

# 越南富叻风电场 EPC 总承包项目土木工程施工质量控制

吴政, 郝敏, 陈靖, 李涛, 付小波

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

Copyright © Universe Scientific Publishing Pte Ltd

DOI: 1.18686/bd.v1i3.177

出版日期: 2017年3月1日

**摘要:**介绍了越南风电场项目土木工程的主要内容包括管理体系文件的建立、EPC 总承包商在风电场土建施工质量控制特别是重要的风机基础施工质量控制方面所做的主要工作等,探讨了厂家锚笼的产品在设计方面待完善之处,总结了 EPC 总承包商在国外风电场工程中起到的主要的作用。

**关键词:**风电场; EPC 总承包项目; 土建工程; 风机基础; 升压站; 道路; 质量控制

## 1 工程简介

越南富叻风电 I 期项目位于越南平顺省追风县,为越南国家风电示范项目,是越南国家电力集团 (EVN) 投资建设的第一个风电项目,业主为越南 TBW 联合股份有限公司,咨询是来自德国的 FICHTNER。德国复兴银行 (政府) 提供 85% 优惠贷款资金。共有 12 台 2MW 的风机,总装机规模为 24MW,工期为 14 个月。这是越南国家电力集团投资建设的第一个风电项目,中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司实施 EPC 总承包工作。

本文介绍了介绍了越南风电场项目土木工程的主要内容,管理体系文件的建立,EPC 总承包商在土建特别是风机基础施工质量控制所做的工作,探讨了厂家锚笼设计待完善的内容,阐述了 EPC 总承包商在工程中起到的主要作用等。

## 2 风电场土木工程施工的主要内容

风电场土木工程施工的主要内容有进场道路、场内道路、风机基础和升压站,另外还有堆放平台、吊车平台,升压站出线铁塔和架空线的施工。富叻项目场内道路 13 条,总长度在 6.8 公里。进场道路采用的是沥青混凝土,长为 1.1 公里。9 号道路采用的是双表处道路设计,其它道路均为砾石道路。道路结构层总厚度为 45cm,包括 2 层天然料作为次基层和 1 层级配碎石作为基层。风电场土木工程中最为重要的是风机基础的施工,是管控的重点。富叻项目土木工程施工采用属地化管理,土木分包商均来自当地公司。

## 3 体系文件的建立

遵从合同,EPCa 总承包商在设计阶段完成了下列体系文件的建立:

- a) 健康、安全和环境应急预案;
- b) 施工实施阶段方案;
- c) 更新的环境与社会管理方案;
- d) 施工安全方案;
- e) 土建工程试验计划;
- f) QC/QA 管理方案;
- g) 风机混凝土温度监测方案;

按合同规定,在施工正式实施前 EPC 总承包商必须完成上述体系文件的建立和认可工作。

## 4 施工质量控制

### 4.1 风机基础施工质量控制

#### 4.1.1 地基处理及地基承载板试验

有 8 台风机地基基础较为软弱,采用基础换填方案。对基础换填进行了地基承载板试验。承载板试验中第二次变形模量  $E_{v2}$  的检测是德国、法国及欧洲其他国家一直沿用的、成熟的压实标准。第二次变形模量  $E_{v2}$  值必须大于 50MPa,第二次变形模量和第一次变形模量的比值必须小于 2.0。凡是对试验不合格的换填,均进行了重新碾压和重新试验,确保基础换填后满足设计要求。

#### 4.1.2 原材料质量控制

混凝土施工用水是采用地下水, 临时打的水井。砂采用的是当地的河砂。混凝土骨料采用的是距离项目 12 公里处轧石场的骨料。按当地的施工规范, 骨料必须采用单一粒径的骨料<sup>[1]</sup>, 按合同, 骨料粒径控制在 30mm 以下。混凝土外加剂采用的是减水性缓凝剂。钢筋采用的是当地产的屈服强度在 500MPa 以上的螺纹钢。上述材料在使用前均进行了质量检查, 并得到认可。

#### 4.1.3 混凝土配合比试验

总承包商帮助当地分包商完成了风机大体积混凝土配合比设计<sup>[2]</sup>。混凝土塌落度控制在  $14 \pm 2$ cm。混凝土的终凝时间控制在 9 个小时以上。为抢工期, 基于 7 天强度试验结果提出了最终的混凝土配合比设计, 按期完成了第 1 台风机基础的浇筑。

#### 4.1.4 混凝土拌合站的率定

按合同, 土建分包商在现场配备了产量为  $60\text{m}^3/\text{h}$  的混凝土拌合站, 当地有关政府部门对混凝土拌合站的计量系统进行了率定。

#### 4.1.5 风机基础混凝土浇筑前的检查

风机基础混凝土浇筑前对原材料的检查有 13 项, 对健康、安全和环保的检查有 8 项, 对人力资源的检查有 12 项, 对机械的检查有 9 项, 对其它内容的检查项目有 16 项。检查合格后方可开始风机基础混凝土的施工。

#### 4.1.6 混凝土浇筑质量控制

土建分包商平均配备了 6 台混凝土运输车。对每车混凝土进行了混凝土塌落度、入仓温度的检测。按合同每 30 方混凝土进行取样, 并开展 7 天和 28 天龄期混凝土抗压强度试验。第一台风机混凝土浇筑 7 天后, 由业主、咨询、当地监理、总承包商和土建分包商联合检测了混凝土外观质量, 并得到各方的认可。根据 28 天混凝土抗压强度试验结果, 12 台风机基础混凝土的平均设计保证率在 95% 以上。

#### 4.1.7 混凝土入仓温度的控制

通过在拌合水里掺冰块的方法降低水温, 控制混凝土的入仓温度。为避免高温和高辐射热, 风机基础混凝土尽可能安排在晚上浇筑。原则上混凝土的入仓温度控制在  $30^\circ\text{C}$  以下。

#### 4.1.8 混凝土温度监控

对每台风机混凝土基础浇筑后进行了温度监控, 根据温度记录结果, 控制脱模时间和移除养护材料的时间。

#### 4.1.9 锚笼安装质量控制

锚笼安装主要控制平整度: 按设计要求下锚板的平整度要求控制在  $\pm 2\text{mm}$  以内, 上锚板  $\pm 4\text{mm}$  以内。锚固紧固力矩分别为 200N·m (主锚杆) 和 50N·m (常规锚杆)。

#### 4.1.10 调平支座的安装

按设计共有 16 个调平支座, 支撑塔筒上面传来的自重荷载。调平支座平整度控制在 1mm 之内。调平支座比混凝土基础面高 1cm 左右, 调平支座主要是由主承包商完成。

#### 4.1.11 锚笼灌浆材料试验

对灌浆材料进行了 1 天、7 天和 28 天抗压强度试验。为提前安装风机塔筒, 开展了灌浆 14-19 小时后的抗压强度试验。在灌浆强度达到 10MPa 以上即可安装后续塔筒, 灌浆材料抗压强度达到 69MPa 以上后<sup>[3]</sup>, 对所有的锚杆进行紧固。每根锚杆的紧固力到达 449kN。表 1 为风机基础施工质量控制成果一览表。

表 1 风机基础施工质量控制结果一览表

风机编号	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12
<b>1. 风机基础 C30/C37 混凝土塌落度检测结果</b>												
检测混凝土运输车数	50	52	55	54	58	52	53	55	50	56	50	52
平均值 (cm)	14.5	13.8	15.8	15.1	14.7	15.6	14.5	15.3	14.3	15.2	14.5	15
标准偏差 (cm)	2.4	2.6	1.9	2.4	2.2	2.5	2.0	2.8	2.4	3.0	2.4	1.8

<b>2. 风机基础混凝土入仓温度检测结果</b>												
检测混凝土运输车数	50	52	55	54	58	52	53	55	50	56	50	52
平均值 (° C)	28.0	28.0	28.8	27.8	27.8	27.2	26.3	28.2	30.4	29.0	30.5	26.9
标准偏差 (° C)	4.6	0.8	2.1	3.1	1.3	1.3	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5
<b>3. 风机基础 C30/C37 混凝土抗压强度试验结果</b>												
检测组数	10	10	9	9	9	9	8	9	10	9	10	10
平均抗压强度 (Mpa)	43.1	42.6	40.5	45.7	42.2	42.6	39.0	43.8	39.1	42.5	39.0	39.5
标准偏差 (Mpa)	2.1	3.3	1.6	2.8	1.9	3	1.5	2.8	1.0	2.3	1.5	0.6
偏差系数, Cv	0.049	0.077	0.040	0.061	0.045	0.070	0.038	0.064	0.026	0.054	0.081	0.014
设计保证率	99.9%	95.5%	98.4%	99.9%	99.8%	96.9%	91.0%	99.3%	98.4%	99.1%	91.0%	100%
<b>4. 风机基础 C35/C45 混凝土抗压强度试验结果</b>												
检测组数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
平均值	50.3	54.7	51.8	51.5	53	57.6	51.8	52.1	49.4	50.6	46.3	45.8
<b>5. 风机基础锚笼安装平整度检测结果</b>												
实测上部圆环最大偏差 (mm)	±1	±1	±0.2	±0.5	0.5	0.5	-0.5	-1	±0.5	±1	-2	±1
实测下部圆环最大偏差 (mm)	±1	±1	±1	±1	-0.5	2	±1	-1	±1	-2	-3	+3
<b>6. 风机基础灌浆材料抗压强度试验结果</b>												
14-19 小时抗压强度 (Mpa)	12.9	10.6		11.7		32.1			31.2			
1 天抗压强度 (Mpa)		61.3	66.6		46.3	40.5	54	46.8		55.1	49.1	47.9
7 天抗压强度 (Mpa)	90.2	91.3	93.0	94.6	90.5	95	91	92.1	95.3	91.5	91.8	91.9
<b>7. 风机吊装平台承载板试验检测结果</b>												
施加的垂直压力 (kpa)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
垂直位移值 (mm)	3.9	3.6	2.2	3.4	1.2	2.6	1.1	2.6	2.4	2.1	3.0	5.8
变形模量 (Mpa)	29	31	50.3	33.5	91.1	42.5	104.7	43.4	46.8	54.5	37.3	19.4
<b>8. 软弱基础处理后承载板试验检测结果</b>												
检测层数	3	3	-	3	-	4	-	3	3	-	5	3
总检测点数	9	9	-	9	-	12	-	9	9	-	15	9
各层第 1 次加载变形模量均值 EV1 (Mpa)	84.6	76.7	-	88.4	-	82.4	-	84.2	79.8	-	70.9	63.1
各层 2 次加载变形模量均值 EV2 (Mpa)	114.5	108.1	-	143.5	-	137	-	143.3	116.4	-	98.1	85.9
EV2/EV1 比值	1.35	1.41	-	1.62	-	1.66	-	1.70	1.46	-	1.38	1.36
<b>9. 风机基础施工质量控制记录</b>												
锚笼安装质量控制	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

基础施工质量控制	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
锚笼基础及接地质量控制	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
锚笼灌浆	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

## 4.2 道路施工质量控制

### 4.2.1 道路结构层设计

道路结构层设计为两层底基层, 采用天然粒料, 总厚度为 0.30m。基层为级配碎石, 厚度为 0.15m。结构层总设计厚度为 0.45m。对于吊车平台和堆放平台, 其结构层设计厚度与低基层相同。

### 4.2.2 原材料试验

道路底基层和基层的原材料试验由当地的独立的试验室进行, 其底基层的 CBR 值均在 80% 以上, 基层料的 CBR 值在 100% 以上。

### 4.2.3 压实度检测

委托当地独立的实验室, 对道路压实度进行了检测, 底基层设计压实度是 95%, 平均实测压实度 103%, 其标准偏差 3.9, 离差系数 0.038, 设计保证率为 98%。

### 4.2.4 吊装平台的施工质量控制

吊装平台的纵坡控制在 3% 以内, 对吊装平台进行了单点承载板试验, 在压力达到 250kPa 所对应的沉降达到 30mm 以下时判定合格。到达要求后交与吊装分包商开展吊装工作。

### 4.2.5 沥青混凝土道路施工质量控制

对沥青混凝土主要开展了沥青混凝土配合比设计、马歇尔强度试验和压实度检测。沥青混凝土施工是由当地一家专业公司施工, 其施工质量很好。

## 4.3 升压站施工质量控制

升压站的主要土建工程有: 控制楼、设备基础、电容器基础、铁塔基础、避雷针塔、内部道路、消防水池、供水管道、排污管道、检查井、化粪池、电缆沟槽、围墙和大门等。升压站施工质量重点控制其位置、标高、施工工艺和混凝土强度。为加快施工进度, 均以 7 天强度控制。对升压站回填的压实度进行了检测、对升压站所使用的钢材、砖的质量进行了检测, 实施前分包商提交了各种原材料的材质证书。C30 混凝土强度的设计保证率达 100%。

## 5 问题探讨

### 5.1 厂家锚笼产品待改进之处

厂家锚笼的产品为标准设计, 在实施过程中发现有如下待改进之处:

a) 锚笼底环无预留孔。锚笼底环宽度为 550mm, 厚度为 75mm。其圆环底距混凝土基础的距离为 250mm-75mm=175mm, 考虑底部锚杆和螺帽的厚度为 50mm, 其锚杆底部距离混凝土基础面的距离只有 175mm-50mm=125mm。再考虑底部设计有两层钢筋以及混凝土保护层的厚度, 其底部的空隙是非常小的。而用混凝土锚固时锚笼和锚杆是非常重要的。但该设计很难保证锚笼底环可以充满混凝土。因而, 在锚笼每隔一定的间距需要留有空洞, 以保证混凝土可以多角度进入锚环的底部。

b) 锚笼底环的锚固。锚笼底环的连接是单边柔性连接, 不是整体连接, 这不利于底部锚笼底环的整体受力。在外力作用下, 易在混凝土中产生应力集中导致混凝土开裂。

c) 锚笼深入混凝土垫层基座 25 公分。在厂家提供标准设计中, 其锚笼深入混凝土垫层基座 25 公分以增加基础整体的抗滑能力。实施 25 厚的基座是先将基础整平出一个平面, 然后再用机械设备下挖 25 厚的基座。挖完后的基座靠小型压实设备碾压, 这不及采用大型设备进行碾压的效果。由于受空间的限制, 不便于钢筋的施工。在锚笼和钢筋安装后若遇到雨天, 则不利于清理积水。

d) 调平基座。厂家提供的风机共有 16 个调平支座, 设计要求保证平整度在 2mm 之内。每个调平支座上有突出的钢印字迹, 若能改进设计将其钢印字迹设计在一个平面内, 则更能保证支座的平整度。

### 5.2 总承包商在土建工程中的主要作用

EPC 总承包商在土建工程中起到主要作用有:

按合同要求编写并提交必要的体系管理文件包括健康、安全和环保方案、施工质量控制方案、环境与社会管理方案、试验方案、混凝土温度监控方案、各种检查验收表等。对设计分包商的设计产品进行必要的检查和校核。为加快施工速度、

缩短工期，对设计进行必要的调整和修正。对设计存在不完善的工作现场进行修正和调整。解决并处理设计在施工过程中出现的各种疑难问题。协调当地各分包商的工作，督促当地的分包商加快进度、质量管控、按计划实施施工。对土建分包商的产品位置和标高进行必要的检查和验算。按总承包商的要求，督促当地分包商提供必要的检查和验收文件。参与并帮助土建分包商进行施工管理；鉴定各种检查认可表。按业主要求，提交进度报告，环保、安全和健康报告。对土建分包商递交的工程资料进行管理、分类。对分包商的工程量进行必要的审核、认可。提交工程移交资料。

## 6 结语

总承包商急项目所急，尽可能地创造一切有利的条件确保当地分包商顺利地开展工作，尽可能的解决当地分包商所遇到的各种问题，甚至参与分包商的施工质量控制工作和施工工作。在工期紧张且当地土建分包商能力偏弱的情况下，土建工作仍然按进度目标完成，确保了风机吊装工作按期完成，保障了风机等机电设备如期开展调试和试运行，为后续工作创造了条件。越南富勒风电 I 期项目在 EPC 总承包商、业主、咨询和各分包商的共同努力下，实现了无任何安全事故、无任何质量事故并按期完工，工程获得圆满成功。富勒项目质量管理将设计、施工、进度、工效和环保管理有机的结合，使得项目管理达到经济、合理、有序和快捷的目标。

## 参考文献

- [1] 吴政, 李涛, 郝敏. 越南混凝土工程应用技术 [J]. 工程技术. 2016.
- [2] 吴政. 越南富勒风电项目混凝土配合比设计 [J]. 工程技术. 2016.
- [3] 吴政. 国外某风电场基础灌浆强度设计标准的探讨 [J]. 中国标准化. 2016.