

陆上风力发电机组
钢混塔架施工与质量验收规范

编制说明

(征求意见稿)

标准编制组

2024年5月

目 录

一、工作简况	1
(一) 任务来源	1
(二) 编制目的	1
(三) 参加单位	2
(四) 单位分工和主要起草人	3
(五) 工作过程	3
二、标准编制原则和主要内容	4
(一) 标准编制的原则	4
(二) 标准的主要内容	5
三、主要试验（或验证）情况分析	10
四、标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明	10
五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益等情况	10
六、采用国际标准和国外先进标准情况	13
七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准	13
八、重大分歧意见的处理经过和依据	13
九、标准性质的建议说明	13
十、贯彻标准的要求和措施建议	13
十一、废止现行相关标准的建议	13
十二、其他应予说明的事项	13

一、工作简况

(一) 任务来源

根据中国混凝土与水泥制品协会《关于下达 2023 年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第四批）的通知》（中制协字[2023]55 号）的要求，《陆上风力发电机组钢混塔架施工与质量验收规范》为协会标准制定项目。

本规程由中国混凝土与水泥制品协会负责管理，由中国混凝土与水泥制品协会风电混塔分会牵头制定，由北京天杉高科风电科技有限责任公司负责起草并组织相关单位共同完成。

(二) 编制目的

在国内风电市场开发区域广阔、机组大型化的趋势下，钢混塔架以其技术可现性、经济性竞争优势成为主流场景中应用的主要塔架技术之一；混塔技术的发展、技术的更新迭代及技术创新日趋成熟，已经有越来越多的混凝土塔筒制造单位及安装单位等在尝试并参与到整体业务中来。由于钢混塔架安装的相关单位技术水平存在差异，为保障混凝土塔筒出厂后安装环节的质量可靠并满足要求，需要在运输、拼装、安装、预应力工程等各个层级严格把质量，形成闭环的控制体系与方法，保障风电项目并网及运行收益。

混凝土塔筒节段在预制工厂生产完成之后，根据制造单位的技术特点，其生产方式各有不同，市场比较常见的为 1/2，1/3，1/4 分片。在塔筒构件出厂时应关注其加工质量，对运输过程中做严格的调研、路勘以实现整个过程的可靠把控；在混凝土塔筒拼装、安装环节涉及多种控制要求，水平缝、竖缝安装质量、混凝土塔筒垂直度、水平度、关键材料、关键工序的可靠性涉及隐蔽工程需要严格管控使我们塔筒在运行周期内保障安全。

我国目前有关于混凝土塔筒生产制造的标准和规程，国家标准《风力发电机组 塔架》GB/T 19072-2022、行业标准《风电机组混凝土-钢混合塔筒施工规范》NB/T 10908-2021、团体标准《风力发电机组预应力装配式混凝土塔筒技术规范》T/CEC 5008-2018。现行国家标准 GB/T 19072-2022 主要内容包括有风力发电机组塔架设计原则；钢塔架的设计、材料及生产制造要求；混凝土塔架的设计、材料、生产制造及吊装施工要求等，针对混凝土塔筒的生产制造部分技术和工艺质

量控制等的具体措施和要求阐述较少。现行行业标准 NB/T 10908-2021 主要内容包含有模板工程、钢筋工程、现浇混凝土塔筒施工、装配式混凝土塔筒施工、预应力工程等，其编制内容亟待更新。现行团体标准 T/CEC 5008-2018 主要内容包含风电塔筒的设计、材料要求、基础设计及施工、塔筒构件生产、风电塔筒运输吊装及质量验收等，缺少对当下所有行业参与者的普适性要求。

针对风力发电机组混凝土塔筒构件的需要特别关注及严格把控质量关键的系列问题，使得混凝土塔筒在机位点现场通常存在不一致的看法并无法形成最终的关键控制项次，业主方在使用混塔时没有较有说服力的行业或国家标准作为参考，在一些问题上经常需要专家评审来判断技术是否可行，对人力物力都造成了一定程度的浪费，对混塔的发展造成了阻碍。编制《陆上风力发电机组钢混塔架安装及质量验收规范》对于规范在混凝土塔筒出厂后、运行前需要把控的重点项次、关键内容给出了明确定义及要求，乃至风力发电机组混合塔架的安全运行，具有重要的意义。

标准编制组经广泛调查研究，认真总结各混凝土塔筒制造企业、安装单位及相关行业的实际经验，在参考有关国内外标准，将编制组多年的业务现场实践经验加以总结，充分征求各方意见的基础上，编制了本规程。目的是制定详细的混凝土塔筒构件在安装阶段需要满足的关键要求及对项目给出了质量要求，规范企业的技术把控点和行业的产品安装质量验收标准，以保证产品的质量和工程使用安全。

(三) 参加单位

本规程由中国混凝土与水泥制品协会负责管理，由中国混凝土与水泥制品协会风电混塔分会牵头制定。主编单位有中国混凝土与水泥制品协会风电混塔分会、北京天杉高科风电科技有限责任公司、上海电气研砣（木垒）建筑科技有限公司、浙江华东新能科技有限公司、内蒙古金海新能源科技股份有限公司、上海风领新能源有限公司，参编单位有一重（黑龙江）风电混塔有限公司、巨杰集团浙江巨杰混塔新能源科技有限公司、江苏正锐达新能源有限公司、协合新能源集团有限公司、中国广核新能源控股有限公司、中国三峡新能源（集团）股份有限公司、明阳智慧能源集团股份公司、中国船级社质量认证有限公司、北京市高强混凝土有限责任公司、上海悍马建筑科技有限公司、威胜利工程有

限公司、北京市建筑工程研究院有限责任公司、天津银龙预应力材料股份有限公司、青岛武晓集团股份有限公司、特变电工新疆新能源股份有限公司、同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司、同济大学、上海电气研砮（木垒）建筑科技有限公司分公司、一重上电（齐齐哈尔市）新能源有限公司、深圳国金电力新能设计院有限公司、卡本科技集团股份有限公司、江苏林洋电力服务有限公司、苏州天顺风能设备有限公司。

（四）单位分工和主要起草人

本规程共分 10 章，主要起草人及分工如表 1 所示。

表 1 主要起草人及分工

章节名称	单位分工	主要起草人
1 总则	上海电气研砮（木垒）建筑科技有限公司牵头	刘晨光、张后禅、孙莉丽
2 术语	浙江华东新能科技有限公司牵头	李天昊、闫鲁南、刘晨光
3 基本规定	北京天杉高科风电科技有限责任公司牵头	刘晨光、李天昊、张鹤鸣、彭文兵、杨伟
4 钢混塔架制作与生产	内蒙古金海新能源科技股份有限公司牵头	闫鲁南、周瑞权、曹周生、彭文兵、杨啸
5 钢混塔架运输	上海电气研砮（木垒）建筑科技有限公司牵头	张后禅、刘晨光、陈峻岭、魏思航、曹周生、赵学明、余沐煌、赵宝德
6 钢混塔架安装	北京天杉高科风电科技有限责任公司牵头	刘晨光、张后禅、钟华、刘晓峰、王冬辉、陈峻岭、曹周生、张明熠、闫鲁南、赵学明、彭文兵、薛雪雪
7 预应力工程	北京天杉高科风电科技有限责任公司牵头	刘晨光、吕李青、钟华、杨明、孙威、周瑞权
8 季节性施工	浙江华东新能科技有限公司牵头	李天昊、刘晨光、张后禅、周瑞权、蒋斌、马剑锋
9 工程竣工验收	上海电气研砮（木垒）建筑科技有限公司牵头	张后禅、魏思航、曹周生、李天昊、张硕
10 职业健康、安全与环境	上海风领新能源有限公司牵头	张鹤鸣、孙莉丽、赵学明、张明熠、谭成
统稿	北京天杉高科风电科技有限责任公司牵头	刘晨光、张后禅、钟华、刘晨光、高军峰、陈峻岭、魏思航、闫鲁南

（五）工作过程

2023年12月20日，编制组成立暨第一次工作会议在上海召开。会上，由北京天杉高科风电科技有限责任公司王培显对标准前期调研和准备工作情况进行汇报，会上，各单位代表围绕本规范章节划分、具体编制内容展开了充分讨论，确定了本标准以钢混塔架运输、安装及工程验收等为主要章节，可简略描述生产部分相关内容，聚焦钢混塔架产品定义，应在本规范中以以下内容进行划分，实现编制：1、标准编制的总体原则和要求应符合《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）；2. 钢混塔架产品归类，强调设备及安装等具有明显特装的描述；3. 增加基础交接相关验收内容；4. 对拼装场地大小、承载力等给出验收要求；5. 关键材料、零部件进场验收；6. 安装阶段关注以下工作项次：1) 安装平台的相关参数要求；2) 管片进场复检、拼装及报废等过程定义；3) 吊装过程控制、关键工序及操作方法验收要求；4) 内附件安装标准（可合理划分安装范围）；5) 钢制转接段的吊装；6) 预应力体系的实施；7) 对于因不可抗力原因需要已建成钢混塔架项目拆除相关的要求及规定；8) 将防腐与涂装相关内容不纳入本规范范畴。7. 因运输、安装造成的塔筒小缺陷的验收及修补标准；8. 建议区分通用、专用吊装工具，并给出选用指导意见。

2024年4月1日，规程编制组以线上会议形式召开了第二次会议。会上，规程编制组通报了规程草稿的编制进度情况，就草稿的相关内容等进行了讨论和交流，就规程草稿的修改反馈意见进行了通报和讨论，对于规程草稿的初步修改提出了修改意见和建议，明确了下一次会议讨论的主要技术要求内容和会议时间。

2024年4月26日，规程编制组成员在上海召开了本规程的草稿修改稿讨论会，对本规程的每章条文内容、章节标题、术语等进行了讨论和修改，对于核心技术指标，如构件出厂强度控制等，进行了充分讨论，并确定了编制意见，提出了具体指标的修改意见及确定完成送审稿的时间。

2024年5月13日，本规程送审稿送交中国混凝土与水泥协会标准质量部审查批准。

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准编制的原则

本规程按照《工程建设标准编写规定》(建标[2008]182号)给出的规则进行编写。本规程的编制遵从以下规则：贯彻执行国家的政策、法规，与现行其他国家标准协调一致的原则；技术指标制定先进可行、规范合理的原则；标准制定突出产品特性，促进风电预制混凝土塔筒行业健康发展和产品推广的原则。

为了加强陆上风力发电机组混凝土塔筒安装管控及验收标准，明确项次，规范混凝土塔筒在生产完毕，进入机位点阶段工作应遵循的要求及标准，编制本规程。本规程的内容借鉴混凝土塔筒制造企业和安装单位、预应力相关单位管理经验，以及大量的风电塔筒工程应用实践经验，提出切实可行的规范安装及质量要求的条文内容，具体控制措施简明扼要，通俗易懂。本规程适用于陆上风力发电机组混合塔筒结构的预应力装配式混凝土塔筒的安装及质量控制，对于其他形式的风力发电机组塔架混凝土结构，由于结构形式、制造工艺等均与混凝土塔筒构件有很大区别，故本规程没有纳入。凡本规程未作规定的，应符合国家现行有关标准的规定。

(二) 标准的主要内容

本规范共分 10 章，分别为：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 钢混塔架制作与生产；5 钢混塔架运输；6 钢混塔架安装；7 预应力工程；8 季节性施工；9 工程竣工验收；10 职业健康、安全与环境。

1 总则

为规范陆上风力发电机组钢混塔架混凝土塔筒在验收出厂后安装及预应力实施管控与验收工作，明确混凝土塔筒在项目现场安装全过程需达到的技术要求，从而制定本规范。

1.0.2 本规范适用于陆上风力发电机组钢混塔架预制混凝土塔筒到场后验收、出厂前验收、出厂后验收、拼安装及预应力工程验收要求。

1.0.3 陆上风力发电机组钢混塔架混凝土塔筒在生产出厂后各个阶段安装及验收，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

本章节中的术语都是在混凝土塔筒构件设计和生产时用到的重要定义内容，为了明确其定义，编制专门的说明内容。

2.0.2 混凝土塔筒构件,主要指按照装配式结构原理设计的风电混凝土塔筒预制构件。目前混凝土塔筒的主要外形为圆筒或圆锥筒形,构件按其分片形式有半环型、1/4环型,以及整环型。近年来,混凝土塔筒结构外形还出现多种不规则形状,如六边形、八边形等,其结构还是筒式结构,现场装配组成整环塔筒节段。本规程的技术要求可参考执行。

2.0.3 混凝土塔筒结构中,转换段结构不同混塔型式各有特点,有混凝土锚栓结构转换段,以及钢结构的转换段。本规程中的转换段以及其生产质量控制要求,主要指预应力锚固端位于混凝土塔筒的顶部节段构件上的转换段,其壁厚较大,生产质量控制要求高。

2.0.4~2.0.6 混凝土塔筒在安装阶段,需要通过此类材料将其空隙填充,或为其提供相关的受力性能,针对不同企业的特点编制组将可能用到的所有材料纳入,给出了通用性规范

2.0.8 对于混凝土塔筒运输至相关的地点,本规范也给出了建议做法,比如机位点平台或临时中转场地,都可以为下一步工作提供便利,且对其提出了根本性要求。

3 基本规定

本章规定了混凝土塔筒构件供货、安装等企业应具备的管理制度,并强调企业应具备的全面管理制度。

3.0.1 混凝土塔筒构件安装相关的单位应具有完善的企业管理制度,具备健康、安全、环境管理体系,对关键的质量控制及关键点可识别并具有验收制度。

3.0.5 混凝土塔筒安装环节需在留存验收资料的同时,为进一步满足可追溯的能力,建立信息化系统是必要的;当然针对非必须项目,比如易控制工序可不做规定,随着技术的发展与变化,信息化势在必行。

3.0.7 本规范未涉及钢混塔架中钢塔筒安装部分,其应遵守已实施相关的技术要求。钢结构相较于混凝土结构,材料均一性强、在当前技术水平下标准化程度更高,故本规范侧重点在混凝土塔筒部分,而非钢塔筒部分。

4 钢混塔架制作与生产

本章主要延续了陆上风力发电机组混凝土塔筒生产规程中的相关内容,主要为进一步加强从事相关行业的厂家应具备的资格条件,对两阶段工作涉及衔接的部分给出了明确划分,使得工作更具有连贯性。当然,一些验收项次也是必

须的,但最终从事业务的相关方需要同生产企业一起关注混凝土塔筒生产出厂前后的结构尺寸一致性问题,由于工作界面的变化其是必要的。

5 钢混塔架运输

5.1 一般规定

本章规定了混凝土塔筒业务承担方应在运输前专项定制运输与堆放方案,对运输全过程工作做出提前谋划,并从安全性的角度考虑运输阶段应采取的措施,并区分因路况不同采用不同分片形式的混凝土塔筒应满足的要求。

5.1.4 混凝土塔筒构件运输到指定地点后,应按照相关标准规范、企业技术文件内控要求等,对堆放场地、防倾覆措施、支垫及排水给出了具体要求,以确保在拼装作业前保障塔筒构件的完整性。

5.2 道路要求

由于混凝土塔筒运输早于风力发电机组钢塔、机舱、叶片等大部件运输,故应对其运输道路的选择结合其他大部件特点给出一些要求。

5.2.2 路基宽度、圆曲线半径、压实度、纵坡、纵坡坡长、纵坡坡度及车辆要求均不应高于其他大部件的要求,并给出一些参考和限定。

5.4 到场验收

本节规定了钢混凝土塔筒构件进场后应组织各方验收的内容,涵盖资料、尺寸及报废的相关要求。

6 钢混塔架安装

6.1 一般规定

本章规定了混凝土塔筒专项方案编制的要求,并实行专家论证制度;对作业人员、设备及安装风速给出相关规定和要求,均以保障工作安全为主要手段与路径。

6.1.3 混凝土塔筒安装风速不应大于10m/s,同步遵守了风力发电机组的安装临界风速要求,对保障整个环节可靠具有支撑作用。

6.2 基础平台验收

6.2.1 应执行基础交安制度,明确基础于混凝土塔筒接口的各项次满足预期要求,保障工作顺利开展。

6.2.2 对基础交接项次给出了明确规定,并给出关键验收限值,此操作是为了避免基础、混凝土塔筒在后续施工阶段的纠纷,故先做明确。

6.2.4 基础作为风力发电机组承载及运行的关键部位,在安装阶段其强度要求至关重要。考虑到混凝土塔筒吊装的周期较以往增强,通过对空心基础悬臂梁结构的强度做出75%的安装要求是可行的。

6.2.5~6.2.8 基础平台是整个安装工作最重点的承载机构。本章节给出了具体的参数要求,均是以工作安全为前提展开的,从而确保了整体工程的完整性。

6.3 关键材料检验

混凝土塔筒构件安装过程中,填充材料对混凝土塔筒受力传递至关重要,本节主要规定了水泥基座浆料、水泥基灌浆料及环氧粘结剂的具体要求。

6.3.4 除了应对关键材料的进场做资料检查外,对其按取样要求进行见证抽检也是必须的。表6.3.4-1、表6.3.4-2、表6.3.4-3给出了具体应遵守的项目,同时对材料的要求亦应满足设计及国家、行业标准要求。

6.3.5 送检材料与取样材料的一致性这是我们一直坚持的工作。

6.3.6 水泥基灌浆料、座浆料的拌合用水质量对其性能发挥具有一定影响。通常来讲,饮用水均可满足工程用水需求,此种情况无需检测;一旦用水源发生变化时,送检工作应重新启动。

6.4 关键工序要求

混凝土塔筒安装过程前、中、后的情况均需做出基性规定。

6.4.6 混凝土塔筒安装后的水平缝材料密实度尤为重要,其中就包括了采用座浆工艺的方式后,内外环缝的饱满度要求;该部分为安装的重中之重,如有必要应采取保证密实度的措施,使工程可靠性提升。

6.4.7 混凝土塔筒需安装的节段数量较多,需要结合混凝土塔筒特点开展关键项次控制。水平度、垂直度是关键工序的重中之重,应对其做具体规定。水平度应对每一个节段进行检验,垂直度分划分为首段、中间段、钢制过渡段分别做出不同要求。

混凝土塔筒首段因与现浇式基础相连接,后者由于采用现浇式方法施工,且因施工单位的经验不一控制会产生偏差,故该位置的垂直度应进行验收;

混凝土塔筒中间段垂直度可以根据项目安装情况确认,前两台由于初次接触、首台制造等原因在垂直度控制方面经验不足,需做出3段/次测量的严格性要求,

当2台混凝土塔筒安装、业务熟练度提升后，可考虑6段/次进行测量，从而实现垂直度精准控制，满足设计要求。

6.5 关键设备要求

吊装用吊具、吊装设备选型应依据各混凝土制造单位的设计执行。

6.6 拼装及验收

6.6.3 混凝土塔筒安装应做关键项次的主控项目、一般项目规定。对于体内预应力孔道位置、整环底面水平度、整环内外径、链接螺栓力矩应做主要控制；对拼缝处错位、定位销控中心距、承受内力的U形筋及插筋等项次做出一般性要求。

6.7 吊装及验收

6.7.4 首段、中间段及过渡段在前关键工序时就已定义划分；在首段进行吊装时，应考虑其安装特点，关注其垂直度为15mm。此与《风电机组混凝土-钢混合塔筒施工规范》NB/T 10908中表7.8.7-3 装配式混凝土塔筒安装质量标准和检验方法中主控项目，4转换段中心垂直度 $H/1200$ 且 $<15\text{mm}$ 中不同。结合各家混凝土塔筒设计要求，塔架因安装偏差、基础倾斜造成的8‰应在设计阶段考虑，而当在首节塔筒安装时由于施工水平参差不齐的影响下，其无法满足 $H/1200$ 的要求，故以18m安装高度为区分，以下满足15mm要求，以上满足 $H/1200$ 即可，此项修正即可满足厂家控制要求，又可实现此处错误描述的修正。

6.7.8 吊装阶段的验收是非常重要的，如有必要应进行资料验收及影响文件留存。增加了表6.7.8 混凝土塔筒段吊装主控项目、一般项目的要求，明确了各节段应关注的内容。

6.8 电气及附件安装

本章节给出混凝土塔筒中用于提供钢混塔架功能的附件、电气组件应满足的要求，内附件安装前，应检查其质量证明文件，外观质量不应有严重缺陷，应去除附件毛刺、飞边、割焊渣等；附件尺寸应满足设计要求，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

7 预应力工程

本章规定了混凝土塔筒预应力安装单位对编制预应力方案的要求，如有必要应进行论证的内容。预应力工程同时应考虑环境气温的影响，并合理组织。

材料与锚具、制作安装、预应力张拉、灌浆、防腐封锚及质量控制环节均需做出关键性要求。

8 季节性施工

本章主要对冬季、高温、雨季等情况下的工程开展给出了普适应要求，工作开展过程中应遵循各分项的要求。

9 工程竣工验收

在所有工序安装完成后，对竣工验收应由单个机位组成一个单位工程，由建设方组织设计、监理、混塔供货单位、吊装单位、预应力施工单位共同参加进行，验收内容包含塔筒实体、拼装、吊装、预应力验收。

10 职业健康、安全与环境

混凝土塔筒吊装与验收应按《风力发电工程施工与验收规范》GB/T 51121、《建筑施工安全检查标准》JGJ 59 及《建筑工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146 等职业健康、安全和环境保护的有关规定执行。

2 应设立职业健康安全和环境保护专职管理机构，组建安全生产领导小组或安全生产管理委员会，委员会成员构成应包括各参建方项目主要领导成员，明确专职人员职责与权限，专职人员配置数量应符合相关规定的要求。

三、主要试验（或验证）情况分析

本规范为规范混凝土塔筒构件安装及验收质量管控过程，相关技术数据和要求引用现行国家及行业标准规范。

四、标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明

本规程不涉及专利和相关知识产权。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

2023 年 12 月 20 日，国家能源局发布 1-11 月份全国电力工业统计数据。截至 11 月底，全国累计发电装机容量约 28.5 亿千瓦，同比增长 13.6%。其中，太阳能发电装机容量约 5.6 亿千瓦，同比增长 49.9%；风电装机容量约 4.1 亿千瓦，同比增长 17.6%。1 月-11 月份，全国主要发电企业电源工程完成投资 7713 亿元，同比增长 39.6%。其中，太阳能发电 3209 亿元，同比增长 60.5%；核电 774 亿元，

同比增长 45.3%；风电 2020 亿元，同比增长 33.7%。电网工程完成投资 4458 亿元，同比增长 5.9%。

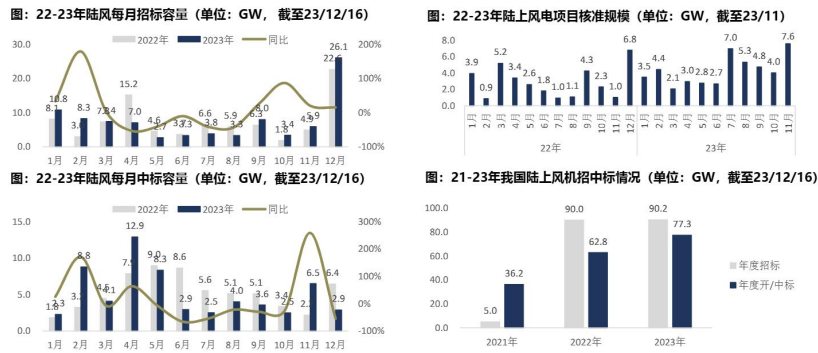


图 1 中国风电陆风招标/中标量

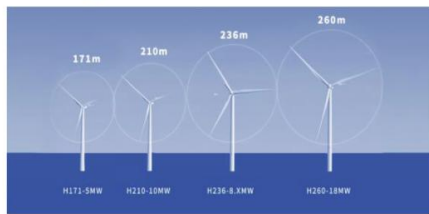
国家“双碳”政策提出后行业规划的多批陆上风光大基地资源的批量释放。陆风大基地项目、老旧机组改造、分散式核准制改备案制，共同推动“十四五”末期中国陆风进入装机高峰期。23 年 1-11 月我国陆上风电核准项目规模达 47.2GW，同比增长 71.4%。进入 23 年下半年，风电项目核准规模较 23 年上半年显著增长。

风电平价时代的到来，使风机单机容量明显提升。据中国风能专业委员会发布的数据，2022 年，中国新增装机的风电机组平均单机容量为 4.49MW，同比增长 27.8%，其中陆上风电机组平均单机容量为 4.3MW，同比增长 37.9%，海上风电机组平均单机容量为 7.4MW，同比增长 33.4%。

风电机组：大型化趋势明显

- 风机大型化是降本的重要抓手，近年风机大型化的速度加快，2022 年新装机的单机容量同比明显增长。
- 展望未来，风机大型化还将更进一步，目前风机企业已经推出 10MW 左右的陆上机组，并将批量应用，头部风机企业已经开始着手研发 12-15MW 单机容量的陆上机组；海上方面，头部的海上风机企业已经推出 16-18MW 的海上机组，后续推出单机容量 20MW 以上的机组可期。

中国海装海上风机往大型化方向迭代的示意图



资料来源：CWEA、中国海装、BNEF、平安证券研究所

国内陆上和海上新增装机的平均单机容量 (MW)



国内陆上和海上风机订单的平均单机容量 (MW)

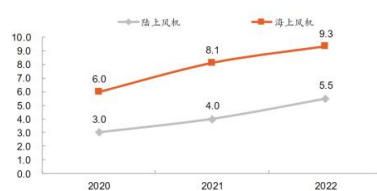


图 2 风机大型化趋势

机组大型化趋势使得钢混塔架应用得以进一步实现。在提高塔架承载力、设计运输可匹配实现的前提下，钢制塔架（含大直径钢塔、分片钢塔）受承载力、

疲劳、频率限制，其重量进一步增加，应用场景集中在标准塔架高度（轮毂高度-叶轮直径/2+15m）、140m 及以下；当建设项目轮毂高度在 140m 及以上时，钢混塔架具有更好的可应用性、经济性，使项目可实现可收益。

图：低风速省市近地面高度风速(m/s)及输出功率随高度增长率(%)

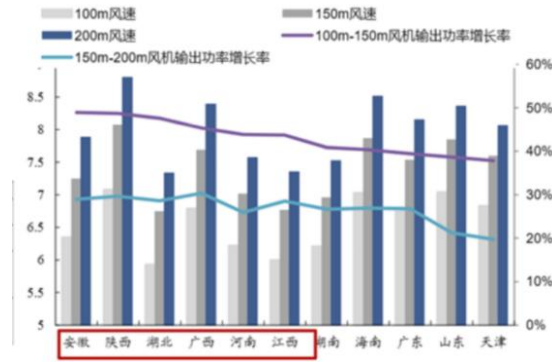


图 3 混塔经济性优势

对于钢混组合的混合塔架方案中重要的组成部分，混凝土塔筒占钢混塔架总造价的近 90%，因此，在产业化情况方面，混凝土塔筒为主体的风电钢混组合混合塔架在市场中已经在大量地推广应用。但是，混凝土塔筒没有专门的技术标准规范，用于指导构件的生产和质量管理，也是制约产业进一步发展，工程使用安全性保障的一个重要因素。

在产业推广方面，本规程的制定，将会使混凝土塔筒构件的生产企业的经营和生产活动更为规范、产品质量过程管控有据可依，工程单位根据本规程能够进行合适的生产过程监督和质量验收，必将推动风电混合塔架产业的更大规模应用，为国家新能源政策发展助力，推动产业的规模化发展。

在推广应用论证方面，本规程的编制是在总结了混凝土塔筒构件生产、相关安装及预应力工程企业的大量的质量管理经验，借鉴了预制构件行业安装及实施管理要求，以及参考相关国家行业现行标准规范基础上进行编制，具有其实施的可行性。本规程对于规范混凝土塔筒构件安装及验收普及及推动具有积极意义。本规范的内容已经过十几家生产企业、设计单位、高校、第三方机构以及工程使用单位的相关专家多次讨论确定了最终内容，值得在整个混凝土塔筒构件安装、验收方面和工程应用领域推广应用。

在经济效益方面，本规程的编制和实施，将规范企业的安装工作质量管理，提升交付截面管理质量，必将使混凝土塔筒在现有行业规模化应用的基础上，扩大市场应用规模，也必将产生显著的经济效益。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

本规程制定参考了国际电工委员会标准《Tower and foundation design requirements》IEC 61400-6 和欧洲标准《Common rules for precast concrete products》EN 13369:2018。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准

经广泛调研和多方面征求意见，本规范符合现行的相关法律、法规、规章及相关标准的要求。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议《陆上风力发电机组钢混塔架施工与验收规范》作为推荐性团体标准发布实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

尽快做好标准发布实施工作，标准颁布实施后，相关部门和企业应做好标准宣贯培训工作，制定相应的实施方法，使本规程得以认真执行，在混凝土塔筒构件生产技术和质量管理方面起到重要的指导作用。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。