

ICS 27.180

F 11

备案号: 47853-2015

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 31056 — 2014

风力发电机组接地技术规范

Technical specification of earthing for wind turbine generator system

2014-10-15 发布

2015-03-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 一般规定 1

4 风力发电机组接地系统的设计 1

5 接地装置用材料、尺寸、热稳定和耐腐蚀要求 3

6 风力发电机组的接地装置 4

7 风力发电机组及升压变压器的等电位联结 6

8 风力发电机组接地装置验收 8

9 风力发电机组接地装置维护 8

附录 A（资料性附录） 风力发电机组基础的工频接地电阻算例 10

附录 B（资料性附录） 单台风力发电机组接地装置的典型布置 13

附录 C（资料性附录） 风力发电机组接地装置验收记录表 14

NB / T 31056 — 2014

前 言

本标准根据国家发展改革委办公厅《关于印发 2005 年行业标准计划的通知》（发改办工业〔2005〕739 号）要求制定。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由能源行业风电标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：龙源电力集团股份有限公司、武汉大学。

本标准主要起草人：王顺超、王建国、杜澍春、宗驰、李显强、颜文、张博、吴金城。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

风力发电机组接地技术规范

1 范围

本标准规定了风力发电机组接地的技术要求。
本标准适用于并网型陆上风力发电机组。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 21714.3 雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- GB 50169 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范
- DL/T 475 接地装置特性参数测量导则

3 一般规定

- 3.1 风力发电机组（含机组升压变压器）的电气系统、装置和设备应可靠接地。风力发电机组接地装置应充分利用机组基础作为自然接地极，并校核自然接地极的热稳定性。
- 3.2 风力发电机组接地按功能分为系统接地、保护接地和雷电保护接地。风力发电机组各种功能接地应共用一个接地装置。风力发电机组接地装置的接地电阻应符合各种功能接地要求中的最小值。当接地电阻值超出允许值时，应采取相应改善措施。
- 3.3 设计风力发电机组接地装置时，雷电保护接地的接地电阻可只在雷雨季节土壤干燥状态下达到要求值，其他功能接地的接地电阻以及相应的接触电位差和跨步电位差的核算应考虑土壤干燥或降雨和冻结等季节变化的影响，并应在四季中均达到要求值。
- 3.4 风力发电机组应设置等电位联结系统，并将其与接地装置可靠连接。
- 3.5 风力发电场设计选址时应调查风力发电机组所在地区的地质构造，实测风力发电机组接地装置所在区域的土壤电阻率，测量方法参见 DL/T 475。
- 3.6 风力发电机组接地装置的施工和验收应遵循 GB 50169 的规定。

4 风力发电机组接地系统的设计

4.1 系统接地

- 4.1.1 低压风力发电机组升压变压器低压侧一般为星形接线，其中性点应直接接地。当升压变压器有外壳时，外壳应与低压侧中性点共地。
- 4.1.2 高压风力发电机组中性点一般可采用谐振接地或低电阻接地方式。

4.2 保护接地

- 4.2.1 低电阻接地系统中单台风力发电机组的工频接地电阻应符合式（1）要求

$$R \leq \frac{2000}{I_G} \tag{1}$$

NB/T 31056 — 2014

式中:

R ——考虑到季节变化的最大工频接地电阻, Ω ;

I_G ——计算用经接地装置入地的最大接地故障不对称电流有效值, A。

I_G 应采用设计水平年系统最大运行方式下风力发电机组升压变压器箱体内、外发生接地故障时, 经接地装置流入地中并计及直流分量的最大接地故障电流值。对其计算时, 还应计算系统中各接地中性点间的故障电流分配, 以及架空线路地线中分走的接地故障电流。

无法满足式 (1) 要求时, 可根据本标准 6.3 的规定改善接地。如改善后仍无法达到要求时, 按 a) 和 b) 采取相应措施后, 保护接地要求的地电位升高可提高到 5000V:

a) 防止转移电位危害的措施。

- 1) 为通信设备及电缆加装隔离变压器或采用光电隔离及无金属加强筋的光纤通信, 隔离变压器原副边之间及对地绝缘应能耐受接地装置的最大地电位升;
- 2) 通向风力发电机组外的金属管道与风力发电机组接地装置宜多点连接; 对引出接地装置区域外的金属管道宜直接埋入地中至少 15m 引出; 对埋在高土壤电阻率地区的金属管道和外露引出的金属管道, 应在管道中接入一段绝缘管或在法兰连接处采取绝缘隔离措施, 绝缘长度应能耐受接地装置的最大地电位升。

b) 接触电位差和跨步电位差未超过本标准 4.2.3 和 4.2.4 的规定值, 并进行实测验证。

4.2.2 谐振接地系统中单台风力发电机组的工频接地电阻应符合式 (2) 要求, 但不应大于 4Ω :

$$R \leq \frac{120}{I_g} \quad (2)$$

式中:

R ——考虑到季节变化的最大工频接地电阻, Ω ;

I_g ——计算用的接地装置入地对称电流, A。

谐振接地系统中, 计算接地装置的入地对称电流时, 对于装有自动跟踪补偿消弧装置 (含非自动调节的消弧线圈) 的接地网, 计算电流等于接在同一接地网中同一系统各自动跟踪补偿消弧装置额定电流总和的 1.25 倍; 对于不装自动跟踪补偿消弧装置的电气装置的接地网, 计算电流等于系统中断开最大一套自动跟踪补偿消弧装置或系统中最长线路被切除时的最大可能残余电流值。

4.2.3 3kV~35kV 低电阻接地系统发生单相接地或同点两相接地时, 接地装置的接触电位差和跨步电位差不应超过下列数值 [见式 (3)、式 (4)]

$$U_t = \frac{174 + 0.17\rho_s C_s}{\sqrt{t_s}} \quad (3)$$

$$U_s = \frac{174 + 0.7\rho_s C_s}{\sqrt{t_s}} \quad (4)$$

式中:

U_t ——接触电位差允许值, V;

U_s ——跨步电位差允许值, V;

ρ_s ——地表的电阻率, $\Omega \cdot m$;

C_s ——表层衰减系数, 按 GB/T 50065 的规定确定;

t_s ——接地短路 (故障) 电流的持续时间, 与接地材料热稳定校核的短路等效持续时间取相同值, s。

4.2.4 3kV~35kV 谐振接地系统发生单相接地故障后, 当不迅速切除故障时, 接地装置的接触电位差和跨步电位差不应超过下列数值 [见式 (5)、式 (6)]

$$U_t = 50 + 0.05\rho_s C_s \quad (5)$$

$$U_s = 50 + 0.2\rho_s C_s \quad (6)$$

4.3 雷电保护接地

4.3.1 风力发电机组雷电保护接地、风力发电机叶片接闪器以及雷电保护接地引下线三部分共同构成了风力发电机组外部雷电保护系统。风力发电机组雷电保护接地的冲击接地电阻不宜超过 10Ω。人工接地极工频和冲击接地电阻的计算方法参见 GB/T 50065。

4.3.2 应充分利用风力发电机组基础钢筋作为雷电保护接地的自然接地极。风力发电机组基础的工频接地电阻值主要由钢筋结构参数、土壤电阻率和混凝土电阻率决定，附录 A 给出了两种风力发电机组基础的工频接地电阻数值计算结果。

4.3.3 高土壤电阻率地区单台风力发电机组接地装置利用基础钢筋不能满足要求时，可再敷设以放射形水平接地极为主，以垂直接地极为辅的人工接地装置与其相连接。水平接地极最大长度不宜超过表 1 的规定。

注：由于导体自身电感以及土壤火花放电效应的影响，雷电流作用下，接地极的电位分布极不均匀，仅冲击电流注入点附近导体能起到散流作用。因此，增长接地极或是风力发电机组接地装置互联虽可以降低工频接地电阻，却难以降低冲击接地电阻。

表 1 放射形水平接地极每根的最大长度

| 土壤电阻率 ρ $\Omega \cdot \text{m}$ | $\rho \leq 500$ | $500 < \rho \leq 1000$ | $1000 < \rho \leq 2000$ | $2000 < \rho \leq 5000$ |
|---|-----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 最大长度 m | 40 | 60 | 80 | 100 |

5 接地装置用材料、尺寸、热稳定和耐腐蚀要求

5.1 接地材料和尺寸

5.1.1 风力发电机组接地材料按机械强度要求的最小尺寸应符合表 2 的规定。

表 2 风力发电机组接地材料的最小尺寸

| 种 类 | 规 格 | 单 位 | 地 上 | 地 下 |
|-------|------|-----------------|-----|-----------|
| 圆钢 | 直径 | mm | 8 | 10 |
| 扁钢 | 截面 | mm ² | 48 | 48 |
| | 厚度 | mm | 4 | 4 |
| 角钢 | 厚度 | mm | 2.5 | 4 |
| 钢管 | 管壁厚度 | mm | 2.5 | 3.5/2.5 |
| 铜棒 | 直径 | mm | 8 | 水平接地极为 8 |
| | | | | 垂直接地极为 15 |
| 扁铜 | 截面 | mm ² | 50 | 50 |
| | 厚度 | mm | 2 | 2 |
| 铜绞线 | 截面 | mm ² | 50 | 50 |
| 铜覆圆钢 | 直径 | mm | 8 | 10 |
| 铜覆钢绞线 | 直径 | mm | 8 | 10 |

表 2（续）

| 种 类 | 规 格 | 单 位 | 地 上 | 地 下 |
|--|-----|-----------------|-----|-----|
| 铜覆扁钢 | 截面 | mm ² | 48 | 48 |
| | 厚度 | mm | 4 | 4 |
| 注 1：地下部分钢管的壁厚，其分子、分母数据分别对应于埋于土壤和埋于室内混凝土地坪中。 注 2：铜绞线单股直径不小于 1.7mm。 注 3：表中铜覆钢材的尺寸为钢材的尺寸，铜层厚度不应小于 0.25mm。 | | | | |

5.1.2 低压电气设备地面上外露的铜接地线的最小截面应不小于表 3 的规定。

表 3 低压电气设备地面上外露的铜接地线的最小截面

| 名 称 | 截面积 mm ² |
|------------------------------|------------------------|
| 明敷的裸导线 | 4 |
| 绝缘导线 | 1.5 |
| 电缆的接地芯或与相线包在同一保护外壳内的多芯导线的接地芯 | 1 |

5.2 接地材料热稳定校核

- 5.2.1 低电阻接地系统中，风力发电机组接地线的截面应按接地故障（短路）电流进行热稳定校核，校核方法见 GB/T 50065 附录 E。
- 5.2.2 谐振接地系统中，校核风力发电机组接地线在单相接地故障下的热稳定时，对敷设在地上和地下的接地线长时间温度分别不应高于 150℃和 100℃。
- 5.2.3 接地装置接地极的截面，不宜小于连接至该接地装置的接地导体截面的 75%。

5.3 接地材料防腐蚀要求

- 风力发电机组接地装置材料的防腐蚀设计，应符合下列要求：
- a) 计及腐蚀影响后，接地装置的设计使用年限不低于 20 年；
 - b) 接地装置的防腐蚀设计，宜根据当地的腐蚀数据采取适合当地条件的防腐蚀措施；
 - c) 腐蚀较严重地区的接地装置，可根据当地土壤腐蚀状况和运行年限的要求适当增大钢材截面、铜覆层厚度，或采用防腐蚀性能较好的材料；
 - d) 对接地线与接地极或接地极之间的焊接点进行相应防腐处理。

6 风力发电机组的接地装置

6.1 接地装置的布置

- 6.1.1 单台风力发电机组接地装置的典型布置参见附录 B。
- 6.1.2 多台风力发电机组接地装置互连形式可根据地形、土壤电阻率以及机组的分布确定。
- 6.1.3 风力发电机组接地装置互连用水平接地极的长度宜与风力发电机组之间的距离相等。

6.2 接地极的敷设与连接

- 6.2.1 接地极的敷设应符合以下要求：

- a) 利用风力发电机组基础钢筋作为自然接地极时, 风力发电机塔底等电位端子板 (参见本标准 7.3.1) 应与最近的基础钢筋紧固连接, 并应参考 GB/T 21714.3 的有关规定;
- b) 风力发电机组人工接地极埋设深度不应小于 0.6m, 在耕地、河滩及易受外界条件影响的地区, 接地极应根据当地情况相应增加埋深;
- c) 移动性沙土地区、经常受到水冲刷地区的风力发电机组接地极应适当增加垂直接地极, 垂直接地极的间距不宜小于其长度的 2 倍;
- d) 接地极敷设完后的土沟, 其回填土内不应夹有石块和建筑垃圾等; 外取的土壤不宜有较强的腐蚀性; 在回填土时应分层夯实。室外接地回填宜有 100mm~300mm 高度的防沉层。在山区石质地段或电阻率较高的土质区段应在土沟中至少回填 100mm 厚的原土垫层, 再敷设接地极, 然后用原土分层回填夯实。

6.2.2 风力发电机组的道路或人员出入口宜铺设沥青、绝缘水泥、鹅卵石及在地下装设与接地网相连的均压带。

6.2.3 风力发电机组塔底等电位端子板宜预留至少 3 个接地端子, 并通过接地线与机组接地装置连接。在风力发电机组接地装置连接处宜有便于分开检查的断接卡。

6.2.4 接至电气设备及风力发电机组塔筒接地端子上的接地线可采用镀锌螺栓连接, 并应采用防松动螺帽或防松动垫片。镀铜钢绞线或铜绞线应做接线鼻, 且在用螺栓连接时做异种金属过渡处理或使用特殊的线夹和螺栓。

6.2.5 接地线为钢质材料时应采用搭接焊, 焊接应牢固、无虚焊。焊接后应在焊痕外 100mm 范围内做防腐处理。在做防腐处理前, 表面应除锈并去掉焊接处残留的焊渣。防腐处理材料和工艺应确保与接地材料间的结合致密性, 避免出现气孔、裂缝、分层等缺陷。

6.2.6 钢质接地线的焊接采用搭接焊时, 其搭接长度应符合下列规定:

- a) 扁钢为其宽度的 2 倍 (且至少 3 个棱边焊接);
- b) 圆钢为其直径的 6 倍;
- c) 圆钢与扁钢连接时, 其长度为圆钢直径的 6 倍;
- d) 扁钢与钢管、扁钢及角钢焊接时, 为了连接可靠, 除应在其接触部位两侧进行焊接外, 并应焊以由钢带弯成的弧形 (或直角形) 卡子或直接由钢带本身弯成弧形 (或直角形) 与钢管 (或角钢) 焊接。

6.2.7 接地线为两种不同材料时应采用放热焊接方式连接。

6.2.8 明敷的接地导体表面应涂 15mm~100mm 宽度相等的绿色和黄色相间的条纹。

6.3 改善接地的措施

6.3.1 风力发电机组接地装置冲击接地电阻的改善措施如下:

- a) 高土壤电阻率地区, 可适当增加放射形水平接地极的根数和长度, 长度不宜超过表 1 的规定;
- b) 在机组基础附近增加垂直接地极的长度和根数;
- c) 当地下较深处的土壤电阻率较低时, 可采用深钻式接地极, 实施方法参见 GB/T 50065。

6.3.2 本标准 6.3.1 的措施对降低工频接地电阻同样有效, 此外还可采取以下措施改善工频接地电阻:

- a) 将多台机组接地装置互连;
- b) 附近有较低电阻率的土壤时, 可敷设引外接地极或向外延伸接地极;
- c) 附近有水塘、河流、湖泊、海等水源时, 可敷设水下接地网。

6.3.3 在永冻土地区除采取以上措施外, 还可采用以下措施改善接地:

- a) 可敷设深钻式接地极, 或充分利用井管或其他深埋地下的金属构件作接地极, 还应敷设深垂直接地极, 其深度应保证深入冻土层下面的土壤至少 5m;
- b) 将接地装置敷设在融化地带或融化地带的水池或水坑中;

NB/T 31056 — 2014

- c) 对接地极周围土壤进行处理，降低冻结温度和土壤电阻率；
- d) 条件允许时将接地网敷设在冻土层以下。

6.3.4 在季节冻土或季节干旱地区可采用下列措施：

- a) 季节冻土层或季节干旱形成的高电阻率层的厚度较浅时，可将接地装置埋在高电阻率层下 0.2m；
- b) 已采用多根深钻式接地极降低接地电阻时，可将水平接地装置正常埋设；
- c) 季节性的高电阻率层厚度较深时，可将水平接地装置正常埋设，在接地网周围及内部接地极交叉点布置短垂直接地极，其长度宜深入季节高电阻率层下面 2m。

6.3.5 当接触电位差和跨步电位差超过允许值时，可局部增设水平均压带或铺设砾石、沥青等高电阻率的地面层。

7 风力发电机组及升压变压器的等电位联结

7.1 机舱内等电位联结

7.1.1 风力发电机组机舱内应形成一个可靠的等电位联结系统并设置机舱等电位端子板，如图 1 所示。机舱等电位端子板宜采用扁铜，截面积应不小于 60mm×6mm。机舱等电位端子板的布设位置应方便电气设备就近连接及日常维护。机舱等电位端子板应与机舱底座可靠连接，连接点不少于两处。

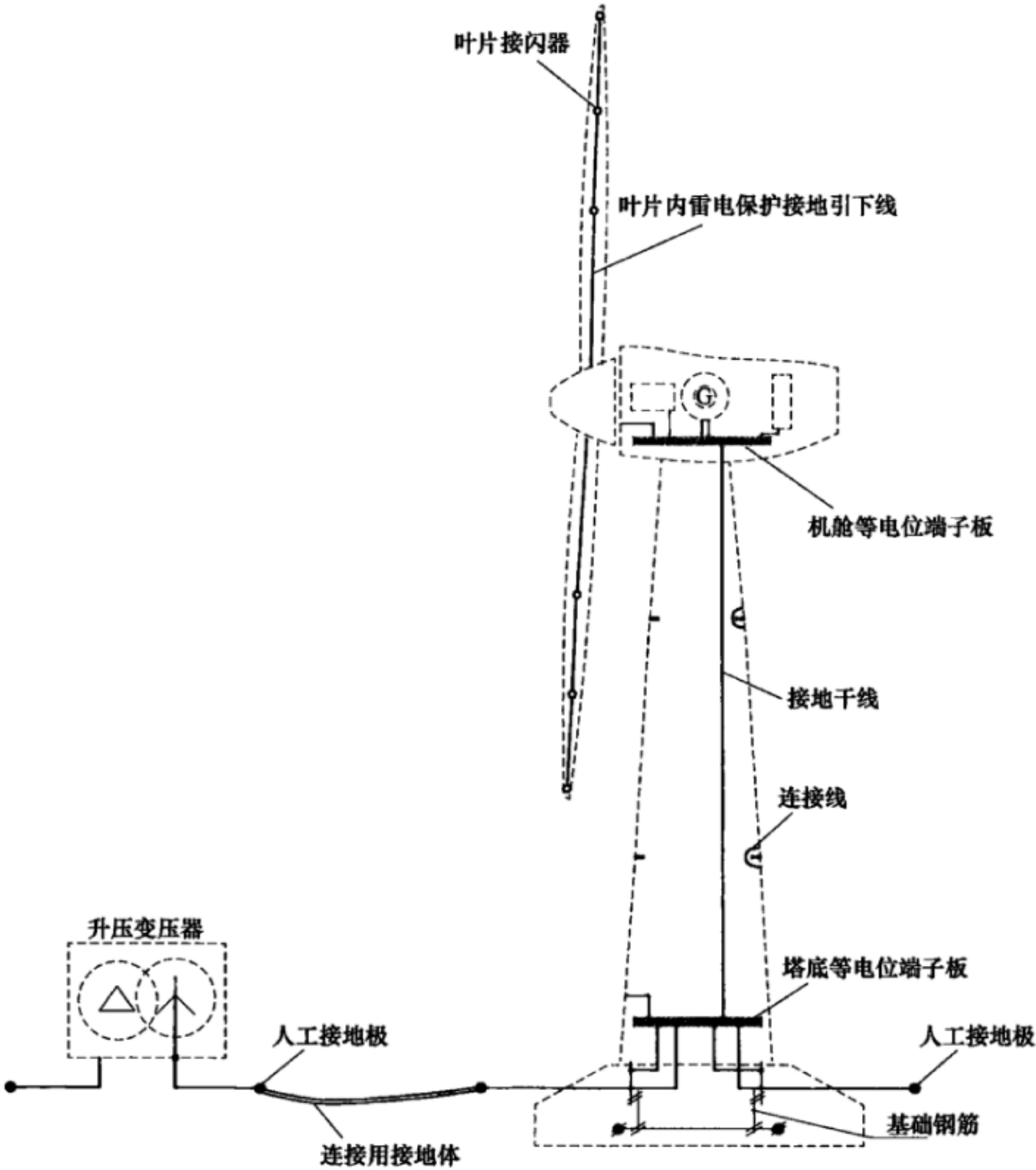


图 1 风力发电机组及升压变压器的等电位联结示意图

7.1.2 风力发电机组机舱内各种电气设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽、屏蔽线缆金属屏蔽层、避雷器接地端、电涌保护器接地端、机舱避雷针等均应以最短的距离与接地母线的接地端子进行等电位联结。

7.1.3 等电位端子板不得设置在潮湿、有腐蚀性气体及易受机械损伤的地方，等电位端子板的连接应满足机械强度和电气连续性的要求。

7.1.4 风力发电机组机舱内各电气设备的接地端应以单独的接地线与机舱等电位端子板连接，禁止在一个接地线中串接几个需要接地的电气设备。重要设备和设备构架应有两根接地线与机舱等电位端子板连接，且每根接地线均应符合热稳定及机械强度的要求。

7.1.5 风力发电机组叶片内应设置雷电保护接地引下线，材料应为铜材或钢材，铜材的截面积不应小于 50mm^2 ，使用铜绞线时，单股铜线直径不应小于 1.7mm ，当热稳定性要求和机械强度要求较高时，铜材截面积应提高至 60mm^2 （扁铜）、 78mm^2 （铜棒）；扁钢、圆钢和钢绞线的截面积分别不应小于 60mm^2 、 78mm^2 和 70mm^2 。在强雷区，应增大雷电保护接地引下线截面积。叶片接闪器应与叶片内雷电保护接地引下线可靠连接，各接闪器与叶片法兰间的直流电阻不应大于 $20\text{m}\Omega$ 。

7.1.6 叶片雷电保护接地引下线应通过滑环或间隙与机舱等电位端子板连接，滑环或间隙接地引下线的截面积应与叶片内雷电保护接地引下线相同。

7.1.7 叶片雷电保护接地引下线应可靠地固定在叶片上。

7.1.8 风力发电机组机舱避雷针应以单独的雷电保护接地引下线与机舱等电位端子板连接，截面积不应小于 50mm^2 ，接地线的材料应为铜材或钢材。

7.1.9 舱内各电涌保护器的接地端应就近接地。接地线宜采用多股绝缘铜导线，一级、二级、三级电源电涌保护器的接地线截面积应分别不小于 25mm^2 、 16mm^2 、 10mm^2 ，信号电涌保护器的接地线截面积应不小于 1.5mm^2 。

7.2 塔筒内等电位联结

7.2.1 机组的金属塔筒可作为机舱与机组接地装置连接的接地干线，也可在塔筒内单独设置接地干线。利用机组塔筒作为接地干线时，塔筒各段端部、基础环应至少设置接地端子三处，相邻段接地端子之间分别对应连接，连接线应为铜材或钢材，总截面积不应小于 150mm^2 。在塔筒内单独设置接地干线时，接地干线应为铜材或钢材，总截面应不小于 150mm^2 ，接地干线应与基础环可靠连接。连接前先对连接线的安装面进行除漆、除锈、除渣、涂导电膏处理，使导体良好接触。

7.2.2 机舱等电位端子板与塔筒和接地干线间应采用至少两根柔性电缆可靠连接，柔性电缆应满足机械强度、转动可靠性及运行环境要求，柔性电缆总截面积不应小于 150mm^2 。

7.2.3 塔筒内电缆桥架的接地应符合以下规定：

- a) 电缆桥架全长不大于 30m 时，电缆桥架不应少于两处与塔筒或接地干线相连；
- b) 全长大于 30m 时，应每隔 $20\text{m}\sim 30\text{m}$ 增加与塔筒或接地干线的连接点；
- c) 电缆桥架连接部位宜采用两端压接镀锡铜鼻子的铜绞线跨接，跨接线的截面积应不小于 4mm^2 ；
- d) 电缆桥架的始端和终端应分别与相应部位的等电位端子板可靠连接。

7.3 塔筒底部等电位联结

7.3.1 塔筒底部应设置塔底等电位端子板并与塔筒基础环可靠连接，连接点不少于 3 处。塔底等电位端子板材料、规格、布设位置等要与本标准 7.1.1 和 7.1.3 相同。

7.3.2 塔筒底部的各种电气设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽、屏蔽线缆外层、避雷器接地端、电涌保护器接地端等均应以最短的距离与塔底等电位端子板进行等电位联结。

7.3.3 塔筒底部各电气设备和机组控制柜箱体应以单独的接地线与塔底等电位端子板连接，禁止在一个接地线中串接几个需要接地的电气设备。重要设备和设备构架应有两根接地线与塔底等电位端子板连

接，且每根接地线均应符合热稳定及机械强度的要求。

7.3.4 塔筒底部各电涌保护器的接地端应就近接地。接地线宜采用多股绝缘铜导线，第一级、第二级、第三级电源电涌保护器的接地线截面积应分别不小于 25mm^2 、 16mm^2 、 10mm^2 ，信号电涌保护器的接地线截面积应不小于 1.5mm^2 。

7.4 机组升压变压器塔外布置时的等电位联结

7.4.1 机组升压变压器塔外布置时，箱式升压变压器箱体周围应敷设闭合环形接地极，且应与机组接地装置连接，地下连接点不少于两处，连接用的接地体长度不得小于 15m ，如图 1。接地线的截面与机组接地装置截面相同。

7.4.2 集电线路为架空线时，升压变压器高压侧避雷器的接地端应以尽可能短的连线（长度宜小于 1m ）与升压变压器外壳连接后（两点共地），再与接地装置连接。

7.4.3 集电线路为电缆时，升压变压器高压侧避雷器的接地端应以尽可能短的连线（长度宜小于 1m ）与电缆的金属外皮、升压变压器外壳连接后（三点共地），再与机组接地装置连接。

8 风力发电机组接地装置验收

8.1 应按下列要求对风力发电机组接地装置进行检查和验收，验收记录表参见附录 C。

- a) 按设计要求施工完毕，接地施工质量符合要求；
- b) 接地装置的材质、连接方法、防腐蚀处理符合要求，风力发电机塔底等电位端子板与最近的基础钢筋的连接点应有影像记录；
- c) 接地极的埋设间距、深度、安装方法符合要求；
- d) 各等电位端子板的材质、规格、安装工艺符合要求；
- e) 接地线的材质、规格、敷设方法及其与等电位联结系统的连接方法符合要求；
- f) 接地线的材质、规格、连接工艺符合要求；
- g) 供连接临时接地线用的连接板的数量和位置符合要求；
- h) 接地装置外露部分连接可靠，防腐层完好，标志齐全明显；
- i) 接地装置的接地电阻值符合设计规定，测试方法符合 DL/T 475 的规定。

8.2 验收资料包括：

- a) 接地装置安装竣工图；
- b) 等电位联结安装竣工图；
- c) 变更设计的证明文件；
- d) 安装技术记录（包括隐蔽工程记录等）；
- e) 测试记录；
- f) 重要事宜记录。

9 风力发电机组接地装置维护

9.1 接地装置的检查

每年定期对风力发电机组的接地装置（包括风力发电机组叶片雷电保护接地引下线、机舱避雷针雷电保护接地引下线、等电位端子板、接地线、断接卡等）及它们的连接状况进行检查，发现脱焊、松动、严重锈蚀等情况应及时进行修复。

9.2 接地装置特性参数的测量

每年对风力发电机组接地装置工频特性参数进行测量，对测试时的天气情况、仪表使用和有关测试

状况应做详细的记录，当接地装置特性参数与往年相比出现大幅度变化时，应查找原因。

9.3 资料管理

应建立和健全风力发电机组接地装置资料，包括设计资料、施工记录、验收记录、例行检查和检修记录、接地装置工频特性参数测试记录等。

附录 A
(资料性附录)

风力发电机组基础的工频接地电阻算例

A.1 750kW 风力发电机组基础的工频接地电阻计算结果

图 A.1 为某 750kW 风力发电机组基础的结构图，考虑混凝土影响时，该结构在不同土壤电阻率下的接地电阻计算结果见表 A.1。

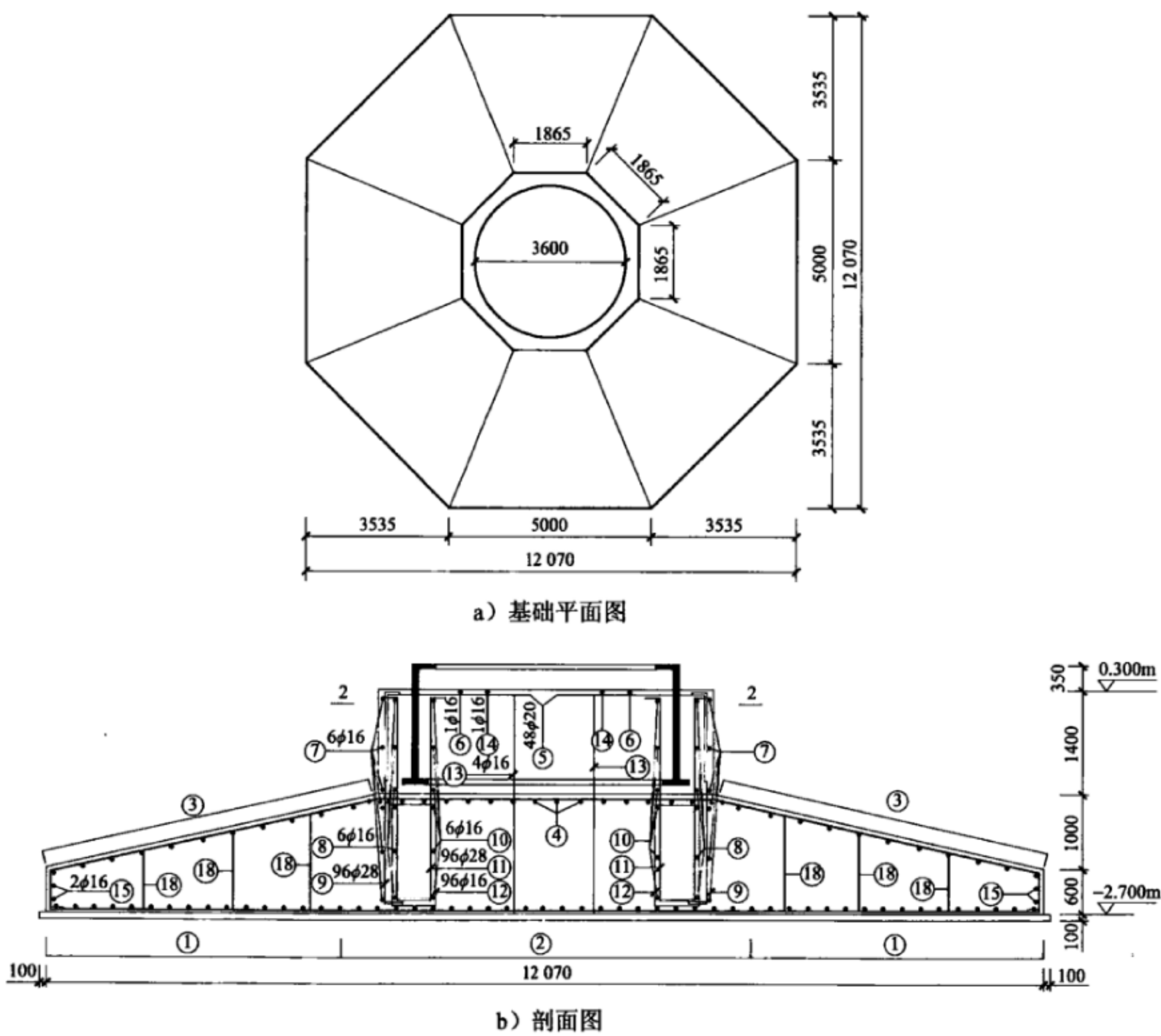


图 A.1 750kW 风力发电机组基础几何参数 (单位: mm)

表 A.1 750kW 风力发电机组基础工频接地电阻的计算结果

| 土壤电阻率 $\Omega \cdot m$ | | 100 | 200 | 410 | 500 | 1000 | 2000 |
|--------------------------------|-----|-------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 混凝土 电阻率 $\Omega \cdot m$ | 0 | 3.19 | 6.38 | 9.57 | 15.95 | 31.87 | 63.69 |
| | 200 | 3.19 (3.23) | 6.38 | 9.57 | 15.95 | 31.87 | 63.69 |
| | 400 | 3.21 (3.62) | 7.00 | 10.48 | 17.43 | 34.76 | 69.43 |

表 A.1 (续)

| 土壤电阻率 $\Omega \cdot m$ | | 100 | 200 | 410 | 500 | 1000 | 2000 |
|--------------------------------|------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 混凝土 电阻率 $\Omega \cdot m$ | 1000 | 3.29 (3.85) | 7.10 | 10.60 | 17.60 | 35.01 | 69.87 |
| | 2000 | 3.40 (4.20) | 7.23 | 10.75 | 17.78 | 35.29 | 70.34 |
| | 5000 | 3.67 (4.99) | 7.51 | 11.03 | 18.09 | 35.64 | 70.76 |

注：圆括号内为混凝土层厚度为 9cm 时的结果，其余为 2cm。随着土壤电阻率的增加，混凝土层厚度的影响越来越小，因此没有给出相应结果。

A.2 1500kW 风力发电机组塔筒基础的工频接地电阻计算结果

图 A.2 为某 1500kW 风力发电机组塔筒基础的结构图, 考虑混凝土影响时, 该结构在不同土壤电阻率下的接地电阻计算结果见表 A.2。

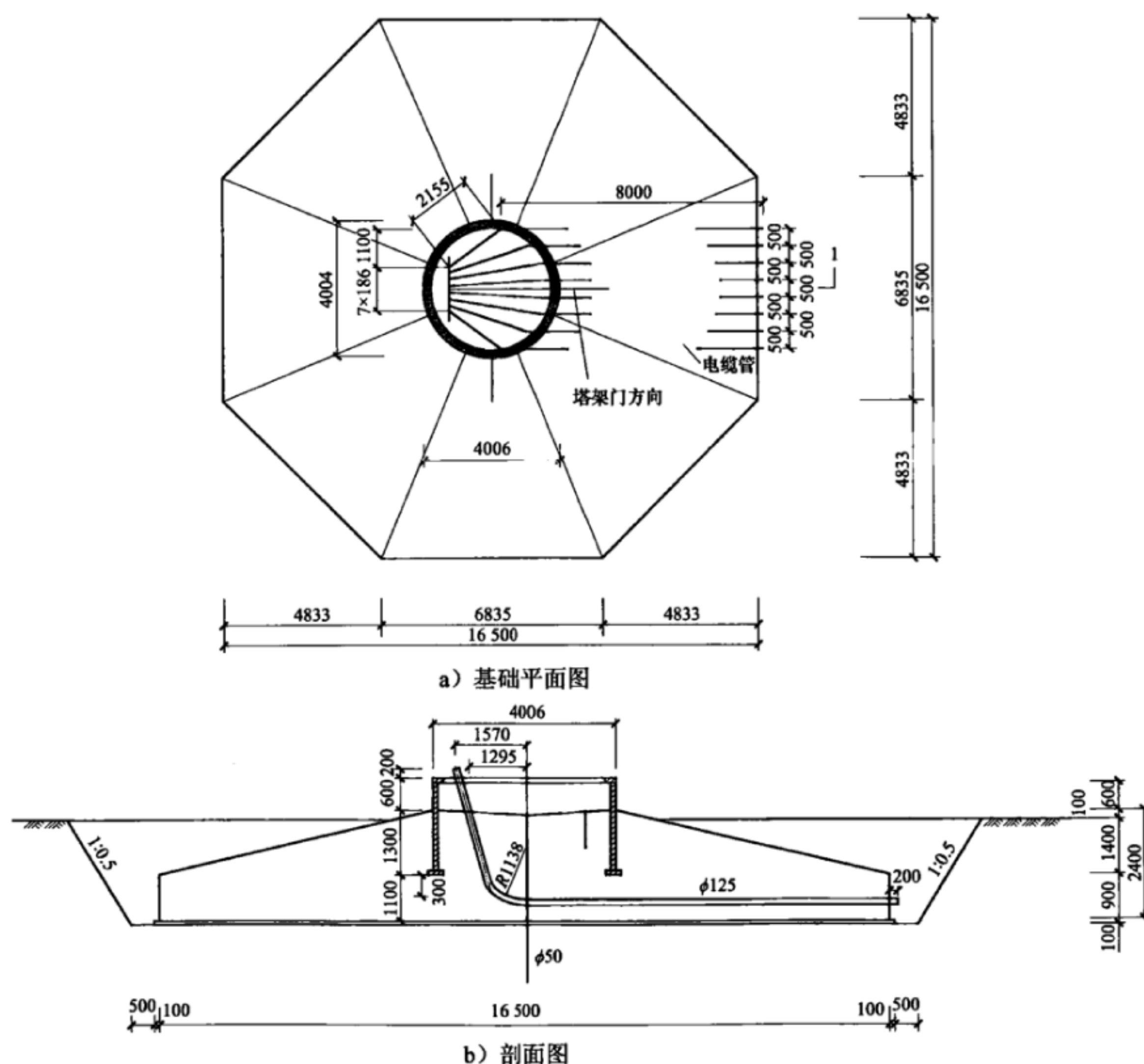


图 A.2 1500kW 风力发电机组基础几何参数 (单位: mm)

表 A.2 1500kW 风力发电机组基础钢筋工频接地电阻的计算结果

| 土壤电阻率 $\Omega \cdot m$ | | 100 | 200 | 410 | 500 | 1000 | 2000 |
|---------------------------------|------|-------------|------|------|-------|-------|-------|
| 混凝土 电阻率 $\Omega \cdot m$ | 0 | 2.29 | 4.58 | 9.39 | 11.43 | 22.88 | 45.72 |
| | 200 | 2.29 (2.32) | 4.58 | 9.39 | 11.44 | 22.88 | 45.72 |
| | 400 | 2.29 (2.38) | 4.60 | 9.40 | 11.46 | 22.88 | 45.72 |
| | 1000 | 2.29 (2.52) | 4.64 | 9.44 | 11.50 | 22.88 | 45.72 |
| | 2000 | 2.29 (2.73) | 4.70 | 9.50 | 11.56 | 22.94 | 45.72 |
| | 5000 | 2.38 (3.24) | 4.87 | 9.67 | 11.73 | 23.11 | 45.89 |
| 注：括号内为混凝土层厚度为 9cm 时的结果，其余为 2cm。 | | | | | | | |

附录 B
(资料性附录)

单台风力发电机组接地装置的典型布置

单台风力发电机组接地装置的典型布置如图 B.1 所示。

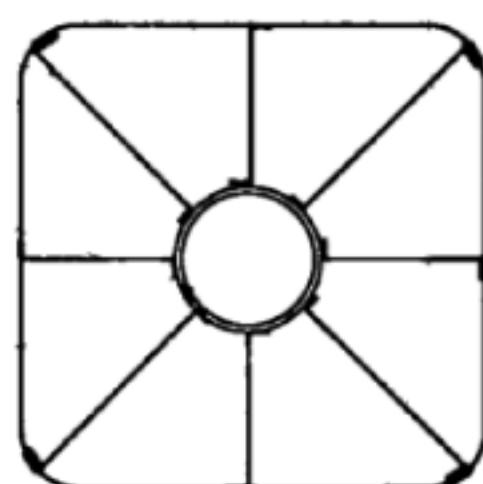
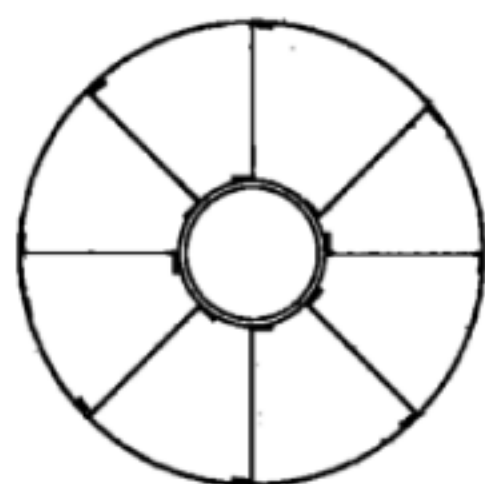
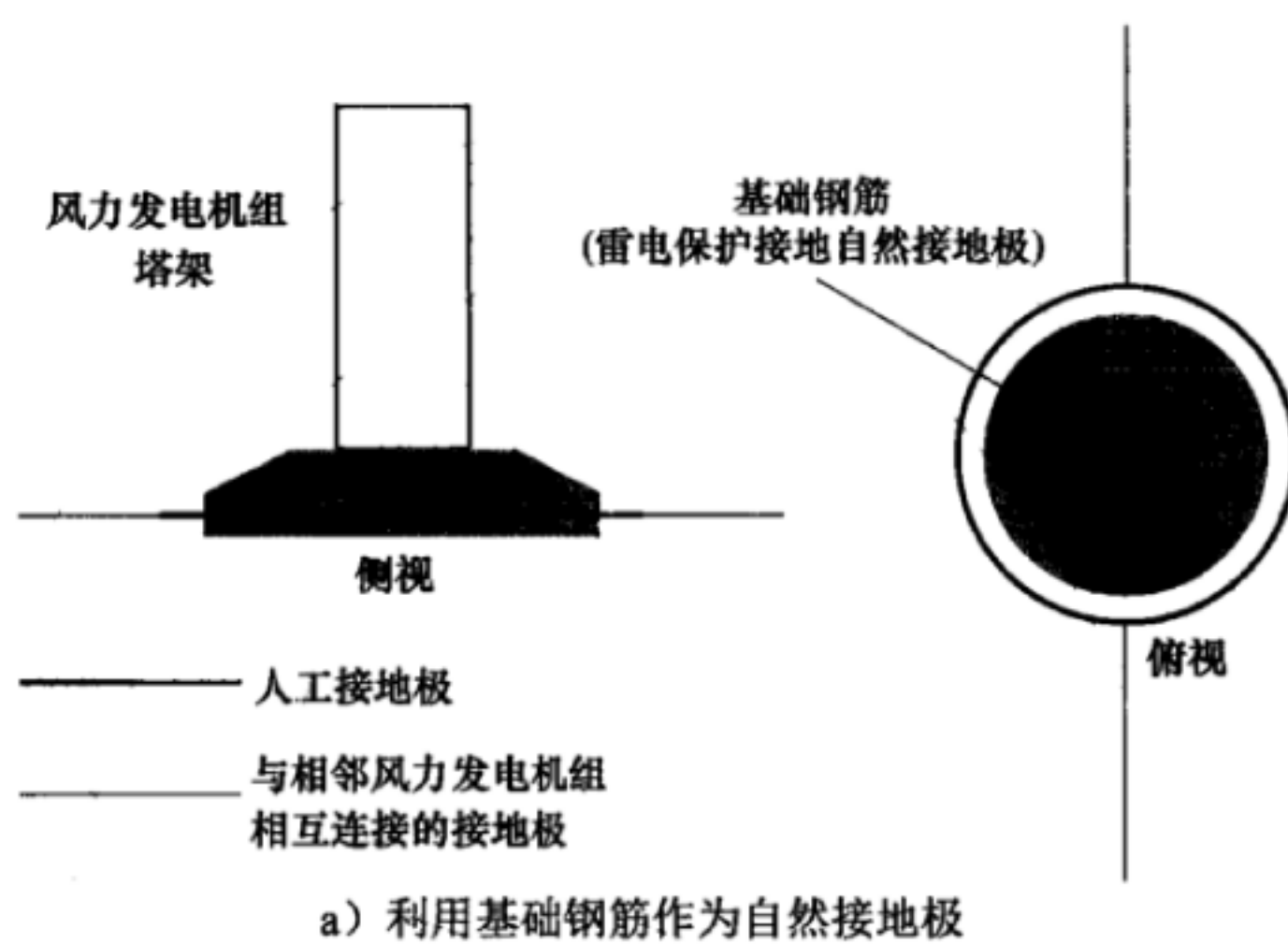


图 B.1 单台机组接地装置的布置

附 录 C
(资料性附录)
风力发电机组接地装置验收记录表

风力发电机组接地装置验收记录表见表 C.1。

表 C.1 风力发电机组接地装置验收记录表

风力发电场名称：

机组编号：

| 序号 | 验收内容 | | 检查结果 | 是否达到要求 | 整改意见 |
|------------|---------------|------------|------|--------|------|
| 1 | 资料 和 文件 | 设计资料 | | | |
| | | 设计变更资料 | | | |
| | | 安装技术记录 | | | |
| | | 隐蔽工程记录 | | | |
| | | 接地装置安装竣工图 | | | |
| | | 等电位联结安装竣工图 | | | |
| 2 | 接地电阻 | 工频接地电阻 | | | |
| | | 改善接地的措施 | | | |
| 3 | 接地装置 | 材质 | | | |
| | | 截面积 | | | |
| | | 连接方法 | | | |
| | | 防腐蚀处理 | | | |
| 4 | 接地极 | 埋设深度 | | | |
| | | 安装方法 | | | |
| 5 | 接地线 | 材质 | | | |
| | | 规格 | | | |
| | | 敷设工艺 | | | |
| | | 与等电位端子板连接 | | | |
| 6 | 等电位端子板 | 材质 | | | |
| | | 规格 | | | |
| | | 敷设工艺 | | | |
| 结论： | | | | | |
| 检查人员：年 月 日 | | | | | |

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
风力发电机组接地技术规范
NB/T 31056—2014

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2016年7月第一版 2016年7月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1印张 29千字

印数 0001—1000册

*

统一书号 155123·3109 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.3109

上架建议：电力工程