

# 智能化技术在风电场电气设计中的应用与优化研究

艾茂叶

河北能源工程设计有限公司，河北 石家庄 050000

**[摘要]**伴随全球范围内可再生能源发展进程不断加快，风电已然成为极为重要的清洁能源类型。其中，风电场电气系统设计方面智能化以及优化程度的高低，对于提升风电场实际运行效率以及可靠性而言是极为关键的。文中把风电场电气设计当作研究对象来开展相关研究工作。较为细致且全面地剖析了风电场一次系统以及二次系统的具体构成情况与相应的设计准则。着重就智能化技术的具体应用展开探讨，像智能监测、数据采集、智能选型、参数配置以及自动化控制与协同运行等方面都涉及到了。依据各项应用情况，还进一步给出了风电场电气设计的优化办法，从系统安全性、运行效率、经济性以及全寿命周期等多个不同角度去深入剖析，从而将智能化技术在提升供电稳定性以及降低运行成本方面所发挥出的明显成效给揭示出来，进而为风电场电气系统设计给予全新的思路与技术层面的有力支撑。

**[关键词]**风电场；电气设计；智能化技术

DOI: 10.33142/hst.v8i12.18462

中图分类号：TM614

文献标识码：A

## Application and Optimization Research of Intelligent Technology in Wind Farm Electrical Design

AI Maoye

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** With the accelerating development of renewable energy worldwide, wind power has become an extremely important type of clean energy. The level of intelligence and optimization in the electrical system design of wind farms is crucial for improving their actual operational efficiency and reliability. The article regards the electrical design of wind farms as the research object to carry out related research work. A detailed and comprehensive analysis was conducted on the specific composition and corresponding design criteria of the primary and secondary systems of wind farms. Emphasis is placed on exploring the specific applications of intelligent technology, including intelligent monitoring, data collection, intelligent selection, parameter configuration, automation control, and collaborative operation. Based on various application scenarios, further optimization methods for wind farm electrical design were proposed, which were analyzed in depth from multiple perspectives such as system safety, operational efficiency, economy, and full life cycle. This revealed the significant effects of intelligent technology in improving power supply stability and reducing operating costs, providing new ideas and strong technical support for wind farm electrical system design.

**Keywords:** wind farms; electrical design; intelligent technology

### 引言

随着全球能源结构逐步完成转型以及低碳经济不断向前推进，风力发电在所有的可再生能源当中所占的比重也在持续不断地提升起来。风电场属于大规模利用风能的平台，在此平台上，其电气系统的具体设计情况会直接对发电效率、运行安全以及设备寿命产生影响。不过风速存在明显的波动情况，这就使得发电量呈现出不稳定的态势，传统的设计方法已经很难满足现代风电场对于智能化管理以及高效运行方面的需求了。所以迫切需要把智能化技术融入到电气设计的整个过程当中，以此来提高监测、控制还有优化方面的能力。近些年来，智能电网、人工智能以及数据分析技术都取得了相应的发展，这促使风电场电气设计从单纯的设备配置朝着全局优化以及智能管理的方向发生了转变。本文在对传统设计方法加以总结的基础之上，全面且细致地探讨智能化技术在风电场电气设计当中的实际应用以及优化情况，从而为提升运行效率、降低

运维成本以及确保供电稳定性给予一定的理论与技术方面的参考。

### 1 风电场电气系统设计基础

#### 1.1 风电场电气系统组成与设计原则

风电场电气系统关键由风力发电机组、集电线路、变压器、升压站以及二次控制系统构成，在设计进程里，得秉持可靠性、经济性还有安全性这些基本准则。可靠性准则讲的是系统即便面临风速出现波动、设备发生故障又或者遭受外部扰动的情形下，依旧能够稳稳当当地运行；经济性准则是说设备选型以及配置务必要把投资成本和运行效率都考量进去，要保证系统在整个寿命周期当中都有着不错的经济性；安全性准则包含了设备的运行保护情况、过载能力状况以及防护举措等方面，要保障电气系统在极为苛刻的条件之下不会给设备或者人员带来任何损害。在具体开展设计工作的时候，得妥善安排风机以及变压器的布局，对集电线路路径予以优化处理，要让短路电流以及电压损耗都处

于能够控制得住的范围之内，并且借助继电保护以及监控系统来对设备运行的状态实施实时的管理操作，进而达成电气系统能够高效、稳定并且安全地运行这样的目标。

### 1.2 电气一次系统设计要点

电气一次系统在风电场电能传输里是极为关键的核心环节，其具体的设计情况跟系统后续运行时的稳定性还有经济性有着直接的关联。就一次系统设计来讲，一开始得着手去做主接线方面的设计工作，要明确风机、箱式变压器以及升压站三者之间的电气连接方式，以此来切实保障功率传输能够具备可靠的特性。在集电线路设计的时候，得充分考量线路的实际长度、导线所具有的截面积还有电压的具体等级等因素，通过这样的方式来促使能量损耗得以降低，电压降幅度也能相应减少，并且还得满足短路以及过载能力的相关要求。至于升压站设计，则涉及到变压器容量的选择事宜、母线的布置安排以及厂用电源的配置等方面内容，只有把这些都妥善处理好，才能有效确保风电场可以和外部电网实现稳定的对接。无功补偿装置的设计在整个过程中也占据着十分重要的地位，它对于维持系统电压处于稳定状态以及提升功率因数都有着不容忽视的作用。在开展一次系统设备选型这项工作时，需要依据风机的容量、电压的等级以及所处的环境条件等不同方面的情况来进行科学合理的选取，与此同时还要充分兼顾设备本身所具有的可靠性以及运行过程中的经济性，从而给整个风电场带来安全且高效的运行所必需的基础保障。

### 1.3 电气二次系统设计要点

电气二次系统在风电场里担负着监控、保护以及通信调控等诸多功能，其设计水准会对一次系统的安全性以及智能化程度产生直接影响。监控系统主要是用来实时采集风机、变压器还有升压站的运行状态方面的数据，进而达成故障预警以及状态分析的目的。继电保护装置在设计的时候要涵盖主变保护、线路保护以及配电保护等方面，务必要保证在设备出现异常或者发生故障之际，能够迅速地切断故障源头，防止出现连锁损坏的情况。通信与自动化系统在设计环节当中负责把现场设备的数据传送到控制中心，以此来实现远程监控、智能调度以及自动化控制等功能。二次系统设计应当把可靠性和实时性当作核心要点，运用先进的数据采集技术以及智能分析算法，从而确保风电场电气系统可以在复杂的环境状况下持续且稳定地运行，并且能够为后续的智能化优化给予数据方面的支撑以及决策层面的依据。

## 2 智能化技术在风电场电气设计中的应用

### 2.1 智能化监测与数据采集技术应用

智能化监测以及数据采集技术乃是风电场电气系统达成智能化管理的关键环节所在。借助于在风机、变压器、升压站还有配电线路上安装传感器以及测量装置这样的方式，就能够实时地去采集像电流、电压、功率、温度

以及振动等一系列的运行参数，并且把这些数据上传到控制中心来展开集中的处理工作。此项技术一方面可以实现对设备状态的实时监控，另一方面还能够凭借大数据分析来识别出潜在的故障以及运行异常情况，进而给风电场的预防性维护给予决策方面的依据。与此数据采集技术是能够对智能报警以及远程诊断功能予以支持的，如此一来便能够实现对运行风险的及时预警，尽力把设备停机的时间以及维护的成本都降到最低限度。当把监测数据和风速、负荷变化等相关信息相互结合起来的时候，风电场电气系统便能够在复杂的环境状况之下维持较高的可控程度，从而为后续的优化以及自动化控制筑牢了可靠的数据根基。

### 2.2 智能选型与参数配置技术应用

智能选型以及参数配置技术对于风电场电气设计而言，有着颇为关键的作用。它的核心在于借助计算机辅助以及算法优化方面的手段，针对电气设备展开科学的选择操作，并且做好参数配置相关事宜。就风机容量、变压器容量、母线布置还有集电线路设计等方面来讲，智能选型技术能够综合考量风速分布状况、电网接入的具体条件以及设备性能的各项指标，进而自动生成出最为理想的方案。经过对参数配置加以优化之后，便能够达成对短路电流予以限制的目的，同时还能促使功率损耗得以降低，并且让电压的稳定性得到进一步的增强，如此一来便提升了整个风电场的运行效率以及安全性。和传统的那种依靠经验来进行判断的设计方式不同，智能化的选型以及参数配置技术在提升设计的科学性、降低设计所面临的风险以及减少投资成本这些方面，都有着十分突出的优势，这就为风电场电气系统的高效运行筑牢了稳固的基础。

### 2.3 自动化控制与协同运行技术应用

自动化控制以及协同运行技术属于智能化电气设计里极为重要的一部分，它的核心目标在于达成风电场各个子系统之间的高效协同运转以及智能化的调度安排。在升压站、集电线路还有变压器等这些关键的环节去部署自动化控制装置，同时结合智能算法针对电压、电流以及功率展开实时的调节操作，如此一来便能够有效地去应对风速出现波动以及负荷发生变动时所带来的种种影响。协同运行技术还能够将多台风机以及变压器的运行状态加以整合，进而实现功率的均衡状态、无功的优化情况以及负荷分配的智能化控制，以此来确保电能输出具备稳定性，并且让系统运行有安全性方面的保障。自动化控制与协同运行这一技术一方面减少了人为的干预情况，另一方面提高了系统的响应速度以及精度，同时也给风电场智能化管理带来了可持续的运行模式，达成了风电场设计和运行管理的紧密融合状态。

### 2.4 智能电池储能系统在风电场中的应用

风电场由于风速的不稳定性，发电量也存在很大的波动。智能电力技术可以将电池储能技术与风电场相结合，

储存风电场过剩的电能，并在风速不足时释放储能，以保证风电场的稳定供电。智能电池储能技术的应用，不仅提高了风电场的可靠性，还可以有效降低风电场的运行成本，与此同时还能强化风电场在复杂环境之下的供电稳定性和经济性<sup>[1]</sup>。把储能系统和风电场监控以及自动化控制系统相互结合起来，是能够达成能量的动态调度以及智能分配的目的，这样可以平滑输出波动的功率，缓解电网所面临的压力，而且还能为风电场电气设计开拓出新的优化空间以及给予相应的技术保障，进而为未来大规模风电场的建设给予可靠的参考依据。

### 3 基于智能化技术的风电场电气设计优化

#### 3.1 电气系统安全性与可靠性优化

电气系统的安全以及可靠程度，乃是风电场设计予以优化时最为首要的目标所在。智能化技术能够针对关键设备的运行实际状态展开实时的监测，并且还能进行故障预测，如此一来便能够提前将潜在的隐患给找出来，进而让意外停机的风险得以降低<sup>[2]</sup>。继电保护装置同智能监控系统相结合之后，风电场便可以在设备出现异常情况或者遭遇外部扰动之时，迅速且精准地将故障源头切断掉，防止故障进一步蔓延而给整体系统带来不利的影响。与此智能算法还能够对设备的负荷状况、短路容量情况以及温升状态实施动态化的分析，并且做出相应的优化调整，以此来保证各类电气设备能够在额定的工况之下实现高效且稳定的运行状态。通过去构建起全方位且多层次的安全保障体系，风电场的电气系统不但达成了对于突发事件的快速反应效果，而且还提升了整体系统所具备的可靠性以及运行的连续性，从而为实现长期高效的运行给予了稳固有力的保障。

#### 3.2 电气系统运行效率与能耗优化

在风电场电气设计优化方面，运行效率和能耗控制属于极为关键的指标，它们对于实现经济性以及可持续性有着重要作用。智能化技术具备实时分析风电场功率输出、线路损耗以及设备效率的能力，并且能够借助优化母线配置、无功补偿以及功率分配等举措，达成能源的充分利用。自动化控制系统可依据风速、负荷以及储能状态来智能地调节风机出力与升压站功率分配，进而降低能量损耗，提升系统运行效率<sup>[3]</sup>。凭借数据驱动的优化方式，风电场在确保供电稳定性的基础之上，能够实现能源调度的最优化匹配，削减不必要的运行损耗，提高整体能效水平。与此智能化分析与仿真技术于设计阶段针对不同运行策略展开对比评估，给风电场在不同环境条件下的高效运行给予科学依据。

#### 3.3 设计经济性与全寿命周期优化

风电场电气系统设计时，既要提升设备运行效率，又

要兼顾全寿命周期的经济性。智能化技术能综合分析设备选型、运行策略和维护计划，达成投资与运行成本的最优平衡。借助智能监控与预测性维护，可提前制定检修计划，降低意外停机带来的经济损失，延长设备寿命，减少更换频率。在全寿命周期优化方面，智能化工具可对风电场建设投资、运行成本、能量产出以及设备折旧展开系统分析，制定出科学的设计和运维方案，给投资决策提供量化依据。把智能化设计和经济分析结合起来，风电场能在确保系统稳定性和可靠性的同时实现长期经济效益的最大化，还能为未来规模化风电场的规划与建设提供参考。

### 4 结语

本文全面且细致地剖析了风电场电气系统设计所涉及的各项基础要点，同时也对智能化技术于风电场电气设计当中的具体应用情况以及相关优化事宜展开了颇为详尽的探究。经研究可以发现，将智能化监测手段、数据采集技术、智能选型方式、参数配置方案、自动化控制机制以及电池储能系统加以运用，能够在很大程度上增强电气系统的安全防护能力以及其自身的可靠性程度，进而达成对发电设备以及电网所实施的动态化调控目的，使得运行过程中存在的各类风险得以有效降低。与此智能化优化举措在提升运行效率、削减能耗额度以及优化功率分配等诸多方面均起到了不容忽视的重要作用，并且借助全寿命周期设计的方式还能够实现经济性与可持续性这两方面的良好平衡状态。从整体来看，智能化技术给风电场电气设计赋予了全新的操作方法以及全新的设计理念，有力地确保了系统能够实现高效且稳定的运行状况，并且还为风能的高效开发利用以及新能源产业的蓬勃发展给予了极为坚实的科技支撑。伴随人工智能、大数据以及储能技术不断地向前发展演进，风电场电气系统的智能化设计与优化水平也将会得到进一步的提升，从而为风电产业的可持续发展源源不断地注入强劲的动力。

### 【参考文献】

- [1] 洪永国. 风电场电气系统设计及潮流计算研究[J]. 科技与创新, 2023(24):145-147.
- [2] 曲思源. 某风电场电气系统设计与研究[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2022.
- [3] 唐雪峰. 风电场集电线路电气设计与故障研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(16):121-124.

作者简介：艾茂叶（2018.6—），毕业院校：河北大学，所学专业：电气工程及其自动化，当前就职单位：河北能源工程设计有限公司，职务：电气工程师，职称级别：工程师。