اند. اما از دید مهندسی، خاک های رسی، اصطلاحات ویژه ای به خود می گیرند که در برگیرنده حالت کنونی خاک و مستعد بودن آن ها به تغییراتی است که در آینده به دلیل بار، سازه و غیره متحمل می شوند. بنابراین به خواص و رفتارهای مکانیکی خاک توجه ویژه ای مبذول می شود. به طور کلی، به هر نوع ذره دانه ریز طبیعی که با داشتن مقادیری آب در حد مناسب، حالت خمیری (پلاستیکی) پیدا کند و در هنگام خشک شدن یا حرارت دیدن نیز سخت شود، از دیدگاه مهندسی می توان رس اطلاق کرد. بنابراین از نظر اصطلاحی، کلمه رس به سه روش متفاوت می تواند مورد استفاده قرار گیرد:

أ. برای مشخص کردن یک گروه متمایز از کانی های دانه ریز یا گروهی از کانی های خانواده آلومینوسیلیکات های آبدار، ب. به عنوان مصطلح یک سنگ یا رسوب، ج. به عنوان یک مجموعه از ذرات در اندازه های خاص و یا به عبارت دیگر، برای مشخص کردن مواد بلورین با اندازه هایی در حد کمتر از ۲ میکرون.

از دیدگاه کانی شناسی، رس ها گروه خاصی از کانی های آلومینوسیلیکات آبدار (فیلسیلیکات ها) با ساختار بلورین لایه ای هستند. کانی های رسی گروه مهمی از خانواده فیلسیلیکات ها را تشکیل می دهند که درصد بالایی از آب در بین صفحات سیلیکاته آن ها قرار گرفته است. جهت اجتناب از ابهام، در ابتدا لازم است تا در ذهن تمایزی بین رس و کانی های رسی برای همیشه در نظر گرفت (جدول ۱-۱).

کانی های رسی از این نظر منحصر به فردند که این کانی ها توسط بسیاری از پژوهشگران هم در تحقیقات بنیادی و هم کاربردی مورد استفاده قرار می گیرند. تحقیقات مربوط به رس ها در طی سال ها تغییرات زیادی کرده و از جنبه کاربردی عمدتاً در پنج محدوده اصلی زیر متمرکز شده است: ۱- محیط زیست، ۲- زمین شناسی مهندسی، عمران و ژئوتکنیک، ۳- کاربردهای صنعتی رس ها، ۴- خاک شناسی و کشاورزی، ۵- تحقیق و توسعه فراورده های جدید.

۱-۶ کانی های رسی و محیط زیست

دانشمندان کانی شناسی رس ها نه تنها به ماهیت کانی های رسی، بلکه به برهم کنش های بین کانی های رسی و