

响水风电场场内集电线路及光缆线路施工

周志军

(中国水电七局有限公司机电安装分局,四川 彭山 620860)

摘要 介绍响水风电场场内集电线路及光缆线路施工的技术特性。工程Ⅰ标段66台风力发电机共6个联合单元,Ⅱ标段68台风力发电机共6个联合单元。给出了Ⅰ标段和Ⅱ标段的主要技术特性、线路施工的技术要求、导地线的参数及其防振措施、电力电缆的路径选择要求和施工要求、集电线路的绝缘配合与防雷保护措施、绝缘子串与金具、导线相位、杆塔和基础、杆塔材料标准及防腐(盗)措施等。

关键词 集电线路 施工技术 防雷保护 响水风电场

中图分类号 TM757 **文献标识码** B **文章编号** 1006-7647(2010)S2-0043-04

响水风电场共安装134台1.5 MW风力发电机组(以下简称风机),采用两级升压方式。每台风机配置1台0.69/35 kV箱式变电站,将风机电压升高至35 kV,风力发电机—箱式变电站采用单元接线方式,箱式变电站高压侧采用联合单元接线方式,每10~12台风机组成一个联合单元后,经35 kV集电线路接入风电场220 kV升压站35 kV配电装置,经主变压器升压至220 kV后送入系统。本工程Ⅰ标段66台风机共6个联合单元,Ⅱ标段68台风机共6个联合单元。

根据经济电流密度选择导线,并按允许电压降进行校核,35 kV集电线路架空导线采用防腐型钢芯铝绞线LGJF-185/30,地线选用OPGW。35 kV电力电缆采用交联聚乙烯绝缘铠装电力电缆,根据热稳定及持续负荷电流进行校验。连接1~5台风机的电缆采用3×50 26/35 kV,连接6~7台风机的电缆采用3×70 26/35 kV,连接8~10台风机的电缆采用3×120 26/35 kV,连接11台风机的电缆采用3×150 26/35 kV,连接12台风机的电缆采用3×185 26/35 kV。这些电气设备的接线非常重要,其好坏将严重影响风电机组的整体性能。

1 技术特性

1.1 Ⅰ标段线路主要技术特性

Ⅰ标段线路的电压等级为35 kV,中性点接地方式为不直接接地系统,架空线路总长度为29.8 km,

其中中双回路为16.8 km,单回路为13.0 km,导线型号为LGJF-185/30,地线型号为OPGW 35 kV,电缆总长度为24.32 km,各电缆型号分别为3×50 26/35 kV,3×70 26/35 kV,3×120 26/35 kV,3×150 26/35 kV,3×185 26/35 kV,长度分别为22.80 km,0.56 km,0.32 km,0.48 km和0.16 km,杆塔为角钢塔,共135基,基础为灌注桩基础。

1.2 Ⅱ标段线路主要技术特性

Ⅱ标段线路的电压等级为35 kV,中性点接地方式为不直接接地系统,架空线路总长度为30.1 km,其中双回路为24.0 km,单回路为6.1 km,导线型号为LGJF-185/30,地线型号为OPGW 35 kV,电缆的总长度为37.74 km,各电缆型号分别为3×50 26/35 kV,3×70 26/35 kV,3×120 26/35 kV,3×150 26/35 kV,3×185 26/35 kV,长度分别为32.00 km,2.80 km,2.00 km,0.47 km,0.47 km,杆塔为角钢塔,共145基,基础为灌注桩基础。

2 线路施工的技术要求

为确保线路施工正确可靠,在35 kV线路施工中主要遵循如下规程:GB 50061—1997《66 kV及以下架空电力线路设计规范》、GB 50173—1992《电气装置安装工程35 kV及以下架空电力线路施工及验收规范》、GB 50168—2006《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》、GB 50217—2007《电力工程电缆设计规范》。

2.1 线路路径

35 kV 架空线路总体上与风机平行走向,考虑到风机施工场地的需要,35 kV 架空线路中心距风机中心约 50 m。

2.1.1 I 标段 35 kV 集电线路路径

响水 1 线(11 台):1~8 号、21 号、26~27 号风机组成一个联合单元。8~1~5 号、6~7~26~21~27 号风机之间采用电缆直埋方式连接,并在 5 号和 27 号风机附近引上单回路架空线。单回路架空线与响水 2 线架空线在相同路径段采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 2 线(12 台):9~14 号、32~37 号风机组成一个联合单元。9~14 号、32~37 号风机就近用电缆分别引上至架空线,与响水 1 线架空线在相同路径段采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 3 线(11 台):15~20 号、22~24 号、28~29 号风机组成一个联合单元。15~16 号、17~18 号、19~20 号、23~24 号、22~28 号风机之间采用电缆直埋方式连接,并和 29 号风机分别就近引上单回路架空线。单回路架空线架至 30 号风机附近与响水 6 线架空线采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 4 线(12 台):38~41 号、55~62 号风机组成一个联合单元。38~41 号风机之间采用电缆直埋方式连接,并在 40 号风机附近引上单回路架空线。55~62 号风机用电缆分别引上至单回路架空线。单回路架空线架至 62 号风机附近与响水 5 线架空线采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 5 线(10 台):42~50 号、63 号风机组成一个联合单元。42~47 号、48~50 号风机之间采用电缆直埋方式连接,并在 47~48 号风机之间引上单回路架空线。63 号风机就近用电缆引上单回路架空线。单回路架空线架至 62 号风机附近与响水 4 线架空线采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 6 线(10 台):25 号、30~31 号、68~74 号风机组成一个联合单元。25~31 号风机之间采用电缆直埋方式连接,并和 30 号风机分别就近引上架空线,与响水 3 线架空线采用同塔双回路架设。68~74 号风机电缆分别引上至双回路架空线。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

2.1.2 II 标段 35 kV 集电线路路径

响水 7 线(12 台):51~54 号、64~66 号、75~79 号风机组成一个联合单元。77~65~51~54 号、64

~76 号、66~79 号风机之间采用电缆连接。78 号和 75 号风机就近引上架空线,与响水 8 线架空线采用同塔双回路架设。79 号用单回路架空线,与响水 8 线架空线采用同塔双回路架。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 8 线(11 台):81~84 号、96 号、106~109 号、67 号、80 号风机组成一个联合单元。81~84~96~109~106 号风机之间采用电缆连接,并引上单回路架空线。67 号和 80 号风机就近引上单回路架空线。本单元线路与响水 7 线架空线在相同路径段采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 9 线(12 台):97~98 号、110~112 号、120~126 号风机组成一个联合单元。97 号、98 号、112 号、120~126 号风机就近分别引上架空线。110~111 号风机之间采用电缆连接,并引上架空线。本单元线路与响水 10 线架空线采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 10 线(12 台):85~95 号、104 号风机组成一个联合单元。85~89 号、90~95~104 号风机之间采用电缆连接,并在 87 号风机附近引上单回路架空线。本单元线路在 98 号风机附近与响水 9 线架空线采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 11 线(11 台):99~102 号、113~115 号、127~130 号风机组成一个联合单元。99~113 号、101~114 号、102~115 号风机之间采用电缆连接;风机就近分别引上架空线。本单元线路与响水 12 线架空线在相同路径段采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

响水 12 线(10 台):103 号、105 号、116~119 号、131~134 号风机组成一个联合单元。105~119~134 号、103~117 号风机之间采用电缆连接。风机就近分别引上架空线。本单元线路与响水 11 线架空线在相同路径段采用同塔双回路架设。线路架设至升压站附近后用电缆引下进入升压站。

本 35 kV 集电线路沿线情况分述如下:全线地形划分中,100% 塔位位于沿海滩涂地(盐场及养殖场),沿线有部分道路通行(投标单位在现场勘察时应认真察看),目前大部分的通行条件是田埂小道。

2.2 导地线

本工程的导线截面积按经济电流密度选择,最大负荷利用小时数按照 2 000 h,经济电流密度为 1.8,功率因数按照 0.97 考虑,并按允许电压降进行校核,35 kV 集电线路导线采用 GB 1179—83《铝绞线及钢芯铝绞线》中的 LGJF-185/30 防腐型稀土锌铝

合金镀层钢芯铝绞线,导线接头具体施工工艺采取液压压接方式。根据风电场内通信的要求,本工程在 35 kV 线路杆塔上架设 1 根 OPGW 光缆。架空线放线采用张力放线。

2.3 导线的防振措施

本工程全线导、地线均装设防振锤,防振锤使用型号及安装个数如下:LGJF-185/30 导线用防振锤 FDZ-3,档距小于或等于 350 m,安装 1 个防振锤;档距在 350 ~ 700 m 之间,安装 2 个防振锤。OPGW 所用防振锤采用厂家配套提供的型号,安装距离由厂家推荐。多个防振锤采用等距离安装法。

3 电力电缆

风电场位于沿海滩涂地,每台风机配套 1 台 35 kV 箱式变电站。箱式变电站之间(电缆路径段)、箱式变电站高压电缆引上至架空线、联合单元进线(至风电场 220 kV 升压站)路径段采用 35 kV 电力电缆。

敷设于沿海滩涂地的 35 kV 电力电缆为交联聚乙烯绝缘钢带铠装电力电缆,敷设方式主要为直埋。电缆敷设应满足以下要求。

3.1 直埋敷设电缆路径选择要求

a. 敷设路径尽可能短,应便于敷设、维护,尽量避开将要挖掘施工的地方,且便于维修。

b. 尽量避开和减少穿越地下管道、公路、通讯电缆等。

c. 尽量避免电缆可能受到的各种损害,如机械损坏、振动、化学腐蚀、水浸泡、热辐射、鼠虫危害等。

d. 部分电缆路径途经养殖户的鱼塘和盐田,为避免破坏鱼塘、盐田及考虑施工方便,应沿塘(田)埂敷设。

3.2 直埋敷设电缆施工要求

a. 电缆外皮至地坪深度应大于或等于 700 mm,当穿越道路及从箱式变电站引出穿越风机施工场地时还需穿厚壁塑料保护管,电缆埋深应增加至 800 mm,直埋电缆的壕沟应距建筑物基础 600 mm 以上,电缆外皮至地下构筑物基础的距离应大于或等于 300 mm。

b. 电缆应敷设在壕沟里,沿电缆全长的上、下紧邻侧辅以厚度不少于 100 mm 的软土或砂层,沿电缆、光缆全长应覆盖宽度不小于电缆、光缆两侧各 50 mm 的钢筋混凝土预制保护板。

c. 电缆弯曲半径应大于或等于 15D(D 为电缆外径),沿电缆路径的直线间隔约 50 ~ 100 m、转弯处或接头部位应竖立明显的方位标志或标桩。

d. 直埋敷设的电缆与道路交叉时应穿保护管,且保护范围超出路基、街道路面两边以及排水沟边

0.5 m 以上,保护管的内径应大于或等于电缆外径的 1.5 倍。

e. 直埋敷设的电缆引入构筑物,在贯穿墙孔处应设置保护管,且对管口实施阻水堵塞。直埋敷设的电缆在采取特殊换土回填时,回填土的土质应对电缆外护套无腐蚀性,回填土应注意去掉杂物,并且每填 200 ~ 300 mm 即夯实一次,最后在地面上推 100 ~ 200 mm 的高土层,以备松土沉落。

f. 直埋敷设电缆的接头配置应符合下列规定:

①接头与邻近电缆净距应大于或等于 0.25 m;②并列电缆的接头位置宜相互错开,且应大于或等于 0.5 m 的净距;③斜坡地形处的接头安置应呈水平状;④对重要回路的电缆接头宜在其两侧约 1000 mm 开始的局部段,按留有备用量方式敷设电缆。

g. 电缆引入风机箱式变电站前,应考虑到以后更换电缆终端,预留 2 m 作为备用。

h. 电缆展放采用机械施工。

i. 电缆高压试验应采取交流耐压试验。

j. 电缆之间、电缆与其他管道或建筑物之间的最小净距应符合《电缆线路施工及验收》规范要求,严禁电缆平行敷设于管道上、下面。

4 绝缘配合与防雷保护

4.1 绝缘配合

根据调查,本集电线路所经地区的泄漏比距按 3.8 cm/kV 选择。本工程中耐张及悬垂串绝缘子均采用耐污型瓷绝缘子 XWP2-70,单片爬电距离为 400 mm,悬垂串采用 4 片,耐张串采用 5 片,满足规范要求。

35 kV 线路带电部分与杆塔构件、拉线、脚钉的最小间隙充分考虑了带电作业人员需要停留工作的部位,以及带电作业间距人体活动范围 30 ~ 50 cm。

4.2 防雷保护

本工程全线架设地线进行防雷保护,地线采用直接接地方式。在每台风机电缆引上铁塔及终端塔电缆引下处,为保护电力电缆不受雷电流的侵入,在铁塔上加装 1 组氧化锌避雷器。地线对导线的保护角一般不超过 30°,在气温 15℃且无风的条件下,档距中央导线与地线的间距满足 $S \geq 0.012L + 1$ m 的要求。

全线铁塔均接地,接地体采用 $\varnothing 18$ 的镀锌圆钢,接地形式采用闭合式接地。

5 绝缘子串与金具

本工程 35 kV 集电线路悬垂及耐张绝缘子串一般采用单联串,对有重要跨越处采用双联串。金具

采用《电力金具产品样本》中的型号,采用稀土锌铝合金镀层防腐。

6 基础和杆塔

6.1 基础

本工程 35 kV 输电线路铁塔基础采用灌注桩基础,灌注桩混凝土强度等级为 C30。铁塔的每个支腿下布置 1 根灌注桩,灌注桩的直径和长度根据铁塔基础的作用力大小和塔位的地质条件进行设计,直径有 600 mm、800 mm 和 1000 mm,桩长约为 15 m 和 30 m 两种,具体设计以施工详图为准,本阶段仅列铁塔基础典型图。灌注桩基础内预埋底脚螺栓,铁塔安装完成后,需浇筑混凝土保护帽,保护帽混凝土强度等级为 C10,保护帽高度以包住主材与塔脚连接板缝隙为准。

本工程地区地表水和地下水对混凝土和混凝土结构中的钢筋均有腐蚀性,设计应采取防腐蚀措施,场区地表水和地下水均不能作为施工拌和和养护用水。混凝土原材料应符合 JTJ 270—1998《水运工程混凝土试验规程》和 JTJ 269—1996《水运工程混凝土质量控制标准》及相关规程规范的规定。水泥应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,其质量应符合 GB 175—1999《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》,强度等级不低于 42.5。同时水泥熟料中铝酸三钙质量分数应控制在 6%~12% 范围内。混凝土中应掺入

适量的阻锈剂,其质量应符合 JTJ 275—2000《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》的有关规定。阻锈剂掺量应按生产厂家建议和通过试验确定,阻锈剂的掺入不应影响混凝土结构的强度。铁塔灌注桩基础施工按照施工图纸的要求施工。

6.2 杆塔材料标准及防腐(盗)措施

铁塔材料采用 Q235 钢,16Mn 钢,其质量标准应符合 GB 700—79《普通碳素结构钢技术条件》。基础钢材采用 HPB235 钢和 HRB335 钢,其质量标准应符合 GB 1499《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》、GB 13013《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》的要求。铁塔连接螺栓采用 4.8 级普通粗制螺栓,其质量标准应符合 GB 3098.1—92《紧固件机械性能》的要求。所有杆塔构件、螺栓及基础外露构件均采用热镀锌防腐处理,防腐层厚度为 120~150 μm 。塔身离地 6 m 内的螺栓采用经省级鉴定合格的防盗螺栓。

7 结 语

我国目前风电的装机速度非常迅速,风电预期装机容量数据不断被刷新。但风电场整机的组装技术还未达到成熟,需要不断的去摸索和研究。本文以响水风电场风力机的安装为背景,详细地介绍了风机电气接线安装的一些关键技术和成功经验,为其他风电机组的安装提供了经验。

(收稿日期 2010-09-10 编辑 方宇彤)

(上接第 17 页)

风力发电机组无论处于运行状态还是待机状态(风速大于 3.5 m/s)均能主动对风。当机舱在待机状态已调向 720°(根据设定)或在运行状态已调向 1080°时,由机舱引入塔架的发电机电缆将处于缠绕状态,这时控制器会报告故障,风力发电机组将停机并自动进行解缠处理(偏航系统按缠绕的反方向调向 720°或 1080°),解缠结束后故障信号消除,控制器自动复位。

FD77 风力发电机配有 2 个风向标,它们通过交互核对保证信号的真实性能准确地判定瞬时风向。风轮对风的确切校准非常重要,因为它能保证最大的能量产出并同时避免由于倾斜入流引起的附加负载。当风力发电机组的航向(风轮主轴的方向)与风标指向偏离时,计算机开始记时。偏航时间达到一定值时即认为风向已改变,计算机发出向左或向右调向的指令,直到偏差消除。

4 结 语

偏航系统是水平轴式风力发电机组必不可少的

组成系统之一。本文介绍了响水 FD77 风力发电机组偏航系统的结构和组成,其中包括偏航轴承、偏航驱动装置、偏航制动器、偏航计数器、纽缆保护装置等,还详细介绍了风力发电机组偏航系统的工作原理及技术要求。

参考文献:

- [1] GIPE P. Wind energy comes of age [M]. New York :Wiley, 1995.
- [2] 施鹏飞. 从世界发展趋势展望我国风力发电前景 [J]. 中国电力, 2003, 36(9) : 54-62.
- [3] 王承煦, 张源. 风力发电 [M]. 北京 :中国电力出版社, 2002.
- [4] 叶杭冶. 风力发电机组的控制技术 [M]. 北京 :机械工业出版社, 2002.
- [5] BELTRAN B, AHMED-ALI T, BENBOUZID M. Silding mode power control of variable-speed wind energy conversion system [J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2008, 23 (2) : 551-558.

(收稿日期 2010-09-10 编辑 高建群)