

零排放工地指南

- 建筑施工

目录

目标和用户指南

零排放工地电力基础设施规划

1. 初步数据收集
2. 工程机械和充电设备
3. 其他高功耗设备
4. 能源和电力规划
5. 通电和替代电源
6. 项目启动准备

附录

- A.1 术语表
- A.2 如何计算充电功率

零排放工地指南

本指南旨在协助施工承包商规划、设计零排放工地所需的电力基础设施，尤其是工程机械的充电基础设施，可作为支持电力基础设施尺寸标定的实用工具，并对承包商现有的项目规划操作和知识做补充。

| | |
|-----|--|
| 业主 | <ul style="list-style-type: none">✓ 设定项目执行相关要求✓ 预估用电需求，从电网运营商处索要电网容量信息，在招标文件中列出* |
| 承包商 | <ul style="list-style-type: none">✓ 规划电力基础设施和运营✓ 采购执行所需设备✓ 聘用有资质的电气供应商进行通电 |
| 电网 | <ul style="list-style-type: none">✓ 回应关于电网可用容量和通电的问询，也可提供关于降低能耗的建议。✓ 处理订单，分配电网容量 |



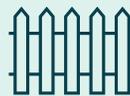
市场需求

承包商亟需清晰、友好的参考文件，帮助建设零排项目所需的充电基础设施。



目标受众

需要进一步了解零排放工地的承包商。



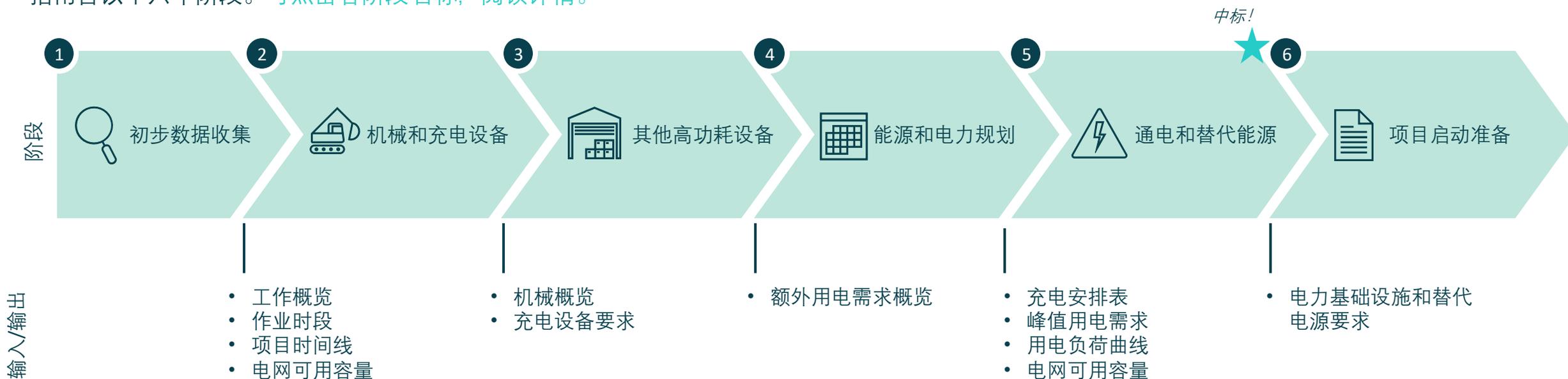
范围

- ✓ 工地内充电设备的电力基础设施
- ✓ 电力基础设施规格标定还包括工地相关需求，如项目部板房、设备集装箱、电动汽车等。

零排放工地电力基础设施规划

本指南共分六个阶段，均代表零排放工地电力基础设施规划中的关键步骤。各阶段均需特定输入项，产出输出项供下一阶段使用。除此六阶段外，投标程序和项目启动期间，也会有中间性工作自然进行。零排放工地的电力基础设施规划是迭代的过程。为实现最优方案，某些阶段可能需要重复。本指南包含电力行业术语，具体参见[附件A.1](#)。

指南含以下六个阶段。[可点击各阶段名称，阅读详情。](#)



案例 | 实践中应用指南

各阶段均含附数据计算的案例，展示本指南的实际应用。



优化

本指南中包含协助优化设备和操作、降本增效的建议。

1. 初步数据采集

本阶段的目的是收集必要信息，开始施工项目的电力基础设施规划。

本阶段完成后，可得出后续阶段所需关键数据总览。

1. 初步数据采集

零排放工地规划关键信息

开始规划工地电力基础设施前，必须收集一系列关键信息。其中大部分一般由业主方在招标文件中提供，承包商在其标准流程中亦可自然获得。

所需信息包括：

- 项目地点和潜在整备区域
- 项目周期
- 项目启动日期
- 作业时段和休息安排
- 作业任务和所需机械概览
- 额外耗能元素概览，如工棚、供暖、塔吊、车辆充电等
- 电网可用容量*



*如业主未提供电网可用容量信息，可直接联系电网运营商索取。具体流程在本章节中列出。



案例 | 城区建筑施工

新建体育场，配套扩建停车场，一条人行道，一条道路加宽（含人行道）。该建筑由地热供暖，需钻12口地热井。

项目周期： 12个月，八月开始。

作业时段： 周一至周三 07:00–19:00，
周四 07:00–14:00

休息： 11点午休1小时，
16点晚休1小时（周一至周三）

电网可用容量未知。

该项目需2台挖掘机（8吨）、2台挖掘机（25吨）、1台拆除式挖掘机（25吨）、1台自卸车（20吨）、1台压路机、1台振动板压实机、1台伸缩臂叉车（8吨）、1台塔吊（20吨）、1台钻机、1台压缩机、1台热风机、1台剪刀式升降器、1台悬臂起垂机、1台小型轮式装载机；外加16套活动板房、3套电车充电桩。



1. 初步数据采集

如招标文件未提供电网可用容量

索要电网容量信息

如招标文件未说明电网可用容量，则必须联系电网运营商。不同运营商处理此类问询的程序可能不同。奥斯陆地区的电网运营商Elvia，提供电网容量信息的申请表格。

电网运营商需要项目基本信息，以及项目预估峰值用电需求，用于估算用电峰值期的最高耗电量。

估算峰值用电需求，需以下步骤：

1. 明确项目中用电需求最高的时段。
2. 计算工程机械和其他高能耗作业（例如工棚、车辆充电、塔吊、供暖等）的总功率。



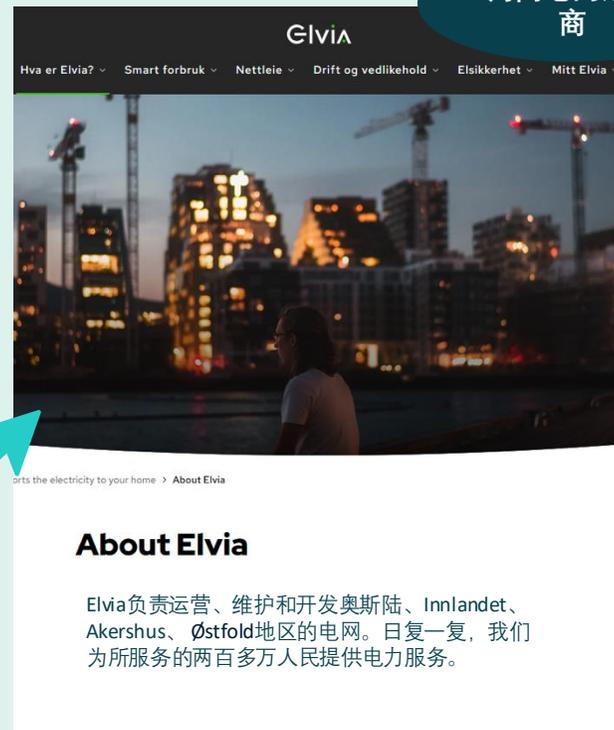
通电申请流程可能耗时几周，须尽早启动流程。



可用电量



询问电网运营商



About Elvia

Elvia负责运营、维护和开发奥斯陆、Innlandet、Akershus、Østfold地区的电网。日复一日，我们为所服务的两百万人民提供电力服务。

1. 初步数据采集

如招标文件未提供电网可用容量

明确项目能耗最高的阶段

估算用电需求时，首先须明确项目中能耗最高的阶段。向电网运营商申请电网容量时，此峰值需求是基础信息。

评估项目各阶段的关键问题：

- **项目中是否有能耗极高的作业？**
一些早期地基施工作业能耗极高。如涉及此类作业，在峰值用电估算中需虑及。
- **项目在哪个季节施工？**
如在冬季施工，因工棚供暖，用电需求可能增加。此外，电池供电的机械，一般在低温下能耗更高。
- **有哪些同时运行的作业？如何影响总体用电需求？**
 - 电缆供电的机械，运行时耗电量稳定。
 - 电池供电的机械，充电时用电量更大，尤其是休息时。
 - 如多台电缆供电的机械同时运行，且多台电池供电的设备同时快充，则总体用电需求将提高。
 - 其他耗电设备，例如工棚供暖、钻机、重型车辆充电，可能进一步影响峰值用电需求。

综合评估以上因素，得出项目用电需求最高的阶段。



案例 | 明确用电峰值阶段

背景：项目在冬、夏均有设备使用高峰。地热井钻机在夏季会工作3周。

用电峰值时段：冬季，工棚因取暖需求，用电需求将达峰值。另有若干大型机械需要同时充电。

钻机作业期间，多台机械需要同时充电。虽然处于夏季，但因为钻机能耗高，这一阶段的用电量可能是最高的。

1. 初步数据采集

如招标文件未提供电网可用容量

估算峰值用电需求

申请电网可用容量时，需提供项目峰值用电需求预估。用电峰值一般对应使用大量大型机械或钻井作业的阶段；还需考虑工棚、重型车辆充电、供暖等用电需求。

预估过程通常需要简化计算，依赖经验判断；更详细的计算在后续进行。如用电需求不确定，可使用下表数值上限，作初步参考。

| 机械 | 快充用电需求: | 慢充用电需求: | 电缆用电需求: |
|-------------|--------------|---------|----------------|
| 小型 (8-16吨) | 40 kW | 20 kW | 22 kW (32 A) |
| 中型 (17-23吨) | 150 – 200 kW | 40 kW | 86 kW (125 A) |
| 大型 (>23吨) | 150 – 300 kW | 40 kW | 207 kW (300 A) |

| 其他高功耗设备* | 用电需求 | 单位 |
|-----------|--------------|--------------------|
| 地热井钻机 | 400-600 kW | 每台 |
| 快充，重型车辆 | 150-300 kW | 每台 |
| 塔吊 (160A) | 111 kW | 每台 |
| 地面解冻 | 30 kW | 每100m ² |
| 标准电车充电 | 11 kW | 每个充电桩 |
| 工棚 | 3 kW (夏季2kW) | 每套 |



案例 | 估算峰值用电需求

背景：用电高峰期使用的设备有：钻机、压缩机、大小挖掘机、自卸车、地面解冻、塔吊、振动板；以及16处板房加热，3辆电动汽车充电。

用电需求估算：挖掘机在休息时需要快充，伸缩臂叉车慢充即可。自卸车每日快充3次，不止是在休息时。电动汽车白天充电，振动板按需充电，其他设备由电缆供电。工棚负荷稳定。钻机和压缩机同时工作时，达到用电峰值。

注意！如用电需求不明确，可做出项目不同阶段的估算。





2. 机械和充电设备

本阶段的目的，是明确适合本项目的电动机械和充电设备。这是详细电力规划和设备采购的基础。

要完成这一阶段，需要所有作业概览、工作时段、项目时间线。本阶段不需要电网可用容量信息。完成本阶段后，即可明确本项目需要的机械，以及必要的充电设备和用电需求。

2. 机械和充电设备

选择合适的电动机械

机械的选择取决于项目要求。电动机械分电池供电、电缆供电、混合供电三种模式。混合式可根据项目需要调整；电缆供电机械通常自带小型电池，以减少启动浪涌。

电动机械可购买或租赁，但通常供货有限，且交付时间长。须尽早预定，避免延误进度。

电池供电机械的关键参数：

- 预期续航时间（取决于负荷和温度）
- 电池容量（kWh）
- 充电方式
- 最大充电功率（kW）

可在参数表中或联系供应商获得上述信息。部分设备启动功率高，须加以考虑，避免导致系统过载。

电池供电机械

- ⚡ 休息时、夜间充电，部分可换电。
- 🔨 在现场配置快充，或在作业区附近使用移动电源，也可以夜间充电。可能需要备用电池。
- 👍 灵活，作业时无需靠近电源。
- ⚠️ 根据电池容量和距充电桩距离，计划充电安排。



图片：Anleggsmaskiner

电缆供电机械

- ⚡ 通过CEE插头/工业插座，就近连接电源柜或移动电源。
- 🔨 使用电源柜、移动电源或专用电缆基础设施，可选配自动绕线功能。
- 👍 可靠，插电后运行不间断。
- ⚠️ 长距离电缆基础设施成本高昂。谨防启动电流过高，需要断路器（C/D型熔断器）。



图片：Rental Group

2. 机械和充电设备

读懂电动工程机械的参数表

选择合适的机械，需要理解关键参数。以下是参数表中常见的关键词。



ZERON ZE135 电动挖掘机

整机重量: 15,700 kg
电机传动系统: 74 kW / 100 hk
动力来源: 电池
电池容量: 200 kWh
参考续航时间: 最高6小时
充电: CCS2 200 kW / 44 kW-400V/63A

图片: Nasta

动力来源: 说明机械供电来自电池、电缆、或两者皆可。

ZERON ZE135由电池供电。

电池容量: 充满电后储存的能量 (kWh)。

200 kW功率下, ZERON ZE135 一小时充满。

充电: 充电方式和最大功率。

ZERON ZE135可使用CCS2充电桩, 以200 kW快充; 或通过CEE插座接400V电源柜, 以44 kW充电。

续航时间: 估算设备每次充满电后, 可运行多长时间。低温和高负荷会降低续航时间。

ZERON ZE135满电可运行最多6小时, 之后必须充电。



案例 | 选择设备

背景: 项目需要多种机械 (参见第一篇案例)。施工区域跨度约200米。

选择机械: 项目相对静止, 使用电缆和电池供电机械皆可, 大部分由电池供电。使用电动翻斗车替代自卸车。选用机械如下:



CAT 320 Z-Line, 25吨 (电池)

电池: 300 kWh
续航时间: 5-6小时 (重载)
充电: CCS 190 kW, CEE 44 kW (63 A)



ZERON ZE85, 8吨 (电池)

电池: 100 kWh
续航时间: 3小时 (重载)
充电: CCS 150 kW, CEE 63 A



Scania 29吨 (电池)

电池: 300 kWh
续航时间: 4小时
充电: CCS 130 kW

2. 机械和充电设备

不同充电设备的区别

现场配置的充电设备类型决定影响机械充电的时间和频率；应根据电网容量、机械充电功率、作业时间表选择。如充电功率较低，可减轻电池压力、控制电网负荷。因此，应尽可能使用慢充。

下图列出机械吨位、不同功率下的充电速度。运输车辆充电信息见 [指南下一阶段](#)。



除充电功率不同外，接头类型也有不同。电动机械的设计需遵照特定充电标准，可能影响兼容性。

交流充电使用CEE 插头，直接连接电源柜。



Type 2 是交流充电（慢充）标准。



CCS 是直流充电（快充和超快充）标准。

慢充

<50 kW

功率较低，充电时间较长。

最适合夜间充电。



图片：Satema

快充

50-300 kW

输送更多电流，充电更快。一般一小时充满，具体视电池容量和充电桩功率。

适合休息时充电。



图片：Atlas Copco

超快充

>300 kW

功率300 kW或更高，可实现大型机械快速周转。支持如此高功率的机械很少，选择前需确认兼容性。

适合休息时充电。



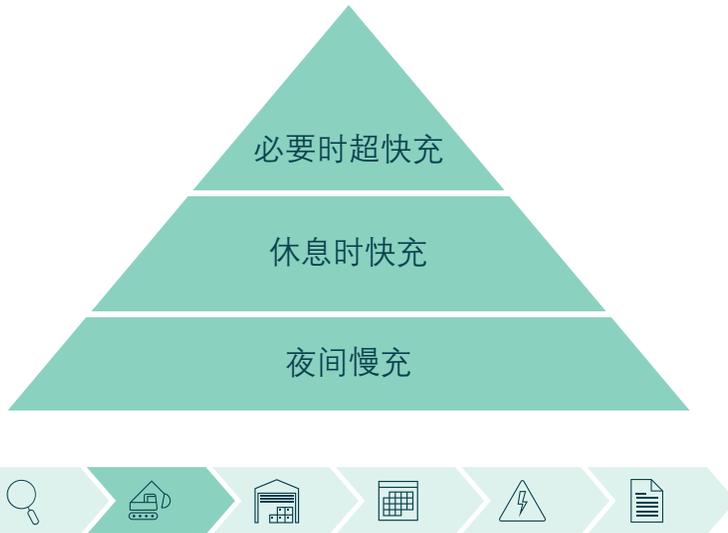
图片：Kverneland Energi

2. 机械和充电设备

选择合适的充电设备

为优化时间、降低用电成本、延长电池寿命，建议使用以下方式：

- **慢充**：应尽量使用低功率充电，虽耗时较长，但对电池更健康。长时间休息最适合慢充，例如隔夜。
- **快充**：大部分机械满电可运行4-6小时，快充可有效保障运行流畅度。休息时充电，可保证作业时段全程电量充足。
- **超快充**：能耗高的大型机械，在休息时可能需要超高功率快充，以保证运行时间。超快充可在最短时间内输送最大电量。



优化 | 充电桩使用

高效使用充电桩，可降低基础设施和能源成本。主要策略包括：

- **避免依赖快充和超快充**，降低能源成本和电网负荷。租用慢充设施也更便宜。
- **尽可能夜间充电**，利用低谷电价。早晨和傍晚电价一般最高。
- **选择带智慧功能的充电桩**，通过自动排期，实现效率最优。



案例 | 选择充电桩

背景：工作日时长12个小时，[设备选择案例](#)中的所有机械都须充电。还有三台电车需要充电，但此项可后续阶段规划。

充电策略：

- 电缆供电的机械不需要充电桩，经CEE插头直接通电。
- 所有机械夜间充电都需使用CEE电缆。
- 电池供电的挖掘机，每班充电两次才能保证不间断作业；可通过CCS连接快充，功率最高190 kW。
- 除休息时间外，翻斗车每天充电3次，快充功率最高130 kW。
- 伸缩臂叉车在休息时，通过63A的CEE连接充电（44 kW）。

2. 机械和充电设备

计算电动机械的充电功率

选定机械和充电设备后，即可计算充电功率和时间。这是计算现场用电总需求、确保 workflow 最优的必要信息。

计算工程机械的充电功率需考虑以下因素：

- 机械每小时能耗
- 作业班次时长
- 快充和慢充的最大充电功率
- 电池容量
- 休息和夜间充电时长

计算快充和慢充功率的公式见[附录A.2](#)。



调整充电功率，需要控制机械的能量输入或充电桩的输出；如无法实现，可将快充和慢充基线均设为该机械的最大充电功率。



案例 | 计算充电功率

背景：项目需要多台机械在工作时段同时充电，所有电池供电的设备都需夜间充电。

计算充电功率：以挖掘机为例：

每小时能耗（取自参数表） $\rightarrow \frac{300}{6} = 50 \text{ kWh/时间}$

午休前能耗（4小时） $\rightarrow 50 \times 4 = 200 \text{ kWh}$

午休时补充电量（190 kW，1小时快充） $\rightarrow 190 \times 1 = 190 \text{ kWh}$

午休后剩余电量 $\rightarrow 300 - 200 + 190 = 290 \text{ kWh}$

晚餐后剩余电量（4小时工作+1小时休息） $\rightarrow 290 - 4 \times 50 + 190 = 280 \text{ kWh}$

夜间充电前剩余能量（2小时工作） $\rightarrow 280 - 50 \times 2 = 180 \text{ kWh}$

夜间充电所需充电功率（可充12小时） $\rightarrow \frac{300-180}{12} = 10 \text{ kW}$

此方法适用于所有电池供电的机械。





3. 其他高功耗设备

本阶段的目的是，规划工程机械和充电桩之外的其他用电需求，这是估算现场总能源需求的重要信息。

完成本阶段需要评估现场所有其他作业，清点耗电装置，如工棚、钻机、地面解冻设备等。完成本阶段后，可得出施工现场用电需求总览。

3. 其他高功耗设备

需要考虑的其他高功耗设备

除工程机械外，影响现场用电量的设备还包括工棚供暖、电缆供电的设备（如钻机）、电动汽车充电站等。照明、仓储等用电负荷低，对用电规划影响不大。

要实现精准高效的规划，需要计划用电的具体时间和方式。有的设备在整个项目期间用电需求较为恒定（例如工棚）；有的电缆供电设备，作业时用电需求极高（如钻机）。



图片: Heatwork

供暖系统 – 用电需求一般较为恒定。

例: 工棚取暖或地面解冻设备。



图片: Haug contractor

电缆供电设备 – 对峰值需求影响巨大。例: 塔吊、钻机、压缩机。



图片: Volvo

车辆充电 – 影响峰值用电需求，取决于充电类型。

例: 重型车辆 (HDV) 快充, 电车慢充。



优化 | 其他高功耗设备

替代供暖 – 利用热泵、集中供暖、地热能降低供暖能耗。如规划得当，集中供暖和地热能很适合建筑除湿和供暖。效率因子为3的热泵，每消耗1kWh电力，可产生3kWh热能。

智慧排期 – 降低高峰时段的充电和工棚用电，促进用电需求均衡。

场外充电 – 运输车辆和电车使用公共充电桩，削减工地用电需求。

3. 其他高功耗设备

评估额外用电需求

下表列举各类设备的用电需求，其中数据来自经验估算，可用于计算项目现场用电总需求。如需准确数据，可从机械设备的参数表或联系供应商获得。

| 供暖 | 用电需求 | 单位 |
|------|--------------|--------------------|
| 电加热 | 0.04 kW | 每m ² |
| 干燥机 | 5-6 kW | 每100m ² |
| 地面解冻 | 30 kW | 每100m ² |
| 工棚 | 3 kW (夏季2kW) | 每台 |

| 高功耗电缆供电设备 | 用电需求 | 单位 |
|-----------|--------------|----|
| 塔吊 | 110 kW | 每台 |
| 地热井钻机 | 400 - 600 kW | 每台 |

| 车辆充电 | 用电需求 | 单位 |
|------|--------------|----|
| 电车慢充 | 11 kW | 每台 |
| 重车快充 | 150 - 300 kW | 每台 |



案例 | 计算额外用电需求

背景：本项目现场共16套板房、3台电动汽车充电桩、1台塔吊、若干升降机、1台钻机（12处地热井）；需要200m²干燥和100m²地面解冻。

额外用电需求估算：项目各阶段用电需求不同。工棚供暖和电动汽车充电需不间断提供。与此同时，钻机和塔吊同时运行，地面解冻和运输车辆充电同时进行，以及升降机、加热、干燥同时进行，即为峰值负荷。

用电需求估算：

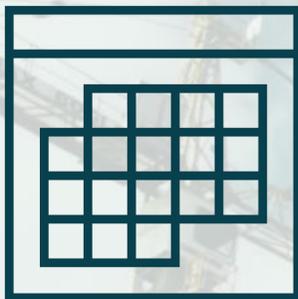
工棚：1kW × 16 = 16 kW（热泵，隔热）

电动汽车充电：3 × 11 kW = 33 kW（同时）

钻机和压缩机：600 kW

塔吊：111 kW

4. 能源和电力规划



本阶段的目的，是规划工地在整个工作日内的能源和电力需求。这是连接电网要求、使用替代电源所需的基础信息。

要完成本阶段，需要罗列使用的工程机械和充电设备，以及其他高功耗设备。完成本阶段后，可清晰掌握整个工作日内能源和电力使用的具体时间、地点、方式和数量。

4. 能源和电力规划

零排放工地的能源和电力

规划建筑工地的能源和电力需求，需要罗列每日的能耗情况。结构合理的能源和电力规划，有助于评估总需求、维持不间断运行、确保能源效率、削减峰值负荷。

应基于能耗最高的工作日进行规划，定义用电需求的具体规格。明确能耗最高的阶段十分关键；这通常指有多台机械同时运行、开展重载作业时，或是供暖需求更高的冬季。

制定精准的能源和电力规划，需要罗列计划使用的机械和充电设备，以及其他耗电设备和作业。

能源和电力规划提示：

- 冬季施工，所有机械需在夜间充满电，以免低温导致损耗。
- 如果很难判断项目哪个阶段耗电最高，可做出多个阶段的规划，进行比较。



案例| 明确用电峰值时段

背景：项目在冬、夏均有设备使用高峰。夏季，除其他机械运行外，地热井钻机也将工作3周。

用电峰值时段：冬季，工棚因取暖需求，用电需求将达峰值。另有若干大型机械需要同时充电。

钻机作业期间，多台机械需要同时充电。虽然处于夏季，但因为钻机能耗高，这一阶段的用电量可能是最高的。

4. 能源和电力规划

制定能源和电力规划

明确项目中耗电最高的阶段后，下一步是制定结构化能源和电力规划，以确保高效用能、稳定运行、削减峰值负荷。

1. 作业时间表

列出工作日时间安排，包括开始、结束和休息时间。根据所需详细程度，以小时或半小时为单位安排。

2. 每台机械的运行时间和能耗

设定每台机械的运行时间，计算出电力消耗。

3. 计划每台机械的充电时间和功率要求

计划充电时间，需使用电池容量、最大充电功率数据，以及预期能源需求。首先，安排休息时段和作业时段外的充电；休息时段充电，通常属于用电峰值需求，夜间慢充能确保次日开始前，机械达到满电。

4. 计划额外电力需求

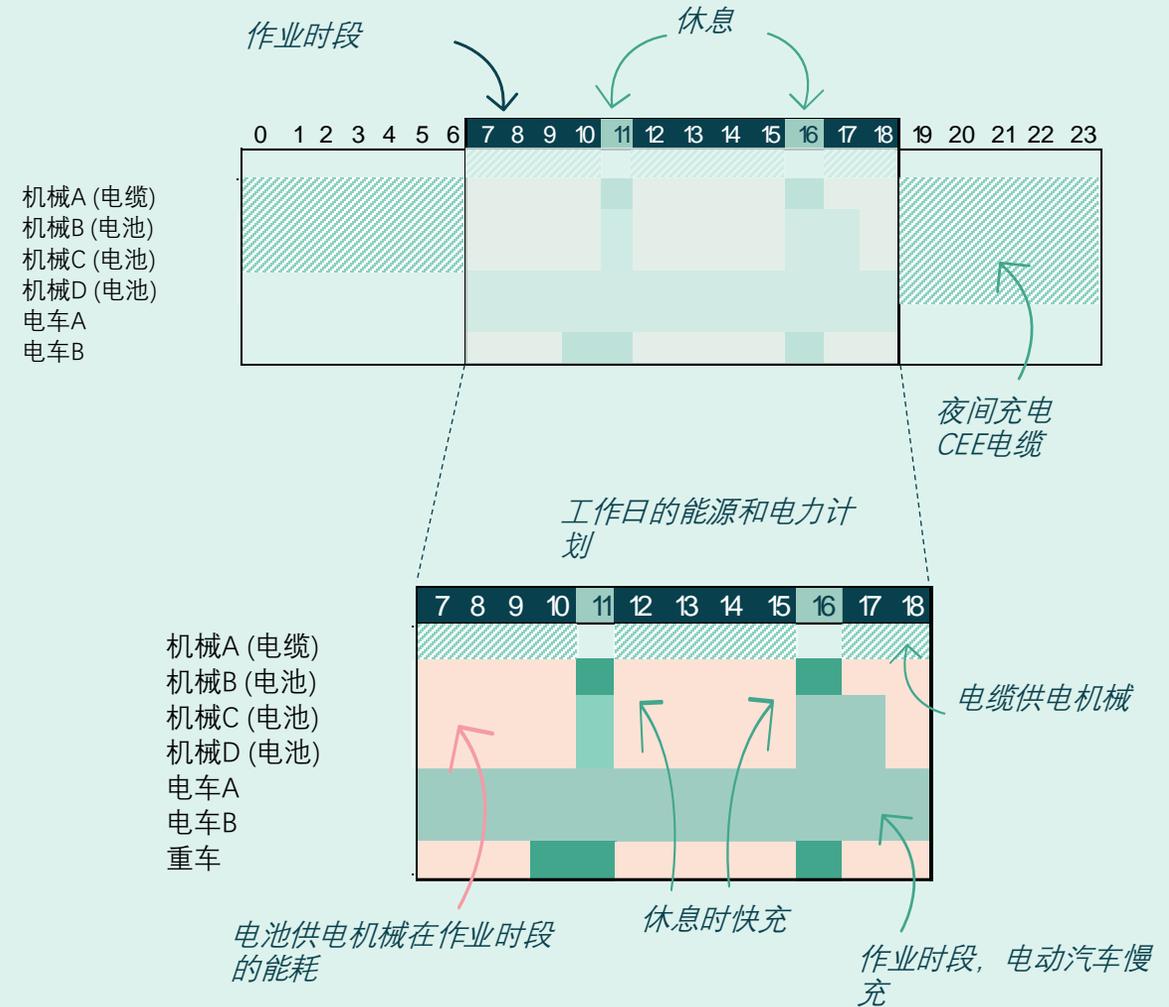
考虑其他高能耗设备，例如工棚供暖和车辆充电。预估每日不同时间段的能源需求。

5. 汇总并验证电力需求

将每个时段的用电需求汇总，确保不超过电网可用容量。如某一时段需求超出电网容量，可考虑优化需求、调整负荷分配，或使用替代电源。详情参见[5. 通电和替代电源](#)。

一个工作日的能源和电力计划

本计划描述典型工作日内，能源和电力消耗的具体管理。日间，电力和能源以小时为单位分配，夜间进行慢充。





案例 | 能源和电力规划

钻井阶段是项目耗电最高的阶段。为进一步明确需求，需要根据此阶段完整工作日的运行安排，制定相应的电力计划。

1. 规划工作排期

工作日最高达12小时（早7点-晚7点），上午11点（午餐）和下午4点（晚餐）分别休息一小时。即，两个4小时班次，一个2小时班次。

2. 录入每台机械运行时间和能耗

挖掘机和伸缩臂叉车，除休息时段外，需不间断工作。翻斗车充电前，需连续工作3小时。



CAT 320 Z-Line, 25吨（电池）
每小时能耗：50 kW



ZERON ZE85, 8.75吨（电池）
每小时能耗：23 kWh



Scania 29吨（电池）
每小时能耗：68 kW



Snorkel伸缩臂叉车（电池）
每小时能耗：6 kW

3. 计划每台机械的充电时间和功率要求

可使用上一阶段提供的方式进行充电相关计算。



CAT 320 Z-Line, 25吨（电池）
休息时快充（1小时）：190 kW
夜间慢充（12小时）：10 kW



ZERON ZE85, 8.75吨（电池）
休息时快充（1小时）：150 kW
夜间慢充（12小时）：4.5 kW



Volvo L25, 5吨（电池）
每3小时快充一次：130 kWh



Snorkel 伸缩臂叉车（电池）
休息时快充（1小时）：44 kW
夜间慢充（12小时）：4 kW

Eksempelet fortsetter på neste side →



案例| 能源和电力规划

4. 额外用电需求

用电高峰时，工棚、电车充电、钻机、塔吊都会消耗电力。工棚能耗在作业时段达峰值，之后会降低50%。电动汽车只在作业时段充电，钻机和塔吊由电缆供电。

5. 汇总并验证用电需求

根据用电需求计算，休息时段是用电峰值，最高需求为865 kW。下一案例重点关注电网可用容量，探索优化措施或替代电源。



5. 通电和替代电源



本阶段的目的，是确定合适的通电方式，评估替代电源需求和进一步优化措施。

完成本阶段，需要描述整个工作日内的能源和电力需求，以及电网可用容量。完成本阶段后，可确定需要的通电方式，以及是否需要替代电源。

5. 通电和替代电源

选择适当的通电方式

通电方式取决于可用容量、电压、连接点。有时需连接多个变电所才能满足电力需求。容量单位一般为kVA，可缩略为kW，但前者是三相电系统下更专业准确的用语。

电压

电网容量分低压（LV）和高压（HV）两种。不同国家的电压水平或有差异。

- 低压网络一般供400V或230V电；大部分机械和充电设备需要400V；如果只有230V，需使用相位转换器。
- 高压电需要通过变压器转至400V，因此大多需要准备变电所。

用电需求和可用电网容量

通电方式取决于可用容量、电压、连接点位置。如果需求超过500 kW，一般需要安装临时或固定变电所，从而直接连接高压电网。临时变电所一般用于电力项目，性价比高；而固定变电所，竣工后归电网运营商所有。

如果低压电网容量足够，电源柜足以满足500 kW以下的需求。电源柜可直接连接至现有低压变电所。

变电所

>500 kVA

标准规格：500 kVA, 1000 kVA, 1600 kVA or 2000 kVA.

根据用电需求和电网可用容量选择。必须决定使用固定还是临时变电所。



图片：Mere Trafo, Norsk Transformator

⚠ 需要电网特许权

电源柜

< 500 kVA

电源柜可连接至现有低压变电所。必须由电气承包商负责安装，电网运营商负责安装电表。

建筑工地常常使用多台电源柜，大多通过串联连接。



图片：Satema

5. 通电和替代能源

考虑替代电源

电网容量有限、峰值用电需求高、或工地离电网较远的项目，可以考虑使用替代电源。零排放工地的标准替代方案主要是电池系统；也有试点项目测试过燃料电池和太阳能。

电池适合补充供电，满足短期峰值用电需求，最高可供500 kW。有电池箱、电池拖车，可高功率输出，实现快充。电池拖车适合在没有市电的地方充电，比如道路施工项目。但电池自重大，能量密度有限，低温下有损耗。电池拖车需要专门的运输资质，车辆牵引重量不低于3.5吨。

氢燃料电池通过氢燃烧供电，如使用可再生氢气则为零排放；可直接给机械供电，也可以为充电桩供电。但氢燃料电池尚不成熟，成本较高，供应商很少，加氢、储氢颇具挑战，还需额外安全措施和空间要求，让执行更加复杂。

太阳能电池板可为工棚、集装箱、小型充电桩补充供电，但仅能满足低功耗需求，而且依赖良好的日照条件。

电池箱

👍 满足短期高功耗需求

⚠️ 低温时效率降低，需要充电



图片：Atlas Copco

电池拖车

👍 为无法连接市电的机械的供电

⚠️ 低温时效率降低，需要充电，需要自动化需求响应（ADR）认证，需要牵引重量不低于3.5吨的车辆。高突入电流需要断路器（C/D型）进行CEE连接



图片：Hafslund

氢燃料电池

👍 无需连接电网，直接供电

⚠️ 效率低，氢气供应商少，占用大量空间，技术不成熟，成本高



图片：NAPOP

太阳能电池板

👍 满足部分日间能源需求（主要是工棚、集装箱、小型充电桩）

⚠️ 只能用于低功率需求，效率取决于日照



图片：Kverneland Energi



案例 | 通电和用电优化

背景：项目最初未提供电网可用容量，运营商已开始处理申请，并回复了关于项目区域的以下信息：

*“感谢来函问询。以下可用容量是基于当前情况估算，无法进行预留。
临近变电所和连接选项，参见附件地图：
NS123 “400V，可用容量约200 kW。”*

最大用电需求预计为865 kW。

电网连接和设备存放区：

该变电所的位置对供电十分理想，在体育场停车场附近有设备存放区，实现距充电桩的距离最短。但容量不足以满足项目用电需求，因而需要替代电源、临时变电所和/或优化措施，以保障供电充足。



案例下一页继续→



案例 | 通电和用电优化

评估替代电源和用电优化：

塔吊和钻机作业时需要686 kW稳定供电。当前电池解决方案，难以覆盖此项需求超过两小时，因而必须设置临时变电所。因为钻机需要500 kW以上，故需要1000 kVA变电所。

因为快充需求，项目大部分时间用电都会超过200 kW。基于设备分布和初步计算评估，有必要在项目启动时就安装临时变电所。

工棚妥善隔热并使用3倍效率的热泵，可将每处供暖所需用电从3 kW降至1 kW，共计削减32 kW。此项调整已计入[能源和电力规划案例](#)的用电计算中。

另一项优化措施，是降低充电功率，或限制当前夜间充电，以降低能耗，节约能源成本。此项调整已计入[能源和电力规划案例](#)的用电计算中。



临时变电所，1000 kVA

因为长期用电量且区域内电网容量有限，需要连接高压电网。



项目中标后，必须立刻申请电网特许权。



热泵

削减用电：每处工棚2 kW



充电调整

夜间充电时，降低用电需求。

案例下一页继续→



案例 | 通电和用电优化

根据电网可用容量平衡用电需求：

低压电网的可用容量，无法满足全部用电需求，因此需安装临时变电所。



案例下一页继续→

5. 通电和替代电源



案例 | 通电和用电优化

更新能源和电力规划:

1000 kVA临时变电所最高可供865 kW的用电需求。但也将同时部署低压变电所，使基础设施布局更加灵活。能源和电力规划，应基于临时变电所（1000 kVA）和低压变电所（200 kVA）的不同连接进行调整。用电需求高的设备连接临时变电站，低功率设备连接低压电网。

| 时段 | 充电 |
|----|--------|
| 作业 | CEE-电缆 |
| 休息 | Type2 |
| | CCS |

使用临时变电所 1000 kVA 的机械和设备

| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CAT 320 Z-Line (300 kWh) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | -50 | -50 | -50 | -50 | 190 | -50 | -50 | -50 | -50 | 190 | -50 | -50 | 10 | 10 | 10 |
| ZERON ZE85 (100 kWh) | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | -23 | -23 | -23 | -23 | 150 | -23 | -23 | -23 | -23 | 150 | -23 | -23 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| Scania 29T (300 kWh) | | | | | | | | -68 | -68 | -68 | 130 | -68 | -68 | -68 | 130 | -68 | -68 | -68 | 130 | | | |
| 塔吊 (电缆) | | | | | | | | 86 | 86 | 86 | 86 | | 86 | 86 | 86 | 86 | | 86 | 86 | | | |
| 钻机和压缩机 (电缆) | | | | | | | | 600 | 600 | 600 | 600 | | 600 | 600 | 600 | 600 | | 600 | 600 | | | |
| 总用电需求 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 686 | 686 | 686 | 816 | 340 | 686 | 686 | 816 | 686 | 340 | 686 | 816 | 15 | 15 | 15 |

峰值用电需求 →

使用低压变电所 200 kVA 的机械和设备

| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Snorkel伸缩臂叉车 (32 kWh) | | | | | | | | -6 | -6 | -6 | -6 | 44 | -6 | -6 | -6 | -6 | 44 | -6 | -6 | 4 | | |
| 工棚 (16套) | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 8 | 8 | 8 |
| 电车 | | | | | | | | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | | | |
| 电车 | | | | | | | | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | | | | |
| 电车 | | | | | | | | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | 11 | 11 | 11 | 11 | | | |
| 总用电需求 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 49 | 49 | 49 | 49 | 93 | 38 | 38 | 38 | 38 | 82 | 38 | 38 | 12 | 8 | 8 |

峰值用电需求

案例下一页继续→





案例 | 通电和用电优化

基于用电需求和电网可用容量，电源柜连接临时变电所和最近的固定变电所（400 V）是最合理的通电方案。应基于变电站可用容量，计算对应电流，选择合适的电源柜。

NS123可用容量为200 kVA，对应的最大电流输出为289 A。
临时变电所可提供1000 kVA，对应的最大电流输出为1,445 A。

考虑到工程机械和设备的充电要求，建议使用以下规格的电源柜：



电源柜 250A/400V

连接 NS123

断路器：63 A (工棚), 32A (电车充电桩), 63 A (2x 电车充电桩), 32 A (伸缩臂叉车), 振动板配备小型断路器



2x 电源柜 1000A/400V

连接临时变电所

断路器：钻机、压缩机、快充充电桩和250A电源柜，均需断路器

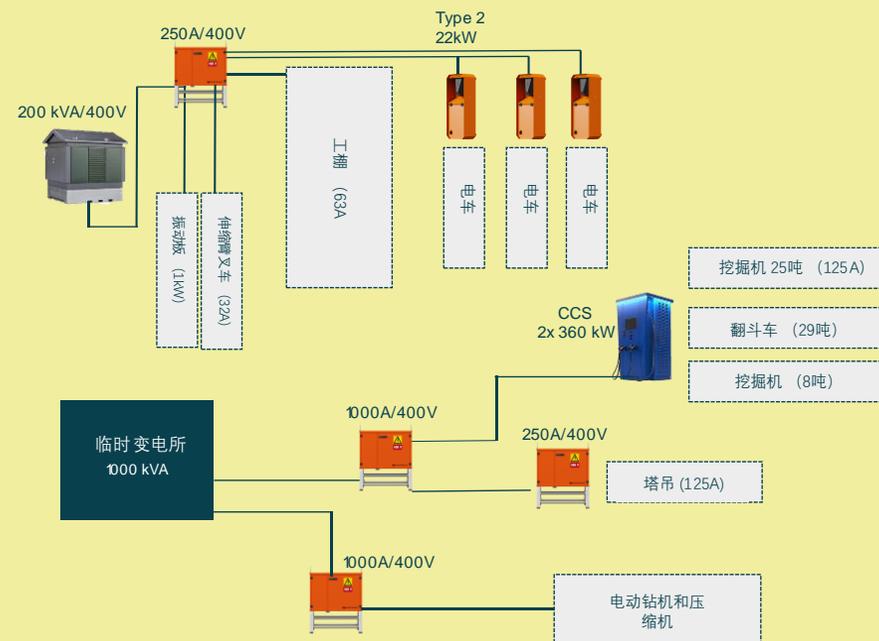


电源柜 250A/400V – 选装

连接电源柜1000 A/400 V

断路器：125 A (塔吊)

备注：非必要，但可以考虑在靠近作业区处，为电缆供电塔吊单独配备电源柜





6. 项目启动准备

本阶段的目的是，在项目中标后、启动前，做好最后准备。

6. 项目启动准备

中标后、启动前的准备

在部分或完全用电供能的建筑项目中，一定要在中标后第一时间安排供电。

下表列出的用电相关准备工作，必须在项目启动前完成：

- 与电气承包商协商一致
- 明确是否需要建筑电力特许权
- 如果需要，申请建筑电力特许权
- 订购/租用工程机械和充电设备
- 签订临时用电协议
- 与电气承包商协调安装临时电力系统事宜

下文内容将帮助判断是否需要、以及如何申请建筑电力特许权。



6. 项目启动准备

是否需要电网特许权？谁可以申请？

是否需要？

需要安装临时变电所满足用电需求的建筑项目，必须申请电网特许权。临时装置可能存续几个月或几年，一般不超过五年。因为变电所连接高压电网，因此需要建造、拥有、运营该电网的特许权。在挪威，这类设施必须由挪威水资源和能源局（NVE）认证的合格人士建设和运营。

谁申请？

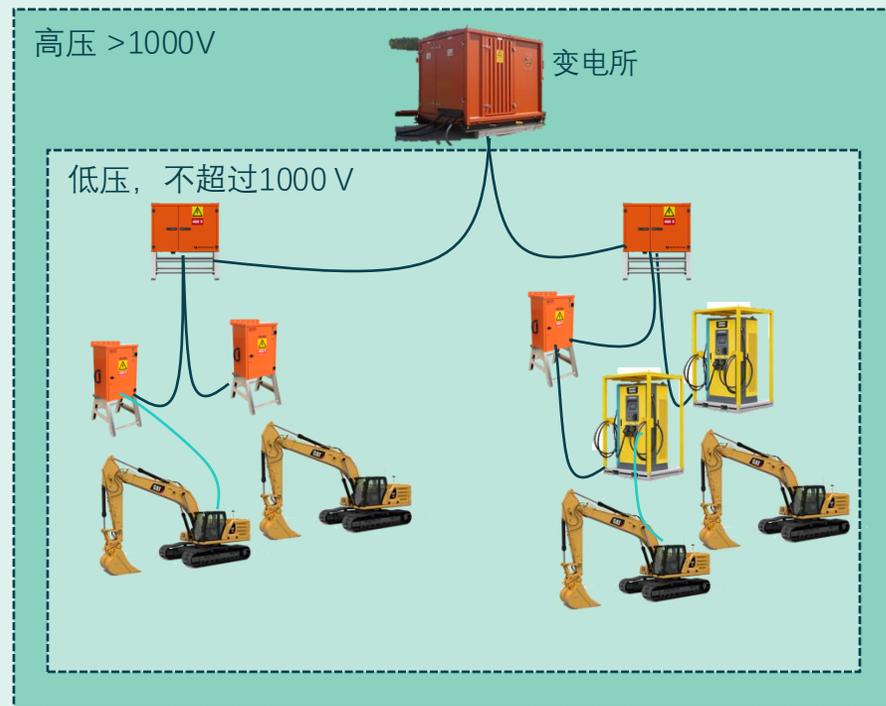
项目中标后，负责高压安装的建筑和电气承包商，可获得电网特许权。挪威监管对电气单位有能力要求，对电气安装和设备相关作业有资质要求（FEK）。此类单位必须在挪威民防局（DSB）企业登记系统中注册。



处理特许权申请可能耗时几个月。因此，务必签合同后立刻启动流程！



有电网特许权才能连接高压电网



6. 项目启动准备

申请电网特许权

挪威水资源和能源局（NVE）负责处理并批准电网特许权申请，提供申请流程的[电子版指南](#)。

NVE有两种申请选项：

1. 申请在指定建筑区域内装置的电网特许权。
2. 申请在指定建筑区域内装置的电网特许权，包括进入工地的电缆。

铺设进入建筑工地的电缆，只与临时电缆连接相关；与在该区域内建造固定供电设施无关。NVE对此类铺设严格要求，因此审批过程更全面，等待时间更长。务必与电网运营商确认，对方是否负责铺设连接至变电所的电缆。

1 指定建筑区域的电网特许权



🕒 3个月

特许区域

2 指定建筑区域内装置的电网特许权，包括进入工地的电缆



🕒 3-6个月

特许区域

附录

A.1 术语表

A.2 如何计算充电功率

零排放工地术语表

电流单位为安培 (A)，代表每秒钟经过导体的电荷数量。在工地中，电流数值指代电源柜、断路器和电缆。

电压单位为伏特 (V)，指两点间的电势差。在工地供电的电压大多为230 V和400 V，设备和电缆必须与电网电压匹配。“低压”和“高压”，与电网连接相关，定义如下：

- **低压电网**：电压不超过1,000 V AC。低压电网可连接变压器，通常可提供230 V 或 400 V。
- **高压电网**：电压高于1,000 V AC。用电负荷较高时使用，需要专门许可方能连接。

功率单位为千瓦 (kW)，代表能量使用或传输的速度。功率高，则单位时间消耗的能量高。一般用功率来定义充电速度和电力基础设施的规格。功率计算公式如下：

$$\text{功率 (kW)} = \text{电压 (V)} \times \text{电流 (A)} \times 1.73$$

1.73 是三相系统的常量因子（建筑工地通用三相）

能量单位为千瓦时 (kWh)，代表一定时间内的总能耗。1千瓦的功率消耗1小时，即为1千瓦时。能源可用于标定电池容量、估算能量成本、评估潜在减排量等。能量计算公式如下：

$$\text{能量 (kWh)} = \text{功率(kW)} \times \text{时间(h)}$$



案例 | 电流、电压、功率和能源

场景1：一条电路，有63A的断路器，电压400 V。需要计算此电路的能够输出的最大功率。

$$\text{计算功率: } 400 \text{ V} \times 63 \text{ A} \times 1.73 = \mathbf{43.6 \text{ kW}}$$

场景2：一台机械，电池容量100 kWh，使用20 kW充电桩。需要计算电池充满所需时间。

计算能量：重组能量公式，即可计算充电时间：

$$\frac{100 \text{ kWh}}{20 \text{ kW}} = \mathbf{5 \text{ h}}$$

场景3：机械需要22 kW的充电功率，连接至400 V系统。需要计算电源柜需要的断路器规格。

计算电流： $400 \text{ V} \times 1.73 \div 22 \text{ kW} = \mathbf{31.8 \text{ A}}$ 。断路器有标准规格，一般有32 A, 40 A, 50 A 等。为保证安全余量，建议使用40 A。

A.2 如何计算充电功率

如果计算机械的充电功率？

选定机械和充电设备后，即可计算充电功率和充电排期。这是计算现场总用电需求、确保工作日安排效率最要必要信息。

选定机械的参数表中含有电池容量和运行时间信息。可用此信息计算每台机械的运行能耗：

$$(1) \text{每小时能耗} \left(\frac{kWh}{h}\right) = \frac{\text{电池容量} (kWh)}{\text{运行时间} (h)}$$

此外，还可使用工作日起止时间和休息时间，计算机械每班次能耗：

$$(2) \text{每班次能耗} (kWh) = \text{每小时能耗} \left(\frac{kWh}{h}\right) \times \text{班次时长} (h)$$

例如，如果计划午休期间充电，则班次时长指从工作日开始至午餐前。

快充的限制因素，通常是机械能接受的最大充电功率。可使用参数表信息和充电时长，计算传输至电池的电量：

$$(3) \text{充电能量} (kWh) = \text{充电功率} (kW) \times \text{时长} (h)$$

充电结束后，电池可用电量计算如下：

$$(4) \text{可用能量} (kWh) = \text{电池容量} - \text{每班次能耗} + \text{充电能量}$$

对每个班次至下一个快充时段期间，使用公式(2)、(3)、(4)重复计算。夜间充电所需的充电功率计算如下：

$$(5) \text{必要充电功率} (kW) = \frac{\text{电池容量} - \text{剩余能量} (kWh)}{\text{时长} (h)}$$

此计算可得出机械夜间充电所需的功率。得出的结果需向上取至最近的可用充电功率。



案例 | 计算充电功率

背景：Bygata项目有一台300 kWh挖掘机（运行6小时）和两台轮式装载机（运行8小时），需要在午餐、晚安时，以及夜间充电。

充电功率：挖掘机的计算：

使用参数表中的信息 → 每小时能耗 = $\frac{300}{6} = 50 \text{ kWh/h}$

午餐前，作业时间4小时 → 每班次能耗 = $50 \times 4 = 200 \text{ kWh}$

充电功率190 kW，午休1小时 → 充电能量 = $190 \times 1 = 190 \text{ kWh}$

剩余能量 → $300 - 200 + 190 = 290 \text{ kWh}$

下一班次持续4小时，晚餐休息1小时。快充后，电池剩余能量为 → $290 - 200 + 190 = 280 \text{ kWh}$

下一班次持续2小时 → 每班次能耗 = $50 \times 2 = 100 \text{ kWh}$

夜间充电前剩余能量 → $280 - 100 = 180 \text{ kWh}$

夜间充电12小时 → 必要充电功率 = $\frac{300 - 180}{12} = 10 \text{ kW}$

此方法适用于所有电池供电的机械。



Hafslund
Rådgivning