

中华人民共和国能源行业标准

P

NB/T 31115—2017

风电场工程 110kV~220kV
海上升压变电站设计规范

Code for 110kV~220kV Offshore Substation Design
of Wind Power Projects

2017 - 11 - 15 发布

2018 - 03 - 01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

风电场工程 110kV~220kV
海上升压变电站设计规范

Code for 110kV~220kV Offshore Substation Design of
Wind Power Projects

NB/T 31115—2017

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2 0 1 8 年 3 月 1 日

2018 北 京

国家能源局 公 告

2017 年 第 10 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）有关规定，经审查，国家能源局批准《煤层气生产站场安全管理规范》等204项行业标准，其中能源标准（NB）62项、电力标准（DL）86项、石油标准（SY）56项，现予以发布。

附件：行业标准目录

国家能源局

2017 年 11 月 15 日

NB/T 31115—2017

附件：

行 业 标 准 目 录

| 序号 | 标准编号 | 标准名称 | 代替标准 | 采标号 | 批准日期 | 实施日期 |
|-----|--------------------|---|------|-----|----------------|----------------|
| ... | | | | | | |
| 12 | NB/T 31115—2017 | 风电场工程 110kV~220kV 海上升压变 电站设计规 范 | | | 2017 - 11 - 15 | 2018 - 03 - 01 |
| ... | | | | | | |

前 言

根据《国家能源局关于下达 2014 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2014〕298 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范主要技术内容是：总体布置，电气一次设计，电气二次设计，结构设计，给排水设计，消防设计，供暖、通风与空气调节设计，逃生与救生设施设计，施工组织设计。

本规范由国家能源局负责管理，由水电水利规划设计总院提出并负责日常管理，由能源行业风电标准化技术委员会风电场规划设计分技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送水电水利规划设计总院（地址：北京市西城区六铺炕北小街 2 号，邮编：100120）。

本规范主编单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司
水电水利规划设计总院

本规范主要起草人员：赵生校 俞华锋 杨建军 戚海峰
杨文斌 贾献林 施朝晖 汤群益
傅春翔 袁建平 杨林刚 吕国儿
许 峥 颜加明 沈汉琴 夏艳慧
郭珍妮 黄洁亭 楼 巍 张宝峰
吕 珊

本规范主要审查人员：易跃春 谢宏文 于庆贵 糜又晚
秦初升 王龙非 黎发贵 贺广零
孙 帆 齐志诚 徐 军 刘淑军
曹义国 赵翔飞 孙小钎 张胜强
周红军 袁炜钢 王强辉 牛文彬
李仕胜

目 次

| | | |
|-----|---------------------|----|
| 1 | 总则 | 1 |
| 2 | 术语 | 2 |
| 3 | 基本规定 | 3 |
| 4 | 总体布置 | 4 |
| 5 | 电气一次设计 | 6 |
| 5.1 | 电气主接线 | 6 |
| 5.2 | 设备选择 | 6 |
| 5.3 | 过电压保护及绝缘配合、接地 | 7 |
| 5.4 | 站用电 | 8 |
| 5.5 | 应急电源 | 9 |
| 5.6 | 照明和导航 | 10 |
| 5.7 | 电缆选择和敷设 | 10 |
| 5.8 | 主要电气设备布置 | 10 |
| 6 | 电气二次设计 | 12 |
| 6.1 | 计算机监控系统 | 12 |
| 6.2 | 继电保护及安全自动装置 | 14 |
| 6.3 | 直流电源及交流不停电电源 | 15 |
| 6.4 | 视频监控与安全防范 | 15 |
| 6.5 | 通信系统 | 16 |
| 6.6 | 二次接线 | 16 |
| 6.7 | 二次设备选择及布置 | 17 |
| 7 | 结构设计 | 18 |
| 7.1 | 一般规定 | 18 |
| 7.2 | 荷载和荷载组合 | 18 |
| 7.3 | 材料 | 19 |

| | | |
|------|--------------------|----|
| 7.4 | 主体结构设计 | 20 |
| 7.5 | 防腐蚀设计 | 21 |
| 7.6 | 附属设施设计 | 22 |
| 7.7 | 监测设计 | 22 |
| 7.8 | 甲板和舱壁设计 | 23 |
| 8 | 给排水设计 | 24 |
| 9 | 消防设计 | 25 |
| 9.1 | 防火分隔 | 25 |
| 9.2 | 消防设施 | 26 |
| 9.3 | 电气防火 | 29 |
| 9.4 | 火灾报警及消防广播系统 | 29 |
| 9.5 | 通风管道防火 | 30 |
| 10 | 供暖、通风与空气调节设计 | 31 |
| 10.1 | 一般规定 | 31 |
| 10.2 | 室内外空气参数 | 31 |
| 10.3 | 供暖 | 32 |
| 10.4 | 通风 | 32 |
| 10.5 | 空气调节 | 33 |
| 10.6 | 绝热、防腐和消声隔振 | 34 |
| 11 | 逃生与救生设施设计 | 35 |
| 11.1 | 脱险通道 | 35 |
| 11.2 | 标记和警示牌 | 36 |
| 11.3 | 逃生与救生设备 | 36 |
| 12 | 施工组织设计 | 38 |
| 12.1 | 一般规定 | 38 |
| 12.2 | 施工交通运输 | 39 |
| 12.3 | 主体工程施工 | 39 |
| 12.4 | 施工总布置 | 40 |
| 12.5 | 施工总进度 | 41 |

NB/T 31115—2017

| | |
|-------------------------|----|
| 附录 A 海上升压变电站的耐火分隔 | 42 |
| 本规范用词说明 | 43 |
| 引用标准名录 | 44 |
| 附：条文说明 | 45 |

Contents

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | General Provisions | 1 |
| 2 | Terms | 2 |
| 3 | Basic Requirement | 3 |
| 4 | General Layout | 4 |
| 5 | Primary Electrical Design | 6 |
| 5.1 | Electrical Circuit Connection | 6 |
| 5.2 | Equipment Selection | 6 |
| 5.3 | Over – voltage Protection, Insulation Coordination and Grounding | 7 |
| 5.4 | Station Service Power Supply | 8 |
| 5.5 | Emergency Power Supply | 9 |
| 5.6 | Lighting and Navigation | 10 |
| 5.7 | Cable Selection and Laying | 10 |
| 5.8 | Layout of Main Electrical Equipment | 10 |
| 6 | Secondary Electrical Design | 12 |
| 6.1 | Computer Monitoring System | 12 |
| 6.2 | Relay Protection and Safety Automatic Device | 14 |
| 6.3 | DC Power and AC Uninterruption Power System | 15 |
| 6.4 | Video Surveillance and Security | 15 |
| 6.5 | Communication System | 16 |
| 6.6 | Secondary Wiring | 16 |
| 6.7 | Selection and Layout of Secondary Equipment | 17 |
| 7 | Structure Design | 18 |
| 7.1 | General Requirements | 18 |
| 7.2 | Load and Load Combination | 18 |

NB/T 31115—2017

| | | |
|------|---|----|
| 7.3 | Material | 19 |
| 7.4 | Main Structure Design | 20 |
| 7.5 | Corrosion Protection Design | 21 |
| 7.6 | Ancillary Facilities Design | 22 |
| 7.7 | Monitoring Design | 22 |
| 7.8 | Deck and Bulkhead Design | 23 |
| 8 | Water Supply and Drainage Design | 24 |
| 9 | Fire Protection Design | 25 |
| 9.1 | Fire Separation | 25 |
| 9.2 | Fire Fighting Facility | 26 |
| 9.3 | Electrical Fire Protection | 29 |
| 9.4 | Fire Alarm and Broadcasting System | 29 |
| 9.5 | Ventilation Pipe Fire | 30 |
| 10 | Heating, Ventilation and Air Conditioning Design | 31 |
| 10.1 | General Requirements | 31 |
| 10.2 | Air Parameters of Indoor and Outdoor | 31 |
| 10.3 | Heating | 32 |
| 10.4 | Ventilation | 32 |
| 10.5 | Air Conditioning | 33 |
| 10.6 | Heat Insulation, Corrosion Protection, Noise Elimination and Vibration Isolation | 34 |
| 11 | Escape and Rescue Facilities Design | 35 |
| 11.1 | Escape Routes | 35 |
| 11.2 | Marks and Warning Signs | 36 |
| 11.3 | Escape and Rescue Facilities | 36 |
| 12 | Construction Organization Design | 38 |
| 12.1 | General Requirements | 38 |
| 12.2 | Construction Transportation | 39 |
| 12.3 | Construction of Main Works | 39 |

12.4 General Construction Layout 40

12.5 Overall Construction Schedule 41

Appendix A Fire Division of Offshore Substation 42

Explanation of Wording in This Code 43

List of Quoted Standards 44

Addition; Explanation of Provisions 45

1 总 则

1.0.1 为规范风电场工程海上升压变电站的设计，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于交流 110kV~220kV 电压等级的固定式海上升压变电站。

1.0.3 海上升压变电站设计应遵循安全可靠、施工方便、经济合理的原则，并满足运行、检修的要求。

1.0.4 风电场工程 110kV~220kV 海上升压变电站设计，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 海上升压变电站 offshore substation

用于将海上风电场各风电机组发出的电能汇集、升压并送出的海上设施，包括基础和上部组块，一般分为整体式和模块式。

2.0.2 上部组块 topside

海上升压变电站基础以上的结构、设备和设施。

2.0.3 整体式海上升压变电站 integrated offshore substation

只有一个上部组块的海上升压变电站。

2.0.4 模块式海上升压变电站 modular offshore substation

由多个上部组块组合而成的海上升压变电站。

3 基本规定

3.0.1 海上风电场接入系统应符合国家现行标准《风电场接入电力系统技术规定》GB/T 19963 和《电力系统设计技术规程》DL/T 5429 的有关规定。

3.0.2 海上升压变电站宜一次性建成。

3.0.3 分期建设的风电场，海上升压变电站应预留联络接口。

3.0.4 海上升压变电站的规模和电压等级，应根据风电场规模、海缆路由、接入系统要求确定。

3.0.5 海上升压变电站应按照“无人值守”方式和无人驻守平台设计。

3.0.6 海上升压变电站的潮位、波浪、海流、海冰和风速的设计重现期应为 100 年。

3.0.7 海上升压变电站内所有设备、管线及附件均应适应所在海域的海洋环境。

4 总体布置

4.0.1 海上升压变电站的站址选择应符合下列要求：

- 1 宜位于风电场的中心，并靠近送出海缆的登陆点。
- 2 应具备适宜的水文、地质条件。
- 3 当有直升机起降需求时，升压变电站周边还应具备直升机起降必要的净空条件。

4 应具备升压变电站运输、安装和维护所需的水深和交通条件。

4.0.2 海上升压变电站的布置应根据工艺要求和结构特点，在满足设备可靠运行、便于维护的前提下，紧凑布置，节约空间。

4.0.3 海上升压变电站的布置应优先考虑在陆上施工、减少海上施工，优先在水面以上施工、减少水下施工的作业环节。

4.0.4 海上风电场需要有人驻守时，可在海上升压变电站平台附近设置生活平台。生活平台应单独设置，生活平台距海上升压变电站平台的距离不应小于 15m，生活平台应符合国家现行有关安全和环保的规定。

4.0.5 不设置生活平台的海上升压变电站内应设置避难室，避难室内应配备必要的应急救助设施。

4.0.6 海上升压变电站可根据现场条件及施工方案，采用整体式海上升压变电站或模块式海上升压变电站的型式。模块式海上升压变电站每个模块应能独立地完成一定的功能，并减少模块之间的连接工作。

4.0.7 海上升压变电站主要电气设备宜采用室内布置方式。电气设备布置在室外时，应考虑海洋环境对设备使用寿命的影响，并便于维护、检修和更换。

4.0.8 海上升压变电站的平台方位，应符合下列要求：

- 1 进出海缆顺畅，避免海缆重叠和交叉。
 - 2 波浪和海流对结构的不利作用小。
 - 3 运维船能够安全靠泊。
 - 4 有直升机起降需求时，应满足直升机起降通道的要求。
- 4.0.9** 海上升压变电站电气设备布置应适应生产的要求，做到设备布局 and 空间利用紧凑、合理，为施工安装和运行维护创造条件。
- 4.0.10** 海上升压变电站的电缆布置应与设备布置、消防管路、暖通管路统一规划，减少管线交叉，电缆路径应短捷，便于施工和检修。
- 4.0.11** 海上升压变电站应设置运行检修用起重机和吊装平台，布置应便于设备、工器具的搬运和吊装。起重机的起重能力应满足日常维护时设备部件和常规工器具的起吊要求。
- 4.0.12** 海上升压变电站底层甲板上表面高程应符合以下公式：

$$T \geq H + \frac{2}{3}H_b + \Delta + H_l \quad (4.0.12)$$

式中：T——底层甲板上表面高程（m）；

H——100年一遇极端高水位（m）；

H_b ——100年一遇的最大波高（m）；

Δ ——气隙，不小于1.5m；

H_l ——底层甲板包括梁在内的结构高度（m）。

5 电气一次设计

5.1 电气主接线

5.1.1 海上升压变电站电气主接线设计应满足接入系统设计的要求，遵循可靠性、灵活性、经济性的原则。

5.1.2 海上升压变电站主变压器高压侧接线宜采用变压器线路组接线或单母线接线，也可采用单母线分段、桥形接线。主变压器低压侧接线宜采用单母线接线或单母线分段接线。

5.1.3 应根据海上风电场的建设规模、运行可靠性等因素，确定海上升压变电站的主变压器数量。装机容量 200MW 及以下的海上升压变电站主变压器的数量宜为 1 台~2 台，200MW 以上的海上升压变电站主变压器的数量不应少于 2 台。

5.1.4 海上升压变电站中压系统的接地方式应采用接地变压器加电阻接地的方式。

5.1.5 海上风电场无功补偿的设置，应遵循下列原则：

- 1 应充分发挥风电机组发出或吸收无功的能力。
- 2 根据送出线路的电压等级与长度，结合风电场无功补偿及工频过电压需要，宜安装高压并联电抗器组和动态无功补偿装置。
- 3 海上风电场的无功补偿装置，宜设置在陆上。

5.2 设备选择

5.2.1 海上升压变电站的主要电气设备选择应遵循下列原则：

- 1 能够在无人值守条件下可靠运行。
- 2 能够适应海上升压变电站的运行环境。
- 3 能够适应海上升压变电站在运输、安装及运行期的倾斜、

摇晃及振动。

5.2.2 主变压器的选择应遵循下列原则：

1 应根据风电场建设规模，合理选择主变压器容量，确定主变压器的额定变比、联接组别、阻抗电压、绝缘水平和冷却方式。

2 海上升压变电站内设置 2 台及以上主变压器时，单台主变压器容量宜考虑冗余，当一台主变压器故障退出运行时，剩余的主变压器可送出风电场 60% 及以上的容量。

3 主变压器宜采用本体与散热器分离的布置方式，主变压器本体户内布置，散热器户外布置。

5.2.3 配电装置的选择应遵循下列原则：

1 应根据配电装置的接线方式，结合短路电流的计算成果，确定配电装置设备参数。

2 主变压器高压侧配电装置宜选用气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）。主变压器低压侧配电装置宜选用气体绝缘金属封闭开关设备或气体绝缘开关柜。

5.2.4 无功补偿设备宜选用静止无功发生器（SVG），其容量应根据接入系统设计确定。

5.2.5 海上升压变电站户外主要电气设备的防护等级不应小于 IP56，防腐等级不应小于 C5 - M；户内主要电气设备的防护等级不应小于 IP4X，防腐等级不应小于 C4。

5.3 过电压保护及绝缘配合、接地

5.3.1 应根据海上升压变电站各级电压的电力设备绝缘水平和绝缘配合原则，考虑海上风电场长海底电缆送电的特点，确定过电压保护方式。

5.3.2 海上升压变电站的过电压保护设计应符合下列规定：

1 海上升压变电站应设置避雷针及金属结构物作为接闪器进行直击雷保护，并通过接地引下线和平台自身钢柱，与海底基

础钢管桩连接。平台屋内外应按照雷电防护区（LPZ）的相关要求采取防护措施，平台屋顶和侧面外露的通信天线、充油设备外壳应处于直击雷保护范围内。

2 配电装置的电缆进出线和母线应配置避雷器，限制雷电侵入波过电压。

3 应根据海上风电场送电海底电缆和架空线路工频过电压计算结果，在送电线路首、末端或中点装设高压并联电抗器。

4 操作过电压计算值超过国家标准规定值或存在危险的操作过电压工况时，应采取相应的操作过电压限制和保护措施。

5.3.3 海上升压变电站的接地设计应符合下列规定：

1 应按照大电流接地系统的方式进行接地设计。

2 工作接地、保护接地、防雷接地应共用一个接地装置。

3 接地装置应充分利用平台钢管桩作为接地极，设置专用的接地环线和设备接地线，将所有设备和平台钢结构连接组成均压接地网。

4 接地环线和设备接地线宜采用铜排或铜绞线，并应与设备和钢结构可靠连接。接地标记应清晰可见。

5 二次系统设备接地应采用等电位单点接地方式。

5.4 站 用 电

5.4.1 应根据海上升压变电站各用电设备的用电负荷，计算站用电容量，选择站用变压器及接线型式。

5.4.2 海上升压变电站站用电应至少设置 2 回工作电源，互为备用，另外应设置应急电源。

5.4.3 海上升压变电站内的通信电源、监控电源、事故照明、事故通风、消防火灾系统、逃生设备和导航设备为应急负荷；设备操作电源为重要负荷；除应急负荷和重要负荷外的其他负荷为常规负荷。海上升压变电站工作电源应满足应急负荷、重要负荷和常规负荷的供电需求，应急电源应满足应急负荷和重要负荷的

供电需求。

5.4.4 应急负荷、重要负荷的设备应采用双回路供电。

5.4.5 海上升压变电站火灾报警系统电源应配备蓄电池备用电源。

5.4.6 应急照明应设置专门的应急照明配电箱供电。

5.4.7 正常运行时应急照明可作为正常工作照明的一部分。当失去正常照明工作电源时，应能通过自动切换装置将应急照明负荷切换至逆变系统供电的电源上。

5.4.8 应在各电气设备房、控制室、主要过道及楼梯间设置应急照明灯具，在安全通道、楼梯及出入口设置疏散指示标志。

5.5 应急电源

5.5.1 应急电源在应急工况时，应为设备提供足够的电能，并符合下列规定：

1 电动消防泵，供电的持续时间不应小于 18h。

2 应急照明，供电的持续时间不应小于 18h。

3 国际海事避碰规则要求的航行灯、信号灯、声响信号，供电的持续时间不应小于 4d。

4 标识建筑外廓的信号灯或声响信号，供电持续时间不应小于 4d。

5 火灾报警系统、消防广播系统及其他紧急状态下所需要的通信设备，供电持续时间不应小于 18h。

6 断续使用的手动失火报警按钮和所有在紧急状态下使用的内部信号设备，供电持续时间不应小于 18h。

7 逃生与救生设备，应满足使用需要。

5.5.2 应急电源根据其需求容量和持续时间，可选用柴油发电机组或蓄电池组。柴油发电机组或蓄电池组的容量应根据应急负荷和重要负荷的总和并预留一定的备用容量后确定。柴油发电机组的油箱储油量应根据应急负荷的持续时间配置。

5.5.3 风电机组需要海上升压变电站内的应急电源供电时，应急电源应设置柴油发电机组和配套的补偿设备。

5.6 照明和导航

5.6.1 照明系统设计应符合下列规定：

1 海上升压变电站内应设置正常工作照明和应急照明 2 套系统。正常工作照明电源应取自站用电母线。

2 照明系统可采用树干式配电方式，照明负荷根据用途和布置场所，分别设置照明分电箱，并设置事故照明分电箱。

3 照明灯具应选用船用灯具，有爆炸危险区域的灯具应采用防爆型。灯具的防护（IP）等级应满足安装场地的环境要求。

5.6.2 海上升压变电站的导航系统应满足海事管理的要求。有直升机起降需求时，还应满足航空管理的要求。

5.7 电缆选择和敷设

5.7.1 海上升压变电站站内的电缆应采用阻燃型电缆，连接到外部的海底电缆的站内段应加设阻燃措施。消防、应急系统及其相关回路的电缆应采用阻燃耐火型电缆。1kV 及以下的电缆宜采用船用电缆。

5.7.2 10kV 及以上电力电缆应与控制保护电缆分层或分开敷设。

5.7.3 电缆桥架应采用防腐、耐火型材料，宜采用梯架或托架的型式。设置在阳光直射区域的电缆桥架宜配置保护盖板。

5.8 主要电气设备布置

5.8.1 海上升压变电站主要电气设备布置应符合国家现行标准《35kV～110kV 变电站设计规范》GB 50059 和《220kV～750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218 的有关规定。

5.8.2 主要电气设备宜采用户内布置，主变压器、无功补偿的

散热部件应采用户外布置。

5.8.3 主变压器事故油的集油装置应设置在主变下层区域。

5.8.4 主要电气设备布置应设置有检修、维护及运输的通道。主变压器、气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）宜设置检修孔或检修门。

5.8.5 主变压器、气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）的主要维护通道不宜小于 1000mm。开关柜设备的柜前通道不宜小于柜深加 400mm，柜后通道不宜小于 600mm。对于无需柜后检修的柜体可采用靠墙布置，柜后离墙距离不宜小于 50mm。

5.8.6 应急配电装置应设置在单独的舱室内。

5.8.7 主变压器和气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）之间的连接线，应能适应海上升压变电站在运输、安装及运行过程中的振动环境。

6 电气二次设计

6.1 计算机监控系统

6.1.1 计算机监控系统的信息采集应满足无人值守的运行要求。海上升压变电站和陆上集控中心计算机监控系统应统一组网设置，正常运行时由陆上集控中心实现对海上风电场的实时远程监控。宜在陆上集控中心设置一体化监控管理平台，将海上升压变电站各监控系统集成于一体，进行统一监控、统一管理。

6.1.2 海上风电场的电网调度点宜设在陆上集控中心，远动功能宜并入计算机监控系统，陆上集控中心宜设置远动工作站。远动信息应直采直送，由陆上集控中心远动工作站统一上送至各级调度。

6.1.3 海上升压变电站计算机监控系统应主要包括海上升压变电站变电部分计算机监控系统、风电机组计算机监控系统、风电机组配套升压设备监控系统、通风空调监控系统、电气设备在线状态监测系统、风电机组在线状态监测与振动分析系统。

6.1.4 海上升压变电站变电部分计算机监控系统设计应符合下列要求：

1 应采用分层、分布、开放式网络结构，其软硬件体系结构应满足冗余性和模块化要求。

2 应设置“五防”工作站，宜与站控层操作员站合用，应具有防误闭锁功能，能够进行操作预演。

3 应能实现对海上升压变电站设备可靠、完善地监控，并具备遥测、遥信、遥控、遥调等全部的远动功能和时钟同步功能，具体功能要求应符合现行行业标准《220kV～500kV 变电所计算机监控系统设计技术规程》DL/T 5149 的有关规定。

6.1.5 风电机组计算机监控系统设计应符合下列要求：

1 风电机组计算机监控系统应由中央监控系统、现地控制单元及通信传输网络组成。

2 中央监控系统应配置风电机组监控上位机、数据采集及存储服务器，完成对各风电机组的实时监控及数据采集、数据存储、统计及生成报表功能。

3 中央监控系统与现地控制单元之间的网络连接应采用光纤环网，光纤环网宜选用千兆网。

4 单台或多台风电机组故障不应影响中央监控系统的运行，中央监控系统故障也不应影响各风电机组运行。

6.1.6 风电机组配套升压设备监控系统设计应符合下列要求：

1 应能实时监视升压设备的运行状态并对断路器、负荷开关进行远方控制，应能实现对塔筒内外设备运行环境的监测，同时实现视频监视及 IP 电话通信功能。

2 应由主控级设备、现地控制单元和通信传输网络构成。

3 通信传输网络宜采用两层结构，由现地控制单元根据集电线路走向组成光纤环网，各个环网与主控级设备以双星形网络组成上位主干千兆网。

6.1.7 通风空调监控系统设计应符合下列要求：

1 应实现对海上升压变电站内通风空调设备的集中监控。

2 应以计算机监控系统为基础，以集中监测、分区控制为原则。

3 应采用自动控制与远方控制相结合的方式，设置现地控制箱，可在现地对设备进行操作及监视，亦可在中控室上位控制机对设备进行远方监视及控制。

4 上位控制机与各现地控制单元可采用星形以太网连接。

6.1.8 升压变电站电气设备在线状态监测系统设计应符合下列要求：

1 监测范围可包括主变压器油中溶解气体，气体绝缘全封

闭组合电器（GIS）的微水密度、局放，开关设备的温度，断路器操作机构的动作特性。

2 应由传感器、数据采集及处理单元和监控上位机组成，支持各种不同接口类型和传输规约，应实现全站设备状态监测数据的采集、传输、汇总和诊断分析。

3 应采用分层分布式网络结构，具有良好的开放性，以满足与电力系统专用网络连接及容量扩充的要求。

6.1.9 风电机组在线状态监测与振动分析系统设计应对风电机组及基础的运行状态进行有效的在线状态监测并做出评估，对异常状态及时报警。信息应与风电机组计算机监控系统合用传输通道。

6.2 继电保护及安全自动装置

6.2.1 继电保护应包括送出线路保护、主变压器保护、母线保护、集电线路保护、站用变保护、接地变保护。继电保护配置原则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。

6.2.2 110kV 及以上的继电保护装置宜双套设置，35kV 系统应配置单相接地保护。

6.2.3 继电保护装置应具备远方复归、远方修改定值、远方功能投退的功能。

6.2.4 应配备故障录波设备，该设备应具有足够的记录通道并能够记录故障前 10s 到故障后 60s 的情况。故障录波装置应具备组网功能，并具备完善的分析和通信管理功能。

6.2.5 海上升压变电站和陆上集控中心宜统一配置保护及故障信息管理系统，宜与计算机监控系统集成考虑，用于采集并分析站内的保护及故障录波信息，经分析处理后，远传至调度主站。

6.2.6 同步相量采集及处理装置、安全稳定控制装置及电能质量监测装置应按接入系统设计的要求进行配置。

6.3 直流电源及交流不停电电源

6.3.1 直流电源系统的额定电压应采用 110V 或 220V，直流系统接线宜采用单母线分段接线方式。

6.3.2 应设置 2 组蓄电池组和双套充电装置。蓄电池组宜选用阀控式密封胶体铅酸蓄电池，容量应按照事故停电时间 2h 计算；充电装置宜选用高频开关电源，按 N+1 原则配置，电源模块数量及容量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。

6.3.3 交流不停电电源宜选用工频在线式不停电电源（UPS）装置，装置的容量应根据升压变电站最终规模的负荷确定。不停电电源（UPS）的直流电源宜由站内蓄电池组供电。

6.4 视频监控与安全防范

6.4.1 海上升压变电站视频监控系统、海上风电场区视频监控系统和陆上集控中心视频监控系统应统一组网设置。海上升压变电站应设置视频分控站，陆上集控中心应设置主控站。

6.4.2 视频监控系统应对主要电气设备、通道、出入口等重要部位以及升压变电站平台周围海域、风电机组所在海域进行有效的监视、记录与回放，满足通航、安全运行、防火、防盗的要求。

6.4.3 视频监控系统应将采集到的视频经过编码、压缩处理后，通过光通信工作站上传至陆上集控中心。

6.4.4 视频监控系统应与火灾自动报警系统联动，并能在陆上集控中心实现画面切换。

6.4.5 海上升压变电站的安防设计应符合国家现行标准《安全防范工程技术规范》GB 50348、《35kV～220kV 无人值班变电站设计技术规程》DL/T 5103 的有关规定。

6.5 通信系统

6.5.1 海上升压变电站通信方式应满足无人值守的运行要求。海上升压变电站至陆上集控中心应设置双套光通信设备作为主要传输通道，宜配置卫星通信作为备用通信传输通道。

6.5.2 宜配置 1 套语音电话系统。升压变电站内的电话由陆上集控中心放号，经光通信工作站转发，实现海上升压变电站内通信及对外通信。

6.5.3 应配置甚高频调频（VHF - FM）船用无线电和便携式无线电话，用于海上升压变电站与船舶、各风电机组之间作业人员之间的语音通信。海上升压变电站应配置双向无线对讲机、搜救雷达应答器（SART）、应急无线电示位标（EPIRB）、个人位置示位标（PLB）、航行警告接收机（NAVTEX）、单边带无线电台（SSB）及海事卫星通信手机，作为海上应急通信。

6.5.4 有直升机起降要求的海上升压变电站，应根据直升机通信要求配置 1 套甚高频调幅（VHF - AM）无线电系统、一台全向中波无线电导航信标发射机（NDB）和 1 套气象站。

6.5.5 应设置 2 组 48V 通信电源。通信电源应采用高频开关式稳压稳流电源系统，配置 2 组蓄电池，蓄电池容量应按照事故停电时间 4h 设计。

6.6 二次接线

6.6.1 海上升压变电站应设置 1 套卫星时钟同步定时系统，用于海上升压变电站内设备时钟同步。系统时间信号接收单元应采用主备冗余配置，每套时钟应能接收 GPS 系统与北斗卫星导航系统的时间信号，可切换运行。

6.6.2 风电场与电网的产权分界处应设置关口电能计量点，计量装置配置应符合电力系统关口电能计量装置技术管理规定的要求。

6.6.3 海上升压变电站送出线路、主变压器各侧、集电线路、动态无功补偿设备、站用变、接地变宜配置多功能电度表，可按单表配置，具有双向计量功能、智能仪表串口输出。

6.6.4 电流互感器和电压互感器二次绕组的数量、准确级，应满足测量、计量、继电保护、自动装置的要求。

6.7 二次设备选择及布置

6.7.1 二次设备选择应符合下列要求：

- 1 应能够在无人值守条件下长期安全可靠运行。
- 2 防腐和抗振、抗倾斜性能应能适应海上升压变电站的运行环境。
- 3 宜选用技术成熟、自动化程度高、运行寿命长、少维护的设备。
- 4 在有爆炸危险性的区域，应选用防爆型设备。

6.7.2 二次设备布置应符合下列要求：

- 1 控制室、继保室和通信机房宜合并设置。
- 2 宜设置专用的蓄电池室，蓄电池宜采用支架式结构。
- 3 应按工程最终规模规划布置二次设备，设备布置应遵循功能统一明确、布置简洁紧凑的原则，并宜预留屏位。

7 结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 结构设计应采用荷载抗力系数法 (LRFD)。

7.1.2 桩、导管架以及上部组块的结构柱、梁、斜撑、吊耳等主要受力结构的安全等级应为一級，其余结构安全等级应为二級。一級和二級的结构重要性系数 γ_0 应分别为 1.1 和 1.0。

7.1.3 结构设计使用年限应为 50 年。

7.1.4 抗震设防类别应为标准设防类。对抗震设防烈度为 9 度的海上升压变电站，应进行专门的抗震研究。

7.2 荷载和荷载组合

7.2.1 作用在海上升压变电站结构上的荷载，可分为下列三类：

1 永久荷载，主要包括结构自重、固定设备重、土重、土压力、静水压力。

2 可变荷载，主要包括活荷载、风荷载、雪荷载、冰荷载、波浪荷载、海流荷载、吊车荷载、船舶正常靠泊荷载、直升机正常起降荷载、多遇地震作用。

3 偶然荷载，主要包括船舶意外撞击荷载、直升机意外坠落荷载、短路电动力、罕遇地震作用。

7.2.2 活荷载应包括正常使用条件下的甲板面的设备搬运荷载、设备正常操作荷载、人群荷载。活荷载应按照均布荷载计算，其取值应符合现行行业标准《变电站建筑结构设计技术规程》DL/T 5457 的有关规定。

7.2.3 风荷载、波浪荷载和海流荷载的计算应符合现行行业标准《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——荷载抗力系

数设计法（增补 1）》SY/T 10009 的有关规定。

7.2.4 船舶靠泊和撞击荷载的计算应符合现行行业标准《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——荷载抗力系数设计法（增补 1）》SY/T 10009 的有关规定。

7.2.5 雪荷载、吊车荷载和直升机荷载等荷载的计算应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

7.2.6 海上升压变电站结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按各自的最不利效应组合进行设计，并符合现行行业标准《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——荷载抗力系数设计法（增补 1）》SY/T 10009 的有关规定。

7.3 材 料

7.3.1 海上升压变电站主要受力结构的钢材宜采用 Q235、Q345、Q390、Q420、DH36、EH36、DH40、EH40 等钢材。

7.3.2 海上升压变电站结构用钢材不应采用沸腾钢。

7.3.3 对于钢管桩、导管架、柱、梁、斜撑等主要受力结构及其节点用的钢材，当采用 Q235、Q345、DH36、EH36 钢材时，其质量等级不应低于 B 级，当工作温度低于 0℃ 但高于 -20℃ 时其质量等级不应低于 C 级，当工作温度低于 -20℃ 其质量等级不应低于 D 级；当采用 Q390、Q420、DH40、EH40 钢材时，其质量等级不应低于 C 级，当工作温度低于 0℃ 但高于 -20℃ 时其质量等级不应低于 D 级，当工作温度低于 -20℃ 其质量等级不应低于 E 级。

7.3.4 厚度大于 40mm，以及厚度大于 25mm 且厚度方向受力的钢材宜采用 Z 向性能钢材。

7.3.5 海上升压变电站采用的焊条应符合下列要求：

1 手工焊接采用的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。用于主要受力结构焊接的焊条，宜采用低氢型焊条。

2 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主

体金属力学性能相适用。

7.3.6 海上升压变电站结构连接用的灌浆材料应符合下列要求：

- 1 耐久性和稳定性应适应海洋环境要求。
- 2 抗压、抗拉、抗弯、抗剪和粘结力学性能应符合结构要求。
- 3 抗疲劳性能应符合风压、波流和海冰动力作用的要求。
- 4 应适应海上施工环境要求。
- 5 固化后应无收缩变形。

7.4 主体结构设计

7.4.1 海上升压变电站结构分析的内容应包括结构稳定、强度、刚度及动力性能分析，并应符合下列要求：

1 所选取的分析模型应能准确地反映结构中各构件的实际受力情况。

2 结构分析模型应包括所有对结构设计有贡献的构件，应包括构件的截面特性、材料特性，并且能够充分体现结构自重、浮力、稳定性、刚度以及环境载荷特性。

3 结构分析可分为整体分析和细部分析两个步聚。在整体分析模型中结构的各个组成部分可以采用简化的单元进行模拟，整体分析后对受力复杂的部分应进行细部分析，细部分析模型可采用局部模型，细部分析模型的各个部分应包括足够的细节。

7.4.2 海上升压变电站应根据其结构状态的不同，分别进行在位状态分析和施工状态分析。结构在位状态分析时，应建立一个包括上部结构、下部结构、地基共同作用的完整的结构模型；施工分析时，可只建立相应组成部分的模型，并包括临时的施工措施。

7.4.3 海上升压变电站桩土相互作用模型可采用 P-Y 曲线法，P-Y 曲线的参数取值应根据地质勘察和桩基试验成果进行调整。

7.4.4 海上升压变电站的永久荷载、波浪荷载、海流荷载及动力计算时，应计入海生物附着的影响。

7.4.5 海上升压变电站桩、导管架的主要结构构件应进行疲劳设计。

7.4.6 抗震设防烈度为 6 度及以上海上升压变电站应进行水平地震作用计算，抗震设防烈度为 8 度及以上海上升压变电站还应计算竖向地震作用。

7.4.7 海上升压变电站的地震分析可采用振型分解反应谱法或时程分析法。

7.4.8 海上升压变电站上部组块与基础的连接，应满足长期运行条件下的结构安全要求。连接方式应便于现场施工，可采用灌浆、焊接、螺栓等方式连接。

7.4.9 海上升压变电站上部组块与基础采用灌浆连接时，灌浆段长度不应小于连接构件直径的 1.5 倍，灌浆环形空间的间隙不宜小于 50mm。

7.4.10 在位分析时应计入基础泥面可能发生的冲刷的影响。当不设置冲刷防护设施时，结构分析应计入极限冲刷深度的影响，极限冲刷深度可根据泥沙数值模型计算或局部物理模型模拟分析。

7.5 防 腐 蚀 设 计

7.5.1 海上升压变电站主要结构的防腐设计年限不宜小于 25 年。

7.5.2 海上升压变电站在大气区可采用满足 C5 - M 腐蚀性环境要求的防腐涂层进行防护；在浪溅区、水位变动区、水下区可采用满足 Im2 腐蚀性环境要求的防腐涂层结合牺牲阳极进行防护；在泥下区可采用牺牲阳极进行防护。

7.5.3 主要结构构件应预留一定的腐蚀裕量。腐蚀裕量不应小于海上升压变电站结构设计使用年限内的预计腐蚀量，不同部位

的结构构件的腐蚀裕量宜符合下列规定：

- 1 大气区、水下区的单侧腐蚀裕量不宜小于 3mm。
- 2 浪溅区、水位变动区的单侧腐蚀裕量不宜小于 6mm。
- 3 泥下区的单侧腐蚀裕量不宜小于 2mm。

7.6 附属设施设计

7.6.1 电缆套管的布设应结合海缆进出线走向、海上升压变电站的基础型式、上部组块电缆桥架布置、海缆进出线位置等因素确定。

7.6.2 电缆套管的内径宜为海缆外径的 1.5 倍~2.0 倍。

7.6.3 海上升压变电站靠船设施应按照满足风电场运维船日常巡检靠泊的要求设计。当无风电场运维船资料时，对于离岸距离不超过 30km 的海上风电场可按照不超过 300t 的海船进行设计，对于离岸距离超过 30km 的海上风电场可按照不超过 500t 的海船进行设计。

7.6.4 靠船部位应设置橡胶护舷，橡胶护舷的规格应根据有效撞击能量计算。船舶靠泊时的撞击力标准值应根据船舶有效撞击能量、橡胶护舷性能曲线和靠船结构的刚度确定。

7.6.5 海上升压变电站直升机平台的设计应符合海上直升机平台的相关规定。

7.7 监测设计

7.7.1 海上升压变电站内应设置监测设施，监测项目应主要包括下列内容：

- 1 海上升压变电站运输、安装、运行期间的结构变形、应力、振动监测。
- 2 海上升压变电站运行期间不均匀沉降监测。
- 3 海上升压变电站运输、安装期间上部组块的倾斜、冲击监测。

7.7.2 海上升压变电站运行期监测系统应符合下列要求：

- 1** 数据应能实时传输至陆上集控中心的控制室。
- 2** 监测数据通信协议应使用公开、通用的行业协议。

7.8 甲板和舱壁设计

7.8.1 海上升压变电站的甲板、舱壁等围护结构，除应满足结构强度外，还应满足防火隔热的要求。

7.8.2 海上升压变电站的甲板厚度不宜小于 6mm。甲板敷料可采用乳胶水泥地板、耐火橡胶地板、防静电架空地板、耐酸地板，蓄电池室宜优先采用耐酸地板，中控、继保室宜优先采用防静电架空地板，开关室宜优先采用耐火橡胶地板。

7.8.3 海上升压变电站舱壁的厚度不宜小于 5mm。舱壁的隔热材料应满足防火隔热的要求。舱壁的内饰材料应为不燃烧材料，可采用彩钢板、镀锌钢板、不锈钢板、复合岩棉板。

7.8.4 海上升压变电站门窗的防火等级不应低于相应舱壁的防火等级。外门、外窗应采用风雨密门或风雨密窗。

8 给 排 水 设 计

8.0.1 应对各类给排水设备、管道进行全面规划和综合平衡，并通过工程措施节约用水。

8.0.2 海上升压变电站给水可采用海水淡化、供给船供水或雨水收集等方式。

8.0.3 海上升压变电站污废水经处理后的排放指标应符合现行国家标准《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》GB 4914 的有关规定。

8.0.4 排水管道宜采用耐腐蚀的塑料管或金属管。

8.0.5 室内给排水管道不应在生产设备、配电柜上方通过。

8.0.6 当给排水管道外表面可能结露时，应根据舱室性质和使用要求，采用防结露措施。当给排水管道可能结冻时，应采用相应的防冻措施。

8.0.7 应采取措施防止变压器油、柴油及其他含油水进入海洋，海上升压变电站内应设置事故油收集装置，事故油收集装置应具有油水分离功能，其容量应满足最大 1 台主变压器的排油量。事故油排油管道应设有水封，水封高度不应小于 250mm。

8.0.8 给水系统采用的设备、管路及附件均应能适应所在区域的海洋环境。所有的设备应做好固定，应具有抗倾斜、抗振动的能力，管路宜采用焊接方式连接。

8.0.9 海上升压变电站补水接头应采用国际通岸接头。

9 消 防 设 计

9.1 防 火 分 隔

9.1.1 海上升压变电站不同功能舱室之间的舱壁、甲板均应设置耐火分隔。

9.1.2 耐火分隔的设置，应符合下列要求：

- 1 用耐火分隔将海上升压变电站分隔成若干个区域。
- 2 根据处所的特点和对安全的重要程度，合理设置不同等级的耐火分隔。

3 耐火分隔上的所有门、窗及其他孔洞的设置，不应削弱其耐火性能。

9.1.3 海上升压变电站的耐火分隔可分为 A 级、B 级和 C 级，其耐火性能应满足本规范附录 A 的规定。

9.1.4 海上升压变电站各部位火灾危险性分类，应符合表 9.1.4 的规定。

表 9.1.4 海上升压变电站火灾危险性类别

| 类别 | 处 所 名 称 | 部 位 |
|----|--------------|-------------------------------------|
| ① | 火灾危险性较大的设备处所 | 主变压器室、柴油机房、柴油油罐室、电抗器室、事故油箱、电缆室、电缆井 |
| ② | 其他设备处所 | 开关室、配电盘室、GIS 室、动态无功补偿装置室、蓄电池室、辅机设备室 |
| ③ | 控制室 | 中控室、继保室、通信机房、无线电室 |
| ④ | 失火危险较小的服务处所 | 卫生间、洗衣间、救生设备间、没有储藏易燃材料的储藏室 |
| ⑤ | 楼梯、走廊 | 楼梯、走廊 |
| ⑥ | 开敞甲板 | 指露天甲板 |

9.1.5 海上升压变电站相邻处所间舱壁的耐火分隔等级，不应低于表 9.1.5 的规定要求。

表 9.1.5 海上升压变电站相邻处所间舱壁的耐火分隔要求

| 处 所 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
|---------------|------|------|------|------|------|-----|
| ①火灾危险性较大的设备处所 | A-60 | A-60 | A-60 | A-60 | A-60 | A-0 |
| ②其他设备处所 | | A-0 | A-15 | A-0 | A-0 | A-0 |
| ③控制室 | | | A-0 | A-15 | A-0 | A-0 |
| ④失火危险较小的服务处所 | | | | C | A-0 | A-0 |
| ⑤楼梯、走廊 | | | | | C | C |
| ⑥开敞甲板 | | | | | | C |

9.1.6 海上升压变电站相邻处所间楼板的耐火分隔等级，不应低于表 9.1.6 的规定要求。

表 9.1.6 海上升压变电站相邻处所间楼板的耐火分隔要求

| 上层处所 下层处所 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| ①火灾危险性较大的设备处所 | A-60 | A-60 | A-60 | A-60 | A-60 | A-60 |
| ②其他设备处所 | A-0 | A-0 | A-15 | A-0 | A-60 | A-0 |
| ③控制室 | A-0 | A-0 | A-15 | A-0 | A-60 | A-0 |
| ④失火危险较小的服务处所 | A-0 | A-0 | A-15 | A-0 | A-0 | A-0 |
| ⑤楼梯、走廊 | A-0 | A-0 | A-0 | A-0 | A-0 | A-0 |
| ⑥开敞甲板 | A-0 | A-0 | A-0 | A-0 | A-0 | A-0 |

9.2 消防设施

9.2.1 海上升压变电站下列区域应设自动灭火设施：

- 1 主变室、柴油机房、柴油油罐室、电抗器室。
- 2 开关柜室、GIS 室、通信继保室、蓄电池室、低压配电室。

3 避难室。

4 直升机平台。

9.2.2 消防用水宜由消防水箱供给。

9.2.3 灭火系统应简单、安全可靠、维护工作量少、自动化程度高，消防水泵应考虑备用设计。

9.2.4 海上升压变电站灭火系统的选择应考虑灭火效率、灭火剂的更换周期及对环境、人员、设备的安全性等因素。

9.2.5 海上升压变电站灭火系统选择宜符合表 9.2.5 的规定。

表 9.2.5 海上升压变电站灭火系统选择

| 序号 | 区 域 | 适宜的灭火系统 |
|----|-----------------------------|----------------|
| 1 | 所有区域 | 各种类型的灭火器 |
| 2 | 主变室、柴油机房、柴油油罐室、电抗器室 | 细水雾灭火系统或泡沫灭火系统 |
| 3 | 开关柜室、GIS 室、通信继保室、蓄电池室、低压配电室 | 细水雾灭火系统或气体灭火系统 |
| 4 | 避难室 | 细水雾灭火系统 |
| 5 | 直升机平台 | 消防水炮或泡沫系统 |

9.2.6 细水雾灭火系统应满足下列要求：

1 细水雾灭火系统宜采用喷头工作压力不小于 10MPa 的高压细水雾灭火系统。

2 设备区宜采用开式灭火系统。

3 设计参数可根据现行国家标准《细水雾灭火系统技术规范》GB 50898 的有关规定选用，现行国家标准《细水雾灭火系统技术规范》GB 50898 未有规定时宜根据火灾模拟试验确定。

4 对主变压器的防护喷头宜采用分层布置。

5 设计喷雾时间为 30min，开式系统的响应时间不应大于 30s。闭式系统的配水管道充水时间不宜大于 2min。

6 设有高压细水雾灭火系统的海上升压变电站宜在每层设

置细水雾喷枪。

9.2.7 气体灭火系统应满足下列要求：

- 1 对电气盘柜优先选用电探管式探火灭火系统。
- 2 不得使用卤化烃灭火系统，严禁使用可释放危及人身安全的毒性气体的灭火剂。
- 3 不宜使用对设备造成二次伤害的灭火剂。
- 4 灭火剂应根据使用条件、维护频率设置必要的备用量。对于灭火系统的储存装置在 72h 内不能重装恢复运行的，其灭火剂应按系统原储存量的 100% 设置备用量。

9.2.8 泡沫灭火系统应符合现行国家标准《泡沫灭火系统设计规范》GB 50151 的有关规定，应优先选用寿命长，更换方便的泡沫灭火剂。

9.2.9 直升机平台及附近配备和存放的消防设施应符合下列规定：

- 1 配备总容量不少于 45kg 的干粉灭火器。
- 2 配备总容量不少于 18kg 的二氧化碳灭火器或等效设备。
- 3 对于设有消防水系统的海上升压变电站，在直升甲板的两侧各设置一个消防软管站和水/泡沫两用炮式喷射器，保证上述设备在任何情况下足以喷射到直升机平台的任何部位。
- 4 配备 1 套固定式泡沫灭火系统，其能力按不少于 $6\text{L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 配置，喷洒泡沫液时间至少 10min，其防护面积为以直升机总长为直径的圆面积。
- 5 在寒冷地区对泡沫液应采用防冻措施。

9.2.10 海上升压变电站灭火器布置，应满足下列要求：

- 1 灭火器应布置在受火灾损坏的可能性最小的位置。
- 2 各层甲板应根据具体情况配置手提式灭火器，其布置应使从甲板任何一点到达灭火器的步行距离不大于 10m。灭火器的数量至少为 2 具。
- 3 在有潜在着火可能性的每层甲板上，距离楼梯 3.0m 范

围内应设置 2 具干粉灭火器。

4 在电气设备集中布置的封闭区域应设置 1 具二氧化碳灭火器。

5 每台吊机或其附近应设置 2 具干粉灭火器。

9.2.11 海上升压变电站灭火器安装，应满足下列要求：

1 应保证在一旦着火时人员易于到达和随时使用。

2 灭火器应安装在人员可以看得见并不受阻碍的地方。

3 手提式灭火器应安装在箱体或托架上，灭火器底部与甲板间应有足够距离，以防止盐水腐蚀。

9.2.12 海上升压站消防员装备配置，应满足下列规定：

1 海上升压站宜配备不少于两套消防员装备箱。如配备直升机平台，则其中一套装备应设置于靠近直升机平台的位置，并应备有一根带金属钩、长 3m 的钩杆。

2 每套消防员装备应包括防护服、消防靴、手套、头盔、有绝缘木柄的消防斧、能连续使用 3h 的手提式安全灯以及 30min 自持式空气呼吸器各 1 套。

9.2.13 所有设备、管路及附件均应能适应所在海域的海洋环境。所有的设备应做好固定，应具有抗倾斜、抗振动的能力。管路宜采用焊接方式连接。

9.3 电气防火

9.3.1 海上升压变电站所有的电缆应采取“封”、“堵”、“隔”等防火技术措施。

9.3.2 电缆穿越舱壁或甲板处及电缆进入柜体、配电箱处，应采用耐火材料封堵，其耐火等级应与被穿越部位围护结构的耐火等级相同。

9.4 火灾报警及消防广播系统

9.4.1 火灾自动报警和消防联动系统的设计应符合现行国家标

准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 和《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的有关规定，并应在陆上集控中心远方操作与监视。

9.4.2 应根据火灾部位和燃烧材料的特性，以及探测器的类型、灵敏度和响应时间，选择火灾探测器。

9.4.3 火灾自动报警系统应能与视频监控系统、通风空调监控系统联动。

9.4.4 应设置 1 套消防广播系统，消防广播系统可以与公共广播系统兼用。系统应采用智能网络型，利用风电场内光纤传输网络，在陆上集控中心实现对海上升压变电站内广播的统一管理及控制。

9.4.5 消防广播系统的设计应符合现行国家标准《公共广播系统工程技术规范》GB 50526 和《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 的有关规定。

9.5 通风管道防火

9.5.1 通风管道在下列部位应设置防火阀：

- 1 穿越防火分隔处。
- 2 穿越通风、空气调节机房的舱壁和甲板处。
- 3 穿越重要的或火灾危险性大的舱壁和甲板处。

9.5.2 通风和空气调节系统的通风管道宜采用不锈钢材料。

9.5.3 通风设备和通风管道的绝热材料、消声材料及其粘结剂，宜采用不燃材料。

10 供暖、通风与空气调节设计

10.1 一般规定

10.1.1 海上升压变电站的供暖、通风与空气调节设计方案，应根据其用途与功能、使用要求、冷热负荷特点、环境条件，结合国家有关安全、节能、环保、卫生的规定，通过经济技术比较确定。

10.1.2 供暖、通风与空气调节系统，应设有设备、管道及配件所需的安装、操作和维修的空间。对大型设备及管道应提供运输和吊装的条件或设置运输通道和起吊设施。

10.1.3 供暖、通风与空气调节的系统应满足施工、运行、维护的要求。

10.1.4 系统应简单、安全可靠、维护工作量少、自动化程度高，重要设备舱室应考虑冗余设计。

10.1.5 进入舱室的室外空气应进行除盐雾和除湿处理，设备舱室应维持正压，防止室外海风侵入。

10.1.6 应尽量减少或避免使用淡水。

10.1.7 除空气调节凝结水管外，其他水管不宜进入电气设备舱室。

10.2 室内外空气参数

10.2.1 室外空气参数应采用工程所在海域的气象资料。

10.2.2 室内空气的设计温度和湿度宜符合表 10.2.2 的规定。

表 10.2.2 室内空气的设计温度和湿度

| 舱室名称 | 温度 (°C) | 相对湿度 (%) |
|------|---------|----------|
| 蓄电池室 | 15~30 | ≤70 |

续表 10.2.2

| 舱室名称 | 温度 (°C) | 相对湿度 (%) |
|-----------|---------|----------|
| 柴油机房 | 5~35 | ≤70 |
| 消防泵房 | 5~35 | ≤70 |
| 应急配电室 | 5~35 | ≤70 |
| 主配电盘室 | 5~35 | ≤70 |
| 通信继保室、控制室 | 19~25 | 30~65 |
| 主变室 | 5~40 | ≤70 |
| 开关柜室 | 5~35 | ≤70 |
| SVG 室 | 5~35 | ≤70 |
| GIS 室 | 5~35 | ≤70 |
| 通风机房 | 5~35 | ≤70 |

10.3 供 暖

10.3.1 供暖方式宜采用分散电采暖，供暖装置应设置温控装置。

10.3.2 蓄电池室应采用防爆型的供暖装置。

10.3.3 设置在风管上的电加热器应设无风断电保护、过流和接地保护。

10.4 通 风

10.4.1 六氟化硫绝缘设备的舱室、蓄电池室、柴油发电机房等存在大量余热余湿、有害物质的舱室，应采用通风措施，并设置平时通风和事故通风。

10.4.2 采用机械通风时，应采用正压通风方式，并应符合下列规定：

- 1 室外空气在进入室内前应先进行盐雾过滤处理。
- 2 最小通风量应满足维持舱室设计正压值的需要。

3 舱室正压值宜为 30Pa~50Pa。有易燃易爆气体或有危害气体的舱室，其正压值应低于相邻舱室至少 5Pa。

4 设置在有易燃易爆气体舱室的泄压装置不宜采用电动控制方式。

5 送风机的压力应能满足克服过滤器达到设计终阻力时的系统阻力。

6 送风机的电动机宜采用变频控制。

7 泄压装置宜位于距送风口最远处。

10.4.3 有六氟化硫绝缘设备的舱室空气中六氟化硫的含量不得超过 6000mg/m³，舱室平时的通风换气次数不应少于每小时 2 次，排风口应设置在室内下部，距离甲板面不应大于 300mm。事故时的通风换气次数不应少于每小时 4 次，事故排风口应设置在舱室的下部和上部。

10.4.4 蓄电池室平时的通风换气次数不应少于每小时 3 次，事故时的通风换气次数不应少于每小时 6 次，排风口应设置在舱室的上部。通风机应采用防爆型。

10.4.5 对所有电气设备室应设置火灾后排风系统，排风机不宜布置在电气设备室内。

10.4.6 设在外墙上的进风口与排风口的距离不应小于 4.5m，空气进风口应尽量朝向主导风向。

10.5 空气调节

10.5.1 符合下列条件之一时，应设置空气调节系统：

1 控制室、继保室和其他对室内空气温湿度有较严格要求的舱室。

2 当夏季采用通风方式达不到本规范第 10.2.2 条规定的室内空气温、湿度要求，或经技术经济比较设置空气调节系统较为合理时。

10.5.2 各设备舱室宜采用分散式空气调节系统，空气调节器宜

采用直接蒸发式。

10.5.3 对主变室、通信继保室、控制室、SVG 室和开关柜室及其他发热量较大的舱室，其空气调节器的数量宜考虑 100% 备用。

10.5.4 新风除湿机宜采用风冷调温型，其数量宜考虑 100% 备用。

10.6 绝热、防腐和消声隔振

10.6.1 空气调节风管、新风管、冷媒管、空气调节凝结水管，应做绝热和防结露保护。

10.6.2 设置在有易燃易爆气体舱室的空气调节器和通风机，均应满足该类场所防爆等级的要求。

10.6.3 通风与空气调节系统产生的噪声，当自然衰减达不到允许噪声标准时，应设置消声设备或采取其他消声措施。

10.6.4 有振动的设备靠自然衰减不能达标时，应采用隔振器或其他隔振措施。

11 逃生与救生设施设计

11.1 脱险通道

11.1.1 脱险通道的设置应符合下列规定：

1 当海上升压变电站局部区域层数不超过 2 层、且单层面积不超过 200m^2 时，该区域内可只设一个脱险通道，除此外的区域均应至少设有 2 个脱险通道。

2 用作脱险通道的楼梯，斜度不应陡于 45° ，宽度不应小于 900mm。踏步板应为防滑型，楼梯两侧应设有安全扶手，扶手高度不应小于 900mm。如梯段总长度超过 8m 时，在中途应设置休息平台。

3 用作脱险通道的走廊，其净宽度不应小于 1.0m。只有一端通往楼梯的袋形走廊的长度不应超过 20m。

4 每个脱险通道应便于通过并且没有障碍，沿通道的所有出口门向逃生方向开启。

11.1.2 海上升压变电站用于逃生的门的净宽度不应小于 700mm。面积超过 120m^2 的设备舱室，应设置两个逃生门，两个逃生门之间的距离不应小于 5m。

11.1.3 升降机不应作为脱险通道。

11.1.4 海上升压变电站应设置逃生集合站，集合站的设置应符合下列要求：

1 集合站应设在紧靠救生筏登乘站的地方。

2 集合站应设置在甲板上的无障碍场地，以容纳该站集合的所有人员，人均面积不少于 0.35m^2 。

3 集合站应设置由应急电源照明系统提供的足够照明。

11.2 标记和警示牌

11.2.1 脱险通道应在包括拐弯和交叉处的所有各点，用位于甲板面以上高度不超过 300mm 的照明或荧光条指示装置予以标识。脱险标识应使人员能够辨认脱险通道并易于识别脱险出口。脱险标识采用照明时，应由应急电源供电，并应考虑任何单个灯的故障或切除不会导致标示的整体失效。

11.2.2 所有高压设备附近，均应设有危险警示牌。

11.2.3 脱险通道、集合站应有明显标志。

11.3 逃生与救生设备

11.3.1 海上升压变电站应配备至少 12 人的气胀式救生筏。气胀式救生筏的制造应符合相关规定并经发证检验机构认可，气胀式救生筏的设置应满足下列要求：

1 气胀式救生筏应尽可能沿平台甲板边缘布置。

2 气胀式救生筏及其存放容器应存放在刚性固定式筏架上并加以固定，应急时能迅速地将救生筏抛落到水面。

3 气胀式救生筏的充气拉索长度应为从其最高存放位置到最低天文潮位水面之间高度的 1.5 倍，且不应小于 30m。

4 应根据救生筏的存放位置，在尽量接近水面的甲板边缘设置绳梯或其他等效的登乘装置。

11.3.2 平台上应配备足够的救生圈，救生圈应符合相关规定并经发证检验机构认可，救生圈的设置应满足下列要求：

1 应至少配备 2 个带自亮浮灯的救生圈，4 个带自亮浮灯和自发烟雾信号的救生圈。每个带自亮浮灯和自发烟雾信号的救生圈应配备一根可浮救生索，可浮救生索的长度应为从救生圈的存放位置至最低天文潮位水面高度的 1.5 倍，并不应小于 30m。

2 平台救生圈应沿甲板的各边缘合理布置。

3 救生圈应存放在人员易于到达的支架上，应能随时取用，

不得永久固定。

11.3.3 平台上应配备足够的救生衣，救生衣应符合相关规定并经发证检验机构认可，救生衣的设置应满足下列要求：

1 应至少按定员 12 人配备救生衣，救生衣的数量为定员人数的 210%，其中避难室内配备 100%，逃生集合站附近配备 100%，平台工作区内配备 10%。

2 工作区内配备的救生衣应存放在干燥、安全的柜内，该柜应位于易到达的地方，并有识别的标记。

3 寒冷地区的平台上应至少配备 12 套保温救生服。

11.3.4 平台上应配备 1 套抛绳设备，抛绳设备应存放在易于到达的地方，并随时可用。

12 施工组织设计

12.1 一般规定

12.1.1 施工组织设计应根据工程地形、地质、海洋水文、气象条件、风电场布置和升压变电站结构特点，比选研究并提出施工交通运输、主体工程施工、施工总布置、施工总进度及施工安全措施等方案。

12.1.2 施工组织设计的编制原则应符合下列要求：

1 施工方案应因地制宜、安全可靠、技术先进，施工工期合理可行，施工干扰小。

2 应统筹安排、综合平衡、妥善协调土建与安装施工。

3 先陆上后海上、先水上后水下。

4 合理推广新技术、新材料、新工艺和新设备。

12.1.3 施工组织设计依据的基本资料应主要包括：

1 国家和工程所在地区有关海上风电场建设的法规 and 规定。

2 海洋、海事及其他有关主管部门、建设单位对工程建设的要求。

3 工程海域的海洋水文、气象、地形、地质等自然条件。

4 交通运输条件及港口码头、航线等近期发展规划。

5 建造加工企业的能力及施工船机设备供应条件。

6 升压变电站布置、结构参数对施工的要求。

12.1.4 施工方案和施工机械设备的选择应考虑施工期间的海洋环境保护和生态保护，减小对海洋环境和海洋生态的影响。

12.1.5 施工组织设计应符合国家现行标准《海上风力发电工程施工规范》GB/T 50571 和《海上风电场工程施工组织设计技术规定》NB/T 31033 的有关规定。

12.2 施工交通运输

12.2.1 应结合海上升压变电站尺寸和重量、陆上建造基地的港口或码头布置和出运条件、运输航线及风电场海域的海洋水文、气象条件，比选确定合理的交通运输路线和船机设备配置。

12.2.2 应根据运输航线上的海洋水文、气象条件，升压变电站的尺寸重量及装船方式，对运输船舶进行稳性分析，并满足运输过程中的安全要求。

12.2.3 应根据升压变电站的运输和装船方式，对升压变电站进行临时加固和固定。

12.3 主体工程施工

12.3.1 海上升压变电站的上部组块，宜在陆上完成全部设备安装、调试后，整体运输至海上升压变电站站址安装就位。

12.3.2 上部组块建造和电气设备安装交叉进行时，应根据电气设备布置情况，研究结构建造与主要设备的安装工序要求，减少作业交叉和相互干扰。

12.3.3 海上升压变电站的陆上建造基地应满足升压变电站结构制作、涂装、设备安装、调试的要求。

12.3.4 海上升压变电站陆上建造完成后，可通过滑移或吊装两种方式装船。建造基地的码头应满足海上升压变电站上部组块整体出运的条件。

12.3.5 应根据升压变电站尺寸、重量，经过技术经济比选分析后确定主要的施工船机设备配置。

12.3.6 海上升压变电站的桩基施工应符合下列要求：

1 钢管桩宜在陆上工厂内整根加工制作。

2 应根据海床地质条件、桩型、桩身结构强度、桩的承载力和锤的性能，并结合施工经验试沉桩或试桩情况综合分析确定打桩的桩锤。

12.3.7 海上升压变电站的导管架施工应符合下列要求：

- 1 应根据导管架的结构参数，选用合适的导管架安装设备。
- 2 导管架安装前，应对泥面进行平整和加固处理，保证导管架安装平整、牢固。
- 3 应根据导管架和桩的结构参数、地质条件、海况条件及桩锤设备性能，做好导管架的临时固定和防沉、防倾斜措施，保证顺利沉桩，并且沉桩过程中导管架不发生大的变形。
- 4 应做好沉桩过程中的导管架的纠偏措施，保证导管架的安装精度。

12.3.8 海上升压变电站的海上安装，应符合下列要求：

- 1 应根据上部组块的尺寸、重量，选用合适的安装设备。
- 2 安装前，应对基础进行复测，保证基础的平面尺寸和平整度符合要求。
- 3 应选择合适的海况条件开展安装作业，并采取措施减少安装时对上部组块的冲击。
- 4 上部组块安装并调平后，应尽快完成上部组块与基础的连接。

12.3.9 海上升压变电站可采用吊装或浮托法安装的方式。采用浮托法安装时，上部组块布置、基础尺寸应根据浮托的驳船的船型进行设计。

12.3.10 海上升压变电站的海上安装，宜同时满足下列环境条件：

- 1 风速不大于 10m/s。
- 2 浪高不大于 1.5m。
- 3 流速不大于 0.7m/s。

12.4 施工总布置

12.4.1 施工总布置应结合场区周边的岸线条件、交通运输条件、建造企业的生产能力，比选确定施工总布置方案。

12.4.2 陆上建造施工场地布置应与建造企业既有的施工设施相结合，建造企业的钢结构加工能力、电气设备安装能力、建造场地面积和出运码头条件等施工条件应符合海上升压变电站的建造要求。

12.4.3 海上升压变电站的预制区、组装区应分区明确，避免施工干扰，场地应能满足各类吊机在全负荷及全旋转作业下的承载要求。

12.4.4 海上升压变电站的组装区域布置应考虑组块出运方式，滑移装船方式，滑道布置应符合相关滑道块摆放技术要求。

12.5 施工总进度

12.5.1 施工总进度编制应遵循下列原则：

1 施工总进度编制应考虑工程建设条件和要求，合理安排施工程序。

2 对非关键线路上的施工项目，其施工程序应前后兼顾，合理衔接，减少干扰，力求施工均衡。

3 应考虑海上升压变电站建造、安装的合理周期。

12.5.2 施工总进度安排，应充分考虑海洋气象、地质、潮汐、波浪、海流、海冰、台风以及施工作业船舶的适应性等因素。

12.5.3 施工总进度的表现形式可采用横道图或网络图，应明确控制工程总工期的关键线路。

附录 A 海上升压变电站的耐火分隔

表 A 海上升压变电站耐火分隔性能要求

| 耐火级别 | 材 料 要 求 | 耐火时间要求 | 隔 热 要 求 |
|--------|--|----------------------------|---|
| A - 60 | 主材应以钢或其他等效材料制造，并具有足够的刚度。 隔热材料采用耐火材料 | 应在 1h 的标准耐火试验下，能防止烟及火焰通过 | 标准耐火试验下，60min 后背火面平均温升不超过 139℃，且任何一点的温升不超过 180℃ |
| A - 30 | | | 标准耐火试验下，30min 后背火面平均温升不超过 139℃，且任何一点的温升不超过 180℃ |
| A - 15 | | | 标准耐火试验下，15min 后背火面平均温升不超过 139℃，且任何一点的温升不超过 180℃ |
| A - 0 | | | — |
| B - 15 | — | 应在 0.5h 的标准耐火试验下，能防止烟及火焰通过 | 标准耐火试验下，15min 后背火面平均温升不超过 139℃，且任何一点的温升不超过 225℃ |
| B - 0 | | | — |
| C | 不满足上述规定但由耐火材料组成的其他分隔 | | |

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

- 《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》GB 4914
《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T 14285
《风电场接入电力系统技术规定》GB/T 19963
《35kV~110kV 变电站设计规范》GB 50059
《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116
《泡沫灭火系统设计规范》GB 50151
《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229
《安全防范工程技术规范》GB 50348
《公共广播系统工程技术规范》GB 50526
《海上风力发电工程施工规范》GB/T 50571
《细水雾灭火系统技术规范》GB 50898
《海上风电场工程施工组织设计技术规定》NB/T 31033
《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044
《35kV~220kV 无人值班变电站设计技术规程》DL/T 5103
《220kV~500kV 变电所计算机监控系统设计技术规程》
DL/T 5149
《220kV~750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218
《电力系统设计技术规程》DL/T 5429
《变电站建筑结构设计技术规程》DL/T 5457
《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——荷载抗力
系数设计法（增补 1）》SY/T 10009

中华人民共和国能源行业标准

风电场工程 110kV~220kV
海上升压变电站设计规范

NB/T 31115—2017

条 文 说 明

制 定 说 明

《风电场工程 110kV～220kV 海上升压变电站设计规范》NB/T 31115—2017，经国家能源局 2017 年 11 月 15 日以第 10 号公告批准发布。

本规范制定过程中，编制组在广泛调查、深入研究的基础上，吸收了国外海上升压变电站的建设经验，总结了我国近年来在海上升压变电站方面所取得的科技成果及实践经验，并向有关单位征求了意见。

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，《风电场工程 110kV～220kV 海上升压变电站设计规范》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项进行了说明。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

| | | |
|-----|---------------|----|
| 3 | 基本规定 | 49 |
| 4 | 总体布置 | 50 |
| 5 | 电气一次设计 | 52 |
| 5.1 | 电气主接线 | 52 |
| 5.2 | 设备选择 | 52 |
| 5.3 | 过电压保护及绝缘配合、接地 | 53 |
| 5.4 | 站用电 | 53 |
| 5.5 | 应急电源 | 54 |
| 5.6 | 照明和导航 | 54 |
| 5.7 | 电缆选择和敷设 | 54 |
| 5.8 | 主要电气设备布置 | 55 |
| 6 | 电气二次设计 | 56 |
| 6.1 | 计算机监控系统 | 56 |
| 6.2 | 继电保护及安全自动装置 | 57 |
| 6.3 | 直流电源及交流不停电电源 | 57 |
| 6.4 | 视频监控与安全防范 | 58 |
| 6.5 | 通信系统 | 58 |
| 6.6 | 二次接线 | 59 |
| 6.7 | 二次设备选择及布置 | 59 |
| 7 | 结构设计 | 60 |
| 7.1 | 一般规定 | 60 |
| 7.2 | 荷载和荷载组合 | 61 |
| 7.3 | 材料 | 61 |
| 7.4 | 主体结构设计 | 61 |
| 7.5 | 防腐蚀设计 | 62 |

| | | |
|------|--------------------|----|
| 7.6 | 附属设施设计 | 62 |
| 7.7 | 监测设计 | 63 |
| 7.8 | 甲板和舱壁设计 | 63 |
| 8 | 给排水设计 | 64 |
| 9 | 消防设计 | 65 |
| 9.1 | 防火分隔 | 65 |
| 9.2 | 消防设施 | 65 |
| 9.4 | 火灾报警及消防广播系统 | 67 |
| 10 | 供暖、通风与空气调节设计 | 68 |
| 10.1 | 一般规定 | 68 |
| 10.2 | 室内外空气参数 | 68 |
| 10.3 | 供暖 | 69 |
| 10.4 | 通风 | 69 |
| 10.5 | 空气调节 | 69 |
| 11 | 逃生与救生设施设计 | 71 |
| 11.1 | 脱险通道 | 71 |
| 11.2 | 标记和警示牌 | 71 |
| 11.3 | 逃生与救生设备 | 71 |
| 12 | 施工组织设计 | 73 |
| 12.2 | 施工交通运输 | 73 |
| 12.3 | 主体工程施工 | 73 |
| 12.4 | 施工总布置 | 74 |
| 12.5 | 施工总进度 | 74 |

3 基本规定

3.0.2~3.0.3 由于海上施工的不便利性，海上升压变电站一般做成整体式的，导致海上升压变电站扩建困难，因此海上升压变电站宜一次性建成。对于分期建设的风电场，当各期风电场接入同一座海上升压变电站时，海上升压变电站土建结构应一次性建成，后期的设备有条件时也尽可能一次性建成，若后期设备暂不上的，应预留设备联络接口。

3.0.4 因海上升压变电站的建设成本较陆上升压变电站高数倍，且海上升压变电站的检修、维护工作困难，当海上风电场离岸较近时，应优先考虑采用陆上升压变电站的方案。但当海上风电场离岸较远，用场内集电线路直接登陆带来的集电线路的投资增加和电能损耗增加，大于设置海上升压变电站的投资时，可考虑采用海上升压变电站。陆上或海上升压变电站的选择，与风电场离岸距离、规模、送出电压等级等因素有关，需进行综合的经济技术比较，按照国内外已建项目的经验，当离岸距离小于 10km 时，一般建设陆上升压变电站较为经济，当离岸距离超过 15km 时，建设海上升压变电站较为经济。

3.0.5 因海上升压变电站远离大陆，维护检修困难且费用高、时间长，为保证海上升压变电站顺利运行，无论是否设置有生活平台，海上升压变电站均应按“无人值守”方式设计。

4 总体布置

4.0.1 海上升压变电站站址选择，需综合考虑风电场布置、现场地形地质条件、海洋水文条件、送出海缆路由等因素，经经济技术比较后确定。从减少集电线路电缆、送出电缆的长度及损耗角度，海上升压变电站应尽可能位于风电场的负荷中心，并靠近送出海缆的登陆点。站址不宜选择在活动断层、冲刷严重等区域。若附近地质条件允许，则尽量选择在地质条件较好的区域。站址处应有足够的水深，以满足海上升压变电站上部组块的运输和吊装。站址选择还应考虑运维船靠泊的水深及波浪、海浪条件，直升机的起降条件。

海上升压变电站站址处的水深条件比较重要，决定了海上升压变电站的型式和吊装方式，因此本条专门提出了水深及交通要求。这里的交通要求，包括施工期运输船、吊装船的交通要求，也包括运行期运维船、检修船的交通要求。站址处的水深要求与海上升压变电站的型式和吊装方式有关，当采用模块式时其水深要求较整体式低一些，当采用浮托法安装时其水深要求也较吊装方式低一些。

4.0.2 海上升压变电站布置的总体思想是“紧凑”，最大限度的减小尺寸和重量，便于上部组块的建造和安装，节省工程投资。

4.0.3 “先陆上后海上”“先水上后水下”的原则，是海洋工程施工的基本原则。因海上施工、水下施工的费用高、风险大，应尽量避免或减少海上施工和水下施工的作业环节。

4.0.4~4.0.5 提出了海上升压变电站为无人驻守平台的原则要求。无人驻守平台允许运维人员必要时进入海上升压变电站内进行巡视和检修，但不允许运维人员在海上升压变电站内住宿。不设置生活平台的海上升压变电站内应设置避难室，避难室内配备

有必要的应急救助设施，当运维人员由于海况等原因无法及时撤离海上升压变电站时，可在避难室内得到必要的救助。

当风电场需要有人驻守时，可在海上升压变电站附近设置独立的生活平台，生活平台可为施工期的施工人员、运行期的运维人员提供生活便利。但设置生活平台后的海上升压变电站仍需按照“无人值守”方式设计，海上升压变电站仍按“无人值守”方式运行。生活平台可包括宿舍、食堂、办公室、娱乐室等生活设施和发电机、消防设备、污水处理装置等辅助设施。本标准的适用范围不包括生活平台，生活平台的设计需满足现行海洋石油行业的标准和规定，如《海上固定平台安全规则》、《浅（滩）海钢质固定平台安全规则》SY 5747 等。

4.0.6 本条提出了海上升压变电站的两种基本布置方式：模块式海上升压变电站和整体式海上升压变电站。当水深条件允许时，整体式的布置方式更符合“先陆上后海上”“先水上后水下”的布置原则；当整体式布置受水深、施工装备等条件限制时，也可考虑采用模块式布置。

4.0.7 从国外海上升压变电站运行经验看，海上腐蚀性环境对电气设备的使用寿命影响很大，且海上检修维护的成本高，为保证电气设备长时间的可靠运行，宜采用主要电气设备室内布置的方式。当有些设备确需要室外布置时，则应加强设备自身的防腐性能，且考虑便于维护和更换的措施。

4.0.8 海上升压变电站平台方位的设置，最重要的是进出线顺畅，避免海缆重叠和交叉，这与升压变电站内部高低压设备的布置也有关系，需统一考虑。

4.0.11 海上升压变电站日常维护时设备部件和常规工器具的起吊应考虑由运维吊机完成，对于不常更换的大件设备的起吊，也可考虑用大型浮式起重船的方式解决。

5 电气一次设计

5.1 电气主接线

5.1.1 考虑到海上升压变电站所处环境的特殊性，可达性差，设备故障维护时间长，海上升压变电站的电气接线首先应保证可靠性，保证海上升压变电站运行的安全稳定；其次应考虑灵活性，便于检修和扩建的需要；在满足以上要求的前提下选择较为经济的接线方案。

5.1.2 海上风电场容量一般较常规火电厂或水电站的容量要小，位于系统末端，且负荷重要性一般，故不推荐采用较为复杂的接线型式。

5.1.4 根据电网公司反措的要求，风电场汇集线系统单相故障应快速切除，同时海上风电场集电线路全部采用海底电缆，电容电流较大，推荐采用接地变压器加电阻接地的方式，以限制过电压水平，并能通过相应保护快速切除单相接地故障。

5.1.5 海上风电场无功平衡应首先利用风电机组自身的无功调节能力，然后再配置动态无功补偿装置，根据电网公司反措规定，风电场配置的动态无功补偿装置响应时间应小于 30ms，一般采用 SVG 型的无功补偿装置；该类无功补偿装置目前可靠性还有待提高，在无功及过电压满足要求情况下，从运行维护角度考虑，优先考虑设置在陆上。

5.2 设备选择

5.2.1 海上升压变电站离岸距离较远，一般采用无人值守方式，设备应选择可靠性高、寿命长、故障率低、维护量小、环保型的设备；且考虑到海上环境较为恶劣，设备应尽量布置在室内，同

时设备尺寸和重量应尽量小，减少海上升压变电站平台的面积和造价。

5.2.2 考虑到海上环境条件，主变本体应尽量布置在室内，散热器采用外置的方式，散热器可考虑定期维护或更换。

5.2.3 海上升压变电站要求设备布置紧凑、设备尺寸重量小、可靠性较高，故主变压器高压侧配电装置推荐采用气体绝缘金属封闭开关设备（GIS），主变压器低压侧配电装置推荐采用六氟化硫（SF₆）或氮气（N₂）等气体绝缘金属封闭开关设备或气体绝缘开关柜。

5.3 过电压保护及绝缘配合、接地

5.3.1 海上升压变电站集电线路及送出线路采用海底电缆，海缆充电功率大，应配置适当的过电压保护装置以限制工频过电压和操作过电压。

5.3.2 雷电防护区（LPZ）的划分参照了《建筑防雷设计规范》GB 50057 中第 6.2.1 条的要求，并采取相应的防雷措施。考虑到海上升压站运行特殊性和雷击事故严重性，在满足直击雷保护范围的基础上，根据工程实际情况，对外露的变压器冷却器、柴油发电机组油箱等部位还可加强保护措施。

5.3.3 海上升压变电站接地设计原则参照了《交流电气装置接地设计规范》GB 50065 的相关要求。根据电力工程的惯例和有关反事故措施要求，海上升压站设备接地连接应敷设专用接地线，不推荐利用钢平台结构物。与水下接地极的连接要采用焊接连通，特别是当平台上下部采用灌浆连接时，需要加设接地线连通。

5.4 站用电

5.4.2 海上升压变电站一般离岸距离较远，无系统配电网电源作为备用电源，考虑到可靠性，故一般设置 2 回站用工作电源，

互为备用，当站用电源故障时，采用独立的应急电源供电。

5.4.3 正常运行工况下，升压站内负荷均由站用工作电源供电，但当系统失电或站用工作电源故障时，需采用应急电源供电，应急电源供电应优先保证应急负荷和重要负荷的用电。

5.4.5 对消防设备等重要负荷，根据相关消防规范要求，应采用双回路从站用配电屏上引接电源。

5.5 应急电源

5.5.1 参考了《海上固定平台安全规则》规定的设备的应急电源供电时间。

5.5.2 确定柴油发电机或蓄电池组的容量时，应急负荷的总和还应考虑同时系数、需要系数等因素。

5.6 照明和导航

5.6.1 海上升压变电站照明系统基本参照陆上升压站相关照明设计规范，设置工作照明和应急照明，一般采用树干式配电方式，设置分级配电箱便于现地操作；但海上升压变电站所用灯具应考虑海上的环境条件，采用船用灯具，并对 IP 等级提出要求。

5.6.2 导航系统的设计应满足当地海事部门的要求、直升机起降的要求。

5.7 电缆选择和敷设

5.7.1~5.7.3 2017 年，国内某海上升压变电站发生电缆爆燃事件，事后编制组对此次电缆爆燃事件进行了调研分析，总结经验，因此对电缆选型、电缆桥架的防火性能进行了严格规定。

电缆阻燃性能对防止电气火灾非常重要，本条重点强调了海上升压变电站站内所有的电缆均应采用阻燃型电缆。因为目前海底电缆不是阻燃型电缆，因此对海底电缆未要求是阻燃型的，但海底电缆在进入海上升压变电站的区段，也应加设阻燃措施，如

包阻火绕包带、刷防火涂料等。

消防、应急系统及其相关回路的电缆则除了要求采用阻燃型外，还要求采用耐火型电缆。

因为海上升压变电站运行环境的特点，要求电缆在具备上述防火性能的前提下，也应具有防腐性能。目前船用电缆的电压等级一般都在 1kV 及以下，因此要求 1kV 及以下的电缆在满足阻燃、耐火性能的前提下，宜采用船用电缆。

5.8 主要电气设备布置

5.8.2 主要电气设备布置在户内，设备处于较好的运行环境中，有利于设备防腐及正常运行。对于散热部件，不宜直接将热量散发在户内，宜考虑将散热装置外置。

5.8.4 海上升压变电站空间有限，设备布置应尽量紧凑，但需预留必要的检修维护空间。

6 电气二次设计

6.1 计算机监控系统

6.1.1 海上升压变电站内不设置固定运行维护值班岗位，由陆上集控中心负责完成变电站的日常运行工作。海上升压变电站和陆上集控中心计算机监控系统统一组网设计，陆上集控中心具备对海上升压变电站相关设备及其运行情况实行远方遥测、遥信、遥控、遥调等操作。

6.1.2 根据资产分界点的原则，海上风电场与电网资产的分界点在陆上集控中心的系统出线侧，因此电网调度点一般也设在陆上集控中心，海上升压变电站及陆上集控中心的远动信息由陆上集控中心远动工作站直接采集，统一上送电网调度。远动工作站双套冗余，远动信息采取“直采直送”原则，直接从 I/O 测控装置获取远动信息并向调度端发送。

6.1.4 本条规定了海上升压变电站变电部分计算机监控系统的设计要求。

计算机监控系统网络结构的组成方式，考虑到海上升压变电站的数据传输的可靠性，站控层和间隔层设备均应采用双以太网结构。

从计算机监控系统的技术发展方向以及海上升压变电站无人值守管理模式看，不宜配置独立的“五防”工作站，防误操作闭锁功能应该作为计算机监控系统的功能之一，可以减少运行中的维护工作量。另外，经过多年的工程实践检验，防误操作闭锁功能由计算机监控系统完成是合适的，运用也是成功的。

6.1.5 风电机组计算机监控系统由风电机组制造商配套提供，具有自动监视和控制的功能。

6.1.6 海上风电场机组配套升压设备随风电机组分布于风电场各处，分布范围非常广，距离远，且受海上天气、环境、出海工具等限制，其运行管理难度非常大。为了便于调试、运行、维护，减轻运行人员现场巡视的强度，应配置风电机组配套升压设备监控系统。该系统利用 35kV 海底光电复合缆中的光纤单独组网。

6.1.8 由于海上升压变电站离岸距离较远，通常采用无人值守方式，设备发生故障较陆上而言维修难度大、成本高，应加强一次主设备的状态监测，及时发现设备异常和隐患，实现故障极早预警、在线诊断和设备全生命周期综合优化管理。

6.1.9 根据《风力发电机组振动状态监测规范》NB/T 31004 的规定，海上风电机组应选择采用固定安装的在线状态监测与振动分析系统。

实践证明，在线状态监测与振动分析系统可以通过对风力发电机组异常运行状态的早期分析，可以揭示故障的原因、程度、部位、发展趋势等，为设备的在线调整、停机检修提供科学依据，可以有效延长风力发电机组运行寿命，显著降低维修费用，预防风电机组特大事故的发生。

6.2 继电保护及安全自动装置

6.2.3 考虑到海上升压变电站“无人值守”的运行方式，继电保护装置宜具备远方功能。

6.2.5 海上升压变电站和陆上集控中心计算机监控系统统一组网设计，因此保护及故障信息管理系统也宜统一配置。

6.2.6 海上升压变电站的同步相量采集及处理装置、安全稳定控制装置及电能质量监测装置视具体工程情况而异，因此本条文强调应按接入系统设计要求进行配置。

6.3 直流电源及交流不停电电源

6.3.1 根据《风电场工程电气设计规范》NB/T 31026，直流电

源系统额定电压应采用 110V 或 220V，直流系统接线宜采用单母线分段接线方式。

6.3.2 海上升压变电站高压电气设备重要性高，保护多为双重化配置，每套保护需配置独立的直流电源，应采用 2 组蓄电池组和双套充电装置方案。根据《35kV~220kV 无人值班变电站设计技术规程》DL/T 5103，直流蓄电池容量应按照事故停电时间 2h 计算。

6.4 视频监控与安全防范

6.4.2 为满足无人值守要求，视频监控系统应能监视电气设备运行状态和周围环境，同时兼顾安全警卫功能。摄像头应覆盖全封闭式高压组合电器（GIS）室、开关柜室、通信继保室、配电室、蓄电池室、出入口等重要监控位置。

6.4.3 由于海上风电场场区及升压变电站的监控点数较多，视频监控系统的数量很大，一起传输会占用较多的通信带宽，视频监控系统需经过编码压缩后，再传输到陆上集控中心。

6.4.4 对视频监控系统提出联动要求，当发生火灾时，能够自动切换到火灾画面。

6.5 通信系统

6.5.1 通信系统应考虑通信设备故障或海底光电复合缆故障情况下，能够满足正常运行。通信通道应按冗余设计。

6.5.2 整个风电场的场区、海上升压变电站及陆上集控中心的电话系统宜整体考虑。

6.5.3 根据 GMDSS 及《海上固定平台安全规则》第十七章要求，至少配置甚高频调频无线电话（VHF）1 台，应急无线电示位标（EPIRB）2 台，双向甚高频无线电话 3 只，搜救雷达应答器（SART）2 台，NAVTEX 接收机 1 台。单边带无线电台（SSB）一般不少于 1 台。个人位置示位标（PLB）则是根据上平台的人员数量，每人配备 1 台。

6.5.4 根据《民用直升机海上平台运行规定》MH 5013，至少配置甚高频调幅无线电设备、一台全向中波无线电导航信标发射机和1套气象站。

6.5.5 根据《35kV～220kV 无人值班变电站设计技术规程》DL/T 5103，蓄电池应满足事故期间维持供电2h～3h，考虑到海上升压变电站事故后检修难度大、修复时间长，将蓄电池事故停电时间要求延长至4h。正常场用电失电后，启动柴油机为通信电源及其他重要设备供电，可以确保通信设备更长的运行时间。

6.6 二次接线

6.6.1 本条规定了全站设置1套卫星时钟同步对时系统，站内所有需要对时的设备均统一与该时钟系统对时。

6.6.3 海上风电场的关口电能计量点位于陆上集控中心系统出线侧，需配置关口电能计量表，一般按双表配置。海上升压变电站内各部位均属非关口电能计量点，作为站内考核用，按单表配置即可。

6.7 二次设备选择及布置

6.7.1 海上升压变电站离岸距离较远，采用无人值守方式，设备应选择技术成熟、自动化程度高、运行寿命长、故障率低、少维护的设备；且考虑到海上环境较为恶劣，设备防腐和抗振、抗倾斜性能应能满足现场运行环境的要求。

6.7.2 海上升压变电站平台的面积对造价影响显著，因此二次设备布置应简洁紧凑，站内控制室、继保室和通信机房合并布置，可有效降低二次设备占地面积。考虑到国内海上风电场技术的逐步发展，合理预留少量屏位是必要的。

根据国内已建海上风电场的经验，海上升压变电站的220V直流蓄电池容量一般超过200Ah，因此建议设置专用的蓄电池室。

7 结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 海洋工程的结构设计方法有荷载抗力系数法（LRFD）和工作应力法（WSD）两种，API 和我国的海洋石油行业标准均推荐这两种方法，这两种方法平行推出，均为有效标准。本条延用了海洋工程的设计习惯，并与海上风电机组基础设计规范一致，推荐海上升压变电站结构设计采用荷载抗力系数法（LRFD）。

7.1.2 对于结构安全等级，《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 规定“工程结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果（危及人的生命、造成经济损失、对社会或环境产生影响等）的严重性，采用不同的安全等级”，并规定对重要的结构，其安全等级应取为一级。并规定了结构重要性系数 γ_0 ，一级和二级的结构重要性系数 γ_0 分别为 1.1 和 1.0。

考虑到海上风电场风电机组基础的安全等级一般为一级，海上升压变电站作为海上风电场电能汇集、升压、配电、控制中心，其安全等级不应小于海上风电机组基础，因此规定海上升压变电站的主要受力结构安全等级为一级。

7.1.3 参照《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153，结构设计使用年限是指该结构在不需进行大修即可按预定目的使用的年限，该标准将“易于替换的结构构件”的设计使用年限规定为 25 年，将“普通的房屋和构筑物”的设计使用年限规定为 50 年，将“标志性建筑和特别重要的建筑结构”的设计使用年限规定为 100 年。参照目前国内外已建海上风电场的经验，海上风电场实际运行期一般为 25 年左右，但考虑到海上升压变电站的重要性，且考虑到 25 年运行期结束后继续服役的可能性，海上升

压变电站的主要结构的设计使用年限按照 50 年考虑。海上升压变电站的主体结构的材料选择、疲劳分析设计时需考虑 50 年的设计使用年限，但其防腐设计一般年限一般只能达到 25 年。

7.2 荷载和荷载组合

7.2.1 海上升压变电站所受荷载的类型，从荷载的作用时间和出现的概率，将荷载分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载三类。

7.2.2~7.2.5 规定了活荷载、风荷载、波浪荷载、海浪荷载、船舶靠泊荷载、直升机荷载的计算方法和取值。活荷载主要与电气设备相关，其计算标准应符合《变电站建筑设计技术规程》DL/T 5457 的有关规定。风荷载、波浪荷载、海浪荷载、船舶靠泊荷载均可参照《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法荷载抗力系数设计法（增补 1）》SY/T 10009 的规定。

7.3 材 料

7.3.1 Q235 为碳素结构钢，需满足《碳素结构钢》GB/T 7000 的要求；Q345、Q390、Q420 为低合金高强度结构钢，需满足《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的要求；EH36、DH40、EH40 为船舶及海洋工程用结构钢，需满足《船舶及海洋工程用结构钢》GB 712 的规定。

7.3.2 考虑到海上升压变电站主要为焊接结构，且受波浪等动荷载作用，规定不应采用沸腾钢。

7.3.4 对于海上升压变电站节点处的钢材，一般三向受力（Z 方向也受力），其厚度大于 25mm 时宜采用 Z 向性能钢板

7.4 主体结构设计

7.4.2 本条规定了海上升压变电站的两种基本状态：在位状态和施工状态，两种状态的结构类型、所受荷载相差很大，需分别进行分析，并取不利值。在位状态时，结构是固定在基础上的；

施工状态的运输工况时，结构是通过支撑体系固定在船上的；施工状态的吊装分析时，结构是固定在吊耳上的。

在位状态分析，应包括正常运行、最大风、最大浪、最大流、最大冰、地震等工况；施工状态分析，应包括分层建造、拖拉、装船、运输、吊装等工况。

7.4.3 《港口工程桩基规范》JTS 167-4 对桩土互相作用模型，推荐“M”法、P-Y 曲线法或 NL 法，API RP 2A-WSD/LRFD 推荐 P-Y 曲线法，《建筑桩基规范》JGJ 94 则推荐“M”法。考虑到海洋工程一般采用大直径钢管桩的特点，并考虑到我国海上风电机基础设计已大量应用 P-Y 曲线法，P-Y 曲线法已积累了大量的试验和实践经验，本规范推荐采用 P-Y 曲线法。

7.4.8~7.4.9 参考了海上石油平台的灌浆和焊接连接，以及欧洲海上风电机组基础和塔筒的灌浆和螺栓连接方式。

7.4.10 基础泥面的冲刷，可能使桩的约束减小、悬臂段加长，对桩基是不利的，因此分析时应考虑冲刷深度。基础的冲刷深度可采用数值模型或经验公式计算。

7.5 防 腐 蚀 设 计

7.5.1 海上风力发电机的使用寿命一般为 25 年，海上风电场的运行年限一般也为 25 年。为简化海上风电场的运维工作，加强海上升压变电站的防腐蚀设计标准，海上升压变电站考虑在正常维护的情况下，其主要结构的防腐设计年限也不宜小于 25 年。对防腐年限小于 25 年的附属结构或附属设施，应考虑易于重新进行防腐处理或易于更换。

7.6 附 属 设 施 设 计

7.6.1~7.6.2 电缆套管的布设原则和电缆套管的内径要求，主要参考了国外海上风电的经验，电缆的内径主要考虑便于电缆敷

设和散热。

7.6.3 本条参考了国外海上风电及国内已建海上风电场的运维经验。本条提出了海上升压变电站运维船可选用的吨位，另可参照《港口工程荷载规范》JTS 144 的规定、按照无掩护条件下的靠泊速度，计算靠船荷载时的靠船撞力。海上升压变电站护弦、登船斜梯、护栏、系船柱等靠船设施的做法，一般可参照《码头附属设施技术规范》JTJ 297 的有关规定。

7.6.5 直升机平台的设计一般可参照《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 的有关规定。

7.7 监测设计

7.7.1 海上升压变电站的监测项目，主要包括运输、安装、运行期间的监测。从简化运维工作，便于随时监控海上升压变电站的腐蚀情况，也可根据需要安装腐蚀监测设备。

7.7.2 为了海上升压变电站监测数据读取方便，需将数据实时传输到陆上集控中心的控制室。为了监测数据的可靠性和通用性，本条对监测数据协议提出了基本要求。

7.8 甲板和舱壁设计

7.8.1~7.8.3 甲板和舱壁的厚度主要是考虑了结构防火、防风及防腐蚀的要求。

7.8.4 海上升压变电站的窗一般仅有采光的需求而没有通风的需求，一般的设备舱室可不设外窗，在人员活动频繁的舱室或者需要居住的舱室，如避难室、中控室、走廊等区域，宜设置外窗。

8 给 排 水 设 计

8.0.1 海上升压变电站给排水设计应对平台各类给水、排水设备、管道进行全面规划、综合平衡，应通过工程措施节约水资源，并应防止污废水污染环境。

8.0.6 为了保证给排水管线及生产设备、配电柜的安全运行，需做好管线布置与保温防结露措施。

8.0.7 排油管道设有水封是为了阻隔火灾蔓延的重要安全装置，水封高度设置参考《室外排水设计规范》GB 50014 的规定。

9 消防设计

9.1 防火分隔

9.1.2 防火分隔设置的原则是将平台的不同功能设备舱室分隔成各个不同的防火区域，防火区域自身需保证完整性，不应因孔洞、门、窗导致火焰在不同防火分区间的蔓延。

9.1.3 本条及附录 A 明确了海上升压变电站各耐火分隔的等级，包括 A 级、B 级和 C 级。国外海洋石油平台和海上升压变电站已有应用更高等级耐火分隔 H 级的例子，但考虑到海上升压变电站较海洋石油平台危险区的火灾危险性低，且海上升压变电站为无人驻守平台，本标准暂未将 H 级列入。但从更高的防火性能要求出发，也可在火灾危险性较大的区域采用 H 级分隔。

9.1.4~9.1.6 6 大处所分类参照了《海上固定平台安全规则》的规定，根据海上升压变电站的特点，对各处所分类及耐火分隔要求进行重新归类整理。

9.2 消防设施

9.2.1 海上升压变电站是海上风电场的核心，具有火灾危险性大，发生火灾可能导致经济损失，社会影响大。设置自动灭火设施可以在最大程度上保证升压站的消防安全，防止火灾蔓延。

9.2.3 海上升压变电站布置紧凑，面积较小，要求系统设备用房占地面积小。离岸平台运维成本很高，消防灭火系统必须尽可能减小维护工作量。离岸无人平台无人操作，消防灭火系统需要有较高的自动化水平。

9.2.4 海上风电装机容量大，及时扑灭火灾，一方面能减少一次损失，更重要的是可以尽快恢复生产，减少停发损失。离岸平

台交通不便，更换维护成本高，应该采用使用周期长的产品。此条规定要求选用灭火剂时，减少次生灾害。海上平台面积狭小寸土寸金，不能占用太多设备用房。因此不宜选用数个灭火系统，选择的灭火系统一定要有广泛的适用性，便于维护管理。

9.2.5 参考了《海上固定平台安全规则》和《火力发电厂与变电所设计防火规范》GB 50229，结合我国海上升压变电站的布置，确定的推荐灭火系统。

9.2.6 10MPa 及以上工作压力的高压细水雾灭火系统具有雾滴颗粒小、灭火效果好、用水量小的优点，特别适合在海上升压变电站使用。开式系统以抑制火灾或扑灭火灾为主，设备区存在可燃液体，火灾工况复杂危害性高，应该使用开式系统尽快扑灭火灾。闭式系统主要用于控制火灾，生活区基本是固体类可燃物，细水雾主要起冷却作用。细水雾产品差异较大，一般需要火灾模拟试验验证系统的有效性，如果有类似工程实例已做过验证也可参考其经验取值。主变室是高大空间，主变充油量大，燃烧负荷高；火灾模拟试验证明对主变压器采用分层布置喷头，可以取得良好的灭火效果。系统喷雾时间参考美国消防协会《Standard on water mist fire protection systems》NFPA 750 的有关规定。细水雾喷枪具有良好的可操作性和灭火效果，可供救援人员使用；在水源得到保障的前提下兼作冲洗甲板工具，效果良好。

9.2.7 海上升压变电站电气盘柜室中电气盘柜是主要的火灾危险源并需要灭火保护，对该局部火灾危险性高的设备采用火探管等小型自动灭火装置进行局部保护，而不必采用大型自动灭火系统保护整个空间的办法。

9.2.9 直升机平台的相关消防设计要求参考了《海上固定平台安全规则》和《国际航运公会（ISC）一直升机/船舶协同作业指南》的相关规定。

9.2.10~9.2.11 海上升压变电站灭火器设计要求参考了《海上固定平台安全规则》的相关规定。

9.4 火灾报警及消防广播系统

9.4.1 火灾自动报警系统应能与其他系统联动，准确获知现场状况，启动灭火设施，并关停相应的通风设备、切断非消防电源。

9.4.4 根据《海上固定平台安全规则》，平台与人员安全系统中应配置公共广播系统；根据《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116，消防应急广播与普通广播合用时，应具备强制切入功能。整个风场的火灾报警系统应作为一个系统整体设计，在集控中心统一控制。

10 供暖、通风与空气调节设计

10.1 一般规定

10.1.1 设计方案确定原则和技术、工艺、设备、材料的选择要求。设计时应确定整体上技术先进、经济合理的设计方案。

10.1.3 海上升压变电站围护结构为钢结构，难以拆除。做此规定，目的是突出在设计中必须考虑维护管理问题。

10.1.4 海上升压变电站具有交通不便、无人值守、空气含盐量高等特点，因此要求通风空调系统应简单、安全可靠、维护工作量少、自动化程度高，主要设备应考虑备用。

10.1.5 海上空气含盐量高，对设备腐蚀大，为防止室外空气侵入，要求设备舱室维持正压。正压值应高于室外风压 10Pa 以上，室外风速可取最大月的平均值。

10.1.6 海上无淡水资源，需要从陆上供给，交通不便，难以及时补充。

10.1.7 一旦发生漏水将危及电气设备安全，因海上升压变电站为无人值守，漏水时无法及时发现和处理，故做此规定。

10.2 室内外空气参数

10.2.1 为确保室外气象资料的准确性，应采用升压站所在海区的气象资料，若采用相邻陆上气象站的气象参数，应按气象资料的整理方法进行修正后确定。

10.2.2 设备舱室的设计温度和湿度应首先满足设备正常运行需要，对有人长期停留的舱室，还需满足人员健康和舒适度要求。若设备厂家未提出明确要求，可按此表选取。根据相关研究表明，当空气相对湿度超过 70% 时，盐雾腐蚀较重，因此对各设

备舱室提出相对湿度的控制要求。

10.3 供 暖

10.3.1 海上升压变电站除电以外，无其他能源可利用，因此建议采用电供暖。

10.4 通 风

10.4.1 当可采用通风处理余热余湿时，应优先使用通风措施，可以极大降低空气处理的能耗。

10.4.2 舱室维持正压的目的是阻止室外海风的侵入。新风在进入舱室前应进行除盐雾处理，一般采用物理过滤的方式，过滤器的初始阻力和终阻力相差较大，为保证送风量足够和风机节能运行，建议风机配置变频器，根据管道阻力变化调节配用电机的电源频率。当舱室的进风量大于维持舱室正压所需通风量时，舱室应泄压。由于压差阀存在密封不严的问题，建议泄压装置优先采用压差电动风阀。

10.4.3 在有六氟化硫气体泄漏的可能的舱室，根据《六氟化硫电气设备中气体管理和检测规范》GB/T 8905 等相关规定，需设置机械通风系统，排除平时和事故时泄漏的六氟化硫气体。舱室压力应低于周边相邻舱室，并高于室外空气压力。

10.4.4 免维护蓄电池室仍存在氢气泄漏的可能，需要进行通风换气。

10.4.5 升压站各电气设备舱室均为密闭结构，火灾产生的烟雾很难自然排出。为防止风机在火灾时损坏，建议设在相对安全的舱室内。

10.5 空 气 调 节

10.5.1 设置空调的条件。为满足节能运行的要求，应优先采用通风方式，当经技术经济比较合理时，可采用空调系统。

10.5.2 若设置集中空调系统，当系统中主机发生故障时，将导致系统内所有舱室均受影响，因此建议空调器分散设置，可降低风险。

10.5.3 海上交通不便，设备更换所需时间长，因此建议空调器考虑冗余设计。

10.5.4 海上交通不便，设备更换所需时间长，一旦新风除湿机故障，整个正压送风系统将不能投运，因此建议新风除湿机考虑冗余设计。

11 逃生与救生设施设计

11.1 脱险通道

11.1.1 脱险通道设置目的是使平台上人员能够最快速度逃生。针对海上升压变电站局部区域层数不超过2层，且单层平面面积不超过200m²的无人驻守区域降低了脱险通道数量要求，无人驻守区域系非电气控制区域，该区域故障率低人员活动少。

11.1.2 逃生门净宽度系指门孔净尺寸。

11.1.3 因事故发生时电源切断，升降机无法正常工作，逃生人员易被困升降机内，因此规定升降机不能作为脱险通道。

11.2 标记和警示牌

11.2.2 高压设备可能对人员能造成巨大损害，因此应设置危险警示牌。

11.3 逃生与救生设备

11.3.1 本条参考了《海上固定平台安全规则》。无人驻守平台可按定员12人配备气胀式救生筏，这是考虑到无人驻守平台只有运行、检修、巡视等的少量人员登入平台，同时登入平台的最大人数不会超过12人。若同时登入平台的人数超过12人时，应按最大人数配备救生筏。

救生艇较救生筏具有更好的安全性和便利性。《海上固定平台安全规则》对于有人驻守平台，规定了必须设置救生艇；对于无人驻守平台，只规定了必须设置救生筏，未要求必须设置救生艇。目前国内、国外已建的海上升压变电站，一般是只设置了救生筏，但也有设置了救生艇的。因此本条未规定应设置救生艇，

但对于逃生要求更高的项目，设计时也可设置救生艇。

11.3.2 本条参考了《海上固定平台安全规则》。救生圈是为救助意外落水人员配备的，因此需在甲板的各个方向合理布置，救生索应有一定的长度。

12 施工组织设计

12.2 施工交通运输

12.2.1 因为海上升压变电站的运输路线起点为陆上建造基地，终点为海上升压变电站站址。因此需结合陆上建造基地的港口或码头布置，选择合理的交通运输路线。

12.2.2 海上升压变电站整体尺寸大、重量大，运输船舶装载海上升压变电站后，应进行船舶稳性分析，保证运输安全。

12.2.3 提出了对升压变电站及站内所有设备、设施进行临时加固、固定的要求，避免因为运输过程中运输船舶的摇晃，对升压变电站或其内的设备、设施产生损坏。

12.3 主体工程施工

12.3.1 “海上升压变电站的上部组块先在陆上完成全部设备安装、调试后，整体运输至海上升压变电站站址安装就位”的施工工序，也是按照“先陆上后海上”的原则提出的。在海上进行设备安装和调试是非常困难的，可能没有供设备安装和调试的空间，也没有这样的场地条件。

12.3.2 海上升压变电站结构建造与主要电气设备的安装调试的交叉作业对施工进度、质量和安全带来很大的影响，应重点研究和考虑，并在施工场地规划、施工方案上事先做好充足的考虑。

12.3.3 海上升压变电站陆上建造对场地要求较高，应选择合适的陆上建造基地。

12.3.4 海上升压变电站上部组块重量往往达到数千吨，陆上建造基地的出运条件是一个关键因素，应充分考虑。

12.4 施工总布置

12.4.1~12.4.4 海上升压变电站建造一般选择有海洋平台加工能力的施工企业，企业内一般现有生产加工车间、预制组装场地等。本条根据海上升压变电站结构规模对施工分区进行要求，施工分区合理，出运方便。

12.5 施工总进度

12.5.1 海上升压变电站建设期可划分为三个阶段，总工期一般指工程准备期和工程施工期之和：

1 工程筹建期：工程正式开工前由建设单位开展的为承包单位尽早开工和缩短工程准备期创造条件所需的时间。

2 工程准备期：为主体工程开工所需的必要的准备时间，一般包括施工场地布置、材料采办等。

3 工程施工期：从升压变电站陆上建造开始至海上安装、调试完成，实现投产运行为止的工期。

12.5.2 海上升压变电站施工总进度的安排，依赖于海上作业环境和施工作业船只。对海上作业环境，应重点注意施工窗口期和不适合海上作业的时间，对于我国黄海、渤海的部分地区，应考虑冬季作业的限制条件；对于我国东海、南海，则应考虑夏季台风的影响。

12.5.3 海上升压变电站进度安排是风电场工程施工总进度计划的基础，应与整个风电场施工总进度相协调。