

风力发电场项目设计的几点思考

陆日康

四川航洋电力工程设计有限公司广西分公司

摘要：目前，随着我国科学技术水平的不断发展，风力发电技术已成为应用范围较广的发电方式，受到行业内部的关注与重视。我国作为世界上风能储存量最多的国家，对于风力发电场的设计与建设问题一向予以高度重视，本文针对风力发电场项目设计中应注意到的部分问题展开讨论，力图从电气系统设计、道路设计、防雷技术设计等方面提出几点思考，为相应风力发电场的设计与建设提供可借鉴经验。

关键词：风力发电；项目设计；风电场

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.076

风力发电场发电所消耗资源为风力资源，相较于石油、煤炭、核能等资源而言，风力资源具有环保、可再生、可循环利用等优势。在资源使用过度，环境污染严重，推行节能减排的大背景下，科学高效运用风力资源具有重大意义。目前，我国风力发电场建设较为普及，本文以部分已有风电场建设情况为借鉴经验，在风电场设计方面提出如下思考。

一、风电场电气系统设计

（一）一次系统设计的思考

在风力发电场设计过程中，电气系统设计应当受到相关部门的重视。部分风力发电场对风力发电机组设备在不良自然环境下的适应能力有一定要求，风力机组设备的选择应当具备稳定性及安全性，风电场可选择如 VESTAS V52-850 等稳定性及灵活性较强的机组，作为风电场发动机所选用的机组。

风电场设计电气系统一次主接线的过程中，可依据风力发电场实际需求，选择设立部分升压点，以达到将风电场电气系统接入相应电网系统的目的，相应电气系统设计部门应当准确掌握发电机容量、厂用电率、发电机额定功率等数据，并经由科学计算确定变压器容量及所需台数。变压器选择方面，我国风力发电场在电容小于或等于 125MW 时，多选用三绕组变压器；在电容大于 200MW 时，多选用发电机一双绕组变压器，相应风电场电气系统设计可依据实际情况选择相应变压器，达到变压器选择能够支撑风电场电气系统正常运作的目的。

（二）电气设备选择的思考

电气设备选择应当以工作条件要求，短路可能性，最大持续工作电流，设备应用环境等为依据，结合风电场实际情况，选择具有特定功能的电气设备。以正常工作条件为电气选择依据，应保证风电场电气系统的额定电压 U_{SN} 与最大持续工作电流 I_{max} ，大于额定电压 U_N 及额定电流 I_N ；以设备短路可能性为选择依据，相应设备选择人员应选用满足热稳定 ($Q_k \leq I_t^2 t$) 或满足动稳定 ($i_{es} \geq i_{sh}$ 或 $I_{es} \geq I_{sh}$) 条件方式的电气设备，降低电气设备出现短路情况的可能性，保证电路稳定性；最大持续工作电流通常被用于选择电气系统的风机侧断路器与隔离开关，对其进行选择时，相关工作人员应在掌握电路相关数据的基础上，经过科学运算，判定所选断路器是否符合风电场实际需求，提高风电场电气系统的安全性。设备应用环境要求应当为设备选择工作者所重视，不同应用环境下应选择不同电气设备，以避雷器选择为例，110kV 变压器中性点避雷器可选择型号 Y1W5-55/132 氧化锌避雷器，35kV 变压器中性点避雷器则可选择型号 YH1.5WZ-32/85 氧化锌避雷器^[1]。

二、风电场防雷技术设计

由于风力发电厂选址多为空旷地区，风电场项目设计应当充分考虑防雷问题。风电场防雷措施应当在多次标准测量土壤电阻率的基础上，掌握土壤电阻率范围及土壤电阻率平均数值，制定科学有效的防雷措施。以某风电场土壤电阻率测量数据（见表 1）为例，经由测量可确定其土壤电阻率范围为 389~1282 $\Omega \cdot m$ ，土壤电阻率数值平均值为 883 $\Omega \cdot m$ ^[2]。风电场设计相关部门应依据风电场选址土壤电阻情况，结合设计要求，选取相应防雷措施，较为常用的防雷措施设计有三种，分别为直接雷防护、设立接地系统和等电位连接。

表 1 某风电场土壤电阻率测量数据（单位 Ωm ）

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1022	1057	1132	1043	1188	1232	989	1098	906	883
2	689	545	603	585	598	436	451	397	441	389
3	1232	1035	1135	1282	1189	987	1050	1066	897	883

三、风电场运输道路设计

因部分风电场所处地区地形复杂，运输路线设计在风力发电厂设计过程中应当得到关注。设计风电场运输

路线应当秉持以较短路途克服地形阻碍的原则,全面考量运输路径的纵面线形及平面线形(如图一),在降低特殊地形,如深沟、河流、悬崖等,影响运输的可能性的同时,应控制运输路径建设成本,避免出现超预算建设的情况^[3]。当风力发电场选址于山地时,相应设计部门应将运输路线设置于山脊线,尽量避免占用公共路线、居民房屋、耕地农田等,规划运输路线后,相关工作人员应实地考察运输路线合理性,发现并解决因运输路线建设而对其他工程施工造成的阻碍。

风电场运输道路设计应充分分析地形的平面线形及纵断面,切实提高路线建设的科学性与合理性。运输路线设计者应针对风电场选址平面线形计算车辆行驶稳定程度中的横向力系数,其应在充分掌握行车速度、平曲线半径、横向超高坡度等数据的基础上,借由如下公式进行计算:

$$\mu = \frac{v^2}{127R} \pm i_h \quad (1)$$

纵断面对运输道路设计的影响在于,相应设计者应考虑运输车辆最大爬坡能力,在掌握车辆动力因素、海拔影响系数、滚动阻力系数等数据的基础上,借由如下公式计算运输车辆可爬的最大坡度:

$$i_{max} = \lambda D_{max} - f \quad (2)$$

此外,为保证运输道路具有一定安全性,风电场运输道路建设应当在晴朗天气进行。



图1 风电场运输道路图

四、风电场信息管理系统设计

(一) 设计技术的思考

风电场项目设计应充分考虑风电场日常运营及维护管理问题,尽可能实现风电场日常管理信息化、数字化,提高风电场管理工作效率。信息管理系统的设计可依据风电场实际需求选择设计技术,部分风电场在信息

管理系统总体设计过程中,会选用将信息管理软件系统进行划分的功能模型设计技术、用以实现信息管理系统分布式发展的拓扑结构设计技术、针对功能模型中的逻辑层进行设计的功能模块设计技术、基于数据结构与逻辑结构进行数据分析的数据库设计技术等,风电场相应设计部门可依据设计重点、成本预算、设计目的等灵活选择设计技术。在此基础上,信息系统涉及相关人员应按照总体设计、模块设计、数据库设计的顺序,选用如层次模型设计技术、网络模型设计技术、类结构设计技术等,科学合理地建立符合风电场实际需求的信息管理系统^[4]。

(二) 功能模块设计思考

信息管理系统应针对风电场信息管理的不同需求设立相应模块,如针对档案维护问题、电表抄表数据情况、退补数据情况等,设立信息管理模块;针对电费与预估审核及结算、用电批量审核、电费信息批量打印等问题,设立计费管理系统;针对风电站基本情况、风电站月报表与年报表、风电站生产进度统计等信息,设立信息统计系统;针对档案查询、电量电费使用情况、各时期电量结算单情况等,设立查询管理系统。信息系统设计人员应当具有整体化设计思维,充分认识到各模块功能与信息管理系统在逻辑上是一个整体,避免出现模块子功能独立于系统母体外的情况^[5]。设计人员应对各模块独立性进行检测,将各个模块及其内部子功能进行分类与封装,并以各模块功能定位及其内部逻辑为依据,适当合理地建立接口调用关系,在信息管理系统能够实现稳定运行的基础上,防止出现因某一模块功能发生变化而造成信息系统整体瘫痪的现象。

(三) 数据库设计思考

数据库设计是风电场信息管理系统设计的重要组成部分,其应当依据发电厂实际需求设立不同数据类型,如风电站基本信息数据、相关数据、抄表计划相关数据、电量电费相关数据等,并建立相应信息数据表。不同类型数据表所包含的必要数据不同,设计者应合理选择数据表内容,如,风电站基本信息数据表中应包含风电站运行状态、风电站建设位置与详细地址、风电站电力生产类型、风电站企业批复的上网电价、风电站用电区域的用电户数量、风电站的数量、每月抄表日期等内容。抄表计划信息表则应收集抄表计划内部编号、规定的抄表日期、生效开始与结束日期等抄表相关重要数据。设计者可依据风电场需求设立抄表结果信息表,内容应包含上次抄表时间与计数值、本次抄表时间与计数

值、抄表计数差等数据。部分风电场要求对电费退补情况进行记录，相应设计人员应建立电费退补信息表，并将退补费用情况、执行退补操作的管理人员、核算后的应缴税金及无税电费等信息进行统计与收集。风电场设计人员应重视信息系统数据表设计，提高其包含内容的完整性，收集数据的准确性，达到能够帮助风电场相关管理人员进行日常运营管理工作的目的。

五、风电场设备检修系统设计

（一）系统技术架构方面的思考

风电场设备损耗情况将直接影响风电场工作质量，设备出现损耗、性能降低，将会造成风电场运行出现技术性漏洞，影响风电场生产效能。在对风力发电厂进行设计的过程中，相应工作人员可借助大数据，设计相应设备检修管理系统，实现风电场相关管理人员对设备损耗情况的实时监督与维护，提高设备安全性与风电场生产效能的稳定性。

设计设备检修管理系统应从以下四个层面进行，分别为数据库层、服务层、应用层和展现层。其中，设计数据库层时，应合理恰当地选择设计方法，可借助Oracle数据与Hibernate的DAO层，将各项数据以对象的形式进行操作，提高数据操作效率^[6]。服务层的设计则应建立科学具体的业务逻辑，从而保证相应管理人员可通过系统内部完成各项操作。应用层在设备检修管理系统的各层次中具有重要地位，设计工作人员应严谨合理地进行应用层设计工作，加强其内部各项功能运行的稳定性。展现层所起到的主要功能为人机交互，即工作人员点击相应菜单、按钮等区域后，设备检修管理系统可依据工作人员的操作做出反应，进而实现人机交互，保障设备检修管理系统正常运行。

（二）功能模块设计思考

设备检修管理系统的模块设计应依据风电场实际需要进行，其可设立标准管理模块、设备台账模块、检修管理模块等。不同模块所具备的功能不同，设备检修管理系统设计人员可依据风电场的要求，选择性地设立相应模块。

设备基础信息，如设备类型、设备具体型号、设备各部件类型与参数等，对设备维护工作的影响较大，设计者应当收集并统计设备基础数据，建立相应的标准管理模块，以帮助设备维修管理人员完成设备基础维护工作。风电场所用设备大多具有一定使用年限，设备检修人员应当在充分了解设备购买日期、使用年限、折旧年限等信息的基础上开展设备维护工作，设计者可设置设

备台账模块，将采购计划、购买日期、使用年限等信息进行数据化统计，提高设备检修工作效率。针对检修工作情况进行统计，是检修管理系统的核心，设计者可建立检修管理模块，实现检修计划情况、检修实施情况、检修工作查询等信息的收集与统计，帮助风电场具有针对性地开展设备定期检修与管理工作。

（三）数据库设计思考

数据表内容设计是否合理，将直接决定设备检修系统能否正常运行。针对设备检修系统的不同模块，设计者应建立完整、系统、准确的数据表。以标准管理系统为例，设计者应当建立部门表、人员信息表、角色信息表、公共代码表等数据表格，数据表格中应包含登录人员工号、人员类别、登录人员代码标识等基本信息，避免出现非风电场工作人员违规登录系统的情况，保证风电场设备维修数据安全。设备检修管理系统可包含模块较多，可实现功能较多，设计者应灵活科学地设计相应数据表以实现设备检修管理系统正常运行。

结语

目前，我国风力资源储备量大，具备发展风电场的潜能，但风力发电场项目设计过程涉及工作较多，相应设计工作者应在项目前期，针对风电场实际需求进行了解并全面分析。本文立足于风电场项目设计，针对风电场电气设计、防雷技术设计、运输道路设计、信息管理系统设计及设备检修系统设计提出部分思考，但风电项目具体设计环节中仍存在大量有待思考的问题，风电场相应设计工作者应不断探索，促进经济、社会、环境的协调发展。

参考文献

- [1]程昊.风力发电场的电气系统设计与优化[J].集成电路应用,2022,39(10):270-271.
- [2]潘仕虎,肖文娟.山区风力发电场的综合防雷技术分析[J].集成电路应用,2021,38(05):158-159.
- [3]李向小.风力发电场运维管理的有效措施研究[J].电气技术与经济,2023,(08):224-226.
- [4]周刘俊,王琨,宋碧昊等.风力发电场远程集中监控系统的设计及系统应用成果分析[J].科学技术创新,2023,(01):221-224.
- [5]李光宇.风力发电工程建设项目现场管理分析[J].科技创新与应用,2022,12(07):137-139.
- [6]陈岩.风力发电场电机运行状态数据分析与预警[D].江汉大学,2021.