آشنایی با سیستم ارتینگ (Earthing): یا زمین کردن، یک سیستم حفاظتی حیاتی برای تخلیه جریان‌های ناخواسته (مانند جریان‌های نشتی، اضافه بار یا صاعقه) به زمین است تا از خطر برق‌گرفتگی، آتش‌سوزی و آسیب به تجهیزات الکتریکی جلوگیری شود.

روش‌های اجرای ارتینگ به صورت کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند که انتخاب هر کدام به شرایط جغرافیایی و مقاومت مخصوص خاک منطقه بستگی دارد:

۱. روش زمین عمقی (حفر چاه ارت) ⚡

این روش سنتی‌ترین و اغلب کارآمدترین روش است و زمانی استفاده می‌شود که مقاومت خاک در اعماق پایین، کمتر و مطلوب‌تر باشد.

ویژگی	توضیحات
محل اجرا	مناطقی که بتوان به راحتی به **رطوبت** و خاک با مقاومت کمتر در عمق بالا دست یافت (مثل باغچه‌ها، فضاهای سبز).
عمق چاه	معمولاً بین ۴ تا ۸ متر یا بیشتر، تا رسیدن به لایه‌های مرطوب خاک.
اجزای اصلی	**صفحه مسی** (الکترود) که به صورت عمودی در ته چاه قرار می‌گیرد و با **سیم مسی** به شینه ارت متصل می‌شود.
پرکننده‌ها	اطراف صفحه مسی با **بنتونیت** (مواد کاهنده مقاومت) پر می‌شود تا مقاومت الکتریکی کاهش یابد و اتصال با زمین بهبود یابد.
نکات کلیدی	برای حفظ رطوبت در فصول گرم، یک **لوله پُلیکا** سوراخ‌دار برای تزریق آب در کنار صفحه مسی کار گذاشته می‌شود.
مزیت	در صورت اجرای صحیح، معمولاً **کمترین مقاومت** را فراهم می‌کند.

---

۲. روش زمین سطحی (راد کوبی و روش‌های دیگر) 🔨

این روش زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که امکان حفر چاه عمیق وجود نداشته باشد (مثلاً در مناطق کوهستانی، صخره‌ای یا زمین‌های سنگی) یا مقاومت خاک در سطح مطلوب باشد. عمق اجرای این روش‌ها معمولاً حدود **۸۰ سانتی‌متر تا ۱ متر** است.

الف) روش راد کوبی (Rodding)

در این روش از میله‌های بلند مسی یا با روکش مس (**راد کوپر باند**) استفاده می‌شود که به جای حفر چاه، در زمین کوبیده می‌شوند.

- **اجزا: میله‌های راد** مغز فولادی با روکش مس به طول ۱.۵ تا ۳ متر.
- **روش اجرا:**
  - حفر کانالی با عمق حدود ۸۰ سانتی‌متر.
  - کوبیدن چند میله راد (معمولاً ۵ تا ۱۰ میله) به صورت **خطی** یا **پنجه کلاغی** در کف کانال.
  - اتصال میله‌ها به یکدیگر و به سیم اصلی ارت با استفاده از **جوش کدولد** یا **کلمپ**.
  - پر کردن کانال با مواد کاهنده مقاومت (بنتونیت) و خاک نرم.

- **نکته:** فاصله بین میله‌ها باید حداقل به اندازه دو برابر طول میله باشد تا در محدوده گرادیان یکدیگر قرار نگیرند.

ب) روش‌های شبکه‌ای و نواری

در این روش‌ها، به جای الکترود صفحه‌ای یا میله‌ای عمودی، از هادی‌های مسی به صورت افقی در عمق کم زمین استفاده می‌شود:

- **روش پنجه‌ای (شعاعی):** حفر چندین کانال شعاعی از یک نقطه مرکزی و خواباندن تسمه مسی در آنها.
- **روش حلقه‌ای (Ring):** خواباندن یک نوار یا سیم مسی به صورت حلقه در اطراف ساختمان یا تأسیسات.
- **روش شبکه‌ای:** اجرای یک شبکه مربعی یا مستطیلی از تسمه‌های مسی در زیر زمین (معمولاً برای پست‌های برق و مراکز حساس که به مقاومت بسیار پایین نیاز دارند).

تفاوت اصلی: چاه ارت (عمقی) در برابر راد کوبی (سطحی)

انتخاب بین حفر چاه (عمقی) و راد کوبی (سطحی) در درجه اول به **مقاومت مخصوص خاک** و **شرایط ژئوتکنیکی** منطقه بستگی دارد:

معیار مقایسه	روش چاه ارت (عمقی)	روش راد کوبی (سطحی)
الکترود اصلی	صفحه مسی	میله‌های راد کاپر باند
شرایط خاک مناسب	مناطقی با **سطح آب زیرزمینی بالا** یا خاک‌های با مقاومت پایین در عمق.	مناطق **سنگی یا صخره‌ای** که حفاری عمیق دشوار است، یا خاک‌های با مقاومت مناسب در سطح.
هزینه و زمان اجرا	**بیشتر)** نیاز به حفاری عمیق و مواد پرکننده بیشتر.(	**کمتر** و نصب سریع‌تر (نیاز به حفر کانال سطحی).
میزان مقاومت	پتانسیل دستیابی به **مقاومت‌های پایین‌تر)** زیر ۱ اهم.(	دستیابی به مقاومت پایین، به تعداد بیشتر رادها و طول کانال بستگی دارد.

برای انتخاب روش مناسب، همیشه باید ابتدا **مقاومت مخصوص خاک** منطقه توسط متخصص اندازه‌گیری شود و محاسبات لازم انجام گیرد.

در این بخش به بررسی بیشتر اجرای روش های فوق می‌پردازیم:

1. **جزئیات اجرای چاه ارت (روش عمقی) :**تمرکز بر استفاده از صفحه مسی و مواد کاهنده.
2. **جوش کدولد :(Cadweld)** روش استاندارد اتصال هادی‌ها در زیر زمین.

۱ 👷 .جزئیات اجرای چاه ارت (روش عمقی)

هدف در این روش، قرار دادن یک الکترود با بیشترین سطح تماس ممکن در مرطوب‌ترین لایه‌های خاک و کاهش مقاومت زمین به حداقل مطلوب 1 یا 2 اهم است.

مرحله	عملیات اجرایی	نکات مهم
۱ .حفر چاه	حفر چاه با عمق مناسب (۴ تا ۸ متر یا بیشتر) تا رسیدن به لایه‌های مرطوب و سست خاک.	محل حفر باید کمترین سطح و بیشترین رطوبت را داشته باشد (مانند باغچه‌ها).
۲ .آماده‌سازی صفحه	اتصال سیم مسی به صفحه مسی (الکترود) با استفاده از **جوش کدولد**.	سیم باید به مرکز صفحه و ترجیحاً از دو نقطه جوش داده شود.
۳ .ریختن مواد کاهنده	ریختن حدود ۲۰ سانتی‌متر **بنتونیت** (مواد کاهنده مقاومت) که قبلاً با آب به صورت دوغاب غلیظ درآمده، در کف چاه.	بنتونیت جایگزین مناسبی برای نمک و خاک رس است و به حفظ رطوبت و کاهش مقاومت کمک می‌کند.
۴ .قرار دادن صفحه	قرار دادن صفحه مسی به صورت **عمودی** در مرکز چاه (صفحه عمودی کارآمدتر از صفحه افقی است).	مطمئن شوید که صفحه کاملاً توسط بنتونیت پوشانده شود.
۵ .پر کردن	ریختن لایه‌های بعدی بنتونیت، و سپس خاک رس یا خاک نرم الک شده تا حدود ۱۰ سانتی‌متری سطح زمین.	پر کردن چاه با خاک سنگی یا نخاله به شدت از کارایی سیستم می‌کاهد.
۶ .نصب لوله آب	قرار دادن یک **لوله پُلیکا سوراخ‌دار** به صورت مورب در کنار صفحه و ریختن شن در دهانه آن.	این لوله برای تزریق آب و تأمین رطوبت چاه در فصول خشک ضروری است.
۷ .انتهای کار	نصب **حوضچه تست ارت** در دهانه چاه برای دسترسی به سیم ارت و انجام تست‌های دوره‌ای مقاومت.	سیم ارت از حوضچه تست به شینه ارت در داخل ساختمان متصل می‌شود.

۲ 🔥 .جوش کدولد (Cadweld) یا جوش احتراقی

جوش کدولد یک روش استاندارد و بسیار مهم برای **اتصال دائمی و بدون مقاومت** بین هادی‌های مسی (سیم به صفحه، سیم به سیم، سیم به راد) در زیر زمین است. از آنجا که کلیه اتصالات زیر خاک باید در برابر خوردگی مقاوم باشند، استفاده از کلمپ یا پیچ و مهره ممنوع است.

ویژگی	توضیحات
چیستی	یک روش **گرمازا (Exothermic)** که در آن، پودر مخصوص (شامل اکسید مس و آلومینیوم) در یک قالب گرافیتی مشتعل می‌شود.
نحوه کار	حرارت ناشی از احتراق، مس خالص ذوب شده را تولید می‌کند که در محل اتصال جاری شده و یک **اتصال مولکولی** بین دو هادی مسی ایجاد می‌کند.
مزایا	۱ .**مقاومت بسیار پایین :**مقاومت محل اتصال عملاً صفر است. ۲ .**عمر طولانی :**اتصال دائمی است و در برابر خوردگی، رطوبت و لرزش‌های زیر زمین مقاوم است.
تجهیزات	**قالب گرافیتی**)متناسب با نوع اتصال(، **پودر جوش**)شارژ(، **فندک** یا چاشنی استارت.

مثال‌های کاربرد جوش کدولد:

- اتصال سیم به صفحه مسی در چاه ارت.
- اتصال سیم ارت به میله‌های راد کوبی شده در روش سطحی.
- اتصال سیم ارت به بدنه سازه یا میلگردهای فونداسیون (در همبندی).