

风电基础大体积混凝土施工质量控制策略

●王欣



[摘要] 在现代经济快速发展与能源问题日益突出的背景下,施工人员需要更好地利用可再生资源,以实现施工建设的节能降耗和可持续发展。风电资源为可再生资源之一,为有效开发与利用风电资源,需重视风电工程建设,做好风电基础施工质量控制,保证风电基础的安全与牢固。基于此,文章阐述了风电基础大体积混凝土施工质量控制工作开展的重要意义,分析风机基础施工要点,提出施工质量控制措施,以期对相关工程提供有益参考。

[关键词] 风电基础;大体积混凝土;施工质量;控制措施

风电建设是实现节能降耗与可持续发展的关键所在,其已成为能源领域重点关注的工程。在风电建设项目中风机基础是不可缺少的重要支撑结构,其质量关系着风力发电效率与安全,因此,需合理运用大体积混凝土施工技术来保证基础结构的稳固性。施工单位应结合风电基础大体积混凝土施工要求,把握风电基础施工要点,从钢筋配置、温度控制、混凝土养护等方面入手,通过有效措施提升大体积混凝土施工质量、效率与安全,充分发挥风电工程的优势与价值。

Q 风电基础大体积混凝土施工质量控制的重要意义

(1)有利于保证基础坚固。随着社会经济发展与日常生活对能源的需求量增加,风能已广泛用于多个领域,由于风电建设数量与规模发生较大变化,必须保证风电基础牢固与安全,才能发挥风电工程真正作用。由于风电装置较多,风电基础必须有足够能力支撑上部其他风电工程,因此需开展大体积混凝土施工质量控制。在此前提下,施工单位会根据风电基础建设要求,从细节入手规范施工作业行为,确保风机基础足够坚固与安全,可以承受高度支撑塔与侧向风阻。

(2)有利于提高施工质量。在风电基础工程施工中,大体积混凝土施工质量关系着风电场运行效率与安全,同时也影响着风电场整体质量。而科学的施工工艺与合理的施工标准是保证风电基础工程质量的关键,因此,需落实大体积混凝土施工质量控制措施来选择正确施工方法,保证总体施工效果。施工单位应围绕质量与安全,制定并完善全方位的质量控制措施,通过调整钢筋配置、控制混凝土浇筑温度

等有效途径减少混凝土裂缝问题,避免风机基础突然塌陷与扭曲,从根本上提高整体施工质量。

(3)有利于控制施工成本。随着风电工程的规模日益扩大,施工技术也呈现出多样化,因而,需保证支持资金充足,才能引入先进技术与设备,满足高质量风电基础工程施工需要。施工质量控制工作的开展应严格要求现场作业人员,使其按流程、按规定操作施工设备,保证各施工环节的质量,减少大体积混凝土施工返工问题,避免因质量不合格而重复施工。因此,不仅有利于节约人力、物力与财力,从而有效控制施工成本,还能在一定程度上缩短施工周期,不会因延误工期而增加不必要的施工成本。

Q 风电工程中风机基础施工要点

(一)设计风机基础

在风电基础结构施工开始之前,必须提前勘察施工区域地质条件与周围环境。若施工范围内多为坚硬的岩石,应考虑增设滑动层,将其布置于混凝土底部位置,作为关键的施工垫层,以此来约束大体积混凝土浇筑施工,增强风电基础整体牢固性。由于大体积混凝土容易在水化热作用下加速硬化反应,同时温度骤然升高出现体积增大问题,一旦温度下降将有可能出现较大间隙,降低混凝土与地基之间牢固程度。因此,施工人员必须优化施工设计,采用设置滑动层的方式让风电基础的大体积混凝土可以与地基结构牢固连接,保证在非地震情况下的稳固性。如果发生地震,滑动层可以相对主结构滑动,从而增加能量的消散,减少地震力对主体结构的直接作用。在设置滑动层时应注意材料的滑动性与耐久性,还应结合结构特点来考虑相对位移与摩擦

力。在滑动层施工过程中，施工人员应重视安装、连接与调整等施工技术的应用，以此有效约束大体积混凝土与岩石地基的相互作用，减少膨胀与收缩效益。

(二) 混凝土浇筑

在风电基础大体积混凝土浇筑作业中，施工单位使用具有水化热低、保水性好的混凝土，采用统一拌制方式在拌和站完成混凝土拌制，再安排专用混凝土搅拌车将拌制完成的混凝土安全运至风电基础大体积混凝土施工现场。在浇筑之前，施工人员需安排专业人员检查与审核混凝土配比与配料，并检查混凝土搅拌的均匀性，判断混凝土是否存在离析情况，保证混凝土质量符合标准。针对混凝土生产温度、运输温度、时间与路线等重要性信息，需要由专门的管理人员进行记录，为施工质量控制工作的开展提供翔实可靠的数据资料。施工人员还需结合风电基础工程要求对混凝土坍落度进行检查，可以每隔 2h 检查一次混凝土坍落度，也可以通过抽样方式检查。在具体浇筑过程中施工单位考虑到风电基础混凝土施工对浇筑强度有极高要求，因此采用泵送入仓的方式完成混凝土浇筑，注意混凝土下料高度应小于 2m，提高下料均匀性，减少骨料离析问题。为保证浇筑质量，施工单位通过分层方式浇筑，控制每层浇筑厚度，一般不超过 30m，注意分层浇筑间隔时间不宜过长，上层的浇筑必须在下层初凝前进行，以避免出现施工裂缝。在同一层浇筑环节，施工单位需坚持浇筑原则，从中间部位开展向四周位置浇筑，其中底层与顶层位置的浇筑厚度要控制在 30cm 左右。除此之外，施工单位需安排专业人员跟踪混凝土出料、运输、检验、浇筑等作业，及时应对各种突发情况，确保混凝土浇筑作业连续。

(三) 混凝土振捣

由于混凝土周围有相对密集的钢筋，整个浇筑过程应合理运用混凝土振捣技术，同时也应落实相应的振捣措施，以此发挥大体积混凝土的真正作用。在风电基础大体积混凝土振捣过程中，施工单位需按要求使用专业的软轴振捣器，将特定类型的振捣器快速插入钢筋与模板中，振捣器活动范围应限定在 50cm 内。在混凝土振捣环节需注意根据风电基础施工需要优化振捣作业，减少振捣器与模板之间的膨胀，避免振捣器损坏预埋件。施工单位若在保证振捣位置合理，可以按照梅花型进行振捣，注意之前插入振捣棒的动作迅速，但抽出振捣棒时要缓慢，以此来保证振捣施工最终质量。在振捣过程中认真观察翻浆情况，如已出现翻浆则挪动振捣棒位置进行全面振捣，防止局部位置振捣过度而影响浇筑面均匀性。

Q 风电基础工程中大体积混凝土施工质量控制措施

(一) 科学调整钢筋配置

在大体积混凝土施工中，钢筋的主要作用是增加混凝土整体强度及韧性，弥补混凝土抗强能力不足的缺陷，若出现较大外力，钢筋会承担部分作用力，混凝土结构不会直接被破坏。因此，在风电基础大体积混凝土施工质量控制过程中，施工单位要保证钢筋配置合理，保证钢筋分布均匀。在具体配置中充分考虑配筋所具有的差异性，以 1m 厚的混凝土为例，钢筋直径的选择需要结合承载能力、施工工艺、经济性与抗震等方面，以此来保证钢筋直径合理，同时控制钢筋直径偏差在 ±5% 之内，表面应平滑且无裂纹，同时，钢筋连接位置需采用搭接焊方式。此外，钢筋间距与直径等参数决定着大体积混凝土整体施工质量，施工单位必须结合混凝土收缩度，科学调整钢筋配置，并采用错位分布方式增强钢筋施工效果。

(二) 合理选择施工材料

在风电基础施工中，水泥为大体积混凝土施工主要材料之一，水泥的类型与用量决定着水化热的产生，也关系着混凝土的强度与整体性能。因此，在施工材料选择过程中，相关人员应考虑风电基础大体积混凝土施工需要及质量标准，使用 P·S42.5 矿渣硅酸盐水泥，粗骨料选择碎石，粒径在 16~31.5mm 之间，可以有效减少水泥整体使用量，让水化热程度进一步降低，注意碎石含泥量应在 1% 以内。细骨料选择中砂，其含泥量小于 3%，便于优化混凝土强度。为更好地避免大体积混凝土出现沉缩变形问题，需要使用一定量的减水剂，用于控制水泥用量与水灰比，例如，风机基础为 C40 混凝土，使用粒径较大的水泥品种，并且考虑加入缓凝高效减水剂，计算出减水剂掺量为 7.43kg/m³，最终达到延缓水泥水化的目的，让水化热的峰值出现时间推迟，从而有效控制大体积混凝土施工质量。

(三) 确定混凝土配比

针对风电工程，如果使用高强度等级的 C40 混凝土，必须严格控制混凝土配比，通过有效方式减少内部温升，保证混凝土强度达标。在确定混凝土配比时，应考虑风机基础需要承受叶轮、机舱与塔架等荷载，做好 C40 混凝土配合比的设计与计算。相关工作人员根据风机基础混凝土配合比要求，明确坍落度为 140~150mm、水胶比不宜大于 0.50、含砂率在 35%~42% 之间，同时拌合水用量最大不超过 175kg/m³。在此基础上确定基础 C40 混凝土配合比，水泥：砂：碎石：水：减水剂的配比是 1：2：3：0.55：0.02，每立方米用量分别为 363kg/m³、709kg/m³、1064kg/m³、158kg/m³、7.83kg/m³，达到施工质量要求与相关标准。

(四) 开展混凝土温度测量与控制

在风电工程中，大体积混凝土浇筑会因水化热反应而产生大量热量，使得混凝土内部的整体温度骤增，加之其自身散热能力不足，所以内部温度极高，势必会因温度过大形成

不同程度的裂缝。因此,施工单位在开展大体积混凝土施工质量管理工作时,需制定科学与有效的温控管理措施,以加强混凝土温度控制。在具体控制过程中可以提前埋设测温线,安装建筑电子测温仪来获取温度值,通过数字显示被测温度,便于施工人员了解混凝土温度,根据温度变化来调整混凝土温度控制措施。在风电基础浇筑时应布置好温控监测点,在距基础中心 3.80m、7.60m 位置设置 2~4 个测温孔位,并在外表面、中间与底部等位置布置 9 个测温点。在钢筋上绑好测温线,待混凝土浇筑时植入绑扎牢固的测温线,注意温度传感器必须位于规定的测温点,下料时避开测温线,振捣时避免意外触碰测温线,确保精准获得内外温差与降温速度。在温度监测中要明确监测周期与频率,浇筑结束后 3d 内,每间隔 2 小时测 1 次;浇筑结束 4~15d 内,每次测温间隔 4 小时;浇筑结束后 16d,间隔 24 小时测温 1 次;待内外部温差不足 15℃ 时可以停止测量。此外,施工过程的温度控制要保证混凝土每天降温不超过 1.5℃,最大温差不可超过 25℃。在温度控制过程中施工单位可以采用控制施工时间、使用低温水、添加冷却剂、遮阳、喷水降温等多种方式控制温度,减少混凝土裂缝,避免内部孔隙增加,从而提高大体积混凝土施工质量。

(五)加强基础混凝土养护

高质量的风电基础大体积混凝土养护可以保证混凝土整体强度与稳定性,对风电工程建设质量与后期运行安全至关重要。在混凝土养护过程中重点关注混凝土裂缝问题,可以通过初次养护、水养护、涂料养护、养护期限控制等方式提高养护质量与效率。(1)初次养护是在大体积混凝土上覆盖湿布,避免水分在短时间内大面积蒸发,让水泥中的水分处于饱和状态,也可以通过雾洒方式增加空气湿度。(2)水养护是将混凝土构件浸泡在水中,通过充分的水养护提高大体积混凝土耐久性及抗裂性,同时搭配使用喷淋方式使用细小水滴来保持混凝土表面位置的湿度。(3)涂料养护,其为大体积混凝土养护常用措施,施工单位会在混凝土表面均匀喷涂养护胶、防水涂料,从而在表面形成具有保护作用的薄膜,避免空气中的二氧化碳过多侵入,让混凝土保持良好的碱性环境。(4)养护期限控制要求施工单位需结合大体积混凝土类别与强度等因素进行多元评估,确定养护期限,一般为 7~28d,以此来增强混凝土长期耐久性。

(六)其他质量控制措施

在风电基础大体积混凝土施工质量控制过程中,施工单位及相关管理人员要通过以下措施进一步提升质量控制的效果。(1)需加大安装工艺质量控制,重视基础环节的安装,重点做好风机基础关键位置的防腐处理,同时,还应关注设备运输,减少设备意外损坏问题。(2)积极引入现代化技术,通过人工智能、大数据、物联网与云计算等技术,依托网络平台进行动态化远程跟踪管理,借助 BIM 技术开展智能化与数字化管理。(3)根据风电基础大体积混凝土施工质量要求,对质量控制点做到精准把握,制定科学与有效的责任管理制度,落实标准化规范,为施工质量控制提供制度层面的保障,通过精细化管理与分类管理,强化质量管理整体效果。

Q 结束语

在风电工程建设规模扩大的背景下,风电基础施工质量受到社会各界持续关注,因此,施工单位应从多维度入手控制风电基础大体积混凝土施工质量,保证混凝土浇筑、振捣与养护等多个环节的施工质量达标,真正实现节能降耗。未来,施工单位及技术人员需不断探索大体积混凝土技术在风电基础施工中的应用,通过持续改进与大胆实践来优化大体积混凝土结构,以提高混凝土结构整体抗震性能,同时积极融入计算机模拟与优化软件,让混凝土结构施工更加精准与规范,进而推动建筑行业的稳健发展。

参考文献

- [1]彭修宁,赵起超.风电大体积混凝土基础裂缝成因与控制措施[J].江西建材,2022(03):159-160.
- [2]周克敏,陈维维.山区风电场风机基础大体积混凝土质量控制措施[J].湖南水利水电,2019(06):73-74.
- [3]罗平,李凤仙.风电工程风机基础大体积混凝土施工与质量控制措施[J].河南建材,2019(04):239-241.

作者简介:

王欣(1990-),男,汉族,辽宁铁岭人,本科,助理工程师,中国能源建设集团东北电力第二工程有限公司,研究方向:工程管理、工程技术管理。