

华能共和 5 万千瓦风电项目

大体积混凝土监理细则

批准 刘士发 2019 年 5 月 19 日

审核 徐耀生 2019 年 5 月 19 日

编制 朱彦名 2019 年 05 月 19 日

华能共和 5 万千瓦风电项目监理部

2019 年 5 月



目 录

一、 专业工程的特点	3
二、大体积混凝土施工准备的监理控制	4
三、大体积混凝土施工质量保证的技术措施和控制方法	5
四、大体积混凝土的信息化施工	7

一、工程概况及专业工程的特点

1、工程概况：

1.1、工程名称：华能共和 5 万千瓦风电项目

1.2、建设地点：青海省西宁市共和县塘格木镇

1.3、项目概况：

本项目拟新建的华能共和5万千瓦风电项目场址位于青海省海南藏族自治州共和县境内，与共和县直线距离约为60km，风电场场区范围海拔高程在 2940m~3040m 之间，场址中心坐标为 E99°55′40.36″、N36°22′36.13″。项目规划装机容量 50MW，拟采用 20 台单机容量为 2.5MW 的风电机组，拟建场址区域占地面积约为 14.8km²。

本工程规划装机容量 50MW，采用 20 台 MySE2.5-145 型风力发电机组，单机容量为 2500KW，叶轮直径为 145m，轮毂高度采用 95m。单机最大尾流影响为 7.9%，最小尾流影响为 0.1%，平均尾流影响为 3.2%；除尾流和空气密度折减影响后，风电场综合折减系数为 75.11%。经计算本项目年理论发电量为 15001.41 万 kwh，预计项目上网发电量为 10911.17 万 kwh，相应单机平均上网电量为 545.56 万 kwh，年等效满负荷小时数为 2182h，容量系数为 24.91%。根据《风电场工程等级划分及设计安全标准》（FD 002-2007），本工程等别为III等，工程规模为中型，风电机组基础设计级别为 1 级，基础结构安全等级一级。风机基础的抗震设防类别为丙类。风机机组塔架基础洪水设计标准为 30-50 年。

本工程风电场土建部分主要包括：风力发电机基础和箱式变压器基础。本项目每台风电机组均配置一台箱式变压器，箱式变压器基础为现浇钢筋混凝土箱型结构，混凝土强度等级为 C35，天然地基，埋深约 1.9m。本项目风机基础形式拟采用传统钢筋混凝土大板式风机基础，风机塔筒与基础之间采用预应力螺栓组件连接方式。风机基础结构重要性系数为 1.1；设计使用年限 50 年；混凝土采用 C40，基础垫层为 C20 混凝土，基础中添加复合型防腐阻锈剂；根据气象站资料，本风电场位于严寒地区，根据《水工混凝土结构设计规范》（SL191-2008）第 3.3.7 条，将基础混凝土抗冻等级取为 F200；钢筋为 HRB400E、HPB300；钢材 Q235B；风机基础直径为 20.5m，基础埋深为 3.5m；风机基础的混凝土强度等级为 C40，主受力钢筋等级为 HRB400E。在风机基础施工完毕后，应采用砂石土回填，砂石

土回填时应分层碾压夯实，压实系数不小于 0.96。此外，风机基础上部覆土表面设置 3%找坡以利于排水。为提高大体积混凝土在施工过程中的抗裂性能，在风机基础混凝土中添加抗裂纤维（螺旋形聚乙烯醇纤维），掺入量约为 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 混凝土。风机基础上沿环向布置 4 个沉降观测点，应避开塔筒门及主导风向。在每台风机沉降观测点附近设置一个沉降观测控制点。根据《风电机组地基基础设计规定（试行）》（FD003-2007）的要求，应选择具有代表性的 5~6 个风机基础在施工及运行期间进行沉降观测，观测周期及间隔如下：1）风机基础浇筑完成后 1 次；2）机组安装前后各 1 次；3）机组运行第 7 天 1 次；4）运行第一年每 3 个月观测 1 次；5）运行一年后每年观测 1 次直至稳定为止。

本工程风电场电气部分风力发电机采用一机一变的电气接线方式，将机端电压升至 35kV，然后将 10 台风机—变压器组的 35kV 侧通过 35kV 集电线路接至风电场升压站 35kV 母线，共 2 回集电线路，新建 2 条单回架空线路共计 11.33km。箱变高压侧出口 35kV 电缆沿壕沟内直埋敷设，沟内需铺沙盖板，并设有电缆警示带。风机及机组变压器的配置方式具体如下：2500kW 风力发电机旁配置一台容量为 2750kVA，电压比为 38.5kV/0.69kV 的箱式变压器，距离风电机组约 20m 左右。箱式变压器低压侧与风力发电机组间采用 1kV 低压电缆相连，连接电缆采用 18 根（每相 5 根，另加 3 根中性线）单芯 1kV 低压电力电缆（ZC-YJY63-1kV-1 $\times$ 240mm²）将风电机组动力柜与箱式变压器低压侧连接。

本工程新建华桑 110KV 升压站一座，南北长 67.9M，东西宽 72M，为矩形布置，围墙内面积 4888.8M²；围墙外 2M 保护带用地 575.6M²，故站址总用地 5464.4M²。本工程建（构）筑物包括：电气楼、综合楼、110KV 构架及设备支架、35KV 母线支架、主变构架及基础、HGIS 装置基础、站用变基础、SVG 装置基础、独立避雷针等；水工建（构）筑物包括：地下污水处理池、主变事故油池等。其中主体建筑为电气楼及综合楼，电气楼为一层混凝土框架结构，综合楼为二层混凝土框架结构。

华桑 110KV 升压站终期建设 2 台 50MVA 变压器，以每台主变为单元设置 1 段单母线接线形式的 35KV 母线，华能风电场集电线路 2 回至华桑 110KV 升压站 35KV 段，通过新建 110KV 线路接入 330KV 沙柳变完成并网发电。新建 110KV 线路长度约 28km，导线截面选择 240mm²。

1.4 项目参建单位如下：

建设单位：共和华能太阳能发电有限公司

设计单位：华北电力设计院有限公司

勘察单位：

监理单位：常州正衡电力工程监理有限公司

总包单位：山东电力建设第三工程有限公司

2、专业工程特点

本工程总装机容量为 50MW，本次工程安装 20 台单机容量为 2500KW 的风力发电机组，每台风电机配置一台箱式变电站。

风机基础形式拟采用传统钢筋混凝土大板式风机基础。

(1) 采用现浇钢筋混凝土结构组成，垫层采用 C20 混凝土浇筑、基础采用 C40 混凝土浇筑。地基超压部分采用 C20 混凝土浇至基底设计标高处理，分层铺填厚度 $\leq 300\text{mm}$ ，分层压实系数不小于 0.96。抗震设防烈度 7 度，场地土类别为 II 类。

建筑工程中的大体积混凝土结构中，由于结构截面大，水泥用量多，水泥水化所释放的水化热会产生较大的温度变化和收缩作用，由此形成的温度收缩应力是导致钢筋混凝土产生裂缝的主要原因。这种裂缝有表面裂缝和贯通裂缝 2 种，在不同程度上都属有害裂缝。

大体积混凝土施工中监理的控制主要是浇筑混凝土水化热和内外温差过大可能所带来的一系列质量问题而必须采取的技术措施。为了有效地控制有害裂缝的出现和发展，必须从控制混凝土的水化升温、延缓降温速率、减小混凝土收缩、提高混凝土的极限拉伸强度、改善约束条件和设计构造等方面全面考虑，结合实际采取措施。一是选用低水化热或中水化热的水泥品种配制混凝土，如矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰水泥、复合水泥等。二是在大体积混凝土中一般选用中粗砂或粗砂，细度模数一般在 2.3~3.0 左右。石子粒径一般都要求采用连续级配的粗骨料来配制混凝土，应尽量选用粒径较大级配良好的石子。三是掺一定量粉煤灰外加剂可代替部分水泥，且能改善混凝土粘塑性。改善可泵性，降低混凝土水化热，改善后期强度。四是大体积混凝土的养护和内部温度进行监控，测定浇筑后的混凝土表面温度和内部温度，通过技术措施将温差控制在设计要求的范围以内，当设计无具体要求时温差不宜超过 25℃。

二、大体积混凝土施工准备的监理控制

(1) 审核施工方提交的施工组织设计，重点检查大体积混凝土在材料供应方案，混凝土浇捣方案，大体积混凝土测温及混凝土养护等方面的施工组织及专项技术措施。

施工单位在工程开工前或在基础施工中一般都会提供±0.00 以下基础工程施工组织设计，但未必都会有大体积（大底板）混凝土施工详细完善的章节内容，所以，必须要求施工单位在所上报的施工组织设计中具备以上所述的内容。如无，则应要求编写单项的“方案”。由此达到 2 个目的，一是详细审核其方案时为大体积混凝土浇筑质量的技术保证和施工工艺是否科学，合理安排。二是检查了解施工单位对大体积混凝土施工安排落实情况准备的如何。

监理重点审核其方案是否包括了工程概况、地理位置、交通、为施工而增设的临时设施、现场浇筑安排、考察商品混凝土搅拌站资质及供应情况、输送泵位置设置、管路铺设合理否、搅拌车的进出方向、每台泵配置几台车，每小时每台泵供多少量、总的累计多少时间能完成总方量、浇筑流水方向、工艺设备的配置，如照明、排水泵、振捣器和通讯工具等。

(2) 现场监理项目部要考察审核商品混凝土搅拌站施工资质及供应量情况，在一个搅拌站无法满足工程连续浇筑供应混凝土的情况下还应选择二家单位联合供应，包括备用应急的搅拌站，上述确定的搅拌站，要求其所供应的商品混凝土组成的所有材料，如石子、中砂、水泥、减水剂和粉煤灰等，品牌和质量要求技术参数必须完全一致。

(3) 针对大体积混凝土降低水化热等技术措施监理应组织建设方、设计方、施工方等有关方面进行专题讨论。

(4) 根据编制的大体积混凝土施工实施细则的内容组织监理人员进行大体积混凝土浇筑监控要点的技术交底，明确大体积混凝土浇筑的监理重点，并明确每个监理人员的职责。

三、大体积混凝土施工质量保证的技术措施和控制方法

3.1 大体积混凝土浇筑的质量控制

根据混凝土配合比要求，跟踪检查进入现场的混凝土质量，监理工程师应目测混凝土和易性，离析状况，混凝土用料规格，并按施工组织设计要求定时、定

量抽查混凝土坍落度。一旦发现异常情况，应提出暂缓该车或该批混凝土浇筑，并报总监理工程师处理。

检查现场试块操作人员试块制作组数应符合规范要求，试块制作应规范，试块抽取应有代表性，反映不同泵站及时间段混凝土强度。试块拆模后应及时送至标准养护室存放，并与施工现场同条件养护混凝土试块同步制作（按设计和施组要求）。

商品混凝土到现场后严禁加水，若因为混凝土坍落度而影响泵送时，应立即将不合格混凝土推出现场，并及时通知混凝土搅拌站进行调整。

基础承台板混凝土浇筑，应从一个方向斜坡式分层浇筑，混凝土振捣由上下、前后同时进行，监理人员应现场检查混凝土振捣的均匀性，严禁出现振捣不实或漏振情况。

经常观察浇筑面混凝土状况，一旦发现混凝土有初凝前兆（用钢筋插入有明显孔洞），应及时督促施工方调整局部混凝土浇筑顺序，避免出现施工裂缝，施工现场重点注意以下部位：

（1）落深和面积较大的承台部位。外墙板及水池墙板高低止水口部分；由于每个泵台速度不均或个别由于停泵导致混凝土不连续供应部位的质量，并在混凝土初凝前督促施工方进行二次泌水处理，克服混凝土早期脱水裂缝，检查混凝土平整度；检查现场测温落实情况，及时分析温度差变化，组织有关方面及时解决混凝土浇筑过程中出现技术问题。

（2）根据温度变化及时落实已浇筑至设计标高部分混凝土表面保温工作，保温塑料薄膜覆盖前必须完成二次泌水处理，减少混凝土表面裂缝，并浇水湿润。薄膜覆盖必须落实，薄膜内保留一定水分，其它保温材料根据温度变化分层覆盖。

（3）基础承台混凝土浇筑过程中要采取措施，降低混凝土的入模温度，控制坍落度，控制坍落度的波动，不得加水，并要振捣密实。

（4）混凝土浇筑方法从一个方向斜坡式分层连续浇筑，不留施工缝。

（5）混凝土振捣采用上下、前后同时振捣的方法进行，即在混凝土浇筑点上下配备振捣棒操作工进行振捣。由于混凝土坍落度大，混凝土流淌坡度小，距离长，依次在浇筑点后面配备振捣人员对斜坡进行振捣，为了便于下坑内施工，操作人员在承台侧模处开设若干孔洞供操作人员上下。

3.2 大体积混凝土养护的控制

根据方案布置图,混凝土浇筑前检查测温点布设情况及防止浇筑时损坏该设施,并建立测温点初始值。混凝土初凝前,落实二次泌水处理,克服由于早期脱水引起的裂缝,并适量浇水后覆盖薄膜,并落实保温措施。根据施组要求,严格检查混凝土保温措施落实情况。混凝土浇捣过程中以及养护期内,应严密监测混凝土内温度变化情况。自浇捣时起 1~7 d,每 1 h 测定一次;第 8~14 d,每 4 h 测定一次。控制混凝土的温差,当温差超过 25℃时应督促施工方进一步落实加强保温措施。

大体积混凝土养护一般不少于 7 d,并根据板中心混凝土温度变化及同条件养护的混凝土试块强度确定养护周期。

混凝土的养护应采用保温,保湿及缓慢降温的技术措施,一般在浇筑在厚度大于 3 m 时,要求考虑在大体积混凝土内部设置冷却水循环降温措施,设冷却水管,并通过温度检测控制混凝土中心与表面的温度或混凝土内部与冷却水的温度控制在 25℃以内

3.3 降低水泥水化热和变形

(1) 在厚大无筋的或少筋的大体积混凝土中,掺加总量不超过 20%的大石块,减少混凝土的用量,以达到降低水化热和节省水泥的目的。

(2) 改善配筋。为了保证每个浇筑层上下均有温度筋,可建议设计人员将分布筋做适当调整。温度筋宜分布细密,一般用 $\Phi 8$ 钢筋,双向配筋,间距 15 cm。这样可以增强抵抗温度应力的能力。

3.4 其他方面

(1) 改善约束条件,削减温度应力。采取分层或分块浇筑大体积混凝土,合理设置水平或垂直施工缝,或在适当的位置设置施工后浇带,以放松约束程度,减少每次浇筑长度的蓄热量,防止水化热的积聚,减少温度应力。对大体积混凝土基础与厚大的混凝土垫层之间设置滑动层,如采用平面浇沥青或铺卷材。在垂直面、键槽部位设置缓冲层,如铺设 30~50 mm 后沥青木丝板或聚苯乙烯泡沫塑料,以消除嵌固作用,释放约束应力。

(2) 提高混凝土的极限拉伸强度。选择良好级配的粗骨料,严格控制含泥量,加强混凝土的振捣,提高混凝土密实度和抗拉强度,减小收缩变形,保证施工质

量。采取二次投料法，二次振捣法，浇筑后及时排除表面积水，加强早期养护，提高混凝土早期或相应龄期的抗拉强度和弹性模量。在大体积混凝土的基础内设置必要的温度配筋，在截面变形和转折处，底、顶板与墙转折处，孔洞转角及周边，增加斜向构造配筋，以改善应力集中，防止裂缝出现。

四、大体积混凝土的信息化施工

大体积混凝土施工应加强测温 and 温度控制，实行信息化控制，随时控制混凝土内的温度变化，以便及时调整保温及养护措施，使混凝土的温度梯度和湿度不至过大，以有效控制裂缝的出现。

4.1 温度监测

为掌握基础内部混凝土实际温度变化情况，了解冷却水管进出水温度，对基础内外部以及进出水管进行测温记录，密切监视温差波动，来指导混凝土的养护工作，并同时控制冷却水流量以及流向。

测温设备可采用“大体积混凝土温度微机自动测试仪”，温度传感器预先埋设在测点位置上，基础承台测点位置分承台内部、薄膜下温度、室内室外温度、冷却水管进、出水温度设置。测点温度、温差以及环境温度的数据与曲线用电脑打印绘制。当混凝土内外温差超过控制要求时，系统马上报警。测温点的布置应考虑由于大体积混凝土浇筑顺序时间不一致，应由各区域均匀布置，核心区、中心区为重点。

4.2 监测结果及其分析

根据各测点所测温度汇总混凝土温度情况表，并绘制基础混凝土升降温曲线，了解本工程大体积混凝土测温情况和特点。根据一般规律，大体积混凝土浇捣结束后，在基础的中心部位将形成一高温区，升温时间为 60~70 h，高温持续时间较长，均在 30~40 h。混凝土的入模温度较高，会加快水泥水化的进行，故早期水化热积聚上升，将造成混凝土的升温速度加快。当混凝土保温层去除后，混凝土表面温度会明显受昼夜大气温度的影响，温度下降。一般循环冷却水带走的中心部位混凝土的热量较四周表面和底部要多，因此，中心部位混凝土因冷却水所产生的降温数值大，混凝土四周表面和底部所产生的降温数值小。在实际施工中可根据详细测温情况，进行分段计算。