

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 772 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《风力发电场设计规范》的公告

现批准《风力发电场设计规范》为国家标准,编号为 GB/T 51096—2015,自 2015 年 11 月 1 日起实施。其中,第 9.2.2 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2015 年 3 月 8 日

前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2010〕43 号)的要求,由中国电力企业联合会和中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司会同有关单位编制而成。

本规范编制过程中,编制组经广泛调查研究,认真总结我国风力发电多年的工程经验,参考有关国内标准和国外标准,并在广泛征求意见的基础上,最后经审查定稿。

本规范共分 15 章,主要技术内容包括:总则、术语、风能资源及发电量计算、总体设计、电力系统、风力发电机组、电气、辅助及附属设施、建筑结构、施工组织设计、环境保护与水土保持、劳动安全与职业卫生、消防、海上风力发电场、信息系统。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国电力企业联合会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程如有意见或建议,请寄送中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司新能源工程事业部《风力发电场设计规范》管理组(地址:北京市西城区黄寺大街甲 24 号,邮政编码:100120, E-mail: tianjk@ncpe.com.cn),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国电力企业联合会

中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司

参 编 单 位:华东电力设计院

上海勘测设计研究院

河北省电力勘测设计研究院

内蒙古电力勘测设计院

新疆电力设计院

龙源电力集团股份有限公司

北京乾华科技发展有限公司

中国民航机场建设集团公司

主要起草人:李惠民 田景奎 汪毅 姚鹏 林毅峰
宋强 秦初升 车利军 韩冰 叶留金
贺广零 赵丽霞 毛启静 武耀勇 郑洪有
任秀丽 钟祖林 王继先 张进 李磊
李哲 罗克宇 唐振宁 姜广绪 杨东
周晓 陶黎峰 郭燕容 张火云 胡晓辉
屈昕明 黄平 王俊花 马毅 张晓威
马建春 邹姬 巴德新 秦东平 王雪松
张哲 江波 宋础 杨永辉 彭怀午
姜世平 乔铭 牟磊 叶祖林 袁金西
张国珍 杨胜铭 郑艳波 刘敏 马泳
主要审查人:王聪生 许松林 周厚贵 范高锋 曾杰
田龙虎 张文忠 李怀普 李启钊 吴启仁
秦学林 孙湧 张洪亮 杨振斌 王敏
陈馼子 安永尧 张树森 秦海岩 鹿浩
武健 周冰 池钊伟 陈亮 何卫星
韦锡坚 曹连山 毛戈

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	风能资源及发电量计算	(4)
3.1	基本资料	(4)
3.2	风能资源	(4)
3.3	风力发电场年上网电量计算	(8)
4	总体设计	(10)
4.1	一般规定	(10)
4.2	场址选择	(11)
4.3	风力发电场场区布置	(12)
4.4	风力发电场变电站布置	(14)
4.5	场区标识	(15)
5	电力系统	(17)
5.1	一般规定	(17)
5.2	系统一次部分	(17)
5.3	系统二次部分	(19)
6	风力发电机组	(22)
6.1	一般规定	(22)
6.2	风力发电机组选型	(22)
7	电 气	(24)
7.1	电气主接线	(24)
7.2	变压器	(25)
7.3	配电装置	(26)
7.4	无功补偿装置	(27)

7.5	站用电系统	(27)
7.6	直流系统及交流不间断电源	(28)
7.7	控制室	(29)
7.8	监控和二次接线	(29)
7.9	继电保护和自动装置	(30)
7.10	过电压保护及接地	(31)
7.11	电气照明	(32)
7.12	电缆选择与敷设	(32)
7.13	集电线路	(32)
8	辅助及附属设施	(37)
9	建筑结构	(39)
9.1	一般规定	(39)
9.2	抗震设计	(39)
9.3	地基与基础	(39)
9.4	建筑物	(41)
9.5	架构及其他构筑物	(45)
9.6	建筑物采暖通风	(46)
10	施工组织设计	(48)
10.1	一般规定	(48)
10.2	施工总布置	(48)
10.3	施工方法与进度	(48)
11	环境保护与水土保持	(50)
11.1	一般规定	(50)
11.2	环境保护	(50)
11.3	水土保持	(51)
12	劳动安全与职业卫生	(52)
12.1	一般规定	(52)
12.2	防火和防爆	(52)
12.3	防电伤	(52)

12.4	防机械伤害及防坠落伤害	(53)
12.5	防噪声及防振动	(53)
12.6	其他	(53)
13	消 防	(55)
13.1	一般规定	(55)
13.2	消防设计	(55)
14	海上风力发电场	(57)
14.1	一般规定	(57)
14.2	海洋水文气象	(57)
14.3	风能资源	(57)
14.4	电气设计	(58)
14.5	建筑与结构	(62)
14.6	消防与安全	(65)
14.7	施工组织设计	(66)
15	信息系统	(70)
15.1	一般规定	(70)
15.2	风力发电场信息系统的总体规划	(70)
15.3	风力发电场监控信息系统	(71)
15.4	管理信息系统	(71)
15.5	视频监视系统	(72)
15.6	视频会议系统	(72)
15.7	信息安全	(72)
本规范用词说明		(74)
引用标准名录		(75)
附:条文说明		(79)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Wind energy resources and generating capacity calculation	(4)
3.1	Basic data	(4)
3.2	Wind energy resources	(4)
3.3	Annual grid capacity calculation of wind farm	(8)
4	General design	(10)
4.1	General requirements	(10)
4.2	Site selection	(11)
4.3	Layout of wind farm	(12)
4.4	Substation layout of wind farm	(14)
4.5	Identification	(15)
5	Electric system	(17)
5.1	General requirements	(17)
5.2	Electrical primary part of system	(17)
5.3	Electrical secondary part of system	(19)
6	Wind turbine	(22)
6.1	General requirements	(22)
6.2	Wind turbine selection	(22)
7	Electric	(24)
7.1	Main electrical connection	(24)
7.2	Transformer	(25)
7.3	Power distribution	(26)

7.4	SVC	(27)
7.5	Station power system	(27)
7.6	DC and UPS	(28)
7.7	Control room	(29)
7.8	Monitoring and secondary wiring	(29)
7.9	Relay and automatic device	(30)
7.10	Overvoltage protection and grounding	(31)
7.11	Electric lighting	(32)
7.12	Cable selection and layout	(32)
7.13	Collecting lines	(32)
8	Auxiliary and additional facilities	(37)
9	Architecture and structure	(39)
9.1	General requirements	(39)
9.2	Seismic design	(39)
9.3	Foundation	(39)
9.4	Architecture	(41)
9.5	Power structures and other structures	(45)
9.6	Heating and ventilation	(46)
10	Construction organization design	(48)
10.1	General requirements	(48)
10.2	General layout	(48)
10.3	Construction methods and progress	(48)
11	Environmental protection and soil conservation	(50)
11.1	General requirements	(50)
11.2	Environmental protection	(50)
11.3	Soil conservation	(51)
12	Labour safety and occupational health	(52)
12.1	General requirements	(52)
12.2	Fire and explosion prevention	(52)

12.3	Electrical lesion prevention	(52)
12.4	Mechanical and fall injury prevention	(53)
12.5	Noise and vibration prevention	(53)
12.6	Others	(53)
13	Fire fighting	(55)
13.1	General requirements	(55)
13.2	Fire fighting design	(55)
14	Offshore wind farm	(57)
14.1	General requirements	(57)
14.2	Marine hydrographical meteorology	(57)
14.3	Wind resources	(57)
14.4	Electrical design	(58)
14.5	Architecture and structure	(62)
14.6	Fire fighting and safety	(65)
14.7	Construction organization design	(66)
15	Information system	(70)
15.1	General requirements	(70)
15.2	General plan of information system for wind farm	(70)
15.3	Monitoring information system of wind farm	(71)
15.4	MIS	(71)
15.5	Video surveillance system	(72)
15.6	Video conference system	(72)
15.7	Information safety	(72)
	Explanation of wording in this code	(74)
	List of quoted standards	(75)
	Addition: Explanation of provisions	(79)

1 总 则

1.0.1 为规范风力发电场工程设计行为,使风力发电场工程在设计方面满足安全可靠、技术先进、经济适用的要求,推广风力发电技术的应用,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于并网型风力发电场的设计。

1.0.3 风力发电场工程的设计应以相关支持性文件,电网接入的技术要求,主要设备的技术条件,水文、气象、地质等基础资料为设计依据。

1.0.4 风力发电场工程的设计应充分合理利用场址资源条件,统筹规划本期与远期工程。

1.0.5 风力发电场工程的工艺系统(设备)设计寿命不应少于 30 年,风机设计寿命不应少于 20 年,建(构)筑物设计使用年限应为 50 年。

1.0.6 风力发电场设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 风力发电场 wind farm

由一批风力发电机组或风力发电机组群组成的电站。

2.0.2 陆上风力发电场 onshore wind farm

在平原、丘陵、山区及滨海狭窄陆地地带、位于平均大潮高潮线以上的风力发电场。

2.0.3 海上风力发电场 offshore wind farm

在沿海多年平均大潮高潮线以下海域的风力发电场,包括在相应开发海域内无居民的海岛上开发建设的风力发电场。

2.0.4 风能资源测量 wind resource measurement

包括测风方案的确定、测风塔的配置、测风设备的安装、测风数据的收集。

2.0.5 分布式风力发电场 distributed wind farm

位于负荷中心附近,不以大规模远距离输送电力为目的,所产生的电力就近接入当地电网进行消纳的风电项目。

2.0.6 风力发电机组 wind turbine

将风的动能转化成电能的设备。

2.0.7 标识系统 identification system

标注风力发电场中的系统和设备机器组件的一种代码系统。

2.0.8 风力发电场建设用地 wind farm construction land

风力发电场主要生产和辅助设施的建设用地,包括风力发电机组及机组变电站、集电线路、变电站及运行管理中心和交通工程的建设用地。

2.0.9 集电线路 collecting power line

风力发电场内用于汇集多台风力发电机组发出的电能输送至

变电站的线路。

2.0.10 风力发电机组变电单元 transformer of wind turbine

风力发电机组配置的变压器及其高、低压配电设备,用于升高风力发电机组电压,置于风力发电机组附近或机舱、塔筒内,简称机组变电单元。

2.0.11 箱式变电站 compact substation

由高压开关设备、电力变压器、低压开关设备、辅助设备和联结件等元件组成的成套设备,这些元件在工厂内被预先组装在一个箱壳内。

2.0.12 组合式变压器 combined transformers

将变压器器身或变压器器身与高压开关设备、高压熔断器、分接开关及相应辅助设备组合于油箱内,并与封闭的高、低压室组成的组合体。

2.0.13 陆上集控中心 onshore control center

建造于陆地上用于海上风力发电场集中控制与运行的场所与设施。

2.0.14 海缆路由 submarine cable route

海底电缆敷(埋)设的路径通道。

2.0.15 海缆登陆结构 submarine cable landing structure

风力发电场海底电缆穿越海堤或护岸登陆时,为导向、保护或施工需要而设置的专门构筑物。

2.0.16 风力发电场年发电量 annual generating capacity of wind farm

风力发电场每年在电网并网点处送出的电量。

3 风能资源及发电量计算

3.1 基本资料

3.1.1 风力发电场设计应收集下列基本资料:

1 风力发电场附近气象观测站气象资料,并应选择风力发电场所在地附近有长期观测记录的气象观测站作为参考气象观测站;

2 风力发电场及附近测风塔各高度不少于一年的风速、风向及气压、气温资料;

3 风力发电场范围内机位、变电站、集电线路、道路等工程地质、水文气象资料;

4 风力发电场场区 1:2000(山区)或 1:5000(平原)的地形图,地形图的范围应包括场区外延 1km~2km 的区域;

5 风力发电机组资料,包括风机风能利用系数、推力系数、设计风力发电场空气密度下的功率曲线、几何尺寸、技术参数、各种工况下的基础受力情况,以及设备标定和运输、维护资料。

3.1.2 风力发电场设计应对场址所在地的区域风能资源基本状况进行分析,并对相关的地理条件和气候特征进行适应性分析。

3.2 风能资源

3.2.1 当风力发电场附近缺乏测风资料或测风资料不满足本规范第 3.1.1 条要求时,应设置测风塔获取测风资料。风力发电场测风塔的选址和测风仪器应符合下列规定:

1 地形较为平坦的风力发电场可选择场址中央处安装测量设备,一座测风塔控制半径不宜超过 5km,地形较为复杂的风力发电场(含丘陵地区)应区分不同区域和地段,选择各地段有代表

性的场址安装测量设备,一座测风塔控制半径不宜超过 2km;

2 风力发电场测站应避开高大障碍物,测风塔的测风高度不应低于预装风力发电机组的轮毂高度;

3 测风塔应在 10m 高度和预装风力发电机组的轮毂高度处各安装一套风速计和风向仪,每隔 20m 高度处可安装一套风速计;

4 在植被覆盖较密的山区和林区,应根据植被的高度相应提高测风塔的测风仪器高度。

3.2.2 测风塔的数量应符合下列规定:

1 地形较为平坦,风力发电场区域的海拔高差在 50m 以内,50MW 及以下风力发电场可在平均海拔的位置安装 1 座~2 座测风塔;

2 地形较为复杂或 200MW 及以上风力发电场,风力发电场区域的海拔高差在 50m~200m,可在海拔适中、地势相对开阔的丘陵岗上安装 2 座~3 座测风塔;

3 位于山区海拔高差在 200m 以上的装机容量为 50MW~200MW 的风力发电场,宜在风场区域预装风力发电机组的海拔最高处、最低处和平均海拔的山脊位置安装 3 座测风塔,当遇山脊走势多变时,还应增加测风塔数量;

4 当拟建风力发电场下垫面条件变化很大,只能采用实测数据进行风资源评估时,可根据风力发电场范围内地形起伏变化设立多个一年以上的长期气象观测站。

3.2.3 风能资源资料的整理和分析测量数据应符合现行国家标准《风电场风能资源测量方法》GB/T 18709 和《风电场风能资源评估方法》GB/T 18710 的有关规定。对长期测站年平均风速、月平均风速变化不合理或突变情况应进行详细分析。

3.2.4 测风塔缺测数据处理应符合下列规定:

1 测风塔某一时段所有设备缺测,宜采用相关性较好的邻近测风塔同期的、相同或邻近高度的测风数据,通过两者之间的相关

关系进行插补。同期测风数据的相关系数不宜小于 0.8,所有设备缺测数据总数应符合现行国家标准《风电场风能资源测量方法》GB/T 18709 的有关规定;

2 测风塔只有某些设备缺测,宜采用相邻高度同时段的完整风速数据,计算相邻两高度同时段风切变指数,应按现行国家标准《风电场风能资源评估方法》GB/T 18710 中风切变幂律公式进行插补。

3.2.5 长期测站的选择应符合下列规定:

- 1 应具有连续 30 年以上规范的测风记录;
- 2 应距离风力发电场较近;
- 3 应与风力发电场同期测风结果相关性较好;
- 4 应与风力发电场地形条件相似。

3.2.6 当有多个长期测站时,宜选择相关性最好的长期测站参与风力发电场测站数据的订正。

3.2.7 当人工测站变为自动测站或测站站址变动时,应收集变化前后平行或对比观测数据,并按现行国家标准《风电场风能资源评估方法》GB/T 18710 的有关规定,收集长期测站现状和过去的变化情况,并应分析其对风速、风向变化造成的影响。

3.2.8 代表年数据分析应符合下列规定:

- 1 宜选择有代表性的连续不少于 20 年的年平均风速作为长系列;
- 2 当长期测站由人工测站变为自动测站或测站站址变动,导致测风数据不连续时,可选择最近至少连续 7 年的年平均风速作为长系列。

3.2.9 代表年数据订正应按现行国家标准《风电场风能资源评估方法》GB/T 18710 的有关规定执行。当长期测站与同期测风结果的相关性较差,主导风向及主风能风向扇区相关系数小于 0.7 时,可收集临近其他气象站的资料或采用模拟的气象数据做代表年订正,并应在年上网电量计算中考虑长期风速波动对发电量的

影响。

3.2.10 风力发电场风能要素计算应符合下列规定：

1 应按现行国家标准《风电场风能资源评估方法》GB/T 18710 的有关规定，计算不同高度代表年的平均风速和风功率密度、风速和风能频率分布、风向频率及风能密度方向分布等参数，并应绘制风况图表；

2 风速频率分布宜用概率函数威布尔分布来描述。

3.2.11 风力发电机组最大风速的计算应符合下列规定：

1 宜采用风速年最大值的耿贝尔极值 I 型概率分布，推算气象站的 50 年一遇最大风速。

2 气象站和测风塔大风时段相关关系应基于测风塔实测年最大风速统计，宜直接相关到风力发电机组预装轮毂高度，推算预装轮毂高度 50 年一遇 10min 平均最大风速，并按下式计算标准空气密度下的 50 年一遇 10min 平均最大风速：

$$V_{std} = V_{mea} \times \sqrt{\frac{\rho_m}{\rho_0}} \quad (3.2.11-1)$$

式中： V_{std} ——标准空气密度下 50 年一遇 10min 平均最大风速 (m/s)；

V_{mea} ——现场空气密度下 50 年一遇 10min 平均最大风速 (m/s)；

ρ_m ——风场实测观测期最大空气密度 (kg/m³)；

ρ_0 标准空气密度，1.225kg/m³。

3 气象站和测风塔大风时段相关系数不宜小于 0.7，并结合风力发电场所所在地区 50 年一遇基本风压值，按下式计算离地 10m 高处 50 年一遇 10min 平均最大风速：

$$v_0 = \sqrt{2000\omega_0/\rho} \quad (3.2.11-2)$$

式中： v_0 ——10m 高处 50 年一遇 10min 平均最大风速 (m/s)；

ω_0 ——风场所在地区 50 年一遇基本风压值 (kN/m²)；

ρ ——气象站观测计算的年平均空气密度 (kg/m³)。

3.2.12 轮毂高度处 50 年一遇 10min 平均最大风速和湍流强度等级应按现行国家标准《风力发电机组 设计要求》GB/T 18451.1 的有关规定进行计算,并结合轮毂高度处年平均风速,按表 3.2.12 风力发电机组安全等级基本参数确定风力发电机组的安全等级。

表 3.2.12 风力发电机组安全等级基本参数

风况类型	I	II	III	S
$V_{ref}/(m/s)$	50	42.5	37.5	由设计者 确定参数
A $I_{ref}(-)$	0.16			
B $I_{ref}(-)$	0.14			
C $I_{ref}(-)$	0.12			

注: V_{ref} 为 10min 平均参考风速; I_{ref} 为参考风速时的湍流强度值。

3.3 风力发电场年上网电量计算

3.3.1 风力发电场不考虑尾流影响的年理论发电量可按式计算:

$$E_{th} = 8760 \sum_{i=1}^n \int_{v_1}^{v_2} p_i(v) f_i(v) dv \quad (3.3.1)$$

式中: E_{th} ——年理论发电量(MW·h);

n ——风力发电机组台数(台);

v_1 ——风力发电机组切入风速(m/s);

v_2 ——风力发电机组切出风速(m/s);

$p_i(v)$ ——第 i 台风力发电机组在风速为 v 时的发电功率(MW);

$f_i(v)$ ——第 i 台风力发电机组轮毂高度处风速概率分布,对风速时间序列进行拟合得到的威布尔分布。

应根据修正为代表平均风资源情况的测风资料和风力发电机组功率曲线,计算风力发电场年发电量,并应根据折减因素计算风力发电场年发电量综合折减率,估算风力发电场年上网电量、年等效满负荷小时数、容量系数等。

3.3.2 风力发电机组功率曲线在使用前应根据现场情况进行验证。

3.3.3 对测风数据和工作方法导致发电量估算的误差,应进行评估和说明。

3.3.4 发电量折减应符合下列规定:

1 应根据风力发电场场址或附近的观测站多年的温度、气压和湿度资料,计算平均空气密度,修正风力发电机组功率曲线,并应对风力发电场年理论发电量进行空气密度修正;

2 可利用风能资源评估软件评估风力发电机组尾流影响,计算尾流影响折减系数;

3 应计算风力发电机组可利用率、风力发电机组功率曲线保证率折减系数;

4 应根据风力发电场现场实测气温数据,计算发电量低温折减系数;

5 应计算风力发电场湍流强度的影响折减系数;

6 应计算电网故障率及电网影响折减系数;

7 应计算变压器损耗及线损、风力发电场自用电量损耗折减系数;

8 当风力发电场测风时段与代表性风况不同时,应计算风力发电场代表性订正对于发电量的影响以及风能资源评估中的不确定性的修正影响折减系数;

9 应计算大规模风力发电场群周围风力发电场的影响折减系数;

10 应计算叶片污垢、覆冰、台风等特殊影响折减系数。

4 总体设计

4.1 一般规定

4.1.1 风力发电场总体设计应根据区域风能资源分布,满足地区土地利用规划、交通运输规划、风电规划以及配套输电规划进行,海上风力发电场还应根据航运现状、拟建的交通航运设施、海洋功能区划、用海面积等相协调,并应满足环境保护与水土保持、机场净空、军事设施、军事用海区域、矿产资源、文物保护、风景区保护等方面的要求。

4.1.2 新建的风力发电场选址应避免影响周边已有风力发电场的正常运行。

4.1.3 风力发电场设计应满足建设用地指标的要求。总体规划应当遵循因地制宜、统筹兼顾、合理布局、讲求效益、有序发展、充分利用资源和保护环境的原则。

4.1.4 总体设计应包括场址选择与风力发电场总体布置。总体布置应包含风力发电机组机位布置、风力发电场变电站布置、集电线路路径设计、风力发电场内道路设计。

4.1.5 风力发电场总体设计中,风力发电场变电站布置、集电线路布置、风力发电场内道路布置,应与风力发电机组布置相协调。

4.1.6 风力发电场坐标系统应与工程所在地的土地、规划、水利、海洋等部门采用的坐标系统一致。工程所在地使用地方高程系统的,应与国家高程点联测,并应计算出两个高程系统之间的换算关系。

4.1.7 应根据风力发电场自然环境、风况特征、建设条件和需要建设的配套工程及系统稳定的要求,选择合理的风力发电机组。

4.1.8 风力发电场选址应避让和保护矿藏及有探矿权和采矿权

区域、军事设施、民爆危险品建(构)筑物、文物遗迹等,并应避免与军事、航空和通信设施的相互干扰。

4.1.9 风力发电场场址应根据电网结构、受端电力负荷、场区交通运输条件和风力发电机组安装施工条件优化确定。

4.2 场址选择

4.2.1 风力发电机组、变电站、集电线路等选址应避免不良地质灾害易发生区域。

4.2.2 选择风力发电场场址时,应考虑节约用地,优先利用荒地、劣地及非耕地。变电站布置应满足河湖水域、绿化、高压走廊、文物保护、微波通道、道路等规划的避让要求。

4.2.3 风力发电场变电站、风力发电机组基础的位置应考虑场址防洪因素,充分利用现有的防洪设施。风力发电场设施的防洪标准应符合下列规定:

1 风力发电场变电站和风力发电机组基础的防洪标准应符合表 4.2.3-1 和表 4.2.3-2 的规定。对于站内地面低于防洪高水位的区域,应有防洪措施。防洪措施宜在首期工程中按规划容量统一规划,可分期实施。

表 4.2.3-1 风力发电场变电站的防洪标准

电压等级(kV)	防洪重现期(年)
≥ 220	100~50
≤ 110	50~30

表 4.2.3-2 风力发电机组基础的防洪标准

地基基础 设计级别	1(单机容量大于 1.5MW 或轮 毂高度大于 80m 或复杂地质 条件或软土地基)	2、3(单机容量小于 1.5MW,且 轮毂高度小于 80m,且简单岩土 地基)
防洪重现期(年)	50~30	30~10

2 江、河、湖旁的风力发电场变电站、风力发电机组基础设置防洪堤,其堤顶标高应按表 4.2.3-1 中防洪标准的要求,加 0.5m

的安全超高确定,或高于最高内涝水位,当受风、浪、潮影响较大时,应再增加重现期为 50 年的浪爬高。

3 以内涝为主的风力发电场变电站、风力发电机组基础设置防洪堤,其堤顶标高应按 50 年一遇的设计内涝水位加 0.5m 的安全超高确定;难以确定 50 年一遇的设计内涝水位时,可采用历史最高内涝水位加 0.5m 的安全超高确定。

4 山区风力发电场变电站、风力发电机组基础应有防山洪和排山洪的措施,防排设施应按频率为 2% 的山洪设计。

4.2.4 风力发电场场址应处于地质构造相对稳定的地段,并与活动性大断裂保持一定的安全距离。建于地震区、湿陷性黄土地区、膨胀土地区、软土地区、永冻土地区、盐渍土地区等特殊自然条件下的风力发电场,应符合国家现行标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025、《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112、《盐渍土地区建筑技术规范》GB/T 50942、《软土地区岩土工程勘察规程》JGJ 83、《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ 118 的有关规定。

4.2.5 风力发电场场址宜建在地震基本烈度 8 度及以下的地区,当场址选在地质灾害地区或地震断裂地带以及地震基本烈度为 9 度及以上的地区时,应进行专项地质灾害评价。

4.3 风力发电场场区布置

4.3.1 应根据风能资源分布和场地范围,确定风力发电场的装机容量和风力发电机组的位置。应根据输电规划以及配套的并网接入点及方向、集电线路的输送容量、输送距离,确定风力发电场变电站的规模和布置。

4.3.2 风力发电场场区总体布置应符合下列规定:

- 1 集电线路路径应最优;
- 2 交通运输应便利;
- 3 土石方工程量应最少。

4.3.3 风力发电机组布置应符合下列规定：

1 风力发电机组的塔筒中心与公路、铁路、机场、输电线路、通信线路、天然气石油管线等设施的避让距离宜大于轮毂高度与叶轮半径之和的 1.5 倍。

2 对装机容量 200MW 及以上的风力发电场，各期工程之间可预留一定距离的风能资源恢复带。平坦地形风力发电场之间宜设置 2km~3km 隔离缓冲带。

3 应根据场区主导风向，合理确定行距、列距，减少风力发电机组尾流影响。对于分期开发建设的风力发电场，应考虑各期工程之间的相互影响。

4 风力发电机组与有人居住建筑物的最小距离，应满足国家现行相关标准中对噪声的规定。

5 风力发电机组应满足距架空集电线路的安全距离要求，并应包括下列内容：

- 1) 风力发电机组塔筒、机舱、叶片吊装时的安全距离；
- 2) 风力发电机组维护时，机舱放下的吊装绳索，在风力或其他外力作用荡起后的安全距离；
- 3) 风力发电机组正常运行时，不对架空集电线路安全运行造成影响的距离。

6 平坦地区风力发电场风力发电机组排列宜齐整。

4.3.4 风力发电场道路设计应符合风力发电场总体规划，并应满足运行、检修、消防、大件设备运输和吊装等的要求，综合考虑道路状况、自然条件等因素，宜利用已有道路或路基。

4.3.5 风力发电场道路宜按现行行业标准《公路工程技术标准》JTG B01 四级公路标准设计，设计速度应为 15km/h。道路平曲线半径及通道宽度应满足风机运输的要求，宜采用较高的平曲线指标。干线道路最大纵坡不宜大于 12%，最大坡长不宜超过 150m，支线道路最大纵坡不宜大于 15%，最大坡长不宜超过 100m，宜采用较高的纵坡指标。

4.3.6 风力发电机组施工道路宜与检修道路相结合。施工道路路基宽度应考虑施工吊装设备通行宽度的要求。道路最小圆曲线半径、最大纵坡和转弯处道路外侧不得有障碍物。

4.3.7 风力发电机组施工道路和检修道路宜布置成环形;或具备回车条件。

4.4 风力发电场变电站布置

4.4.1 变电站的位置除应满足场址选择和一般规定的要求外,还宜符合下列规定:

- 1 宜靠近风力发电场中心,并宜靠近主干道路;
- 2 宜便于架空和电缆线路的引入和引出;
- 3 地质、地形和地貌条件宜适宜。

4.4.2 变电站的总平面布置应按最终规模进行规划设计。

4.4.3 主控制楼(房)应布置在便于运行人员巡视检查、观察户内外电气设备和减少电缆长度、避开噪声影响的位置。架空线路的进出线方向不宜布置在变电站的大门侧。

4.4.4 风力发电场易燃易爆设施应布置在站区的边缘地带,安全间距应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的有关规定。消防器材宜布置在主变压器等带油设备附近。

4.4.5 站区竖向布置应合理利用地形,自然地形坡度为 5%~8%时,宜采用阶梯式布置。

4.4.6 场地设计坡度应根据设备布置、土质条件、排水方式确定。道路纵向坡度宜采用 0.5%~2%,有可靠排水措施时,可小于 0.5%,局部最大坡度不宜大于 6%,可采取防冲刷措施。

4.4.7 屋外配电装置为硬母线时,宜垂直于母线方向放坡,屋外配电装置放坡方向平行于母线方向时,场地设计坡度不宜大于 1%。

4.4.8 主要生产建筑物的底层设计标高应高出室外地坪 0.3m,

其他建筑物底层设计标高应高出室外地坪 0.15m。

4.4.9 应根据站区地形、降雨量、土质类别、竖向布置及道路布置,合理选择排水方式,宜采用地面自然散流排渗,雨水明沟、暗沟(管)或混合排水方式。

4.4.10 变电站进站道路和站内道路设计,应按国家现行标准《变电站总布置设计技术规程》DL/T 5056 和《厂矿道路设计规范》GBJ 22 的有关规定执行。

4.5 场区标识

4.5.1 风力发电场设置的场区标识应包括安全标志(包括禁止标志、警告标志、指令标志、提示标志)、消防安全标志、道路交通标志(包括警告标志、禁令标志、指示标志等)和安全警示线。

4.5.2 风力发电场安全标识应使用相应的通用图形标志和文字辅助标志的组合标志。文字辅助标志的设置应符合现行国家标准《安全标志及其使用导则》GB 2894 的有关规定。

4.5.3 应在重要设备安全围栏处设置警告牌,并应对油库、设备材料库、消防设施、主要道路、排洪沟等重要设施和建(构)筑物做明显标识。

4.5.4 建筑物应有明显的出入口和安全通道标识、安全警示标识。

4.5.5 所有附属设施的孔洞盖板、围栏、平台楼梯栏杆应有明显的色标和醒目的安全警示标牌。

4.5.6 风力发电场航空标识应符合下列规定:

- 1 风力发电机组被确定为航空障碍物时,应对其加以标识。
- 2 除经民航管理部门许可采用其他标识方式外,风力发电机组的叶片、机舱和塔筒上部 2/3 的部分宜涂成白色。

- 3 夜间及低能见度环境下需要进行障碍物标识时,应在发电机机舱上设置 A 型中光强航空障碍灯,并应能使从任何方向接近的航空器都能不被遮挡地看到。

4 A 型中光强航空障碍灯的技术指标应满足国际民航组织的要求。

5 对于由两个(含)以上风力发电机集合而成的风力发电场,则应将其视为一个大型物体,并按下列要求设置 A 型中光强航空障碍灯:

- 1)应标示出风力发电场的边界;
 - 2)除非专项评估表明可使用更大的间距外,灯具间的水平间距不宜大于 900m;
 - 3)所有灯具应同步闪烁;
 - 4)宜对高于风力发电机组的测风塔等进行标识。
- 6 风力发电场建筑标识宜采用统一的设计元素和色系。

5 电力系统

5.1 一般规定

5.1.1 风力发电场的建设应符合有关主管部门批准的相关地区风力发电发展规划和风电输电规划。

5.1.2 风力发电场接入电力系统应符合现行国家标准《风电场接入电力系统技术规定》GB/T 19963 的有关规定。

5.1.3 风力发电场的设计应满足有关主管部门批复的接入系统设计评审意见的要求。

5.2 系统一次部分

5.2.1 风力发电场接入电力系统设计应符合下列规定：

1 风力发电场的送出能力宜根据风力发电场规划容量、本期容量和风电出力特性分析；

2 电力系统接纳风电的能力宜根据相关电力市场的用电负荷现状及预测、电源结构及装机规划、负荷特性、电力电量平衡及调峰平衡、相关地区电网与周边电网之间的送受电情况等分析；

3 风力发电场接入的系统电压等级应根据风力发电场规划容量和送电距离合理选择；

4 风力发电场接入的公共连接点应根据电网规划、风电输电规划和电能质量情况，经技术经济比较后确定；

5 风力发电场的送出线路宜按照风力发电场规划容量选择，可采用一回线路接入电力系统；

6 风力发电场变电站的接线型式应满足电力系统安全运行的要求。

5.2.2 风力发电场应符合下列规定：

1 主变压器应符合下列规定:

- 1) 变电站主变压器的台数与容量宜按照风力发电场的最终装机容量确定, 汇集站的主变压器容量宜按照风电有效容量选择;
- 2) 变电站的主变压器宜采用有载调压变压器, 应能通过调整主变压器分接头控制风力发电场内电压。

2 有功功率应符合下列规定:

- 1) 风力发电场应配置有功功率控制系统, 且应具备有功功率调节能力, 以及参与电力系统调频、调峰和备用的能力;
- 2) 风力发电场在正常运行和非正常运行情况下的有功功率及有功功率变化应满足电力系统调度机构的要求;
- 3) 风力发电场应配置风电功率预测系统。

3 无功容量应符合下列规定:

- 1) 风力发电场的无功容量应按照分(电压)层和分(电)区基本平衡的原则进行配置, 并应满足检修备用要求, 同时应与电能质量治理的设备配置相协调;
- 2) 风力发电机组应满足功率因数在超前 0.95 到落后 0.95 的范围内动态可调, 风力发电场应充分利用风力发电机组的无功容量及其调节能力;
- 3) 当风力发电机组的无功容量不能满足电力系统电压调节需要时, 应在风力发电场集中加装适当容量的分组投切的无功补偿装置, 必要时应加装动态无功补偿装置;
- 4) 风力发电场应配置无功电压控制系统, 且应具备无功功率调节及电压控制能力;
- 5) 在电力系统正常运行和非正常运行情况下, 风力发电场无功补偿的调节速度和控制精度应能满足电力系统电压调节的要求, 且应与风电机组高电压穿越能力相匹配。

4 风力发电场应根据电能质量分析专题报告的结论确定电

能质量治理设备配置方案,且应配置电能质量监测设备。

5 风力发电机组应具有低电压穿越能力。

6 风力发电场运行适应性应符合下列规定:

1)风力发电场并网点电压在标称电压的 0.9 倍~1.1 倍额定电压范围(含边界值)内时,风力发电机组应能正常运行;

2)电力系统频率在 49.5Hz~50.2Hz 范围(含边界值)内时,风电机组应能正常运行,电力系统频率在 48Hz~49.5Hz 范围(含 48Hz)内时,风电机组应能不脱网运行 30min。

7 电气设备短路电流水平应满足风力发电场和电网近期及远景短路电流的技术要求。

5.3 系统二次部分

5.3.1 系统继电保护及安全自动装置应符合下列规定:

1 风力发电场系统继电保护及安全自动装置设计应符合现行国家标准《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T 14285 的有关规定和电力系统反事故措施的要求。

2 220kV 及以上风力发电场送出线路宜配置两套完整、独立的全线速动主保护,应包括分段式相间、接地距离保护后备保护,两套完整、独立的全线速动主保护应配置两套独立的通信设备。具备光纤通道条件时,全线速动主保护宜采用纵联电流差动保护;110kV 及以下风力发电场送出线路宜配置一套全线速动主保护。

3 风力发电场变电站 220kV 及以上电压等级的每组母线应装设两套独立的母线保护,110kV 及以下电压等级的每组母线应装设一套母线保护。

4 风力发电场变电站应配备专用故障录波设备,故障录波信息量应根据电力系统调度机构的规定确定,且应具备将相关信息传送到调度端的远传功能。

5 220kV 及以上风力发电场变电站应配置保护及故障信息管理系统子站,对保护及故障录波信息进行收集和处理,并应按照电力系统调度机构颁布的接口规范向调度端的主站传送。

6 应根据风力发电场接入系统报告结论确定是否配置相应的安全自动装置。

5.3.2 系统调度自动化应符合下列规定:

1 风力发电场调度自动化系统设计应符合现行行业标准《电力系统调度自动化设计技术规程》DL/T 5003 的有关规定。

2 风力发电场调度自动化系统采集及上送的远动信息量应根据电力系统调度机构的有关规定确定。

3 风力发电场计量装置设计应符合现行行业标准《电能计量装置技术管理规程》DL/T 448 的有关规定。风力发电场内应配置电能量远方终端,且应具有对电能量计量信息采集、数据处理、分时存储、长时间保存、远方传输、同步对时功能。电能关口计量点应设置在下列位置:

- 1) 风力发电场与电网产权分界点;
- 2) 具有电气联系的不同风力发电场之间的产权分界点;
- 3) 同一风力发电场内不同上网电价风力发电机组的分界点。

4 接入 220kV 及以上电压等级的风力发电场应配置相角测量系统(PMU)。

5 风力发电场调度自动化系统、电能量信息传输系统、风功率预测系统、电能质量在线监测系统、有功功率控制系统、无功电压控制系统、相角测量系统等宜采用主/备信道的通信方式,直送电力系统调度机构。

6 风力发电场应配置电力调度数据网接入设备,调度数据网接入应符合电力系统调度机构颁布的调度数据网的有关规定。

7 风力发电场调度管辖设备应配备两路独立的直流电源或者 UPS 电源供电,当采用 UPS 电源供电时,其维持供电时间应按

不少于 1h 计算。

5.3.3 系统通信和场内通信应符合下列规定：

1 风力发电场系统通信设计应符合现行行业标准《电力系统通信设计技术规定》DL/T 5391 的有关规定和电力系统通信规划；

2 风力发电场通信设计应满足无人值班的技术要求；

3 风力发电场至电力系统调度机构应配置两个独立的通道组织及相应的通信设备，其中应至少有一通道采用光缆通道；

4 风力发电场应配置调度程控交换机、综合数据网接入设备和通信监测设备；

5 风力发电场与电力系统连接的通信设备应具备与系统接入端设备一致的接口和协议；

6 风力发电场通信设备宜采用 -48V 直流供电，通信设备应有可靠事故备用电源，其容量应满足事故期间维持供电 2h~3h。

6 风力发电机组

6.1 一般规定

6.1.1 风力发电机组应符合现行国家标准《风力发电机组 设计要求》GB/T 18451.1 和《风电场接入电力系统技术规定》GB/T 19963 的有关规定。

6.1.2 风力发电机组应根据区域地理环境、风能资源适宜性、安全等级、安装运输条件、运行检修条件等因素选择。

6.1.3 风力发电机组应具备下列资料：

- 1 风力发电机组产品说明书；
- 2 风力发电机组不同容量推荐轮毂高度处的风机性能指标和参数；
- 3 满足风力电场设计配套的电气设备选型和电气设计资料；
- 4 满足风力发电机组基础设计、基础环制作和塔架制作资料；
- 5 风力发电机组运输和吊装的条件资料。

6.2 风力发电机组选型

6.2.1 风力发电机组选型应结合轮毂高度处平均风速、50 年一遇 10min 平均最大风速、15m/s 风速区间的湍流强度 I_{T15} 、气候特征、场地地形、技术经济条件、运行检修条件等因素确定。

6.2.2 风力发电机组的安全等级应通过轮毂高度处平均风速、50 年一遇 10min 平均最大风速和 15m/s 风速区间的湍流强度 I_{T15} 进行判定。

6.2.3 风力发电机组的单机容量应根据不同容量风力发电机组组成的风力发电场投资和运行期收益，经技术经济比较后确定。

6.2.4 在低温地区,应选择低温型风力发电机组;在高海拔地区,风力发电机组选型还应结合场址的空气密度、太阳辐射强度、湿度、气压、温差、雷暴日数、风沙及凝冻等气候环境参数进行。

6.2.5 在复杂地形场地的场地面积、交通运输条件和地形条件允许的情况下,宜选择大容量的风力发电机组。

6.2.6 风力发电机组应具有下列认证:

- 1 设计认证和产品认证;
- 2 测试认证。

6.2.7 风力发电机组应具备有功和无功功率控制功能。

6.2.8 风力发电机组应具备下列安全保护功能:

- 1 顺桨保护;
- 2 消防保护;
- 3 锁定保护;
- 4 外挂保护。

6.2.9 风力发电机组应配备助爬器,灭火、逃生装置,可配置电梯;对于安装在海拔高程 2000m 及以上且轮毂高度超过 70m 的风力发电机组,塔筒内部宜设置升降机。

7 电 气

7.1 电气主接线

7.1.1 机组变电单元的电气接线应符合下列规定：

1 风力发电机组与机组变电单元宜采用一台风力发电机组对应一组机组变电单元的单元接线方式。经技术经济比较后，也可采用两台风力发电机组对应一组机组变电单元的扩大单元接线方式。

2 机组变电单元的高压电气元件应具有保护机组变电单元内部短路故障的功能。

3 机组变电单元的低压电气元件应能保护风力发电机组出口断路器到机组变电单元之间的短路故障。

4 机组变电单元与集电线路间宜设置明显的断开点。

7.1.2 风力发电场变电站电气主接线的设计应符合下列规定：

1 应根据风力发电场在电力系统中的地位，地区电网接线方式，出线回路数和变压器容量、台数确定；

2 应与风力发电场总体规划相适应，对于可连续扩建的风力发电场变电站应统一规划，分步实施；

3 电气主接线宜简化，并应满足运行灵活、操作检修方便和便于扩建等要求；

4 电气主接线宜采用单母线接线或线路—变压器组接线，对于规模较大的风力发电场变电站与电网联接超过两回线路时，可采用单母线分段或双母线接线型式；

5 当风力发电场变电站装有两台及以上主变压器时，主变压器低压侧母线宜采用单母线分段接线，每台主变压器对应一段母线；

6 当主变压器低压侧母线短路容量超出设备允许值时,应采取限制短路电流的措施。

7.1.3 风力发电场主变压器低压侧母线电压等级的确定应符合下列规定:

1 风力发电场主变压器低压侧母线电压应根据电网要求和风力发电场规划容量,经技术经济比较后确定;

2 风力发电场主变压器低压侧母线电压宜采用 35kV 电压等级;

3 分散接入的风力发电场,经技术经济比较后可选择 35kV 或更低电压等级。

7.1.4 风力发电场变电站中性点接地方式应符合下列规定:

1 主变压器高压侧中性点的接地方式应由所联接电网的中性点接地方式决定;

2 主变压器低压侧系统,当不需要在单相接地故障条件下运行时,可采用电阻接地方式,迅速切除故障;

3 消弧线圈或接地电阻可安装在主变压器低压绕组的中性点上,当主变压器无中性点引出时,可在主变压器低压侧装设专用接地变压器。

7.2 变 压 器

7.2.1 风力发电场变压器的选择应符合国家现行标准《油浸式电力变压器技术参数和要求》GB/T 6451、《干式电力变压器技术参数和要求》GB/T 10228 和《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222 的有关规定。

7.2.2 风力发电场变压器宜选用自冷式、低损耗、免维护电力变压器。

7.2.3 风力发电场机组变电单元变压器应符合下列规定:

1 机组变电单元变压器的容量应按风力发电机组的额定视在功率选取;

2 机组变电单元变压器高压绕组的额定电压宜取所在电压等级的较高电压,机组变电单元变压器低压绕组的额定电压宜与风力发电机组的额定电压一致;

3 机组变电单元变压器宜选用无励磁调压变压器。

7.2.4 机组变电单元自用变压器的容量应能满足机组变电单元自用变压器的照明、检修要求,选用三相或单相干式电力变压器。风力发电机组的自用电宜由风力发电机组内部配置的自用变压器引接。当机组变电单元安装在风力发电机组的机舱或塔筒内时,自用变压器宜统一考虑。

7.3 配电装置

7.3.1 风力发电场配电装置设计应符合国家现行标准《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060 及《高压配电装置设计技术规程》DL/T 5352 的有关规定。

7.3.2 风力发电场机组变电单元应符合下列规定:

1 风力发电场机组变电单元可采用箱式变电站、组合式变压器或由变压器及高低压电气元件(或装置)组成的敞开式电气设备;

2 沿海风力发电场和经常出现沙尘、风雪天气的风力发电场宜采用组合式变压器;

3 布置在塔筒、机舱内的机组变电单元变压器应选用干式变压器,紧临塔筒布置的机组变电单元变压器宜选用干式变压器,若采用油式变压器,应配套其他防火措施;

4 机组变电单元可靠近风力发电机组布置,也可布置在塔筒外壁或机舱内,当选用组合式变压器或敞开式油浸变压器时,机组变电单元与风力发电机组的距离不应小于 10m;

5 敞开式设备组成的机组变电单元,应在其周围设置高度不低于 1.5m 的围栏,围栏门应加锁,并应设置安全警示标志;

6 机组变电单元的自用变压器可安装于变电单元的低压室

(柜)内。

7.3.3 风力发电场配电装置应符合下列规定：

1 风力发电场配电装置应根据扩建条件留有扩建空间，减少扩建对原有设备的影响；

2 35kV 以上配电装置宜采用屋外式，35kV 及以下配电装置宜采用屋内成套式高压开关柜；

3 土石方开挖工程量大的山区，其 110kV 和 220kV 高压配电装置宜采用屋内配电装置，当技术经济合理时，可采用气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)配电装置；

4 IV级污秽地区、海拔高度大于 2000m 的地区或高寒地区的配电装置，当技术经济合理时，可采用气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)配电装置或 HGIS 配电装置。

7.4 无功补偿装置

7.4.1 无功补偿装置应根据电力系统无功补偿就地平衡和便于调整电压的原则配置。

7.4.2 无功补偿装置可接在风力发电场主变压器低压侧母线上，也可接在主变压器第三绕组(平衡线圈)上。

7.4.3 无功补偿装置的设计应符合国家现行标准《并联电容器装置设计规范》GB 50227 和《高压静止无功补偿装置》DL/T 1010.1~5 的有关规定。

7.4.4 无功补偿装置应根据环境条件、设备技术参数及当地的运行经验，采用户内或户外布置型式，并应考虑维护和检修方便。

7.4.5 当风力发电场分期建设时，无功补偿装置的容量应结合风力发电场本期及远期规划容量统筹考虑。

7.5 站用电系统

7.5.1 站用电系统的电压等级宜采用 380V。

7.5.2 站用电系统应采用动力与照明网络共用的中性点直接接

地方式。

7.5.3 站用工作电源宜从主变压器低压侧发电母线引接。

7.5.4 站用电系统应设置备用电源,且引接方式宜符合下列规定:

1 风力发电场变电站仅有 1 回送出线路时,备用电源宜从站外引接。

2 当变电站有 2 回及以上送出线路时,站用工作电源和备用电源宜分别从不同主变压器低压侧电母线引接;当只有 1 台主变压器时,备用电源宜从站外引接。

3 当无法从站外取得备用电源或站外电源的可靠性无法满足时,可采用柴油发电机作为备用电源。

7.5.5 站用工作变压器的容量应能满足变电站正常生产和生活用电的要求。

7.5.6 站用备用变压器的容量应能满足变电站恢复生产、基本生活和风力发电机组停机后维护需要的用电容量。

7.6 直流系统及交流不间断电源

7.6.1 变电站应装设向直流控制负荷和动力负荷供电的蓄电池组,蓄电池组及充电装置应符合现行行业标准《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044 的有关规定。

7.6.2 变电站直流系统电压等级宜采用 220V,机组变电单元不宜设置直流系统。

7.6.3 变电站应装设交流不间断电源(UPS),宜采用在线式。UPS 配置应符合现行行业标准《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》DL/T 5136 的有关规定。

7.6.4 变电站交流不间断电源的负荷统计宜包括风力发电机组监控系统主机、变电站监控系统、电能计费系统、自动和保护装置、通信设备以及火灾报警装置。

7.6.5 变电站宜配置一套交流不间断电源系统。220kV 变电站

宜采用主机冗余配置方式。

7.6.6 当机组变电单元需要可靠的控制保护电源时,可设置 1 套独立的交流不间断电源装置。

7.7 控 制 室

7.7.1 风力发电场宜设置控制室,控制室设计应符合现行行业标准《220kV~750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218 的有关规定。

7.7.2 控制室应按风力发电场最终规划容量一次建成。

7.8 监控和二次接线

7.8.1 风力发电机组的控制功能应符合现行国家标准《风力发电机组控制器 技术条件》GB/T 19069 的有关规定。

7.8.2 风力发电机组的监测系统功能应符合现行国家标准《风力发电机组 第 1 部分:通用技术条件》GB/T 19960.1 的有关规定。

7.8.3 风力发电机组应实现就地设置控制、保护、测量设备,能通过通信接口或硬接线方式采集机组变电单元开关量及模拟量信号。主控级监控系统应实现风力发电场控制中心对风力发电机组的遥控、遥测和遥信。

7.8.4 风力发电机组与风力发电场控制中心通信网络宜采用光纤环形网络。

7.8.5 风力发电机组可装设在线振动监测系统。

7.8.6 机组变电单元监控应符合下列规定:

1 监控功能宜由风力发电机组就地测控装置实现,采集数据应包括机组变电单元变压器高、低压设备,变压器本体的开关量及模拟量信号;

2 当独立设置机组变电单元测控装置时,宜与风力发电机组监控系统共用光纤,接入变电站监控系统。

7.8.7 风力发电场变电站应设置计算机监控系统,系统设计应符合下列规定:

1 监控系统应能实现送出线路、主变、35kV 汇集线路、动态无功补偿装置回路、站用变(接地变)的模拟量、开关量、电能量以及来自其他智能装置的数据采集和处理功能;

2 监控系统操作对象宜包括送出线路及主变各侧断路器、隔离开关、电动操作接地开关、主变分接头位置、35kV 汇集线路断路器、动态无功补偿装置、站用变(接地变)各侧断路器、站内消防设备等;

3 监控系统应设置与风力发电机组监控系统的通信接口以及卫星对时功能。

7.9 继电保护和自动装置

7.9.1 风力发电机组的保护配置应符合现行国家标准《风力发电机组 设计要求》GB/T 18451.1 的有关规定。

7.9.2 变电站电气元件保护配置应符合现行国家标准《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T 14285 和《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T 50062 的有关规定。

7.9.3 机组变电单元变压器保护配置应符合下列规定:

1 高压侧配置负荷开关与熔断器组合回路,应采用熔断器作为变压器过载及短路保护;

2 高压侧配置断路器回路,应设置变压器保护;

3 低压侧断路器回路应采用断路器本身电流脱扣器短路保护。

7.9.4 风力发电场汇集系统中的母线应配置母线保护。

7.9.5 汇集线路保护配置应符合下列规定:

1 中性点不接地或经消弧线圈接地的汇集线路,宜装设两段式电流保护,同时配置小电流接地选线装置,可选择跳闸;

2 中性点经电阻接地的汇集线路,宜装设两段三相式电流保

护及一段或两段零序电流保护。

7.9.6 无功补偿装置回路保护配置应与风电汇集线路保护配置相同。当回路有变压器元件时,还应配置变压器相应保护。

7.9.7 低电阻接地系统的接地变压器,除应按站用变配置主保护和相间后备保护外,还应配置零序过流保护。

7.10 过电压保护及接地

7.10.1 风力发电场的过电压保护和接地应符合国家现行标准《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065 和《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T 620 的有关规定。

7.10.2 机组变电单元的过电压保护应符合下列规定:

1 机组变电单元可利用风力发电机组进行防直击雷保护,机组变电单元位于风力发电机组的直击雷保护范围之外,应采取防直击雷保护措施;

2 机组变电单元变压器的高、低压侧都应装设避雷器。

7.10.3 风力发电机组的接地应符合下列规定:

1 风力发电机组的工作接地、保护接地和雷电保护接地应共用一个总的接地装置,宜利用塔筒的钢筋混凝土基础作为其自然接地体,并应同时敷设以水平接地极为主的环形人工接地网,二者之间应至少有 2 根接地干线相连;

2 风力发电机组接地网的人工接地电阻不应大于 4Ω ,当接地电阻不满足要求时,应采取降低接地电阻的措施;

3 风力发电机组塔筒及内部盘、柜和电气设备外壳均应接地。

7.10.4 机组变电单元的接地应符合下列规定:

1 机组变电单元应设置以水平接地极为主的人工接地网,其与风力发电机组的接地网的连接点不应少于 2 处;

2 机组变电单元设备外壳均应接地,机组变电单元与接地网的连接点距离风力发电机组塔筒与接地网的连接点,沿接地体的

长度不应小于 15m。

7.11 电气照明

7.11.1 风力发电场变电站电气照明设计应符合现行行业标准《发电厂和变电站照明设计技术规定》DL/T 5390 的有关规定。

7.11.2 风力发电场风力发电机组电气照明设计宜进行专题论证。

7.12 电缆选择与敷设

7.12.1 风力发电场电缆选择与敷设应符合现行国家标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217 的有关规定。

7.12.2 风力发电场中压电缆宜选用交联聚乙烯绝缘电缆,可选用铜芯或铝芯电力电缆。

7.12.3 风力发电机组与机组变电单元之间的低压电力电缆宜选用铜芯电力电缆。电力电缆可采用三芯或单芯电缆。当采用单芯铠装电力电缆时,应选用非磁性金属铠装层。

7.12.4 -15°C 以下低温环境应选用耐低温材料绝缘电缆,不宜选用聚氯乙烯绝缘电缆。

7.12.5 电缆引至塔筒、机组变电单元的孔洞处均应实施阻燃封堵。

7.13 集电线路

7.13.1 集电线路应符合下列规定:

1 集电线路的电压等级宜采用 10kV~35kV,应根据风力发电场规模及接入条件等,经技术经济比较确定。当风力发电机组出口电压高于 10kV 时,集电线路电压应与风力发电机组出口电压一致。采用分布式接入的风力发电场,应根据当地电网条件确定集电线路电压。集电线路设计应符合现行国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061 的有关规定。

2 集电线路宜采用架空线路形式。

3 重覆冰、走廊受限、基础施工困难等不利于架空线路施工维护或景观要求高的地区,宜采用直埋电缆形式。集电线路跨(钻)越地上附着物,可采用架空与直埋相结合的方式。

4 应根据风力发电场规模、集电线路电压等级、风机分布情况,对风力发电机组进行适当分组,每组应共用一回集电线路接入风力发电场升压汇集站。

5 风力发电场场内光纤通信系统应与集电线路一同架设。

7.13.2 集电线路路径应符合下列规定:

1 应与风力发电场总体设计相结合,综合考虑机位分布、地形、地貌、运行、施工、交通条件及路径长度等因素,宜布置在同一走廊内,对位于同一路径走廊的架空线路应采用多回路共架;

2 应根据路径地形、地貌以及地上附着物的分布及气象条件,确定采用架空线路或直埋电缆;

3 应根据风力发电机组的布置,风力发电场变电站的位置,风力发电场内地形以及单回集电线路的输送距离、输送容量、安全距离等确定;

4 应避开洼地、冲刷地带、不良地质区以及影响安全运行的其他区域;

5 架空线路与道路间距应满足风力发电机组运输及吊装设备转场的要求;

6 架空集电线路设计应考虑特殊地形的风荷载、微地形(局部地形)以及高海拔地形的冰荷载对其安全运行的影响;

7 架空线路的终端杆(塔)应靠近机组变电单元,但与风力发电机组的距离应大于杆(塔)的高度,且边导线与风机塔筒及叶片间的距离应满足电气安全距离的要求;

8 架空线路路径应避免电功率潮流迂回现象。

7.13.3 应根据风力发电场所在地气象站历年气象记录资料,确定最高气温、最低气温、年平均气温、平均年雷暴日数、最大风速、

最大覆冰、最大冻土深度、地下水深度等数据,并应按现行国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061 中的气象条件规定,选择适当的风力发电场架空线路的气象组合。

7.13.4 导线(绝缘导线)选择应符合下列规定:

- 1 导线宜选用钢芯铝绞线或钢芯铝合金绞线;
- 2 应根据所接风力发电机组容量,按照经济电流密度分段选择导线截面,同一风场导线截面种类不宜超过三种;
- 3 导线截面应满足短路情况下热稳定要求;
- 4 导体的长期允许载流量应按所在地区的海拔及环境温度进行修正;

5 有污染地区宜采用防腐型导线。

7.13.5 地线选择应符合下列规定:

- 1 地线宜采用镀锌钢绞线;
- 2 应按现行国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061 中的防雷要求,选用与导线截面相配合的地线。

7.13.6 绝缘子选择应符合下列规定:

1 应按现行国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061 中污秽等级的划分确定污秽等级,线路绝缘子型式和数量应满足绝缘配合的要求;

2 重覆冰区不宜使用玻璃绝缘子,采用瓷绝缘子时,每串绝缘子数量应增加一片,采用合成绝缘子时,宜使用特制合成绝缘子,或在合成绝缘子上方加装一片大盘径瓷绝缘子。

7.13.7 防雷和接地应符合下列规定:

1 风力发电场内 35kV 架空线路应全线架设地线,且逐基接地,地线的保护角不宜大于 25° 。

2 10kV 架空线路金属杆塔应接地。多雷地区可全线架设地线且逐基接地。

3 应根据地质、地貌与土壤电阻率确定杆塔接地装置的型式。架空集电线路杆塔工频接地电阻值应满足表 7.13.7 的要求。

表 7.13.7 架空集电线路杆塔的工频接地电阻值

土壤电阻率($\Omega \cdot m$)	≤ 100	100~500	500~1000	1000~2000	> 2000
接地电阻(Ω)	10	15	20	25	30

注:当土壤电阻率超过 $2000\Omega \cdot m$,接地电阻很难降低到 30Ω 时,可采用 6 根~8 根总长不超过 500m 的放射形接地体,或采用连续伸长接地体,接地电阻不受限制。

7.13.8 导线换位、相序应符合下列规定:

- 1 集电线路导线可不换位;
- 2 同一风力发电场不同回路的集电线路相序应一致。

7.13.9 导线、地线截面选择及防振措施应符合下列规定:

1 应按风力发电场总装机容量和风力发电机组布置,确定每回线路的输送容量,并应按技术经济条件选取导线的安全系数。导线截面按经济电流密度选择,电压降宜控制在 5% 以下。有污染地区应提高绝缘子防污等级,当有腐蚀性介质时,应采用防腐型导线。

2 地线的型号应根据防雷设计和工程技术条件的要求确定。

3 应按技术经济条件选取导线、地线的安全系数、最大使用应力和平均运行应力,并结合风力发电场内的地形、地貌及使用档距情况,确定导线、地线的防振措施。

7.13.10 风力发电场集电线路杆塔设计应符合现行国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061 的有关规定。

7.13.11 除岩石地基外,基础的埋置深度不宜小于 0.5m。季节性冻土地区基础埋置深度宜大于场地冻结深度。在深厚季节冻土地区,基础的埋置深度应根据地基土的冻结深度和冻胀性类别确定,钢筋混凝土杆塔的基础应有防冻胀措施。

7.13.12 设置在河流两岸的杆塔基础,应避开河流冲刷、河流改道等不利因素,并宜采用大档距跨越。35kV 集电线路不宜在河中立塔。

7.13.13 架空集电线路宜根据路径和风场地形等特点选用自立

式铁塔或钢筋混凝土杆,在旅游风景区、开发区、城市郊区、变电站出口等,亦可使用钢管杆。寒冷地区宜选用环形截面钢筋混凝土杆,当地下水位较高时,下部杆段宜填实心素混凝土,在实心上部设置排水孔,应采取防冻防胀措施。

7.13.14 杆塔的设计和验算应符合现行行业标准《架空输电线路杆塔结构设计技术规定》DL/T 5154 和《输电线路铁塔制图和构造规定》DL/T 5442 的有关规定。

7.13.15 集电线路与风力发电机组高压侧连接的耐张杆塔,应设置支架以便安装支撑绝缘子、避雷器、电缆头等附件。

7.13.16 跨越公路、铁路应采用独立耐张段,杆塔边缘距路边不应小于 6m,且不宜采用拉线杆塔。

7.13.17 基础设计时取土容重应考虑地下水位季节性变化的影响。

7.13.18 重覆冰区线路宜采用单回路杆塔。

7.13.19 杆塔基础结构型式应符合下列规定:

1 钢筋混凝土电杆基础的杆坑底部宜安装混凝土预制底盘,坑底为坚硬成形岩石可取消底盘;无拉线杆塔,主杆埋深在 2m 以上时,宜安装卡盘;铁塔应根据地质条件、地形地貌及施工运输条件选择基础型式。

2 在地下水位较高,地质条件较为复杂时,杆塔应逐基做地质钻探。

8 辅助及附属设施

8.0.1 根据机组容量、型式、台数、设备检修特点、地区协作和交通运输等条件,可设置汽车库、材料库、取排水泵房、消防泵房、污水处理设施以及必要的金工修配设施,并可配置常用的检修机具和工具。地区集中检修的风力发电场可配置修配设施。

8.0.2 风力发电场辅助及附属建筑物布置应满足总体规划要求,并应使变电站内功能分区明确,工艺布置合理。

8.0.3 材料库布置及储存物品应符合现行消防规范的有关规定。

8.0.4 生活污水及废水处理系统的设计应符合下列规定:

1 对外排放水质应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 和地方有关污水排放的有关规定,不符合排放标准的废水不应排入自然水体或任意处置;

2 主变压器的渗漏油及事故油应通过钢管排至事故油池,且应经油水分离后,废水排入污水管网,变压器油宜回收利用;

3 生活污水应先排入化粪池,处理后再经过污水检查井排至场外低凹处或渠沟。

8.0.5 供水系统设计应符合下列规定:

1 应按照风力发电场规划容量统一规划,分期建设,对于扩建工程,应充分发挥原有设施的效能;

2 应优先选用市政水源,当市政水源不能满足要求时,可选用地表水或地下水(深井水),沿海地区风力发电场消防用水可采用海水;

3 生活用水与消防用水管网宜分开设置;

4 当场外生活供水管网压力不满足要求时,宜采用气压供水或变频调速供水方式,生活给水管宜用钢塑复合管或 PPR 管;

5 当设有高水位水箱时,高度应按最不利处的配水点所需水压计算,寒冷地区的水箱应有防冻措施;

6 消防用水量应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

8.0.6 排水系统设计应符合下列规定:

1 室外污水、雨水应分流;

2 应根据地形及降水量确定雨水排水方式,场地周围有市政管网时,宜采用有组织排水;场地周围无市政管网时,可采用无组织排水;

3 宜将处理达标后的生活污水、废水及雨水收集,作为绿化及冲洗道路用水;

4 在湿陷性黄土区域,排水应引到地基基础影响范围之外;

5 室内排水宜采用 UPVC 管,室外排水宜采用钢筋混凝土或铸铁排水管;

6 污水排放应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的有关规定。

9 建筑结构

9.1 一般规定

9.1.1 建筑结构设计应符合下列规定:

- 1 风力发电场设计应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的有关规定;
- 2 当装机容量和变电站电压分属不同等级时,应按其中较高的等级确定。

9.2 抗震设计

9.2.1 建(构)筑物的抗震设计应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《构筑物抗震设计规范》GB 50191 和《电力设施抗震设计规范》GB 50260 的有关规定。

9.2.2 抗震设防烈度为 6 度及以上地区的新建风力发电工程,必须进行抗震设计。

9.2.3 抗震设防烈度 9 度及以上,或参考风速超过 50m/s(相当于 50 年一遇极端风速超过 70m/s)的风力发电场,重要建(构)筑物地基基础设计应进行专题论证。

9.2.4 抗震设防烈度应符合现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 的有关规定。对已编制抗震设防区划的城市,可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。

9.2.5 地震基本烈度为 8 度、9 度时,风力发电机组及其基础宜计算竖向地震作用。

9.3 地基与基础

9.3.1 风力发电机组地基基础设计应考虑风力发电机组基础荷

载及振动的特殊性,以及湿陷性黄土、永久冻土、膨胀土等特殊地质条件。风力发电机组地基基础设计应符合下列规定:

1 应采用极限状态设计方法,荷载和有关分项系数的取值应符合有关规定。应收集风力发电机组基础荷载(包括正常运行荷载、极端工况荷载、地震作用、疲劳荷载等)、基础环、基础环支架、基础埋管、上部结构(包括叶轮、机舱、塔筒等)质量、上部结构高度、结构自振频率、结构阻尼比、水平度要求等资料。

2 应根据建设场地地基条件和上部结构对基础的要求确定风力发电机组基础型式。当地基土为软弱土层或高压缩性土层时,宜采用桩基础,或对软弱地基进行人工加固处理。在山区,基岩顶面埋深较浅且岩体性质优良时,宜采用岩石锚杆基础,并应加强岩土工程勘测和施工后检测。除常规重力大板式基础外,其他基础型式均应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定进行现场检验。

3 对地震基本烈度为6度及以上且场地为饱和砂土、粉土的地区,应根据地基土振动液化的判别成果,进行技术经济比较后选取合理的稳定风力发电机组基础的措施。

4 风力发电机组基础底板宜设计成轴对称形状,基础底板宜采用圆形或正多边形。经过强度、变形、耐久性验算及试验验证后,可采用岩石锚杆基础、梁板式基础与墩式基础等。

5 环境温度达不到冰冻条件的混凝土构件可不考虑抗冻要求。

6 冰冻前不饱混凝土且在反复冻融过程中不接触外界水分的混凝土构件,可不考虑抗冻要求。

7 冰冻地区与外界水分(如雨、水等)接触的露天混凝土构件应按冻融环境进行耐久性设计。

8 风力发电机组基础确保抗冻性的主要措施应包括防止混凝土受湿、采用高强度的混凝土和引气混凝土。

9 风力发电机组基础回填土应给出明确的密度、压实系数及检测要求。

9.3.2 风力发电机组基础的埋置深度应满足地基承载力、变形和稳定性要求。天然地基建(构)筑物基础应设置在原状土层上,基底宜设置在标准冻深线以下。

9.3.3 基础环上开孔尺寸不宜小于 $70\text{mm} \times 140\text{mm}$ 。钢筋与基础环之间宜设置橡胶垫。

9.3.4 风力发电机组基础经过强度、变形、耐久性试验验证后,可采用反向平衡法兰及预应力锚栓结构。

9.3.5 风力发电机组基础不宜建于山坡上。当风力发电机组基础需要建于山坡上时,应首先进行边坡稳定性评估。

9.3.6 风力发电机组不宜建于土岩组合地基上。当出现土岩组合地基时,应优先考虑移动风机机位,将风机机位移向全为土体(或者全为岩体)的一侧。当无法移动风机机位时,应采取地基处理措施。

9.3.7 应对风机厂家提出的基础环与基础的连接设计进行复核。

9.3.8 风力发电机组基础设计宜考虑基础与上部结构共同作用。

9.3.9 风力发电机组基础设计宜采用动力分析法。

9.4 建筑物

9.4.1 变电站内建筑物的建筑面积应满足运行、生产、办公及生活的要求,并应符合电力工程项目建设用地指标的要求,且应按建筑物的功能要求,合理采用联合布置。

9.4.2 风力发电场建筑防火设计应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 及《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

9.4.3 有设备进出的门,其高度、宽度应根据运输工具和检修设备的大小确定,并宜采用标准图。主控制室、站用电室、蓄电池室、屋内配电装置室等有防火要求的电气设备用房应采用防火门。

9.4.4 汽车库与建筑物联合布置时,汽车库与其他部分应采用耐火极限不低于 3.0h 的不燃烧体隔墙和不低于 2.0h 的不燃烧体楼

板分隔,汽车库的外墙门、窗、洞口的上方应设置不燃烧体的防火挑檐。汽车库外墙的上、下窗间墙高度不应小于 1.2m,防火挑檐的宽度不应小于 1m,耐火极限不应小于 1.0h。

9.4.5 建筑内部装修的防火设计应包括对室内顶棚、墙面、楼地面、隔断等的防火设计。

9.4.6 常用建筑内部装修材料燃烧等级划分应符合表 9.4.6 的规定。办公建筑内的档案室、资料室的顶棚、墙面的装修可采用 A 级材料,地面及其他装修可采用不低于 B₁ 级材料。主控制室的顶棚、墙面、地面及其他装修均可采用 A 级材料。具有安全疏散功能的楼梯间,其墙面、顶棚、楼地面可采用 A 级材料。

表 9.4.6 常用建筑内部装修材料燃烧等级划分

材料类别	级别	材 料 举 例
各部位材料	A	花岗石、大理石、水磨石、水泥制品、混凝土制品、石膏板、石灰制品、黏土制品、玻璃、瓷砖、马赛克、钢铁、铝、铜合金、安装在钢龙骨上的纸面石膏板、施涂于基材上的无机装修材料
顶棚材料	B ₁	纸面石膏板、纤维石膏板、水泥刨花板、矿棉装饰吸声板、玻璃棉装饰吸声板、珍珠岩装饰吸声板、难燃胶合板、难燃中密度纤维板、岩棉装饰板、难燃木材、铝箔复合材料、难燃酚醛胶合板、铝箔玻璃钢复合材料、表面涂一级饰面型防火涂料的胶合板
墙面材料	B ₁	纸面石膏板、纤维石膏板、水泥刨花板、矿棉板、玻璃棉板、珍珠岩板、难燃胶合板、难燃中密度纤维板、防火塑料装饰板、难燃双面刨花板、多彩涂料、难燃墙纸、难燃墙布、难燃仿花岗岩装饰板、氯氧镁水泥装配式墙板、难燃玻璃钢平板、PVC 塑料护墙板、轻质高强复合墙板、阻燃模压木质复合板、彩色阻燃人造板、难燃玻璃钢
	B ₂	各类天然木材、木制人造板、竹材、纸制装饰板、装饰微薄木贴面板、印刷木纹人造板、塑料铁面装饰板、聚酯装饰板、复塑装饰板、塑纤板、胶合板、塑料壁纸、无纺贴墙布、墙布、复合壁纸、天然材料壁纸、人造革
地面材料	B ₁	硬 PVC 塑料地板、水泥刨花板、水泥木丝板、氯丁橡胶地板等
	B ₂	半硬质 PVC 塑料地板、PVC 卷材地板、木地板氯纶地毯等

续表 9.4.6

材料类别	级别	材 料 举 例
装饰 织物	B ₁	经阻燃处理的各类难燃织物等
	B ₂	纯毛装饰布、纯麻装饰布、经阻燃处理的其他织物等
其他 装饰 材料	B ₁	聚氯乙烯塑料、酚醛塑料、聚碳酸酯塑料、聚四氟乙烯塑料、三聚氰胺、脲醛塑料、硅树脂塑料装饰型材、经阻燃处理的各类织物等。另见顶棚材料和墙面材料中的有关材料
	B ₂	经阻燃处理的聚乙烯、聚丙烯、聚氨酯、聚苯乙烯、玻璃钢、化纤织物、木制品等

注：A级为不燃性材料，B₁级为难燃性材料，B₂级为可燃性材料。

9.4.7 不同区域类别的风力发电场噪声限值不应超过表 9.4.7-1 的规定，声环境功能区应符合表 9.4.7-2 的规定。

表 9.4.7-1 风力发电场噪声限值(dB)

声环境功能区	噪 声 限 值	
	昼间	夜间
0类区域	50	40
1类区域	55	45
2类区域	60	50
3、4类区域	65	55
其他区域	65	65

注：1 夜间噪声排放最大声级不应超过本表中相应区域限值 15dB。

2 当风力发电场周围有噪声敏感建筑物或规划为噪声敏感建筑物用地时，风力发电场噪声限值应按 2 类功能区要求。

3 本限值适用于有噪声敏感建筑物或规划为噪声敏感建筑物用地的风力发电场。

4 一般情况下，6:00 至 22:00 为昼间时段，22:00 至次日 6:00 为夜间时段。当地人民政府另有规定的应按当地人民政府划定的时段执行。

表 9.4.7-2 声环境功能区

声环境功能区	范 畴
0类区域	城市或乡村的康复疗养区、高级住宅区，以及各级人民政府划定的野生动物保护区(指核心区和缓冲区)等特别需要安静的区域

续表 9.4.7-2

声环境功能区	范 畴
1 类区域	城市或乡村中以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主等需要保持安静的地区,也包括自然或人文遗迹、野生动物保护区的实验区、非野生动物类型的自然保护区、风景名胜区、宗教活动场所等具有特殊社会福利价值的需要保持安静的区域
2 类区域	城市或乡村中以商业物流、集市贸易为主,或者工业、商业、居住混杂,需要维护住宅安静的区域
3 类区域	城市或乡村中的工业、仓储集中区等,需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域
4 类区域	交通干线两侧的区域、远离居民区的空旷区域、戈壁滩等对噪声不敏感的区域

9.4.8 建筑设计应重视噪声控制。在布置上应使主要工作和生活场所避开强噪声源,对噪声源应采取吸声和隔声措施,并应满足外部环境对噪声控制的要求。

9.4.9 建筑物内宜天然采光,并应满足建筑节能的要求。建筑物采光设计应符合现行国家标准《建筑采光设计标准》GB 50033 的有关规定。

9.4.10 采光方式应以侧窗为主,必要时可采用侧窗采光和顶部采光相结合的方式。

9.4.11 建筑物内走道长度小于 20m 时,应至少一端有采光口;超过 20m 时,宜两端有采光口;超过 40m 时,宜增加中间采光口。

9.4.12 主控制室朝向应便于观察屋外配电装置。宜采用天然和人工混合采光方式,设计时应避免控制屏表面和操作台显示器屏表面产生眩光及视线方向上形成眩光。

9.4.13 建筑热工设计应提高能源利用效率,降低建筑采暖、空调能耗,改善室内环境。

9.4.14 建筑热工设计应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 和《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的有关规定。

9.4.15 严寒、寒冷、夏热冬冷地区建筑围护结构的传热阻应大于或等于建筑物所在地区要求的最小传热阻。当外墙采用轻质材料或内侧复合轻质材料时,外墙的最小传热阻应进行附加。

9.4.16 夏热冬冷、夏热冬暖、寒冷和严寒地区建筑物的隔热设计,应以围护结构内表面最高温度小于或等于夏季室外计算最高温度作为验算标准。

9.4.17 设计空调和采暖的房间,外墙及屋顶应有良好的保温、隔热措施,门窗应有较好的密封性。

9.4.18 严寒地区高湿度房间,外墙内侧应设隔汽层;寒冷地区高湿度房间,外墙内侧宜设隔汽层。

9.4.19 围护结构外侧的保温层宜采用密度小、导热系数低、憎水性好的保温材料。

9.4.20 建筑物门窗的保温性、水密性、气密性、抗风压和防风沙应符合国家现行相关标准的规定。

9.4.21 运行人员工作、休息的房间宜设置纱门及非推拉式纱窗,对有空调装置、寒冷及严寒地区的房间宜采用高效节能门窗。

9.4.22 主控制室、通信机房及继电器室可设置屏蔽。

9.4.23 屋面防水应根据建筑物的性质、重要程度、使用功能要求采取相应的防水等级,屋面排水宜采用有组织排水。当屋面采用内排水时,主控制室、继电保护室、站用电室、蓄电池室、屋内配电装置室等不宜设置内排雨水管。

9.4.24 主控制室、继电器室、通信室的顶棚及靠近电气设备的墙面,不应采用易剥落的材料粉刷。

9.4.25 高度超过 6m 的建筑物应在室外设置通向屋面的爬梯。

9.4.26 建筑结构体系可采用钢筋混凝土结构、钢结构或砌体结构,并按建筑设计特征、自然条件经综合比选后确定。

9.5 架构及其他构筑物

9.5.1 架构、设备支架等构筑物应根据变电站的电压等级、规模、

施工及运行条件、制作水平、运输条件及当地的气候条件选择合适的结构,其外形应做到相互协调。

9.5.2 变电站架构柱宜采用钢筋混凝土环形杆或钢管结构,架构梁宜用三角形断面的格构式钢梁。对可能承受导线角度力的构架,宜根据受力需要设置端撑。

9.5.3 变电站的屋外构筑物应采用有效的防腐措施。对钢结构应采用热浸镀锌、喷锌或其他防腐措施;对处于严重锈蚀地区的钢构件、易积水和难以维修的部位,宜采取加强防腐措施。

9.5.4 变电站架构及支架等构筑物,宜采用钢筋混凝土刚性基础。地质条件较差时,可采用整体浅埋式筏板基础,亦可采用适宜的地基处理方案。

9.5.5 电缆沟宜采用钢筋混凝土或素混凝土结构,电缆沟盖板应双层双向配筋。对于严寒地区,若存在湿陷性黄土、地下水位位于电缆沟沟底以上及地下水对砖砌体有腐蚀作用时,不宜采用砌体电缆沟。

9.5.6 箱型变压器地下水位较高时,不宜采用地下室形式的箱变基础。

9.6 建筑物采暖通风

9.6.1 建筑物采暖通风设计应符合下列规定:

1 建筑物采暖通风设计应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 及《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定;

2 集中采暖地区和过渡地区,建筑物宜采用电采暖形式;

3 集中控制室、电气设备间、办公室应设置空气调节装置;

4 采暖设备的加热元件和表面温度应符合国家现行相关标准的规定;

5 电采暖系统可设置不同类型的温控装置。

9.6.2 配电装置室、GIS 电气设备室、无功补偿装置室、电容器室应设置通风系统,夏季室内温度不得高于 35℃。

9.6.3 配电装置室、无功补偿装置室、电容器室、蓄电池室应设置换气次数不少于每小时 12 次的事故通风系统。当采用机械送、排风系统时,事故排风机应兼作排风机使用。

9.6.4 电缆廊道应采用自然通风,无功补偿装置室应采取空调降温措施。

9.6.5 生活污水处理的操作间应设置换气次数不少于每小时 6 次的机械排风装置,室内空气不得再循环。

9.6.6 生活污水处理的泵房宜采用自然通风。当自然通风不能满足要求时,可设置机械通风。

9.6.7 六氟化硫电气设备的房间吸风口应设在室内下部,通风设备应采取防腐措施。

10 施工组织设计

10.1 一般规定

10.1.1 施工方案应根据现场条件和工程特点,因地制宜,做到工程与当地自然环境和谐一致。

10.1.2 应合理安排施工顺序,优化施工场地布置。根据进度计划,应确保物资和劳动资源的供给。

10.2 施工总布置

10.2.1 施工总布置应便于施工、节省用地,充分发挥场地、设施、机械设备和人员的功效,满足工程施工要求。

10.2.2 应统筹规划各种临建设施及场地。建筑设施宜永临结合,充分利用原有设施,减少拆迁。

10.2.3 宜利用荒地,充分利用地形,减少场地平整工程量。

10.2.4 施工区、生活区、仓库、堆料场、消防车道等均应做好防火设计,满足安全使用要求。

10.2.5 应结合设备供货进度、施工能力和场地情况,合理选用存放设备的方案。

10.3 施工方法与进度

10.3.1 风机基础施工应选用分段流水作业方法,且应连续浇筑。

10.3.2 对于林地、山区或地上物较多、场地狭窄的地区,宜使用汽车吊;对于场地开阔、地上物较少的地区,宜选用履带吊。

10.3.3 施工总进度安排应符合下列规定:

1 应按当前平均施工水平合理安排工期,地质条件复杂、气候条件恶劣的工程,工期安排宜延长;

2 单项工程施工进度应与总进度相互协调,施工顺序应前后兼顾、衔接合理、干扰小、施工均衡;

3 应结合风力发电机组订购、制造及供货周期,安排好风力发电机组调试、启动和试运行工期;

4 应做到劳动力、吊装及大型运输设备等资源配置均衡;

5 应统筹安排、充分做好前期准备工作,为主体工程高速度、高质量施工创造条件;

6 主体工程施工期安排应纵观全局、统筹兼顾、妥善协调基础施工与风力发电机组吊装、关键项目与一般项目之间的关系,且应做到工期短、施工均衡、资源需求平衡;

7 施工总进度应突出关键工程、技术复杂工程,且应明确准备工程与主体工程起点时间,明确第一批风力发电机组发电和工程完工日期。对控制施工进度的重要里程碑事件,应在施工进度设计中予以明确。

10.3.4 单个风力发电机组安装不宜超过 3d,对道路不满足吊装设备直接行走的情况,加上组装吊机时间后的总安装时间不宜超过 5d。

11 环境保护与水土保持

11.1 一般规定

11.1.1 风力发电场的环境保护和水土保持设计应符合环境保护规划、水土保持规划的有关规定。

11.1.2 风力发电场的环境保护设计应对产生的各项污染物及生态环境影响采取防治措施,对处理过程中产生的二次污染应采取相应的治理措施。

11.1.3 风力发电场的环境保护、水土保持措施应按批复的环境影响报告书(表)和水土保持方案报告进行设计。

11.2 环境保护

11.2.1 噪声治理应符合下列规定:

1 风力发电场噪声对周围环境的影响应符合国家现行标准《声环境质量标准》GB 3096、《风电场噪声限值及测量方法》DL/T 1084 的有关规定;

2 风力发电场的噪声应从声源上进行控制,对声源上无法控制的生产噪声应采取隔离措施;

3 风力发电场总平面布置应优化隔声、消声、吸声设施等,降低风力发电场的噪声影响。

11.2.2 废水治理应符合下列规定:

1 风力发电场变电站内应设置事故油池,变压器的漏油和油污水不得随意排放;

2 风力发电场的各种废水、污水应按种类分类收集、输送和处理,处理后宜重复使用,若排放,则应满足受纳水体水域功能区划水质要求和环保要求,不符合排放标准的废水不应排放。

11.2.3 电磁污染防治应符合下列规定：

1 变电站及进出线对环境的电磁影响应符合国家现行标准《电磁环境控制限值》GB 8702、《高压交流架空送电线 无线电干扰限值》GB 15707 及《环境影响评价技术导则 输变电工程》HJ 24 的有关规定；

2 应选用电磁影响水平低的设备，避免出现高电位梯度点；

3 变电站进出线应避开居民密集区，主变压器和高压配电装置宜布置在远离居民侧，变电站附近高压危险区域应设置警告标志。

11.2.4 风力发电场布置宜考虑对候鸟的影响，避开生态保护区，必要时应进行专题论证。

11.3 水土保持

11.3.1 风力发电场水土保持措施设计应符合现行国家标准《开发建设项目水土保持技术规范》GB 50433 的有关规定。

11.3.2 戈壁、沙漠与绿洲上的风力发电场水土保持宜进行专题论证。

12 劳动安全与职业卫生

12.1 一般规定

12.1.1 风力发电场设计应贯彻“安全第一、预防为主、防治结合”的方针,劳动安全和职业卫生设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

12.1.2 风力发电场劳动安全设计方案应满足有关部门批准的安全预评价报告要求。

12.2 防火和防爆

12.2.1 风力发电场的生产场所、建筑物和易燃、易爆的危险场所以及地下建筑物的防火分区、防火隔断、防火间距、安全疏散和消防通道的设计,应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222、《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 和《电力工程电缆设计规范》GB 50217 的有关规定。

12.2.2 风力发电场变电站消防设备的配置应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的有关规定。

12.2.3 风力发电场的安全疏散设施应有充足的照明和明显的疏散指示标志。

12.2.4 有爆炸危险的设备及有关电气设施、工艺系统和厂房的工艺设计及土建设计应按照不同类型的爆炸源和危险因素采取相应的防爆保护措施。防爆设计应符合现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的有关规定。

12.3 防电伤

12.3.1 电气设备布置应满足带电设备的安全防护距离要求,并

应设置隔离防护措施、防止误操作措施、防雷和安全接地措施等。

12.3.2 防电伤的设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060 的有关规定。

12.3.3 所有高压开关柜均应具有防止误分、误合开关,防止带负荷拉、合隔离刀闸,防止带电挂(合)接地线(接地刀闸),防止带接地线(接地刀闸)合开关(隔离刀闸),防止误入带电间隔的功能。

12.4 防机械伤害及防坠落伤害

12.4.1 防机械伤害和防坠落伤害设计,应符合现行国家标准《生产设备安全卫生设计总则》GB 5083 和《机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求》GB/T 8196 的有关规定;

12.4.2 所有外露部分的机械转动部件应设防护罩,机械设备应设闭锁装置;

12.4.3 平台、步道、升降口、吊装孔、闸门井和坑池边等有坠落危险处,应设栏杆或盖板,需登高检查和维修设备处,应有防护设施。

12.5 防噪声及防振动

12.5.1 噪声控制设计应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087 的有关规定。当人员在噪声环境中作业时,应有防护措施。

12.5.2 防振动设计应符合现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 的有关规定。

12.6 其 他

12.6.1 防暑、防寒及防潮设计应符合现行国家标准《工业企业设计卫生标准》GBZ 1、《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 和《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关

规定。

12.6.2 易释放有毒气体场所的设计应符合现行国家标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217 和《工业企业设计卫生标准》GBZ 1 的有关规定。

12.6.3 应编制现场车辆交通管理守则,规范车辆的进出、行驶及使用权限等。

12.6.4 在接触微波(频率为 300MHz~300GHz 的电磁波)辐射的工作场所,作业人员的辐射防护要求应符合现行国家标准《作业场所微波辐射卫生标准》GB 10436 的有关规定。

13 消 防

13.1 一 般 规 定

13.1.1 风力发电场消防设计应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的有关规定。

13.1.2 风力发电场消防设计应贯彻“预防为主、防消结合”的原则。

13.1.3 消防用水可由城市给水管网、天然水源供给。选用的水源和取水方式应保证消防用水的可靠性。

13.1.4 站内同一时间可能发生的火灾次数应按 1 次考虑。

13.1.5 风力发电机组内应配置消防器材或消防装置。

13.2 消 防 设 计

13.2.1 应设立完整的消防体系,应能有效预防并及时扑灭风力发电场内的各种初期火灾,保障人员的安全疏散和安全生产。

13.2.2 应按现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的规定配置消防设施。

13.2.3 电气设备选型应考虑防火要求,电力电缆选型与敷设应考虑防火阻燃要求,必要时可设置消防车辆。

13.2.4 应按建(构)筑物火灾危险性分类及耐火等级进行消防设计,并应严格控制装修材料的耐火等级。生产类建筑类别应按设备的火灾危险性确定。

13.2.5 建筑防火分区应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的有关规定,防火分区之间应采用防火墙分隔。疏散门均应向疏散方向开启。

13.2.6 单台变压器容量在 125MV·A 及以上时,应设置固定式

灭火装置。其他带油电气设备宜采用干粉灭火器。

13.2.7 应按工程火灾性质、类别、延续时间、次数、一次灭火所需水量等进行消防给水系统设计。

13.2.8 消防设备电源应有可靠的供电电源,并应按双电源备用设计,且应能在其中一路电源故障时,快速自动切换到备用电源。备用电源连续供电时间不应少于 1h。

13.2.9 消防监控设计宜采用全场报警方式。火灾报警控制系统应能显示火灾发生的时间、地点,并应能出声光报警信号,同时应能将火警信号送入站内监控系统,并应能实现远传。

13.2.10 消防设备配置应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的有关规定。

14 海上风力发电场

14.1 一般规定

14.1.1 海上风力发电场可采用陆上变电站或海上变电站,采用海上变电站的风力发电场应配置陆上集控中心,陆上集控中心宜布置在海缆登陆点附近。

14.1.2 海上风力发电场风力发电机组、海底电缆、变电站、生产辅助设施设计应满足海上风力发电场运行与维护的基本要求。

14.2 海洋水文气象

14.2.1 海上风力发电场工程设计应收集工程区及其附近的气象站和海洋水文观测站资料、海洋水文测验资料。风力发电场场址海域范围内应设(有)海洋观测站,且应进行连续一年以上的海浪、潮位等观测以及年大、中、小潮,全潮,海流观测。

14.2.2 海上风力发电场工程设计应收集海域其他相关海洋气象水文资料,且应包括热带气旋资料,大风天气工程海域增水和减水资料,海冰、泥沙、温度、盐度等资料。

14.3 风能资源

14.3.1 海上风力发电场风能资源分析应具备场址范围内连续一年以上的现场风能资源实测数据(风速、风向、气温、气压、湿度等),实测有效数据的完整率不宜低于90%。

14.3.2 海上风力发电场现场测风方案可采用海上测风塔方式。海上测风塔位置的选择应具有代表性,每座测风塔实测数据对场址风能资源评估的控制范围半径宜为10km。

14.3.3 海上风力发电场场址范围内海上测风塔数目不宜少于1

个,且至少应有 1 座海上测风塔高度不低于 100m。

14.3.4 每座海上测风塔上宜安装 2 套相对独立的测量设备。

14.3.5 应分析现场测风时段在长时间系列中的代表性,参考站宜选择海上风力发电场场址附近的海洋气象观测站。

14.3.6 应根据订正后的代表年测风数据,计算风力发电机组轮毂高度处的风力发电场风能资源参数,且应包括平均风速、风功率密度、风速频率分布和风能频率分布、风向频率和风能密度方向分布、维布尔参数、湍流强度等。

14.3.7 应对海上风力发电场风能资源进行评价,确定风力发电场风功率密度等级,推算风力发电机组轮毂高度处的 50 年一遇最大(极大)风速,提出海上风力发电场风况对风力发电机组的安全等级要求。

14.4 电气设计

14.4.1 站址选择和布置应符合下列规定:

1 应根据风力发电场位置、装机规模、离岸距离、接入系统方案、陆上和海床的地形地质条件,综合考虑设计、施工、运行及维护、投资、建设用海(地)等因素选择风力发电场变电站的站址,确定变电站的布置方式;

2 装机规模 100MW 以上且离岸距离大于 15km 的海上风力发电场宜设置海上变电站。

14.4.2 海缆集电线路及海缆路由选择应符合下列规定:

1 应根据风力发电机组的布置、单机容量以及选定的风力发电场变电站的位置,确定风力发电场集电线路方案;

2 应根据海缆路由调查确定海缆集电线路的路径通道、敷设方式及海缆登陆方案,海缆路由调查应包括路由海域内地形地貌条件、海底管线和障碍物、海洋水文气象、腐蚀环境、海洋开发活动等。

14.4.3 电气主接线和设备选择应符合下列规定:

1 海上变电站在满足风力发电场规划和可靠性要求的条件

下,宜减少电压等级和简化接线,宜考虑一次性建成,不考虑扩建。

2 海上变电站宜采用集成模块化设备。

3 海上变电站上电气设备的设计、制造与安装应考虑安全和便于检修,宜选择性能优越,可靠性高,免维护或少维护,在潮湿、重盐雾等恶劣环境条件下能满足稳定运行要求的设备,并应符合下列规定:

1)高压侧 110kV~220kV 配电装置应选用六氟化硫气体绝缘全封闭组合电器 GIS;

2)35kV 及以下配电装置宜选用气体绝缘开关柜。

4 海上风电机组变压器选型应满足环境、损耗、寿命、维护检修以及消防的要求。

5 海缆设计应符合国家现行标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217 和《额定电压 10kV ($U_m = 12\text{kV}$) 至 110kV ($U_m = 126\text{kV}$) 交联聚乙烯绝缘大长度交流海底电缆及附件 第 1 部分:试验方法和要求》JB/T 11167.1 的有关规定。海缆结构宜选择包含电力电缆和光缆的光纤复合海底电缆,并应符合下列规定:

1)35kV 及以下海缆宜选用 3 芯交联聚乙烯绝缘海缆,110kV 及以上海缆结构型式应根据工程实际情况,综合考虑海底高压电缆的生产制造水平、施工安装要求、敷设路由环境、电能损耗等因素,通过技术经济比选后确定;

2)海缆回路全长应按敷设路径中散热最差的区段条件选择同一截面;

3)回路全长超过海缆制造长度时,应采用软接头连接;

4)复杂海域条件下,长距离海缆线路应选用海缆状态监测系统。

14.4.4 主变压器和配电装置选择应符合下列规定:

1 海上变电站宜选择低损耗、低噪音、双绕组有载调压升压变压器;

2 主变压器和配电装置的全部外壳,包括安装支架等,都应使用外部涂层,涂层厚度应符合《色漆和清漆防护漆体系对钢结构的腐蚀防护 第2部分:环境分类》ISO 12944-2 腐蚀性类别 C5 环境的有关规定;

3 海上变电站的配电装置设计应符合国家现行标准《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060 和《高压配电装置设计技术规程》DL/T 5352 的有关规定。

14.4.5 无功补偿选择应符合下列规定:

1 海上风力发电场的无功电源应包括风力发电机组和无功补偿装置,并应在充分利用风力发电机组的无功容量及其调节能力的基础上,加装适当容量的无功补偿装置;

2 无功补偿装置的型式和安装位置应通过技术经济比选后确定。

14.4.6 过电压保护和接地应符合下列规定:

1 海上风力发电机组和变电站的过电压保护设计应符合现行行业标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T 620 的有关规定;

2 应根据各级电压的电力设备绝缘水平和绝缘配合原则,确定避雷器或并联电抗器的设置位置和参数;

3 海上风力发电机组和变电站的接地应符合现行行业标准《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065 的有关规定;

4 接地装置应利用直接埋入海水中的钢桩基础或钢结构建(构)筑物等自然接地极,并应设置必要的人工接地装置;

5 海上风力发电机组和变电站的避雷装置和设备接地体宜采用铜导体。

14.4.7 海上变电站的站用电选择应符合下列规定:

1 海上变电站的站用电源应安全可靠,除从主变压器低压侧引接电源外,还应设置柴油发电机组作为应急备用电源,柴油发电机应具备自动启动控制功能,海上变电站的站用电设计应符合现

行行业标准《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》DL/T 5155 的有关规定；

2 海上变电站应从主变压器低压侧引接两台容量相同、可互为备用、分列运行的站用工作变压器，每台变压器容量应按全站计算负荷选择；

3 站用变压器应选择无油型设备。

14.4.8 海上变电站照明设计应符合国家现行标准《建筑照明设计标准》GB 50034、《发电厂和变电站照明设计技术规定》DL/T 5390 和《非分类区域和Ⅰ级1类及2类区域的固定及浮式海上石油设施的电气系统设计与安装推荐作法》SY/T 10010 的有关规定。

14.4.9 图像监视及安全警卫系统设计应符合下列规定：

1 海上风力发电场宜装设视频监视及安全警卫系统作为辅助集中监视方式。

2 海上风力发电场图像监视及安全警卫系统设计应符合现行国家标准《工业电视系统工程设计规范》GB 50115 和《民用闭路监视电视系统工程技术规范》GB 50198 的有关规定。

3 海上风力发电场图像监视及安全警卫系统应能实现视频图像的远方集中监视，其功能应满足安全防范要求并可与火灾报警系统联动。

4 海上风力发电场图像监视及安全警卫系统宜在下列场所设置摄像头：

1) 风机机舱、塔筒内各设备层等生产部位的重要电气设备处；

2) 塔筒门入口、工作平台入口及工作平台四周等安全防范部位；

3) 海上升压平台出入口、制高点、各设备室及平台四周等部位。

5 海上风力发电场图像监视及安全警卫系统设备应满足防

潮湿、防盐雾、防霉菌的“三防”设计要求。

14.4.10 海上风力发电场内的通信系统设计应符合下列规定：

- 1 海上风力发电场场内的通信宜采用光纤通信方式；
- 2 海上风力发电场内宜设置一套 IP 程控电话交换机系统，并宜配置数部卫星通信电话。

14.5 建筑与结构

14.5.1 风力发电机组地基基础设计应符合下列规定：

1 海上风机地基基础设计应进行地基承载力、桩基承载力、结构强度、地基和结构变形计算、桩基打入性分析，并应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《水运工程混凝土结构设计规范》JTS 151、《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法 工作应力设计法》SY/T 10030 和《港口工程桩基规范》JTS 167-4 的有关规定。

2 海上风机地基基础变形应满足风机设备对变形控制的要求。

3 海上风机地基基础设计应进行“风机—塔筒—基础—地基”整体结构频率计算，并应满足风机设备对频率的要求。

4 环境荷载计算应符合现行行业标准《海港水文规范》JTS 145—2 和《港口工程荷载规范》JTS 144—1 的有关规定。

5 海上风机地基基础设计至少应进行正常运行荷载工况、极端荷载工况、多遇地震工况、罕遇地震工况、船舶撞击工况和疲劳强度验算工况等校核。

6 基础型式设计应符合下列规定：

1) 海上风机基础型式应根据风力发电场海洋水文、工程地质、风机载荷、施工安装条件、结构成本等确定；

2) 海上风机基础可采用单桩基础、多桩承台基础、多桩导管架基础、重力式基础、负压桶基、悬浮式基础等结构型式。

14.5.2 海上变电站结构设计应符合下列规定：

1 海上变电站结构型式应根据功能使用要求、海洋水文、工

程地质、施工安装条件等确定；

2 海上变电站结构设计可按现行行业标准《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——工作应力设计法》SY/T 10030 的有关规定执行；

3 海上变电站的直升机平台设计可按现行行业标准《海上固定平台直升机场规划、设计和建造的推荐作法》SY/T 10038 和《海上固定平台安全规则》的有关规定执行。

14.5.3 海缆登陆结构设计应符合下列规定：

1 海缆登陆结构型式应根据登陆区域海洋水文、工程地质、海堤(护岸)结构、海缆使用要求等综合确定；

2 海缆登陆结构型式可采用顶管、堤顶电缆沟、架空结构等型式；

3 海缆登陆结构型式采用顶管型式时，可在登陆侧设置电缆转换井，转换井侧墙顶高程应满足海缆穿越堤防的防汛要求。

14.5.4 防腐设计应符合下列规定：

1 应根据腐蚀性质和腐蚀程度，确定风机基础、海上变电站等结构在海洋环境下的腐蚀分区，并应针对不同的腐蚀分区分别提出风机基础、海上变电站的防腐措施。

2 海上风机基础、海上变电站的混凝土结构和钢结构应进行防腐蚀设计，应保证结构在设计使用年限内的安全和正常使用功能。

3 结构防腐部位划分应符合表 14.5.4 的规定。

表 14.5.4 结构防腐部位划分

大气区	浪溅区	水位变动区	水下区	泥下区
设计高水位加 ($\eta_0 + 1.0\text{m}$)以上	大气区下界至设计 高水位减 η_0 之间	浪溅区下界至设计 低水位减 1.0m 之间	水位变动区 下界至海泥面	海泥面 以下

注：1 η_0 值为设计高水位时的重现期 50 年 $H_{1\%}$ (波列累积频率为 1% 的波高) 波峰面高度。

2 当浪溅区上界计算值低于结构顶高程时，应取结构顶面高程为浪溅区上界。

4 混凝土结构应采用高性能、高强度海工混凝土,其质量和配合比设计应符合现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTJ 275 的有关规定。

5 混凝土结构防腐可采用增加保护层厚度、提高混凝土强度等级、添加复合型防腐阻锈剂、混凝土表面涂层、环氧涂层钢筋等措施。

6 大气区的钢结构及附属构件外表面可采用涂层保护。结构形状复杂、难以采用涂层保护时,可采用镀层保护。

7 浪溅区和水位变动区的钢结构防腐蚀宜采用重防蚀涂层、金属热喷涂层加封闭涂层等保护措施,也可采用树脂砂浆或包覆有机复合层、包覆复合耐蚀金属层进行保护。

8 水下区的钢结构防腐蚀可采用阴极保护和涂层联合防腐蚀措施,或单独采用阴极保护。当单独采用阴极保护时,应考虑施工期间的防腐蚀措施。

9 钢结构设计应考虑适当的腐蚀裕量,腐蚀裕量可按现行行业标准《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》JTS 153-3 的有关规定执行。

10 钢结构宜采用耐海水腐蚀钢。

14.5.5 防冲刷设计应符合下列规定:

1 应根据风力发电场场址区波浪、潮流运行规律、海床表面的地质情况等因素,提出基础海床面处的防冲刷措施;

2 基础设计应考虑冲刷对基础造成的不利影响,当不采取有效防冲刷措施时,应预留足够的冲刷深度;

3 海上风机基础的防冲刷护面可采用块石、混凝土板、膜袋混凝土、软体排等;

4 易冲刷海底应采取护底措施,护底范围应根据波浪、海流、冲刷强度和土质条件确定,护底宜采用块石、软体排和石笼等结构。

14.5.6 靠船和防撞设计应符合下列规定:

- 1 海上风机基础和海上变电站基础应进行靠船和防撞设计;
- 2 靠船设计的船型、吨位、靠泊速度等参数应根据风力发电场运行维护船舶及靠泊条件确定;
- 3 防船舶撞击设计的船型、吨位、撞击速度等参数应根据风力发电场通航条件确定,必要时应开展通航安全专题评估研究;
- 4 应根据风力发电场海域的海冰条件进行防海冰撞击设计;
- 5 防撞措施可综合采用防撞结构和通航安全警示措施等多种手段。

14.5.7 监测设计应符合下列规定:

- 1 海上风机基础及海上变电站结构应进行安全监测设计。
- 2 安全监测设计应包括下列内容:
 - 1)基础结构应力;
 - 2)基础沉降及水平位移;
 - 3)基础倾斜;
 - 4)基础振动;
 - 5)基础腐蚀监测。
- 3 试验性风力发电场应同步进行风、波浪、海流、潮位、海冰等的观测。
- 4 设置安全监测的基础数量不宜少于整个风场同一风机类型总台数的 2%,且不宜少于 2 台。对于地形、地质条件变化较大的风力发电场应增加监测数量。
- 5 监测系统应安装监测数据自动采集设备,并应通过海底电(光)缆或无线方式进行数据传输。

14.6 消防与安全

14.6.1 海上风电机组内应设置火灾自动报警系统和固定灭火设施,除应符合国家现行标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 和《电力设备典型消防规程》DL 5027 的有关规定外,还应符合下列规定:

1 机舱及塔筒内应配置火灾自动报警装置和气体、液体等固定灭火装置,设置的消防设施应保证风机机舱及塔筒内全部电气设备的安全、火灾的集中监视及灭火装置的自动启动和远方/现场手动强制启动;

2 风机发生火灾时,应快速与系统解列,并应立即启动固定灭火装置灭火;

3 设置通风系统的海上风电机组,应在系统的进风口处设置阻风门(防火阀),当风机发生火灾时应自动关闭。

14.6.2 海上变电站消防设计应符合国家现行标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229、《电力设备典型消防规程》DL 5027 和《敞开式海上生产平台防火与消防的推荐作法》SY/T 10034 的有关规定。

14.6.3 海上航标信号系统设计应符合现行国家标准《中国海区水上助航标志》GB 4696、《中国海区视觉航标表面色规定》GB 17381 和《船载自动识别系统(AIS)技术要求》GB/T 20068 的有关规定。

14.6.4 海上安全防护与救生设计应符合现行国家标准《船舶和海上技术 船上消防、救生设备及逃生路线布置图》GB/T 21485 的有关规定。

14.7 施工组织设计

14.7.1 海上风力发电场施工条件应包括海洋水文气象因素,地形地质因素,施工设备的能力,交通运输条件及供水、供电条件,海事军事限制条件。

14.7.2 海上风力发电场施工交通运输应符合下列规定:

1 场外交通和场内交通采用水路运输时,应符合下列规定:

1)应就近选择现有港口或码头作为风电机组设备及施工设备的装卸、转运基地,港口或码头的装卸能力应满足设备到货量、物资种类等方面的要求;

2)应根据海洋水文、气象、航道等条件,分析外来物资、设备与构件的特性及运输要求,并结合施工方案,合理选择运输设备;

3)设备海上交通运输前应对气象、海况进行调查,及时掌握短期预报资料,选择合适的运输时间,规避大风大浪、暴雨情况下的运输,船舶航行作业的气象、海况控制条件应根据船舶配置情况及性能、设备制造商要求等综合考虑后确定,风速不宜超过6级,浪高不宜超过1.5m。

2 场外交通和场内交通采用公路运输时应同陆上风力发电场。

14.7.3 海上风力发电场施工方案应符合下列规定:

1 应按海上风力发电机组基础结构型式、施工机具及劳动力配备、海上施工条件、海上交通运输方式,编制相应的基础施工方案;

2 应按基地的拼装条件、海上运输条件、吊装设备的能力,制定分体吊装或整体吊装方案;

3 应按海底地形及地质条件、电缆敷设设备、施工人员配备、海上水深、气象条件,编制海底电缆敷设方案;

4 应按工期要求、海上施工条件、施工设备配备、材料和构件的供应,以及能够投入的劳动力数量等具体条件,编制施工方案;

5 应按海事、水利部门要求,结合今后运行期间需要,对海缆穿堤、技防设施、航标、靠泊设施、测风设施编制施工方案。

14.7.4 海上风力发电场施工总布置应符合下列规定:

1 施工总布置应综合分析海上风力发电场工程布置特点、施工条件和工程所在地区交通条件、社会资源、自然条件等因素,妥善处理好环境保护和水土保持与施工场地布局的关系,并应统筹规划为工程施工服务的临时设施及各种材料和设备供应,确定合理的材料、设备的存放以及施工场地布置方案;

2 施工总布置应遵循因地制宜、有利生产、方便生活、环境友

好、节约资源、经济合理的原则,满足工程建设和运行管理要求;

3 施工总布置方案应力求协调紧凑,节约用地、节约用海,减少对当地群众生产、生活不利影响,宜避让文物古迹和环境保护敏感对象;

4 主要施工场地和临时设施的防潮水标准应按工程规模、施工进度安排、海洋水文特性等因素,在 5 年~20 年重现期内分析采用,重要及与永久结合的施工场地的防潮(水)标准,经论证可适当提高。

14.7.5 施工进度安排与工期应符合下列规定:

1 施工进度安排宜符合下列规定:

- 1)在坚持合理施工顺序的前提下,宜将各个施工阶段衔接起来;
- 2)宜使同一工种的施工班组连续施工;
- 3)宜根据关键路径安排进度,其余的施工过程应结合关键路径进行安排;
- 4)宜将各分项工程联系起来,汇总成单位工程进度计划,形成进度计划的初步方案;
- 5)在造价合理、相邻施工工序和场地施工干扰小的前提下,可增加施工工作面加快进度;
- 6)宜对初步方案进行调整,检查施工顺序是否合理,工期是否符合要求,劳动力、机械等使用有无较大的不均衡现象,技术间歇、平行衔接是否合理;
- 7)对台班费较高的重、大型施工设备和船机,应充分调配,提高其使用效率,减少不必要的窝工。

2 控制性关键项目进度安排宜符合下列规定:

- 1)风力发电机混凝土基础不应留施工缝,单个基础浇筑时间不宜超过 12h;
- 2)变电站土建和安装工程不得超过总工期,且应预留足够的调试时间。

3 施工工期确定应符合下列规定：

- 1) 工程施工前,应结合当地大风、降水、冰冻、潮水和施工设备性能,确定一年中可施工作业天数;
- 2) 施工作业期间,应对每一分项的施工作业时段进行划分,在满足海况要求的施工时段内安排进度。

15 信息系统

15.1 一般规定

15.1.1 风力发电场信息系统的总体规划与建设应做到技术先进、经济合理,并应在上级主管单位统一规划的框架下进行。

15.1.2 全场信息系统的规划设计应保证系统中数据的准确性、一致性和唯一性。

15.1.3 以计算机为基础的不同信息系统,在满足安全可靠的前提下,宜采用统一的网络和硬件系统。不同系统应避免软件及功能配置的相互交叉与重复。

15.2 风力发电场信息系统的总体规划

15.2.1 风力发电场信息系统宜包括风力发电场监控信息系统、视频监视系统等。

15.2.2 风力发电场信息系统应与各控制系统进行总体规划设计,并应合理利用各系统的信息资源,控制系统和信息系统应协调统一,保证数据的唯一性。

15.2.3 风力发电场信息系统的总体规划应根据风力发电场的信息特征与信息需求,满足项目运行管理的需要。

15.2.4 全场信息系统的总体规划应以本期工程为主、兼顾现状和发展。对于新建风力发电场,应预留规划容量下后期扩建机组所需的扩容能力。对于扩建风力发电场,应充分利用已有信息系统,必要时可对现有信息系统进行改造或重新建设。

15.2.5 风力发电场信息系统应根据有关部门的信息交换要求设置相应的接口。

15.2.6 风力发电场信息系统的总体规划应充分利用全场各控制

系统的实时生产信息,并应通过安全的网络接口与合理的数据库设置,将风力发电场各控制系统和信息系统进行集成。

15.2.7 风力发电场各控制系统与信息系统的集成宜通过实时/历史数据库实现。

15.2.8 风力发电场监控信息系统和管理信息系统宜统一规划、分步实施,网络宜合并设置。

15.2.9 风力发电场实时系统与非实时系统之间的数据流向应为单向传输,并应采取必要的隔离措施。

15.3 风力发电场监控信息系统

15.3.1 风力发电场应设置风力发电场监控信息系统。

15.3.2 风力发电场监控信息系统的基本功能应包括风力发电场实时数据采集与监视、风力发电场性能计算与分析。设备故障诊断功能、寿命管理功能、系统优化功能等其他功能应根据风力发电场上级主管单位要求,并结合风力发电场实际情况经研究后确定。

15.3.3 实时/历史数据库的标签量规模应根据系统的功能范围、风力发电场的建设规模及运行管理水平等综合因素确定。

15.3.4 风力发电场监控信息系统的实时/历史数据库服务器和网络核心交换机等主要硬件,宜冗余配置。

15.4 管理信息系统

15.4.1 风力发电场应设置管理信息系统,系统的规模与配置应根据风力发电场上级主管单位的总体规划和风力发电场的实际需求确定。

15.4.2 管理信息系统宜包括建设期管理信息系统和生产期管理信息系统,并应符合下列规定:

1 建设期管理信息系统的功能至少应包括进度管理、质量管理、物资管理、费用管理、安全环境管理、图纸文档管理、综合查询、系统维护等;

2 生产期管理信息系统的功能至少应包括生产管理、设备管理、能源管理、经营管理、行政管理、综合查询、系统维护等;

3 建设期管理信息系统和生产期管理信息系统应统一规划、合理过渡,应包括系统的软硬件过渡、系统的数据过渡和系统的功能过渡。

15.4.3 管理信息系统的数据库服务器和网络核心交换机等主要硬件,宜冗余配置。

15.5 视频监视系统

15.5.1 风力发电场可根据需要设置全场视频监视系统,视频监视系统可包括安保视频监视系统和生产视频监视系统,安保视频监视系统和生产视频监视系统可合并设置,也可分开设置。

15.5.2 安保视频监视系统的监视范围宜包括设备库、材料库、变电站、综合楼、风电机组设备等。

15.5.3 视频监视系统的功能宜包括实时监视、动态存储、实时报警、历史画面回放等功能。

15.5.4 视频监视系统应设置与管理信息系统的接口。

15.5.5 视频监视系统的设备选择应符合现行国家标准《民用闭路监视电视系统工程技术规范》GB 50198 的有关规定。

15.6 视频会议系统

15.6.1 风力发电场在建设和生产期可根据需要设置视频会议系统。

15.6.2 宜与发电企业总部实现远程传输。

15.6.3 应设置与管理信息系统的接口。

15.6.4 设备选择应符合现行国家标准《会议系统电及音频的性能要求》GB/T 15381 的有关规定。

15.7 信息安全

15.7.1 风力发电场信息系统应按系统配置的内容,分别对硬件、

网络操作系统、数据库、应用服务、客户服务和终端、接口等采取安全防范措施。

15.7.2 硬件和环境的安全措施应包括服务器和存储设备的备份和灾难恢复、网络设备的安全及环境要求等。

15.7.3 网络操作系统的安全防范措施应包括系统的可靠性、系统间的访问控制、用户的访问控制等。

15.7.4 数据库应具有对存储数据的全面保护功能,数据库的安全防范措施应包括对数据安全及数据恢复的要求、用户访问控制、数据的一致性和保密性等。

15.7.5 应用系统的安全防范措施应包括用户访问控制、身份识别、操作记录、防病毒、防黑客入侵等。

15.7.6 接口的安全防范措施应包括信息系统与控制系统接口、各信息系统之间接口,以及信息系统与外部接口的安全隔离等。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《建筑给水排水设计规范》GB 50015
- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
- 《厂矿道路设计规范》GBJ 22
- 《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025
- 《建筑采光设计标准》GB 50033
- 《建筑照明设计标准》GB 50034
- 《动力机器基础设计规范》GB 50040
- 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
- 《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058
- 《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060
- 《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061
- 《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T 50062
- 《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065
- 《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087
- 《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112
- 《工业电视系统工程设计规范》GB 50115
- 《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116
- 《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140
- 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
- 《民用建筑热工设计规范》GB 50176
- 《公共建筑节能设计标准》GB 50189

《构筑物抗震设计规范》GB 50191
 《民用闭路监视电视系统工程技术规范》GB 50198
 《电力工程电缆设计规范》GB 50217
 《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222
 《并联电容器装置设计规范》GB 50227
 《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229
 《电力设施抗震设计规范》GB 50260
 《开发建设项目水土保持技术规范》GB 50433
 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736
 《盐渍土地区建筑技术规范》GB/T 50942
 《工业企业设计卫生标准》GBZ 1
 《安全标志及其使用导则》GB 2894
 《声环境质量标准》GB 3096
 《中国海区水上助航标志》GB 4696
 《生产设备安全卫生设计总则》GB 5083
 《油浸式电力变压器技术参数和要求》GB/T 6451
 《机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置设计与制造
 一般要求》GB/T 8196
 《电磁环境控制限值》GB 8702
 《污水综合排放标准》GB 8978
 《干式电力变压器技术参数和要求》GB/T 10228
 《作业场所微波辐射卫生标准》GB 10436
 《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T 14285
 《会议系统电及音频的性能要求》GB/T 15381
 《高压交流架空送电线 无线电干扰限值》GB 15707
 《中国海区视觉航标表面色规定》GB 17381
 《中国地震动参数区划图》GB 18306
 《风力发电机组 设计要求》GB/T 18451.1
 《风电场风能资源测量方法》GB/T 18709

《风电场风能资源评估方法》GB/T 18710
《风力发电机组控制器 技术条件》GB/T 19069
《风力发电机组 第1部分:通用技术条件》GB/T 19960.1
《风电场接入电力系统技术规定》GB/T 19963
《船载自动识别系统(AIS)技术要求》GB/T 20068
《船舶和海上技术 船上消防、救生设备及逃生路线布置图》
GB/T 21485

《额定电压10kV($U_m=12$ kV)至110kV($U_m=126$ kV)交联聚乙烯绝缘大长度交流海底电缆及附件 第1部分:试验方法和要求》
JB/T 11167.1

《软土地区岩土工程勘察规程》JGJ 83
《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106
《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ 118
《公路工程技术标准》JTGB01
《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTJ 275
《港口工程荷载规范》JTS 144 1
《海港水文规范》JTS 145—2
《水运工程混凝土结构设计规范》JTS 151
《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》JTS 153 3
《港口工程桩基规范》JTS 167 4
《电能计量装置技术管理规程》DL/T 448
《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T 620
《高压静止无功补偿装置》DL/T 1010.1~5
《风电场噪声限值及测量方法》DL/T 1084
《电力系统调度自动化设计技术规程》DL/T 5003
《电力设备典型消防规程》DL 5027
《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044
《变电站总布置设计技术规程》DL/T 5056
《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》DL/T 5136

- 《架空输电线路杆塔结构设计技术规定》DL/T 5154
- 《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》DL/T 5155
- 《220kV~750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218
- 《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222
- 《高压配电装置设计技术规程》DL/T 5352
- 《发电厂和变电站照明设计技术规定》DL/T 5390
- 《电力系统通信设计技术规定》DL/T 5391
- 《输电线路铁塔制图和构造规定》DL/T 5442
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》HJ 24
- 《非分类区域和 I 级 1 类及 2 类区域的固定及浮式海上石油设施的电气系统设计与安装推荐作法》SY/T 10010
- 《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法 工作应力设计法》SY/T 10030
- 《敞开式海上生产平台防火与消防的推荐作法》SY/T 10034
- 《海上固定平台直升机场规划、设计和建造的推荐作法》SY/T 10038
- 《色漆和清漆防护漆体系对钢结构的腐蚀防护 第 2 部分:环境分类》ISO 12944—2

中华人民共和国国家标准

风力发电场设计规范

GB 51096 - 2015

条文说明

制 订 说 明

《风力发电场设计规范》GB 51096—2015,经住房和城乡建设部2015年3月8日以第772号公告批准发布。

本规范制定过程中,编制组进行了广泛、深入的调查研究,总结了我国在风力发电场建设中的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《风力发电场设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事宜进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(85)
3	风能资源及发电量计算	(86)
3.1	基本资料	(86)
3.2	风能资源	(86)
3.3	风力发电场年上网电量计算	(86)
4	总体设计	(87)
4.1	一般规定	(87)
4.2	场址选择	(87)
5	电力系统	(88)
5.2	系统一次部分	(88)
6	风力发电机组	(89)
6.2	风力发电机组选型	(89)
7	电 气	(91)
7.1	电气主接线	(91)
7.2	变压器	(92)
7.3	配电装置	(93)
7.5	站用电系统	(93)
7.6	直流系统及交流不间断电源	(93)
7.7	控制室	(94)
7.8	监控和二次接线	(94)
7.9	继电保护和自动装置	(96)
7.10	过电压保护及接地	(96)
8	辅助及附属设施	(98)
9	建筑结构	(99)

9.1	一般规定	(99)
9.2	抗震设计	(99)
9.3	地基与基础	(100)
9.4	建筑物	(102)
14	海上风力发电场	(103)
14.1	一般规定	(103)
14.2	海洋水文气象	(103)
14.3	风能资源	(103)
14.4	电气设计	(104)
14.5	建筑与结构	(108)
14.6	消防与安全	(109)
14.7	施工组织设计	(109)

1 总 则

1.0.1 制定本规范的目的首先是保证风力发电场设计安全可靠,同时兼顾经济合理,在此基础上,对风力发电技术进行推广。

规范是技术支撑的重要基础。由于风力发电与火力、水利发电存在明显差异,出现了风力发电场设计体系不明确、内容不规范等弊病,且增加了风力发电项目设计、审查、审批、建设和管理方面的难度。《风力发电场设计规范》的编制适应了风力发电场建设与管理的需要,为风力发电的咨询、初步可行性研究、可行性研究、初步设计和施工图设计等各阶段提供了依据。

3 风能资源及发电量计算

3.1 基本资料

3.1.1 本条规定了进行风力发电场设计应具备的基本资料。

3.2 风能资源

3.2.1 随着风力发电机组单机容量、叶片长度的不断增大,风机轮毂高度也在逐步提高,测风塔高度也应随之增高。例如,陆上3MW风力发电机组也已经投产使用,其轮毂高度可达100m以上,陆上风力发电场宜安装100m以上高度的测风塔。

3.3 风力发电场年上网电量计算

3.3.1 风力发电场发电量可采用风力发电场风能评估软件计算,风力发电场风能评估软件有WAsP、WindFarm、WindPRO、Meteodyn WT、WindSim等。

3.3.4 风力发电场发电量折减应考虑尾流影响,尾流影响可采用风力发电场评估软件进行计算。风力发电场评估软件采用的尾流模型主要有修正PARK模型、涡旋黏性模型等。根据多个风力发电场现场测试验证,涡旋黏性模型计算结果与实际吻合较好。

4 总体设计

4.1 一般规定

4.1.8 风力发电场风机应考虑与民爆危险品建(构)筑物的安全距离。风力发电场相互之间存在的重大危险因素有爆炸冲击波、高压线路、风机火灾和叶轮超速。爆炸冲击波应考虑可能造成风力发电场破坏的距离,高压线路影响应考虑线路断落可能危及民爆危险品建(构)筑物的距离,风机火灾和叶轮超速影响应考虑可燃物(碎片)可能抛掷的距离。

对风力发电机组机位应按照现行国家标准《民用爆破器材工程设计安全规范》GB 50089 民爆危险品建(构)筑物最大计算药量考虑,并参照风力发电场环境影响评价距离要求,机位距离危险品建(构)筑物不应小于 720m。

风力发电机组的布置应避免叶片形成的光影及噪音对临近居民环境的影响。

4.2 场址选择

4.2.1 不良地质灾害易发生区域不应进行风力发电场建设。不良地质灾害包括滑坡、泥石流、泄洪道等。

4.2.3 风力发电场风机基础、变电站的防洪设计,可参照现行行业标准《风电场工程等级划分及设计安全标准》FD002 的要求。

5 电力系统

5.2 系统一次部分

考虑到风力发电场机组年发电小时数较低,同时风力发电场最大出力的概率较小,宜根据变电站所需汇集升压的风力发电场本远期规模选择主变压器规模。风力发电场可不考虑超额定功率运行的状况,即使额定功率运行的概率也很小,时间很短,在按照要求装设无功补偿装置尤其是动态无功补偿装置的情况下,主变输送的无功功率也可不计。综上,可按照风力发电场规模同容量选择主变规模。

6 风力发电机组

6.2 风力发电机组选型

6.2.1 根据轮毂高度处 3s 极大风速和 15m/s 风速区间的湍流强度 I_{T15} 值,应通过《风力发电机组 设计要求》GB/T 18451.1 中风力发电机组级别因素表判定风力发电机组安全类别,所选风力发电机组指标应高于安全等级以及气候特征、适宜风资源特征、地形、交通、安装等因素,其风力发电机组性价比优异,具有良好的运行经验。

6.2.4 低温型风力发电机组是指在 -30°C 至 $+40^{\circ}\text{C}$ 下能够安全运行,在 -40°C 至 $+50^{\circ}\text{C}$ 能够生存的风力发电机组,高海拔风力发电机组是指海拔高度大于 2000m 时能够安全运行的风力发电机组。

6.2.6 风力发电机组测试认证包括机组安全和功能实验、低电压穿越测试、叶片特性测试、机组载荷测试、功率特性和电能品质、噪音等。

6.2.7 风力发电机组的选型应考虑具备有功功率控制和无功功率控制功能,能接收并自动执行风力发电场发送的有功功率控制信号。风力发电机组应具有无功功率控制能力,自动调节其发出(或吸收)的无功功率。当风力发电机组有功出力在额定容量的 20%~100%之间时,能够实现有功功率的连续平滑调节。

在风力发电机组风速未达到切入风速待机,风力发电机组与电网连接线路不断开时,风力发电机组也应发出(或吸收)无功功率参加电网电压调节。

6.2.8 风力发电机组的选型应考虑具备安全保护功能。

1 顺桨保护。

在变桨系统失电或任一变桨控制系统故障情况下保证顺桨停

机,保证在风力发电场极端温度下备电单元满足顺桨直至风力发电机组停机的能量。

2 消防保护。

电器柜电气主回路要装设过载保护,漏油及易产生明火处应设置灭火设施。2.5MW及以上大容量机组特别是海上风力发电机组可设自动的消防保护。

风力发电机组宜设置火灾自动探测报警系统,灭火装置应带有报警接点,灭火剂应根据易燃物的类型选择。报警信号与风力发电机组中心控制系统相连,传输至风力发电场变电站监控系统。火灾探测报警器和灭火装置的选择应考虑风力发电机组特点以及温度、湿度、振动、灰尘等因素。风力发电机组内的火灾探测及灭火设备应采用经国家相关产品质量监督检测单位检验合格的产品。风力发电机组机舱内应放置高空逃生装置,一旦发生机舱内起火无法扑救,应迅速逃生。

3 锁定保护。

轮毂与发电机或机舱之间应有锁定装置,防止在轮毂作业时工作人员出现人身安全问题。

4 外挂保护。

机舱外要有外挂装置,防止在机舱外作业时人员坠落。

7 电 气

7.1 电气主接线

7.1.1 扩大单元接线是两台风力发电机组对应一台机组变电单元的接线型式,优点是可以节省机组变电单元的投资,缺点是降低了风力发电机组的可靠性,且风力发电机组与机组变电单元之间的低压电缆的用量较单元接线大。经技术经济比较,目前的兆瓦级风力发电机组宜采用单元接线方式。随着风力发电机组单机容量的不断增大,风力发电机组的出口电压也会由现在的低压上升为中压,风力发电机组与机组变电单元的接线型式应经过技术经济比较后确定。

机组变电单元的高压侧的熔断器或断路器应具有保护机组变电单元内部短路的功能。机组变电单元变压器采用高压熔断器保护,采用高压负荷开关与电网隔离,此方案在单机容量不大于2000kW的风力发电场应用广泛。其优点是接线简单、设备造价低、维护工作量小,缺点是随着变压器容量的增大,熔断器的保护特性不能满足要求。机组变电单元高压侧采用高压断路器作为保护设备,此方案目前应用较少,在单机容量大于2000kW的风力发电场有应用。其优点是保护特性好、操作方便,缺点是设备造价高,且需考虑断路器和保护装置的电源问题。只要熔断器的保护特性能够满足要求,风力发电场机组变电单元变压器宜采用熔断器保护以节省投资。

7.1.2 风力发电场的分期建设,在设计风力发电场变电站电气主接线时,应结合风力发电场的远景规划和地区电网规划进行。

风力发电场根据其重要性可适当简化主接线方案,以使运行和操作简便,但应考虑便于扩建。

当主变压器低压侧短路容量超出设备允许值时,应采取的限制短路电流的措施包括限制母线并列运行、母线分段回路安装电抗器等。

风力发电场变电站主接线方案主要有线路—变压器组单元接线和单母线接线两种型式。线路—变压器组单元接线最简单,设备开关最少,适用于变电站只有一台主变和一回送出线路的情况;单母线接线简单清晰、操作方便、便于扩建,适用于进、出线回数三回及以上的情况。对于兼做汇集作用的变电站主接线可采用单母线、单母线分段或双母线接线等。

7.1.3 风力发电场主变压器低压侧母线电压的确定既需要根据电网的要求,也要根据风力发电场容量、远景规划、投资等因素综合考虑,并应满足风力发电场集电线路输送距离的要求。

对于大、中型风力发电场经技术经济分析计算,风力发电场主变压器低压侧母线电压宜采用 35kV 电压等级。

小型、分散接入的风力发电场多为就近接入用户站就地消纳,可根据地区电网的情况,经技术经济比较后采用较低的电压等级。

7.1.4 结合我国电网现状,当接入的电网十分薄弱,单相接地运行会影响电网稳定时,可根据电网要求参照本条第 2 款。

风力发电场集电线路为架空线路时,单相接地故障多为雷害引起的临时故障,可自动消除,故宜优先选用中性点不接地或经消弧线圈接地方式。风力发电场集电线路为电缆时,单相接地故障多为电缆头故障,是永久性故障,应及时切除防止事故扩大,故应选用电阻接地方式。

7.2 变 压 器

7.2.3 风力发电场虽然利用小时数较低,但单机连续满发的情况很多,且随着技术的不断成熟,风力发电机组也可以发出无功功率并连续调节,所以机组变电单元变压器的容量应同时考虑风力发电机组的额定有功和无功功率,按额定视在功率选取。

集电线路运行在较高电压下有利于降低输电线路的有功和无功损耗,例如当风力发电场汇集母线采用 35kV 电压等级时,机组变电单元变压器高压侧额定电压可取 37kV~38.5kV。

7.2.4 风力发电机组自用电源由机组变电单元引接既不经济又增大了事故的可能性,应由风机厂家配套,置于风机机舱或塔筒内。

7.3 配电装置

7.3.2 组合式变压器的高压元件密封在油箱内,比箱式变电站密封性能好,所以适合用在环境条件恶劣的风力发电场。沿海风力发电场的组合式变压器的防护等级应达到 IP65,经常出现沙尘或风雪天气的风力发电场的组合式变压器的防护等级应至少达到 IP54,可视具体环境条件提高。

当机组变电单元变压器选用油变压器时,应满足对风力发电机组的防火距离的要求。

7.5 站用电系统

7.5.4 有些风力发电场变电站地处偏远地区,如果站外备用电源不能保证其可靠性,如冬季断电会威胁变电站内生命财产安全,可采用柴油发电机作为备用电源,用以恢复生产和维持基本生活用电。

7.6 直流系统及交流不间断电源

7.6.1 现行行业标准《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044 对变电站直流系统的接线方式、负荷统计、蓄电池容量和组数的选择计算以及充电设备的选择等有明确要求,风力发电场变电站直流系统的设计应符合该规程要求。

7.6.2 风力发电场变电站控制负荷当采用 110V 电压时,控制电缆的截面选择会很大,故采用 220V 电压,同时向控制负荷和动力

负荷供电。对于机组变电单元,由于距离风力发电场变电站较远,控制、保护电源无法由变电站直流系统供电,设置独立的直流系统不经济,因此机组变电单元不宜设置直流系统。

7.6.3 现行行业标准《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》DL/T 5136 对变电站不间断电源(UPS)系统的配置有明确规定,风力发电场变电站不间断电源(UPS)系统的设计应符合该规程要求。

7.6.6 当风力发电场机组变电单元高压侧配置断路器时,断路器的控制和保护装置需配置可靠的电源,可设置 1 套独立的小容量 UPS 电源。

7.7 控 制 室

7.7.1 为利于风力发电场生产运行管理,风力发电机组计算机监控系统操作员站宜与风力发电场变电站监控系统操作员站布置在同一控制室。

7.8 监控和二次接线

7.8.1 通常风力发电机组控制由风力发电机组厂家成套配置,现行国家标准《风力发电机组控制器 技术条件》GB/T 19069 对风机控制功能有明确规定,其第 5.2.1 条规定:

控制系统应能完成风力发电机组的正常运行控制。控制系统可以控制的功能和参数包括:

- 机组的启动和关机程序;
- 电气负载的连接和发电机的软并网控制;
- 大、小发电机的自动切换;
- 补偿电容器的分组投入和切换;
- 功率限制;
- 风轮转速;
- 偏航对风;

- 扭缆限制；
- 电网失效或负载丢失时的关机等。

第 5.2.4 条规定：控制系统应具有故障处理功能，即在对风力发电机组运行过程中出现的故障进行适时检测的基础上，根据故障类型分别进行正常关机、紧急关机或报警。同时，针对可自恢复故障和不可自恢复故障实现风力发电机组重新自动启动或人工启动。

7.8.2 现行国家标准《风力发电机组 第 1 部分：通用技术条件》GB/T 19960.1 第 5.3.3 条规定风力发电机组监测数据如下：

—发电机轴承温度、绕组温度、有功功率与无功功率、电流、电压、频率、转速；

- 齿轮箱温度；
- 液压装置油位及液压系统状态；
- 风速、风向；
- 机舱和塔架振动最大幅值；
- 风轮转速、电机转速；
- 偏航次数、位置；
- 电缆缠绕状态；
- 电子功率器件状态。

7.8.5 为保证风力发电机组的安全运行，本条规定了风力发电机组可装设在线振动监测系统，实现机组的安全诊断和预测，技术要求应符合现行行业标准《风力发电机组振动状态监测导则》NB/T 31004 的规定。

7.8.6 风力发电场机组变电单元在风力发电场布置分散，运行人员难以实现就地巡视其运行状态，本条规定就地装设测控装置，实现远程监控功能。

7.8.7 现行行业标准《220kV～550kV 变电所计算机监控系统设计技术规程》DL/T 5149 对 220kV 升压站计算机监控系统有详细的规定，风力发电场 220kV 升压站监控系统设计应符合该规程要

求,110kV 升压站监控系统设计可参照执行。

3 风力发电机组的监控系统与变电站的卫星同步时钟的时间不同步,当发生风机脱网时不能正确地上传故障态时标,将会影响事故发生后对事故的及时分析和处理。

7.9 继电保护和自动装置

7.9.1 现行国家标准《风力发电机组 第1部分:通用技术条件》GB/T 19960.1—2005 第5.3.5 条规定风机保护功能包括:发电机过温度保护、齿轮箱过温度保护、电缆过缠绕保护、过振动保护、过电流保护、过电压保护、过功率保护、瞬间过功率保护、可控硅组件过热保护、缺相保护、主接触器保护、控制通信保护、控制器出错保护、电网失电保护、大风保护、丢载保护。

7.9.3 风力发电机组升压变压器高压侧配置断路器回路时,应装设变压器保护测控一体化装置,装置布置于高压开关柜,实现机组变电单元测控功能及变压器完善的保护功能。

7.9.4 本条是根据国家电网公司针对风力发电场大面积脱网事故下发的 974 号文《风电并网运行反事故措施要点》的要求规定的,为国家电网公司强制要求。

7.9.5 根据国家电网公司 974 号文《风电并网运行反事故措施要点》的要求,为避免 35kV 风电汇集线路单相接地故障事故扩大,对于 35kV 中性点不接地或经消弧线圈接地风电汇集线路,应配置带跳闸功能的小电流接地选线装置,单相接地时,选择跳闸。此条为国家电网公司强制要求。

7.9.7 对于低电阻接地系统的接地变压器,为保证风力发电场运行安全,接地变故障退出运行时,主变也应退出。因此,保护动作跳开接地变时,同时应跳开主变低压侧开关。

7.10 过电压保护及接地

7.10.2 在风力发电机组遭受雷击时,机组变电单元的高、低压侧

断路器(负荷开关)可能位于开断状态,为防止反击,机组变电单元变压器的高、低压侧都应装设避雷器。

7.10.3 雷电流是频率很高的冲击电流,由于接地体自身的电感阻碍电流向远端流动,使得接地体得不到充分利用,因此,地网在冲击电流的作用下,只有电流注入附近一小块范围内的导体起到散流作用,无论地网有多大,对应冲击电流的有效面积是一定的,有效面积之外的导体并不能起到泄放雷电流的作用。所以,为降低接地电阻将每台风机的接地网连接在一起的方法实际上并不能降低风机的冲击接地电阻。目前,降低风力发电场冲击接地电阻只有换土和采用物理降阻的方法。

8 辅助及附属设施

8.0.1 风力发电场大件和精密件的加工及铸件,应利用社会加工能力。

8.0.5 管理站内生活水箱的容积,当水泵为自动控制时,不得小于日用水量的 5%,当为人工控制时,不得小于日用水量的 12%,且不宜大于 3m^3 。

9 建筑结构

9.1 一般规定

9.1.1 建(构)筑物设计应满足承载能力与正常使用要求,符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《构筑物抗震设计规范》GB 50191、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计规范》GB 50017、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《高耸结构设计规范》GB 50135 等的规定。

建(构)筑物的设计应做到统一规划、造型协调、整体性好、生产及生活方便,同时结构类型及材料品种应合理、简约,以利备料、加工、施工及运行。

9.2 抗震设计

9.2.1 风力发电场建(构)筑物抗震设计不宜盲目照搬国外方法,而应因地制宜,考虑我国基本国情。风机基础地震作用计算时应考虑风力发电机组高宽比较大、阻尼比较小、自振频率较低、顶部集中质量较大等特点,以及土结相互作用的影响。

9.2.2 本条是强制性条文,要求处于抗震设防地区的所有新建风力发电工程必须进行抗震设计。

9.2.3 参考国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073,在 9 度地区修建工程时均应进行专题研究。在项目可行的前提下,应采取适宜的抗震构造、消能减震措施。

我国东海、南海等海域台风比较频繁,地基基础应进行抗台风设计。当参考风速超过 50m/s 时,重要建(构)筑物地基基础设计应进行专题研究。

9.3 地基与基础

9.3.1 风力发电机组基础湿陷性黄土、永久冻土、膨胀土地基应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025、《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 和现行行业标准《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ 118 的有关规定。

风力发电机组基础设计应考虑风力发电机组气动荷载的随机性以及振动的特殊性,并考虑荷载长期往复作用对结构耐久性的影响。

1 对于有设防要求的地区,上部结构传至塔筒底部与基础环交接面的荷载还应包括风力发电机组正常运行时的多遇地震作用与罕遇地震作用。地震作用包括竖向地震作用、水平地震作用及其引起的弯矩,可根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011,由设计方提出多遇地震作用和罕遇地震作用的地震动基本参数,由风机厂家据此计算并提供风力发电机组地震作用。据调研,场地基本烈度是 6 度时,地震作用不起控制作用;场地基本烈度是 6 度以上时,地震作用可能起控制作用。

2 在山区,基岩顶面埋深较浅且岩体性质优良时,采用岩石锚杆基础可有效减少工程量(包括钢筋量、混凝土量以及土石方开挖量),降低造价。但是,从已建成的岩石锚杆基础来看,效果并不理想,其设计与施工技术还很不完善。经验表明,岩石锚杆基础应加强岩土工程勘测和施工后检测。

3 由于风力发电机组基础承受大偏心、动荷载作用的特点,应根据地基土振动液化的判别成果及其对基础的影响,对地基液化土进行处理,并对各方案进行技术经济比较后选取合理的稳定基础的措施。

4 由于风荷载方向具有较大的随机性,风力发电机组基础底板宜设计成轴对称形状。风力发电机组基础底板早期曾采用四边形,现在多采用圆形或者八边形。除传统的重力式基础(大板式基

础)以外,所有的新型基础在应用前均应经过试验验证。

7 通过对国家现行标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《水工建筑物抗冰冻设计规范》NB/T 35024、《水工混凝土结构设计规范》DL/T 5057、《水运工程混凝土结构设计规范》JTS 151 等规范的对比研究,并对该领域最新的研究成果进行调研,考虑到风力发电机组基础的特殊性,得出以下结论:

(1)对于海上风机基础,严寒地区混凝土抗冻等级不宜小于 F300,寒冷地区混凝土抗冻等级不宜小于 F250,温和地区混凝土抗冻等级不宜小于 F200;

(2)对于陆上风机基础且土层渗水性能较差的情况,严寒地区混凝土抗冻等级不宜小于 F150,寒冷地区混凝土抗冻等级不宜小于 F100,温和地区混凝土抗冻等级不宜小于 F50;

(3)对于陆上风机基础且土层渗水性能较好的情况,严寒地区、寒冷地区、温和地区混凝土抗冻等级均不宜小于 F50。

9 据调研,在风力发电场工程实践中,风力发电机组基础回填工作很不理想,回填土压实系数、重度不满足设计要求,存在一定的安全隐患。

9.3.3 为保证基础环与风力发电机组基础的有效连接,以及基础环内、外混凝土工作的整体性,基础环部分开孔应在纵向、横向和径向穿越 3 层钢筋。考虑到施工可行性,建议基础环开孔尺寸不小于 $70\text{mm} \times 140\text{mm}$ 。

9.3.5 由于建在山坡上的风力发电机组基础容易出现边坡失稳问题,且建设成本较高,故风力发电机组基础不宜建于山坡上。为避免边坡失稳,首先应由岩土工程专业进行边坡稳定性判断,并在必要的情况下采取适宜的边坡处理措施。

9.3.6 风力发电机组对不均匀沉降(或倾斜)比较敏感,风力发电机组基础直接建于土岩组合地基上将难以满足风力发电机组的正常使用要求。

9.3.7 基础环与基础的连接设计对风力发电机组整体结构安全

至关重要。迄今,基础环与基础的连接由风机厂家进行设计,仅有少部分设计单位进行了复核算。为保证结构安全,应由风机厂家进行基础环与基础的连接设计,并提供施工图和技术要求,由基础设计单位进行复核算。

实践表明,在极端荷载工况下,基础环与基础连接处混凝土容易破坏。为此,可采取必要的保证措施,其中包括基础环应埋入基础一定深度,与基础形成可靠连接。应对基础环与基础连接进行专门设计,并做局部冲切、承压以及拉拔验算。基础环周边应设必要的连接或构造钢筋。

9.3.8 风机基础设计时,设计方与风机厂家的密切配合包括以下方面:

(1)风机厂家向设计方提供风力发电机组基础设计资料;

(2)设计方依据风机厂家提资进行设计,在完成基础设计之后,应就提资内容请风机厂家进行会签;

(3)风机厂家在完成会签工作之后,应向设计方出具会签确认函;

(4)基础环、调平螺栓支架、基础电缆埋管需风机厂家与设计方共同确认之后方可排产。

9.3.9 风机基础设计采用动力分析法才能真实、全面地揭示结构失效模式(包括共振、疲劳等)。

9.4 建筑物

9.4.7 风力发电场噪声限值可参考现行行业标准《风电场噪声限值及测量方法》DL/T 1084。

14 海上风力发电场

14.1 一般规定

14.1.1 由于海上变电站按“无人值班”原则设计,海缆登陆点是风力发电场与电网接网线路的连接点,也是计量点,从运行维护方面考虑,宜在海缆登陆点附近设置陆上集控中心。

14.2 海洋水文气象

14.2.1 海上水文气象资料是海上风力发电场风机基础、施工安装等设计的基础,而依据调研,海上风力发电场场址区域均缺乏海洋水文测验资料。本规范从满足设计要求出发,对海上风力发电场场址海域海洋水文观测时间、观测和分析的水文气象要素内容等提出要求。

14.2.2 海上风力发电场设计输入主要包括下列内容:

- (1)潮汐特征值、设计高低潮位;
- (2)波浪特征值、波浪谱;
- (3)流场特性、海流可能最大流速;
- (4)水温和盐度特征值;
- (5)含沙量和底质特征值特性;
- (6)海冰、海生物状况;
- (7)海床演变趋势和冲淤幅度;
- (8)风机基础最大局部冲刷深度。

14.3 风能资源

14.3.2 海上测风塔实测数据对场址风能资源评估的控制范围按半径 5km 考虑,代表的场址区域约 80km²,海上风力发电场规划

装机容量暂定为20万kW~40万kW,与目前海上风力发电场的建设管理要求相协调。

14.3.3 考虑到海上风力发电场拟选不同风机机型的预装轮毂安装高度的不同,以及更准确分析海上风速随高度变化的剪切关系,本规范提出海上测风塔高度不宜低于100m。

14.3.4 海上测风塔相较于陆上测风塔而言,建设、运行维护成本和建设难度增加很大,每座海上测风塔提出安装2套相对独立的测量设备,互为备用,有利于提高风能资源测量的可靠性。

14.3.7 海上风力发电场风能资源分析与评价可采用风能资源数值模拟结果。

14.4 电气设计

14.4.1 本条对变电站和集控中心站址选择和布置作出规定。

1 由于海上变电站投资大大高于陆上变电站,且设计及施工难度大、施工质量要求严格,可达性差,运行维护、设备检修困难,且变电站位置决定了场内集电线路的布置,因此需综合比较后确定变电站的站址及布置方式。

2 根据国外相关工程经验及研究资料,从经济技术上考虑,装机规模100MW以上且距海岸线距离大于15km的风力发电场设置海上变电站是合理的,其余情况下是否设置海上变电站,需根据工程的实际情况,考虑海缆路由的海域使用条件,海缆投资与损耗,以及海上变电站的运维条件等后确定。

14.4.2 本条对海缆集电线路及海缆路由选择作出规定。

2 海缆路由调查应委托具备海洋工程勘察、使用论证和测绘等相关资质的单位进行,根据海缆路由调查确定集电线路的路径通道、敷设要求和海缆登陆方案,并提出相应的保护措施。对穿越航道、海堤或其他海底生产设施及管线等处提出敷设要求及保护措施。

14.4.3 本条对电气主接线和设备选择作出规定。

1 应根据海上风力发电场接入电力系统的电压等级、出线回路数,结合风力发电场规划总装机规模、场内集电线路数量等,进行经济技术比较,选择主变压器容量和台数,并考虑运行方式和设备特点,综合确定海上变电站的电气主接线,为压缩升压平台建设规模、确保运行安全可靠并减少运行维护工作量,在满足风力发电场规划和可靠性要求的条件下,升压平台宜减少电压等级和简化接线,海上变电站高压侧宜采用线路变压器组或单母线接线方式。考虑到国内外海缆制造水平,目前国内 35kV 和 110kV 海缆制造水平已成熟,220kV 海缆也趋成熟,更高电压等级海缆目前只能进口,造价太高,从经济技术方面考虑,升压平台的高压侧电压等级不宜大于 220kV。目前大型风力发电场场内集电线路均采用 35kV 电压等级,升压平台低压侧宜采用 35kV,海上变电站装设 2 台及以上主变压器时,考虑到 1 台主变故障时所带风机电能可通过其他主变送出的要求,主变低压侧宜采用单母线分段接线,当分段为 4 段及以上时,可考虑采用单母线分段环形接线。由于海上变电站的施工难度大,不易扩建,因此升压平台宜按照风力发电场终期规模一次建成。

3 考虑到海上环境恶劣、交通不便、运行维护条件较差,海上变电站上的电气设备应安全可靠,便于检修,免维护或少维护。

4 放置在机舱或塔筒内部的海上风力发电机组变压器,消防要求较高,运行检修维护不便,通风散热效果较差,因此设备选型时应综合考虑环境、损耗、寿命、维护检修以及消防要求等多种因素。根据对目前主流海上风力发电机组变压器的调研,宜选用干式或高燃点绝缘液体的变压器,高燃点绝缘液体的变压器需有主动和被动防火措施。

5 由于海底电缆或光缆的敷设需采用专业的敷设船机设备,施工成本较高,因此海缆宜选择包含电力电缆和光纤通信电缆的光电复合缆,减少敷设费用和用海面积。

1) 由于目前 35kV 及以下 3 芯交联聚乙烯绝缘海缆的技术和

生产工艺已很成熟,且工程实际应用较多,施工及运行维护比较方便,因此 35kV 及以下海缆宜选用 3 芯交联聚乙烯绝缘海缆。

2)虽然海缆敷设时大部分海缆在海底埋设,温度较低,土壤的热阻系数小,埋设的电缆载流量较大,但由于在海上变电站或海上风力发电机组基础平台的“J”形保护管内的电缆通道属于在管道内敷设,而在海上变电站的电缆层内或风机塔筒内属于在空气中敷设,海缆载流量应按在上述各种情况下的最小值来确定。

3)长距离大截面的海缆超过生产厂家制造长度时,可采用软接头连接,考虑到各生产厂家接头制造工艺水平不一,在满足工程设计要求的前提下,宜减少软接头数量。

4)海底电缆大部分事故是由船锚和渔具造成,船舶投锚及其走锚是造成水下电缆机械性外伤的主要因素之一,对于海域情况复杂,航道、管线及船只较密集的区域敷设的长距离海缆线路,为监测海缆的运行情况,保证风电电量的可靠送出,可考虑采用海缆状态监测系统全程监测。

14.4.4 本条对主变压器和配电装置选择作出规定。

1 主变压器采用低损耗变压器有益于节能降耗,减少通风冷却系统负担;低噪音有益于环境保护。

2 从满足海上潮湿、重盐雾的运行环境和减少运行维护工作量的角度考虑,需使用高质量的外部防腐涂层,有利于保障变压器运行安全。

14.4.5 本条对无功补偿选择作出规定。

1 由于海上风力发电场场内电力电缆集电线路,尤其是高压电力电缆电容大,线路长,系统充电功率很大,根据国家现行标准《风电场接入电力系统技术规定》GB/T 19963 和《大型风电场并网设计技术规范》NB/T 31003 的要求,需考虑在风力发电场的适当位置配置容性及感性无功补偿装置,装置容量应满足系统要求。由于海上变电站布置条件的限制,完全由海上变电站上布置的无功补偿装置提供系统所要求的无功容量难度较大,因此应在充分

利用风力发电机组的无功容量及其调节能力的基础上,研究分析不同类型无功补偿设备的特点,确定技术经济合理的无功补偿配置方案。

2 应根据风力发电场无功、过电压的分析计算以及电网要求,结合工程的实际情况,通过技术经济综合比较确定无功补偿装置的型式和布置方案。

14.4.6 本条对过电压保护和接地作出规定。

1 大规模远距离海上风力发电场场内高压电力电缆线路长,电容大,充电功率很大,过电压保护设计中应考虑其容升效应导致的过电压水平。

5 考虑到海上腐蚀性强的特点,为确保接地系统安全可靠,减少运行维护工作量,推荐采用铜导体。

14.4.7 本条对海上变电站的站用电选择作出规定。

1 站用电源由站用变压器引接,其安全可靠性能得到保证。但考虑到海上风力发电场的特殊性,海上风机在某些极端情况下如台风有可能造成的电网停电使得平台失去外来电源时,需保证其生存安全,因此考虑在升压平台设置柴油发电机组作为应急备用电源,柴油机应能在紧急情况下自动启动。

2 装设两台容量按全站计算负荷选择的工作变压器,是为了保证站用变压器的相互切换和轮换检修。

3 从消防及环境保护角度考虑宜选择无油型设备,而且目前干式站用变压器也在变电站内大量使用。

14.4.8 海上变电站作为海上建筑物有其特殊性,照明设计除满足电力行业标准要求外,还需参照海上建筑物的相关标准要求执行。

14.4.9 本条对图像监视及安全警卫系统设计作出规定。

1 海上风机的巡视和检修经常会受天气的影响而无法正常进行,为了便于风机的运行管理,应在海上风场设置视频监视及安全警卫系统。对于设备运行状态的监视,应由风机厂家随风机配

套提供,本系统仅考虑对海上建筑物、周边环境及风机内主要电气设备的外观状态进行全天候图像监视。

3 用于环境监视的设备,如采用电子围栏等具有威慑、阻挡功能的装置时,由于其动作可能会导致入侵者跌入海里而使人身安全受到危害,宜选用与保险公司联保的产品。

14.4.10 本条对海上风力发电场内的通信系统设计作出规定。

2 IP 程控电话交换机系统在风机机舱、塔底、海上升压平台各设备室以及陆上集控中心各相关功能室等处配置 IP 电话机,可利用风力发电机组监控系统的以太网交换机进行话路双向传输,实现风力发电场的内外通信。海上风力发电场配置卫星通信电话用于项目开发前期和风机检修期间场内通信,配置数量可根据项目具体情况而定。

14.5 建筑与结构

14.5.1 本条对风力发电机组地基基础设计作出规定。

1 海上风力发电机组基础结构主要采用混凝土结构和钢结构两种方式。

目前,我国海洋环境条件下的混凝土结构设计规范主要采用《港口工程混凝土结构设计规范》JTJ 267,因此,对于采用混凝土结构的海上风机基础设计可以按照该规范执行。

采用钢结构型式的海上风力发电机组基础与海上石油固定式导管架平台具有相似的工程特点,因此可以采用目前我国海上石油平台的设计规范《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法工作应力设计法》SY/T 10030 进行设计。由于该规范是等同采用了美国石油协会 API 的规范,因此在使用过程中应注意区别我国风力发电场的环境条件和 API 规范的差别。

2 由于海上风机对正常安全运行的特殊性要求,因此,海上风机基础的变形控制应满足所采用的风机设备的具体要求,该变形控制标准应由风机设备供应商确定。

3 避免产生共振是风机设计的重要控制目标,而地基基础的刚度通常会对系统频率产生比较显著的影响,因此,需要将海上风机的地基基础刚度耦合到上部塔架和风机中进行整体频率计算,根据计算结果判断地基基础刚度是否能避免系统共振。频率的控制要求通常取决与风机叶轮的转速和风机振动控制系统的设计,因此该要求应由风机设备供应商明确。

4 风机荷载是风机基础设计的主要荷载,考虑到荷载具有比较大的不确定性和易变性,在现行行业标准《风电场机组地基基础设计规定(试行)》FD003 中,将风机荷载的标准值乘以 1.35 的修正系数后作为修正标准值,用于地基和桩基础承载力计算,以确保结构的安全性。

5 除了承受风机疲劳荷载外,海上风机基础还承受波浪疲劳荷载,因此,海上风机基础设计中应进行疲劳验算。

14.5.6 海上风机基础作为高耸结构基础,其结构防撞能力通常比较低,因此,在防撞设计中应加强进行技术和经济比较,兼顾结构安全性和经济合理性。

14.6 消防与安全

14.6.1 本条对海上风机消防设计作出规定。

1 海上风机因其发生火灾时对电气设备损失大、扑救难度高等特殊性,应作为风力发电场防火重点部位和场所设置火灾自动报警和固定灭火设施。

14.6.2 海上变电站作为海上建筑物有其特殊性,消防设计除满足电力行业标准要求外,还需参照海上建筑物的相关标准要求执行。

14.7 施工组织设计

14.7.2 本条规定了海上风力发电场施工交通运输应遵循的原则。

1 装卸、转运、风机陆上拼装时需要用到陆上基地,应在风力发电场区域周边优先选择适宜的港口、码头,在确认周边现有设施无法达到要求时才兴建临时码头,基地或临时码头还需结合距离风力发电场的位置,以提高施工运输效率。