

海上风电机组基础结构



河海大学

HOHAI UNIVERSITY

港口海岸与近海工程学院

College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering

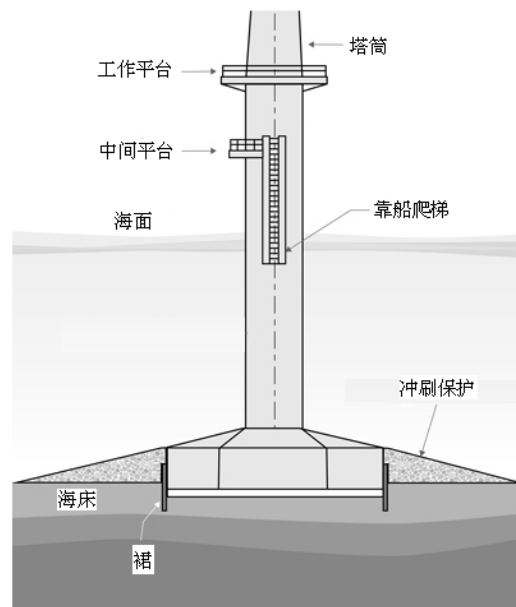


重力式基础简介

重力式基础是一种传统的基础型式，一般为钢筋混凝土结构，**是所有的基础类型中体积最大、重量最大的基础**，依靠自身的重力使风机保持垂直。在制作时，一般利用岸边的干船坞进行预制，制作好以后，再由专用船舶装运或浮运至海上指定位置安装。海床预先处理平整并铺上一层碎石，然后再将预制好的基础放于碎石之上。

重力式基础适用条件

重力式基础一般适用于水深小于10m的海域





重力式基础的优点

- 结构简单，造价低，抗风暴和风浪袭击性能好，其稳定性和可靠性是所有基础中最好的。

重力式基础的缺点

- 需预先处理海床；其体积大、重量大，安装不方便；适用水深范围太过狭窄，随着水深的增加，其经济性不仅不能得到体现，造价反而比其它类型基础要高。

重力式基础的改进

- **钢桶重力式基础**，这种结构形式是在混凝土平板上放置钢桶，然后在钢桶里填置鹅卵石、碎石子等高密度物质。
- 这种结构比起混凝土重力式基础来轻便很多，能够实现用同一个起重机完成基础和风机的吊装。但是这种结构需要阴极保护系统，在造价上也比混凝土重力式基础要高。



本章内容

4.1 重力式基础的结构形式及特点

4.2 重力式基础的一般构造

4.3 重力式基础的基本计算

4.4 沉箱基础

4.5 大直径圆筒基础

4.6 吸力式基础

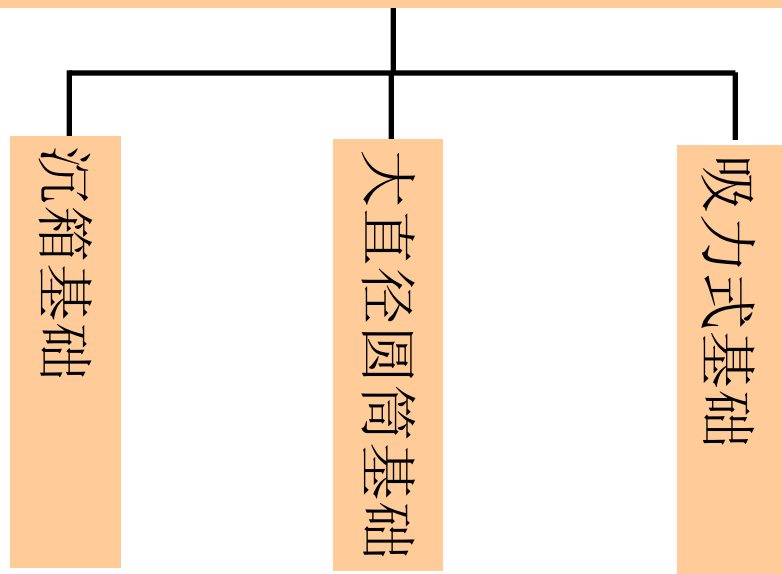
4.1 重力式基础的结构形式及特点



重力式基础的施工工序

- 预制基础构件；
- 开挖基床；
- 抛填块石基床；
- 基床夯实和整平；
- 在抛石基床上安装基础预制件；
- 基础预制件内部填充；
- 胸墙浇筑。

重力式基础的分类



4.1 重力式基础的结构形式及特点



4.1.1 沉箱基础

沉箱是一种巨型的钢筋混凝土或钢质空箱，箱内用纵横隔墙隔成若干舱格。沉箱一般在专门的预制厂预制，然后在滑道上用台车溜放下水。当预制沉箱的数量不多时，也可利用当地修造船厂的船坞、滑道、船台或其他合适的天然岸滩预制下水。下水后的沉箱用拖轮拖至现场，定位后用灌水压载法将其沉放在整平好的基床上，再用砂或块石填充沉箱内部。有条件时，沉箱也可采用吊运安装。



沉箱基础特点

沉箱结构水下工作量小，结构整体性好、抗震性能强，施工速度快，需要钢材多，需要专门的施工设备和合适的施工条件。

4.1.2大直径圆筒基础



大直径圆筒基础



4.1.2大直径圆筒基础



大直径圆筒基础的构成

大直径圆筒基础主要由预制的大直径薄壁钢筋混凝土无底圆筒组成，圆筒内填块石、砂或土。可直接沉入地基中，也可放在抛石基床上。大直径圆筒基础主要是靠圆筒与其中填料整体形成的重力来抵抗作用在基础上的荷载。

大直径圆筒基础的特点

大直径圆筒基础结构简单；混凝土与钢材用量少；适应性强，可不作抛石基床；造价低；施工速度快。但大直径圆筒基础也还存在一些问题，例如抛石基床上的大圆筒产生的基底压力大，沉入地基的大直径圆筒基础施工较复杂

4.1.3 吸力式基础



吸力式基础构成

吸力式基础是一种底端敞开、上端封闭的大直径圆桶结构，一般采用钢质制作，也可使用钢筋混凝土结构，圆桶顶部设有连接泵系统的出水孔。

吸力式基础施工

- 倒扣、充气、气浮漂运至安装地点；
- 靠自重让吸力桶嵌入土中一定深度；
- 借助吸力桶顶部水泵向外抽水，将吸力桶进一步沉贯入土；
- 沉贯结束，卸去抽水系统，封闭抽水口。

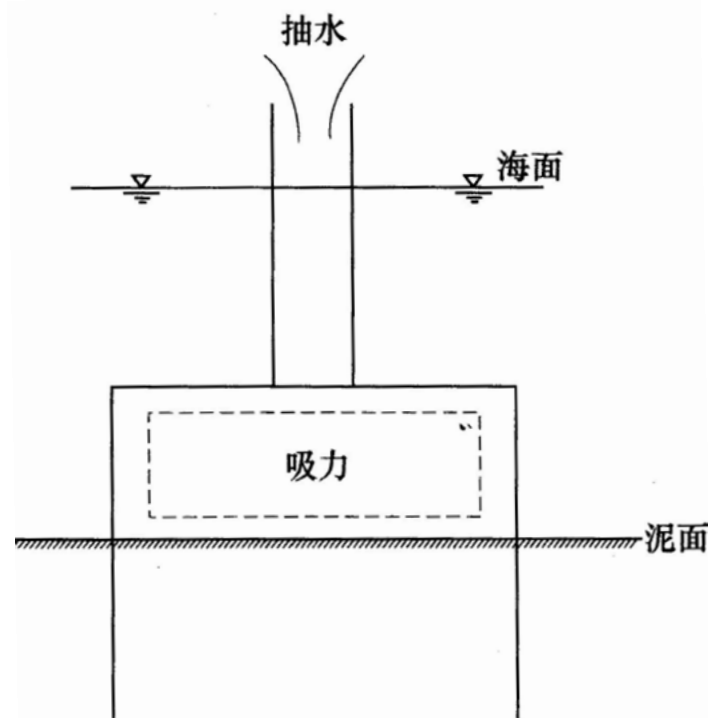


图 4-2 吸力式基础原理图

4.1.3 吸力式基础



吸力式基础特征

- 很高的竖向承载力和较高的水平承载力；
- 施工简便，机动灵活，使用安全可靠；
- 可回收利用；
- 适用范围广，对深、浅海均适用。

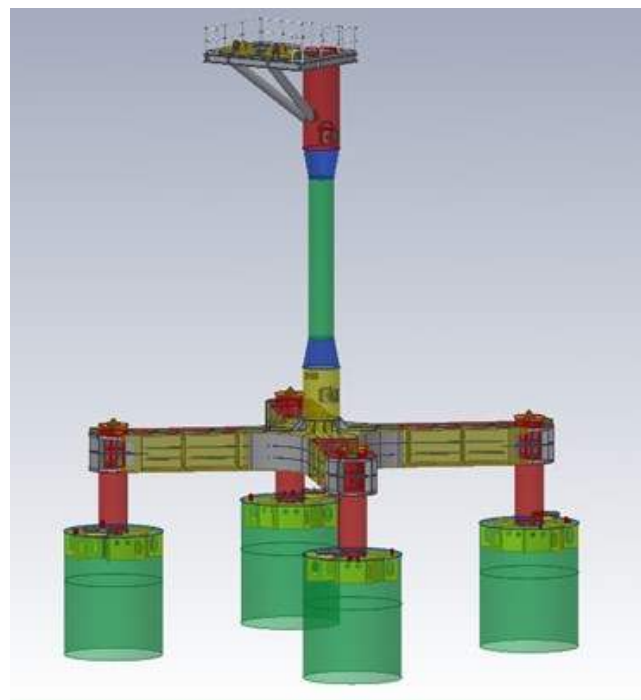


4.1.3 吸力式基础



吸力式基础的应用

- ◆ 1994年在北海水深为70m的海域，安装完成了采用吸力式基础的Eurpoipe16/11-E大型固定式海洋平台，它的建成标志着这一技术进入了工业化实用阶段。
- ◆ 1999年10月，我国首座吸力式沉箱基础采油平台在胜利油田CB20B井位安装成功，该平台设计工作水深8.9m，沉箱直径和高度分别为4m和4.4m，这标志我国吸力式基础海洋平台进入实用阶段。



4.2 重力式基础的一般构造



4.2.1 基床

基床处理方式

重力式基础根据地基情况、施工条件和结构型式采用不同的基床处理方式。

- 吸力式基础无需对地基进行处理；
- 对于岩石地基上的预制安装结构，为使沉箱等预制构件安装平稳，应以二片石（粒径8~15cm的小块石）和碎石整平岩面，其厚度不小于0.3m；当岩面较低时，也可采用抛石基床。
- 对于非岩石地基，应设置抛石基床。



抛石基床设计内容

抛石基床设计包括：

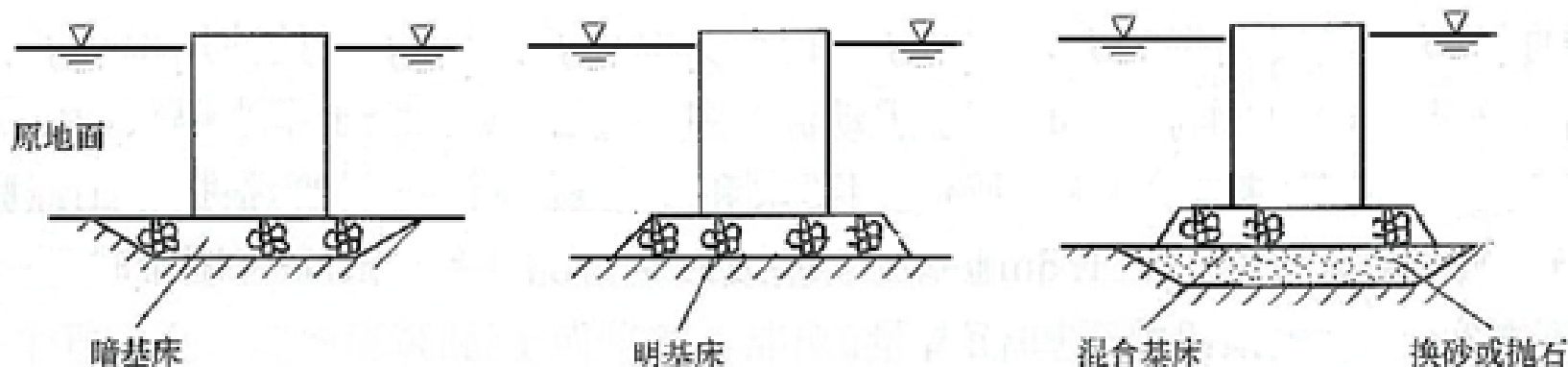
- 选择基床型式；
- 确定基床厚度及肩宽；
- 确定基槽的底宽和边坡坡度；
- 规定块石的重量和质量要求；
- 确定基床顶面的预留坡度和预留沉降量等。

基床形式

重力式基础的基床型式有：**暗基床**、**明基床**和**混合基床**三种。

基床选型原则

- 水流流速较大时应避免采用明基床，或在基床上设防护措施。
- 混合基床适用于地基较差的情况，此时需将地基表层的软土全部挖除填以块石，软土层很厚时可部分挖除换砂。





基床厚度确定原则

- 基床顶面应力大于地基容许承载力时，抛石基床起扩散应力的作用，基床厚度由计算确定，并且不宜小于1m。
- 当基床顶面应力不大于地基容许承载力时，基床只起整平基面和防止地基被淘刷的作用，但其厚度也不宜小于0.5m。



基槽底宽及边坡坡度

基槽底宽

- 基槽底宽决定于对地基应力扩散范围的要求，不宜小于基础宽度加两倍的基床厚度，基槽底边线超出基础边缘不少于1倍的基床厚度。

边坡坡度

- 基槽边坡坡度应确保在施工过程中的稳定，一般根据地基土性质由经验确定。



基床肩宽

- 为保证基床的稳定性，基床肩部应有一定的宽度。
- 对于夯实基床，基床肩宽不宜小于2m；
- 当采用水下爆夯法密实时，应适当加宽；对于不夯实基床，基床肩宽不应小于1m。
- 当风机所在海域的底流速较大，地基土有被冲刷危险时，应加大基床外肩宽度，放缓边坡，增大埋置深度或采用其它护底措施。



基床夯实

- 为使抛石基床紧密，减少风机在施工和使用时的沉降，水下施工的抛石基床一般进行重锤夯实。
- 当地基为松散砂基或采用换砂处理时，对于夯实的抛石基床底层设置约0.3m厚的二片石垫层，以防基床块石打夯振动时陷入砂层内。
- 近几年，工程中也开始使用爆炸夯实法，通过埋在抛石基床内的炸药爆炸时产生的震动波使基床抛石密实。

重锤夯实的作用

- ① 破坏块石棱角，使块石互相挤紧；
- ② 使与地基接触的一层块石嵌进地基土内。

4.2.1 基床



块石重量和质量要求

块石重量要求

- 基床块石的重量既要满足在波浪水流作用下的稳定性，又要考虑便于开采、运输和施工，
- 一般采用10~100kg的混合石料，原则上块石越大越好，
- 对于厚度不大于1m的薄基床，可采用较小的块石。

块石质量要求：遇水不软化、不破裂，不被夯碎

- 在水中饱和状态下的抗压强度，对于夯实基床不低于50MPa，对于不夯实基床不低于80MPa
- 未风化，不成片状，无严重裂纹。



预留沉降量

在基床、上部结构和设备的施工及安装过程中，随着竖向荷载的不断增大，基床及下部地基被压缩变形，导致整体结构发生沉降，为了保证建筑物在允许沉降范围内正常工作，基床顶面应预留沉降。

预留沉降量的设计

- 对于夯实基床，设计时只按地基沉降量预留，
- 对于不夯实基床，还需预留基床压缩沉降量。基床压缩沉降量按下式估算：

式中 a ——基床压缩系数，按表注 0.005 (m²/kN)；

d

——基床厚度 (m)；

σ



墙身和胸墙的作用

- 墙身和胸墙是重力式基础必需的主体结构，其作用是：
将塔筒与基础链接成整体，承受作用在基础上的各种荷载，将这些荷载传到下面的地基中去。
- 胸墙还起着将墙身连成整体的作用，并用来固定防冲设施、系船设施、铁扶梯等。



胸墙

- 对于钢筋混凝土重力式基础，胸墙一般采用现浇混凝土胸墙，与墙身一同浇筑；
- 对于钢制重力式基础，用作胸墙的钢板也是与墙身一同制作。这样制作胸墙的优点是结构牢固，整体性好。
- 为了保证胸墙有良好的整体性和足够的刚度，胸墙高度越高越好。



增强结构耐久性的措施

处于水位变动区的胸墙与墙身，由于强烈的干湿交替、冻融、水流冲击、冰磨、船舶撞击等作用，经过一定时期，都有不同程度的损坏。为了提高重力式基础的耐久性，设计时应采取适当措施。

- 根据结构计算和《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151-2011）规定的耐久性要求选定混凝土强度等级；
- 适当增大钢筋混凝土构件厚度和钢筋的混凝土保护层；
- 对于受冰冻作用的基础，水位变动区还可考虑采用钢筋混凝土板镶面、花岗岩镶面或抗蚀性强、抗磨性高、抗冻性好的新材料。
- 对于钢质基础，在设计时要采用可靠的防腐蚀措施，并预留足够的腐蚀余量。

4.3 重力式基础的计算



4.3.1 重力式基础设计状况和计算内容

重力式基础设计状况

- **持久状况**，在结构使用期按承载能力极限状态和正常使用极限状态设计；
- **短暂状况**，施工期或使用初期可能临时承受某种特殊荷载时按承载能力极限状态设计，必要时也需按正常使用极限状态设计；
- **地震状况**，在使用期遭受地震作用时仅按承载能力极限状态设计；
- **偶然状况**，在使用期遭受偶然荷载时仅需按承载能力极限状态设计。

4.3.1重力式基础设计状况和计算内容



重力式基础设计及验算内容

序号	计算和验算内容	采用的极限状态	采用的效应组合
①	基础的抗倾稳定性	承载能力极限状态	持久组合
②	沿基础底面和基床底面的抗滑稳定性	承载能力极限状态	持久组合
③	基床和地基承载力	承载能力极限状态	持久组合
④	整体稳定性	承载能力极限状态	持久组合
⑤	基础底面合力作用点位置	承载能力极限状态	持久组合
⑥	构件的承载力	承载能力极限状态	持久组合
⑦	基础施工期稳定性和构件承载力	承载能力极限状态	短暂效应组合
⑧	基础裂缝宽度	正常使用极限状态	长期效应（准永久）组合
⑨	地基沉降	正常使用极限状态	长期效应（准永久）组合



海上风电机组基础要求

(1) 由于风电机组具有承受 360° 方向重复荷载和大偏心受力的特殊性，对地基基础的稳定性要求高，重力式基础应按大块体结构设计。基底允许脱开面积应满足表4-3的要求。如不满足要求应采取加大基础底面积或埋深等措施。

表 4-3 各计算工况基底允许脱开面积指标

计算工况	基底脱开面积 A_T /基底面积 A (100%)
正常运行荷载工况 多遇地震工况	不允许脱开
极端荷载工况	25%



海上风电机组基础要求

(2) 对地震基本烈度为VII度及以上地区，应根据地基土振动液化的判别成果，通过技术经济比较采取稳定基础的对策和处理措施。

- 对于重力式基础，当基础宽度大于3m或埋置深度大于0.5m时，由载荷试验或其他原位试验测试、经验值等方法确定的地基承载力特征值，应按下式修正：

$$f_a = f_{ak} + \eta_b \gamma (b_s^{(4-2)} - 3) + \eta_d \gamma_m (h_m - 0.5)$$

式中 f_a —修正后的地基承载力特征值；

f_{ak} —地基承载力特征值；

η_b 、 η_d —基础宽度和埋置深度的地基承载力修正系数；

γ

b_s —基础底面以下土的自重密度；

γ_m —基础底面宽度（力作用方向），当基础宽度大于6m时取6m取值；

h_m —基础底面以上土的加权平均重度（有效重度）；

4.3.2 地基承载力计算



- 对于岩石地基的承载力，其承载力特征值可根据岩石饱和单轴抗压强度、岩体结构和裂隙发育程度，按表4-5做相应的折减后确定；对于极软岩可通过三轴压缩试验或现场载荷试验确定其承载力特征值。岩石地基承载力无需进行深宽修正。

表 4-5 地基岩体承载力特征值 f_{ak} (MPa)

岩石单轴饱和抗压强度 R_b	岩体承载力特征值 f_{ak}			
	岩体完整，节理间距大于 1m	岩体较完整，节理间距为 1.0~0.3m	岩体完整性较差，节理间距为 0.3~0.1m	岩体破碎，节理间距小于 0.1m
坚硬岩、中硬岩 ($R_b > 30$)	$(1/17 \sim 1/20) R_b$	$(1/11 \sim 1/16) R_b$	$(1/8 \sim 1/10) R_b$	$(1/7) R_b$
较软岩、软岩 ($R_b < 30$)	$(1/11 \sim 1/16) R_b$	$(1/8 \sim 1/10) R_b$	$(1/6 \sim 1/7) R_b$	$(1/5) R_b$

4.3.2 地基承载力计算



- 当采用理论公式计算地基承载力时，由于水平荷载的作用，使得地基不均匀受力，降低了基础承受竖向荷载的能力，这种影响在地基承载力的分析应予以考虑。图4-4是理想化的风机基础受力示意图，图中H和V分别表示水平荷载和竖向荷载，LC表示水平荷载和竖向荷载在基础底面的合力作用点位置，偏心距 e 由下式计算：

$$e = \frac{M_d}{V_d} \quad (4-3)$$

式中 M_d ——经换算计算后作用在基础底面的弯矩特征值。

V_d ——竖向荷载特征值。

海上风电机组基础要求

理论公式法计算地基承载力是根据经验减小基础的有效面积以实现倾斜荷载对地基承载力的影响。并且，荷载偏心距的大小还会影响到地基的破坏模式，一般有如图4-4所示两种破坏模式，地基破坏模式不同，地基承载力的计算方法也不同。

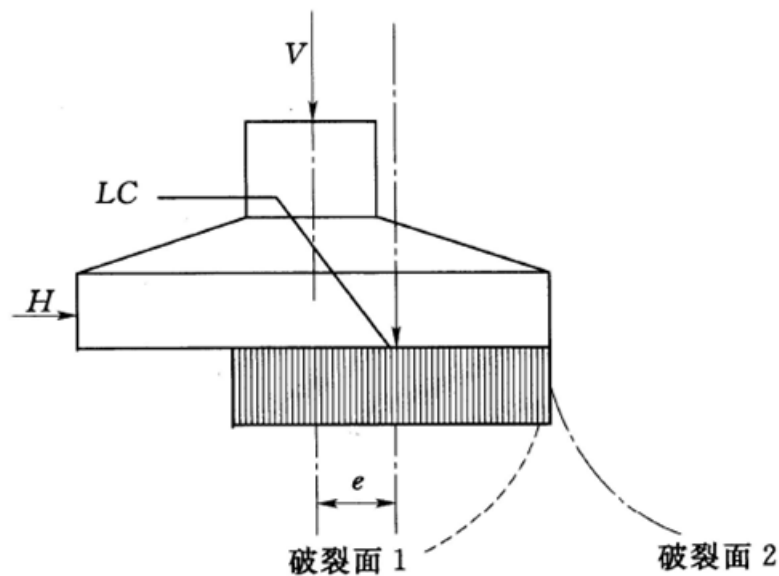


图 4-4 理想化的风机基础受力示意图

4.3.2 地基承载力计算



海上风电机组基础要求

■ 如图4-5 (a) 所示，对于矩形基础，当荷载沿基础某一轴线方向倾斜时，基础有效面积减小后的尺寸为：

$$b_{eff} = b - 2e \quad (4-4)$$

$$l_{eff} = l \quad (4-5)$$

式中 b_{eff} l_{eff} 分别为有效面积减小后的基础尺寸。

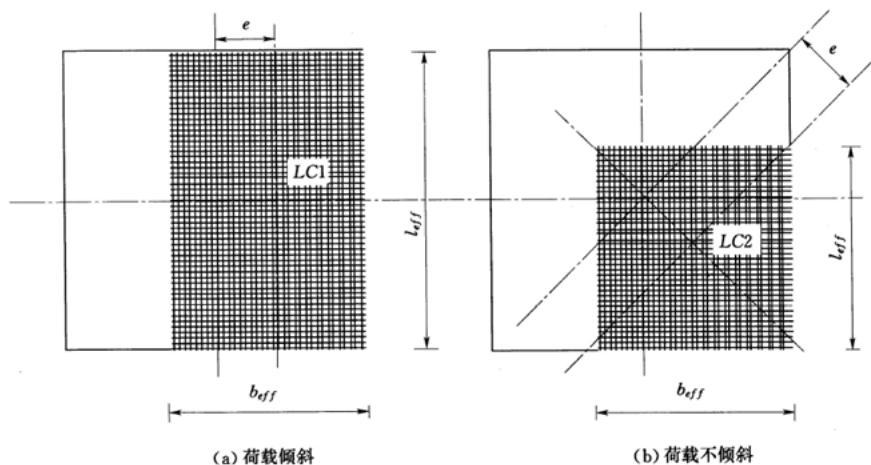


图 4-5 矩形基础有效面积确定方法示意图

l b 和 分别为基础的长度和宽度。

4.3.2 地基承载力计算



海上风电机组基础要求

■ 如图4-5 (b) 所示，对于矩形基础，当荷载不沿基础任一轴线方向倾斜时，基础有效面积减小后的尺寸为：

$$b_{eff} = b - 2e_1 \quad (4-1)$$

$$l_{eff} = l - 2e_2 \quad (4-2)$$

式中 e_1 e_2 ——荷载沿基础长边方向和短边方向的偏心距。

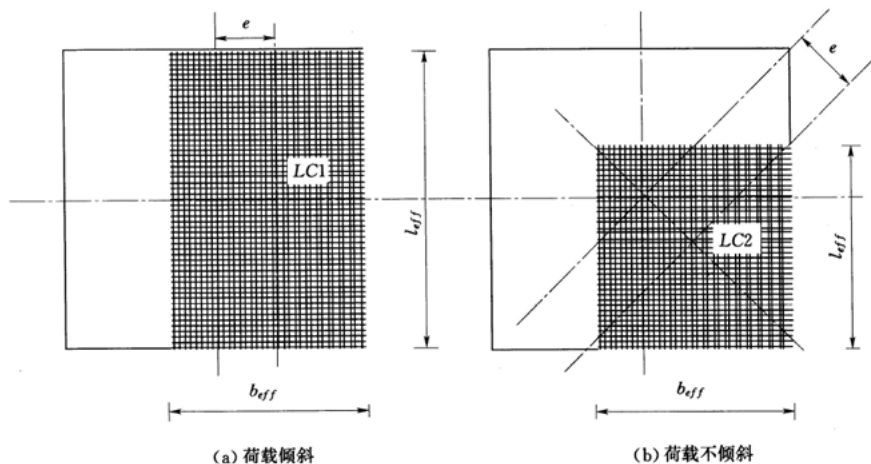


图 4-5 矩形基础有效面积确定方法示意图

4.3.2 地基承载力计算



得到减小后的基础尺寸后，基础的有效面积 A_{eff}

即为：

$$A_{eff} = l_{eff} \times b_{eff} \quad (4-9)$$

对于直径为 R 的圆形基础，倾斜荷载作用下形成的有效面积如图 4-6 所示的阴影面积，其大小为：

$$A_{eff} = 2 \left[R^2 \arccos\left(\frac{e}{R}\right) + e \sqrt{R^2 - e^2} \right] \quad (4-10)$$

$$b_e = 2(R - e)$$

$$l_e = 2R \sqrt{1 - \left(1 - \frac{b_e}{2R}\right)^2} \quad (4-11)$$

另外，基础的有效面积可被等效为一矩形，矩形的长短边长分别为：

$$l_{eff} = \sqrt{A_{eff} \frac{l_e}{b_e}}$$

$$b_{eff} = \frac{l_{eff}}{l_e} b_e \quad (4-12)$$

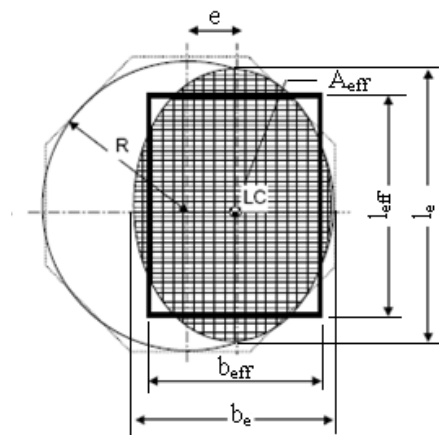


图 4-6 圆形和八边形基础的有效面积示意图



海上风电机组基础要求

对于形如正多边形（包括八边形或更多）的基础，可将画正多边形的内接圆，依然可以应用上述公式计算倾斜荷载作用下的基础有效面积。得到倾斜荷载作用下基础的有效面积后，下一步即可计算地基承载力。

4.3.2 地基承载力计算



海上风电机组基础要求

- 在完全排水条件下，若地基的破坏模式与图4-4中所示的模式1相同，则基础底面为水平的重力式基础其承载力可按下式计算：

$$f_a = \frac{1}{2} \gamma' b_{eff} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma + p_0' N_q s_q d_q i_q + c_d N_c s_c d_c i_c \quad (4-14)$$

$$\varphi = 0$$

，则采用下式计算地基承载力：

$$f_a = c_{ud} N_c^0 \cdot s_c^0 \cdot d_c^0 \cdot i_c^0 + p_0 \quad (4-15)$$

式中 f_a ——地基承载力特征值 (kN/m²)；

γ' ——基础底面以下地基土的有效重度 (kN/m³)；

p_0' ——基础底面以上土层的有效自重 (kN/m²)；

c_d

N_γ N_q N_c ——地基承载力系数，无量纲；

s_γ s_q s_c ——基础形状修正系数，无量纲；

d_γ d_q d_c ——深度修正系数，无量纲；

i_γ i_q i_c

4.3.2 地基承载力计算



海上风电机组基础要求

地基土的不排水强度特征值 c_{ud}

和土体粘聚力特征值

φ_d

的计算公式为：

$$c_{ud} = \frac{c}{\gamma_c} \quad (4-16)$$

$$\varphi_d = \arctan\left(\frac{\tan \varphi}{\gamma_\varphi}\right) \quad (4-17)$$

式中

γ_c γ_φ

4.3.2 地基承载力计算



海上风电机组基础要求

当利用地基承载力计算公式反算基础底面反力，并应用地基反力设计基础时，地基承载力系数 N_γ 采用如下方式计算：

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi_d \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan \varphi}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{b_{eff}}{l_{eff}}$$

$$i_q = i_c = \left(1 - \frac{H_d}{V_d + A_{eff} \cdot c_d \cdot \cot \varphi_d} \right)^2$$

$$s_q = s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{b_{eff}}{l_{eff}}$$

$$i_\gamma = i_q^2$$

$$d_\gamma = 1.0$$

$$N_c^0 = \pi + 2$$

$$s_c^0 = s_c$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{d}{b_{eff}} \cdot \tan \varphi_d \cdot (1 - \sin \varphi_d)^2$$

$$i_c^0 = 0.5 + 0.5 \cdot \sqrt{1 - \frac{H}{A_{eff} \cdot c_{ud}}}$$

4.3.2 地基承载力计算



海上风电机组基础要求

- 当荷载偏心距超过0.3倍的基础边长时，地基一般会发生如图4-4中破坏模式2的破坏，此时地基承载力按下式计算：

$$q_d = \gamma' b_{eff} N_\gamma s_\gamma i_\gamma + c_d N_c s_c i_c (1.05 + \tan^3 \varphi)$$

$$i_q = i_c = 1 + \frac{H}{V + A_{eff} \cdot c \cdot \cot \varphi}$$

$$i_\gamma = i_q^2$$

$$i_c^0 = \sqrt{0.5 + 0.5 \cdot \sqrt{1 + \frac{H}{A_{eff} \cdot c_{ud}}}}$$

- 应用式（4-32）计算得到地基承载力后，还需与破坏模式1下计算得到地基承载力作比较，最后取其小值。

4.3.2 地基承载力计算



由于水平荷载的存在，重力式基础有可能沿着基础底面发生滑动。重力式基础的水平抗滑承载力根据地基土的排水情况确定。

在地基土排水情况下

$$f_{ah} = A_{eff} \cdot c + V \cdot \tan \varphi$$

在地基土不排水情况下

地基土的内摩擦角 $\varphi = 0$ · 所以公式简化为

$$f_{ah} = A_{eff} \cdot c_{ud}$$



地基稳定性验算的必要性

水平荷载是海上风电场风电机组地基基础承受的主要荷载之一。在水平荷载和竖向荷载的共同作用下，重力式基础可能的破坏模式有：与深层土层一起发生整体滑动破坏，沿着基底面发生滑动、倾覆。因此，应对基础进行抗滑和抗倾覆稳定计算。若是与深层土层一起整体滑动发生破坏，通常采用圆弧滑动面法进行验算。

4.3.3 地基稳定性验算



抗滑稳定性验算

沿基础底面和基床底面的抗滑稳定验算一般按平面问题取单宽计算。

不考虑波浪作用，考虑冰荷载

$$\gamma_0 \psi (\gamma_I F_I + \gamma_c F_c + \gamma_f F_{fH}) \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G G + \gamma_f F_{fV}) f \quad (4-28)$$

考虑波浪力，不考虑冰荷载

$$\gamma_0 \psi (\gamma_P P_B + \gamma_c F_c + \gamma_f F_{fH}) \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G G + \gamma_f F_{fV} - \gamma_U P_U) f \quad (4-29)$$

式中 G ——作用在计算面积上的结构自重荷载 (kN)；

F_I ——冰荷载的荷载值 (kN)；

F_c ——冰盖荷载的荷载值 (kN)；

F_{fH} ——风电机组水平向荷载的荷载值 (kN)；

F_{fV} ——风电机组竖向荷载的荷载值 (kN)；

P_B ——风电机组竖向荷载的荷载值 (kN)；

P_U ——波峰作用时水平浪压力的荷载值 (kN)；

ψ ——波峰作用时作用在计算面积上波峰浮托力的荷载值 (kN)；

γ_G ——结构自重力的分项系数；

γ_0 ——结构重要性系数；

γ_I γ_c γ_f γ_P γ_U γ_d ——分别为冰荷载、冰盖荷载、风荷载、波浪作用时水平浪浮托力的分项系数，具体参见第2章内容。

γ_d ——结构系数；

f ——摩擦系数，无冰浪作用取 1.0，有冰浪作用取 1.1；

ψ

4.3.3 地基稳定性验算



抗倾稳定性验算

对基础底面前趾的抗倾稳定验算仍按平面问题取单宽计算。

不考虑波浪作用，考虑冰荷载

$$\gamma_0 \psi (\gamma_I M_I + \gamma_c M_c + \gamma_f M_{fH}) \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G M_G + \gamma_f M_{fV})$$

考虑波浪力，不考虑冰荷载

$$\gamma_0 \psi (\gamma_P M_P + \gamma_c M_c + \gamma_f M_{fH} + \gamma_U M_U) \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G M_G + \gamma_f M_{fV})$$

M_G ——结构自重和垂直于计算面验算的稳定性力矩 (kN·m)

M_I ——冰荷载标准值对计算面验算的稳定性力矩 (kN·m)

M_c ——冰荷载标准值对计算面验算的稳定性力矩 (kN·m)

M_P

M_U ——波浪作用时的水平压力荷载标准值对计算面验算的稳定性力矩 (kN·m)

M_{fH} ——风荷载标准值对计算面验算的稳定性力矩 (kN·m)

M_{fV} ——风荷载标准值对计算面验算的稳定性力矩 (kN·m)

ψ

——组合系数，主导可变作用时，

γ_d

ψ

——1，非主导作用时。

ψ

4.3.3 地基稳定性验算



基床承载力验算

基床承载力按下式进行验算：

$$\gamma_0 \gamma_\sigma \sigma_{\max} \leq \sigma_\gamma$$

式中 γ_0 —结构重要性系数；

γ_σ —基床面最大应力分项系数，可取 1.0；

σ_γ —基床承载力设计值；

σ_{\max}



基床承载力验算

- 基床承载力设计值一般取600kPa。
- 对于受波浪作用的墩式建筑物或地基承载能力较高（如地基为岩基）时，可酌情适当提高取值，但不应大于800kPa。
- 重力式基础的刚度一般很大，基床顶面应力可按直线分布，按偏心受压公式计算。

4.3.3 地基稳定性验算



以矩形基础底面为例，其计算公式如下

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{V_k}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

σ_{\max} σ_{\min} ——分别为基底顶面的最大和最小应力标准值 (kPa)

B ——基础底宽 (m)

V_k ——作用在基底顶面的竖向力标准值 (kN)

e ——基础底面合力标准值作用点的偏心距 (m)

ξ ——合力作用点与基础前趾的距离 (m)

M_R M_0

——分别为竖向力标准值和水平力标准值对基础前趾的稳定性力矩

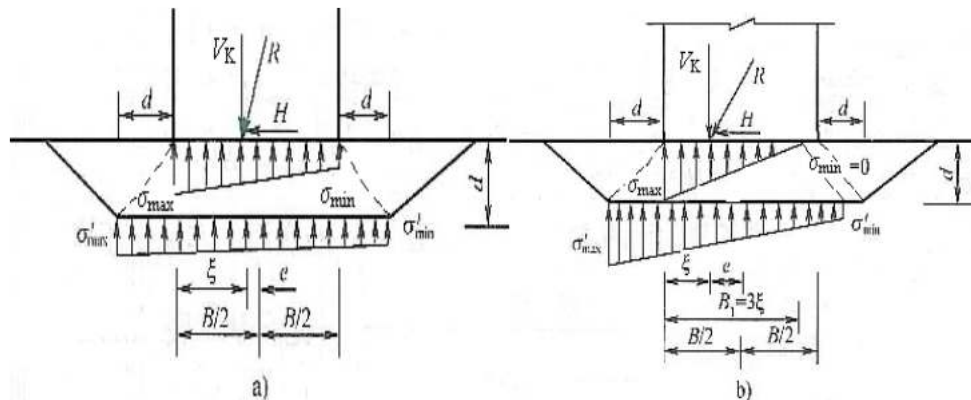


图 4-7 基底应力和地基应力计算图式

a) $\xi \geq B/3$ b) $\xi < B/3$

$$e = \frac{B}{2} - \xi$$

$$\xi = \frac{M_R - M_0}{V_k}$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/366142115112010104>