

# 风机基础大体积混凝土施工技术

项学松

山西中太工程建设咨询有限公司 辽宁沈阳 110000

**【摘要】**在风机基础大体积混凝土施工过程中，由于混凝土养护没有及时对混凝土温度及大气温度进行监测，混凝土释放大水化热会产生温度应力和收缩应力，大体积混凝土内部出现温度裂缝。本文分析了风机基础大体积混凝土施工技术，在此基础上提出相应的混凝土浇筑顺序措施、混凝土浇筑厚度措施、混凝土振捣措施、混凝土的保湿养护措施、混凝土浇筑后的温度监测与控制措施、设计措施及原材料措施来预防裂缝发生。

**【关键词】**大体积混凝土；温度应力；收缩应力；风机基础

## 1 大体积混凝土定义

大体积混凝土，英文是concrete in mass，混凝土结构实体所有几何尺寸均大于1m，因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而引起裂缝产生的混凝土，称之为大体积混凝土。

本论文涉及风机混凝土基础大体积施工。风机基础直径20800mm，它主要的特点就是体积大，结构形式为圆形。它的表面系数比较小，混凝土水化热释放比较集中，内部升温比较快。混凝土内外温差较大时，会使混凝土产生温度裂缝。

## 2 工程实例

宝坻区王卜庄风电项目位于天津市宝坻区王卜庄镇。场区主要为海积沉积低平原亚区地貌，风电场场址内海拔高程2.82~5.40m，相对高差约3.42m。地表植被主要为小麦、水稻等。项目周边有京哈高速G1、津蓟高速S1、国道唐通线G509等多条道路经过，对外交通较便利。场址区为平原地貌类型，地势西高东低，地势低洼。

本工程风机基础采用预制方桩，56根桩长22m，桩径500mm。桩顶高程在相对标高-4m。本工程风机基础直径为20800mm，风机基础垫层采用C20混凝土，基础采用C40混凝土。基础表面防腐采用沥青冷底油两遍，沥青胶泥一遍。每台风机基础工程量：C40承台混凝土740.06m<sup>3</sup>，C20混凝土垫层69.24m<sup>3</sup>，承台钢筋105.35t，基坑开挖量2696.7m<sup>3</sup>，基坑回填1864.4m<sup>3</sup>。

### 2.1 风机基础混凝土施工方法

#### 2.1.1 施工准备

##### 2.1.1.1 技术准备

基础承台混凝土的设计强度等级为C40F100，防渗等级为P6，垫层混凝土为C20。承台基础底部的混凝土保护层厚度为100mm，侧部及顶部为50mm。风机基础顶面塔筒内部混凝土浇筑施工允许误差为5mm。混凝土浇筑前，会同有关单位进行验收工作。混凝土浇筑前核对质量证明文件齐全是

否满足以下要求：

(1)混凝土的细骨料选用中粗砂；粗骨料选用连续级配，最大粒径应<31.5mm。混凝土中水泥采用P.042.5硅酸盐水泥。最大水胶比0.45，最小胶凝材料用量320kg/m<sup>3</sup>。

(2)拌制混凝土采用饮用水，混凝土中掺用外加剂的质量及应用技术应符合现行国家标准。

(3)在混凝土中加入JK-7型螺旋形聚乙烯醇纤维，纤维抗拉强度≥1450MPa，断裂伸长率≤15%，掺量0.9kg/m<sup>3</sup>，裂缝降低系数≥75%。

#### 2.1.1.2 作业条件准备

(1)为防出现意外，每个基础混凝土浇筑准备2班人员轮流施工，必须保证混凝土浇筑的连续性。

(2)各种专业管线已埋设完毕，钢筋隐检、模板验收已完成。

(3)施工人员的通道架设、泵管的架子已搭设完毕。

(4)振捣设备调试正常及备有足够的振捣棒。

(5)放料处与浇筑点的联络信号已准备就绪。

(6)劳动力安排已妥当，名单已上报；在基坑上方外侧围拦一圈彩条布。

(7)检查钢筋位置、数量，基础钢筋的保护层、锚板位置、预埋件的位置、数量，预埋管的位置、数量，模板接缝是否严密，模板隔离剂涂刷情况、支撑系统的承载能力、刚度和稳定性是否满足要求。

(8)混凝土浇筑前混凝土试模、坍落度筒等相关实验仪器设备与现场，满足现场实验的要求。

(9)基坑内是否清理干净，如铁丝、泥土、木屑、铁钉、杂物等。

(10)如有夜间作业或加班必须提前做好照明灯具。

#### 2.1.2 主要施工方法

(1)风机承台采用斜面分层的浇筑方法，承台基础混凝土浇筑采用两台混凝土泵，对称浇筑混凝土，混凝土浇筑从基础周边方向开始以斜面坡度1:6~1:7分层厚度300的“

斜面薄层分层”法向中心基础端推进。

(2) 混凝土坍落度控制在180mm。

(3) 混凝土应采用插入式振捣器振捣密实,混凝土应分层振捣,在浇注下层混凝土时,浇注人员应进入钢筋笼进行振捣。单台基础配备不少于4个振捣器,振捣间距400mm,插入深度10cm以上,严禁仅在表面振捣,振捣器不能作为摊平混凝土的工具。预应力拉索垫板上方和空腔拐角区域混凝土加强振捣,确保此位置混凝土密实度达到要求,螺旋筋内部浇筑密实。

(4) 单个风机基础混凝土的浇筑时间:混凝土浇筑时应连续不间断浇筑。风机基础内严禁出现施工缝,浇筑时间不宜超过12小时,拌合设备及运输车辆应有备用,中途不得中断浇筑。

(5) 混凝土的温控:混凝土的浇筑温度小于 $28^{\circ}\text{C}$ ,在浇筑温度的基础上最大温升值小于 $50^{\circ}\text{C}$ 且各测点的温度极差小于 $25^{\circ}\text{C}$

(6) 混凝土浇筑时间应避开雨、雪及沙尘天气。施工单位应提出切实可行的雨季施工措施,并在整个施工过程中严格遵守《风力发电工程施工与验收规范》GB/T 51121-2015及国家现行的有关技术规范要求。

(7) 混凝土分层浇注,层厚300mm左右,上下两层浇注时间间隔应小于下层混凝土初凝以前1小时,同层混凝土应先浇内圈后浇外圈。

(8) 在基础上环梁部位,严禁出现露筋、空洞、冷缝、夹渣、漏浆等缺陷。

(9) 浇注过程中清除落在上层钢筋上的混凝土料渣,避免污染钢筋。

(10) 为防止混凝土分层离析,混凝土自由倾落高度应小于2m。

(11) 混凝土强度未达到1.2Mpa前,不得在其上踩踏或安装模板或支架。

### 2.1.3 试块留置

抗压混凝土试块现场留设:每工作班不应少于一组,每组三块,每 $100\text{m}^3$ 留设一组标养抗压试块,每个风机基础标准抗压混凝土试块留设10组,同养护抗压试块3组,抗冻2组;标养抗压试块在温度为 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的标准养护室内进行养护;同养抗压试块放在基础边,并与基础同条件养护。并每天记录大气温度,在平均叠加到 $600^{\circ}\text{C}$ 天时送压。

### 2.1.4 基础沉降观测

(1) 风机基础进行施工及运行期需进行沉降观测,观测用的预埋件在基础施工时埋设。基础台柱四周埋设4个控制点标志做为永久性沉降观测点,应妥善保护。风机基础附近适当位置设置沉降观测控制点,保证其稳定可靠为原则,且靠近风机。

(2) 观测基准点可引自施工测量控制网,观测单位应单独设置观测基准点,并负责观测期间的维护;观测基准点应

尽量靠近观测点位置,但应在基础沉降影响范围之外;观测基准点的设置应以保证其稳定、可靠、不被破坏和方便施测为原则。

(3) 风机基础沉降观测采用II等水准测量,II等水准应采用闭合差,闭合差小于 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

(4) 观测时间和频次见《沉降观测时间表》。除表中时间外,遇地震、爆炸等特殊情况,也需对沉降进行测定。

(5) 应对每台机组单独制表记录观测点的观测值,机组安装后的观测记录还应记录观测时刻的风速及风向数据。

(6) 当沉降稳定时,可终止观测,沉降是否稳定应根据沉降量与时间关系曲线断定,一般的当某一台机组沉降速率小于 $0.02\text{m/d}$ 时,可以认为该风机基础沉降已经稳定,可终止观测,但总观测时间尚应满足不小于12个月的要求。

(7) 沉降观测时间和密度要求:

1) 基础浇筑完成当天做第一次观测。

2) 基础浇筑完成后的第一周隔天观测一次。

3) 基础浇筑完成一周后的每1月观测一次。

4) 机组安装当天开始新一轮观测,吊装前观测一次,机组安装完成后的第一周隔天观测一次。

5) 机组安装完成一周后的第一年(竣工后)每1月观测一次运行期第二年观测2次。

6) 运行期第三年及以后每年观测1次。

7) 当发现观测结果异常时或监理有要求时,应加密观测。

### 2.1.5 大体积混凝土裂缝控制施工技术措施

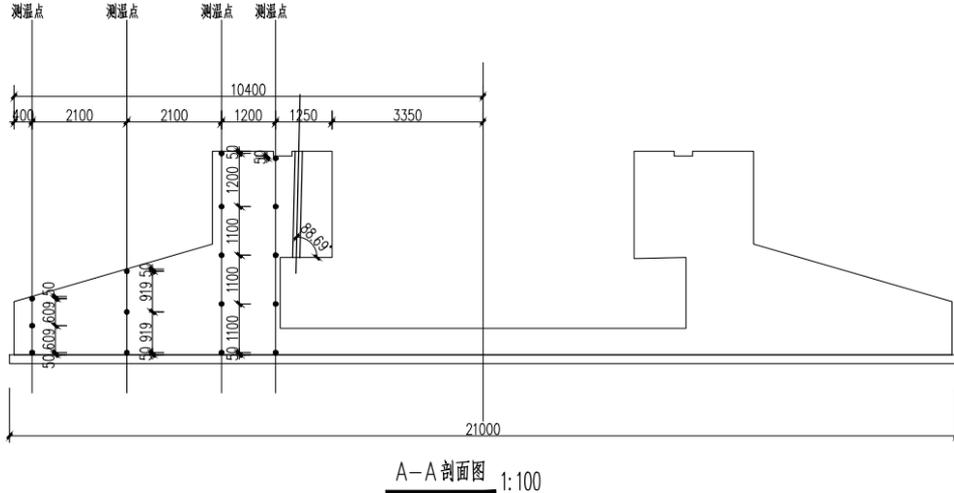
大体积混凝土施工应以预防为主的原则,主要应从混凝土的原材料选择及配合比设计,混凝土的施工方法,混凝土的测温及混凝土保温保湿养护等多方面采取技术措施以预防混凝土裂缝的产生。

#### 2.1.5.1 选择适当的混凝土施工方法

承台基础混凝土浇筑采用两台混凝土泵及塔筒对称布设混凝土,混凝土浇筑从基础周边方向开始以斜面坡度 $1:6\sim 1:7$ 分层厚度300的“斜面薄层分层”法向中心基础端推进。

#### 2.1.5.2 采取措施降低混凝土的入模温度

混凝土的入模温度控制在 $30^{\circ}\text{C}$ 以下为宜。如若混凝土施工处于气温较高时,则可通过降低骨料及拌合水温度等措施来降低混凝土入模温度,钢模板则洒水降温。混凝土浇筑时,应了解天气情况,合理安排施工,不得在雨天新开混凝土浇筑仓面,并在浇筑过程中应采取防雨、防沙等施工措施。基础混凝土浇筑合适气温为 $5\sim 30^{\circ}\text{C}$ ,如气温偏低或偏高要有专门的技术措施。高温期浇筑混凝土前,应作好充分准备,备足施工设备,保证连续进行浇筑。混凝土从搅拌机到入模的传递时间及浇筑时间要尽量缩短,并尽快开始养护。混凝土浇筑宜选在一天温度较低的时间内进行。浇筑前应在浇筑场地上喷水以降温,但在浇筑时不能有附着



A-A剖面图 1:100

水。应加快混凝土的修整速度。修整时，可用喷雾器喷少量水防止表面裂纹，但不准直接往混凝土表面洒水。混凝土浇筑前应将模板或基底喷水润湿。浇筑宜连续进行。

### 2.1.5.3 采取有利于散热的施工方法

混凝土浇筑采用“斜面薄层分层”施工方法，在满足混凝土连续浇筑的前提下能增大混凝土散热面积，从而使混凝土在浇筑阶段散发出部分水泥水化热，有利于减小混凝土内外温差。在混凝土浇筑过程中，加强混凝土的振捣，可采用二次振捣法振捣，以提高混凝土的密实度，从而提高混凝土抗拉强度。

### 2.1.5.4 加强混凝土养护措施

混凝土终凝后及时层铺设一层塑料薄膜、二层土工布进行保温、保湿与养护，使混凝土表面不致快速散热，以控制混凝土内外温差在允许范围 $25^{\circ}\text{C}$ 以内，并保持混凝土表面湿润，防止产生表面裂缝及脱水产生干缩裂缝。浇筑后表面应及时覆盖并保持湿润，防止雨水、温度剧变造成混凝土表面损伤或开裂，养护至现场混凝土的强度不低于28d标准强度的50%且不少于14d。

### 2.1.5.5 加强混凝土浇筑后的温度监测与控制

(1) 混凝土浇筑后，需及时对混凝土温度及大气温度进行监测。

(2) 根据相关经验，混凝土最高温差出现在基础台柱中心及上表面，选择此处作为大体积混凝土的代表控制点最为合适，具体埋置点为：在距基础中心混凝土上表面及混凝土底表面各50mm处及混凝土中心处设置测温点，测温点布置见下图：

(3) 为了能够及时了解混凝土表面温度与其周围环境大气温度之差，需在基础保温覆盖层内及基础四周大气中设置外界环境温度测温点。

(4) 混凝土内部温度在浇筑完毕后5天为升温阶段，温度峰值约维持1天左右后开始转为降温阶段，在升温阶段，每隔2小时测温一次，在降温阶段每隔4小时测温一次，在监测混凝土内部温度的同时监测环境温度，记录所测温度数据，

绘制各截面温度变化曲线，对温度数据及温度曲线进行分析和预测，以温控指标为标准决定是否采取局部或全部加厚（减薄）保温层的措施，以达到调控混凝土温差的目的。

### 2.1.5.6 混凝土的保湿养护

(1) 混凝土浇筑结束后，混凝土表面内100mm处温差与混凝土表面温度基本控制在 $25^{\circ}\text{C}$ 以内。

(2) 混凝土的养护可采用在混凝土表面与保温覆盖层之间铺设一层塑料薄膜封闭养护。薄膜接缝处采用搭接接缝，以保证薄膜完全覆盖混凝土面，混凝土养护时间不少于14天，在养护期间，经常检查混凝土是否需要补充水份，若需补充水份时，水温与混凝土表面温度不宜相差太大，以防因补充水份使混凝土表面温度陡降而引起混凝土内表温差过大。

## 3 结论

实践证明，通过控制相应的混凝土浇筑顺序措施、混凝土浇筑厚度措施、混凝土振捣措施、混凝土的保湿养护措施、混凝土浇筑后的温度监测与控制措施、设计措施及原材料措施可以保证风机基础大体积混凝土的施工质量。

### 参考文献：

- [1] 黎怀剑. 大体积混凝土施工技术在高层建筑底板基础工程中的应用[J]. 广东建材, 2009, 25(06): 165-167.
- [2] 李榕. 浅析风电场工程风机基础大体积混凝土施工技术措施[J]. 中国设备工程, 2022, (S1): 68-70.
- [3] 凌征富. 高速公路桥梁基础大体积混凝土施工技术及其质量控制措施[J]. 交通世界, 2022, (16): 64-66+92. DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2022.16.006.
- [4] 许青. 建筑工程的筏板基础大体积混凝土施工技术分析[J]. 四川水泥, 2021, (07): 33-34.
- [5] 张建发. 房屋建筑筏板基础大体积混凝土施工技术策略研究[J]. 甘肃科技纵横, 2020, 49(08): 53-55+38.

作者简介：项学松(1986-)男，辽宁海城人，工程师，本科学历，毕业于沈阳建筑大学土木工程专业，主要研究方向为建筑工程施工。