

现代电机供电系统中直流供电技术的创新与应用

Innovation and Application of DC Power Supply Technology in Modern Motor Power Supply Systems

晁三强

Sanqiang Chao

中铝股份兰州铝业有限公司 中国·甘肃 兰州 730089

Chinalco Lanzhou Aluminum Co., Ltd., Lanzhou, Gansu, 730089, China

摘要: 论文探讨了现代电力系统中直流供电技术的创新与应用,介绍了直流供电技术的基本原理,包括直流电与交流电的区别、优势与劣势,以及直流供电系统的基本组成与工作原理。最后,通过对未来电力系统的变革与创新研究进行了展望,包括直流供电技术的发展趋势、对未来电力系统的影响与潜在变革,以及可能的研究方向与创新点。论文系统地阐述了直流供电技术在现代电力系统中的重要性和前景,为未来电力系统的可持续发展提供了新的思路 and 方向。

Abstract: The paper explores the innovation and application of DC power supply technology in modern power systems, introduces the basic principles of DC power supply technology, including the differences, advantages and disadvantages between DC and AC, as well as the basic composition and working principle of DC power supply systems. Finally, the paper discusses the future reform and innovation of the power system, including the development trend of DC power supply technology, the impact and potential change of the future power system, as well as the possible research direction and innovation points. This paper systematically expounds the importance and prospect of DC power supply technology in modern power system, and provides new ideas and direction for the sustainable development of power system in the future.

关键词: 直流供电技术; 现代电力系统; 创新与应用

Keywords: DC power supply technology; modern power system; innovation and application

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9082

1 引言

电力系统的演变和直流供电技术的兴起,以及论文的研究目标和重要性,都是需要深入探讨的主题。电力系统的发展历程长达一个多世纪,从早期的交流电系统到现代的直流电系统,其演变过程充满了技术的创新和突破。随着科技的进步和社会需求的变化,直流供电技术逐渐崭露头角,成为电力系统发展的新方向。论文的目的在于探讨直流供电技术的发展趋势,以及其在现代电力系统中的应用。论文深入研究直流供电技术的原理,分析其优点和潜力,以期提供对未来电力系统发展的新视角。这项研究的重要性不言而喻,因为它不仅有助于电力系统的发展趋势,也有助于预测和应对未来的挑战。直流供电技术是一种新兴的电力供应方式,它以

其高效、稳定和环保的特点,正在逐渐取代传统的交流电供电方式。直流供电技术的核心是直流电源和直流负载,它们之间的能量转换过程更加直接和高效。此外,直流供电技术还具有更好的兼容性和灵活性,可以与各种能源和设备无缝对接,为现代电力系统的发展提供了新的可能。电力系统的演变和直流供电技术的兴起,以及论文的研究目标和重要性,构成了论文研究的主要内容。通过这项研究,能够为电力系统的发展提供新的思路 and 方向^[1]。

2 直流供电技术

2.1 直流电与交流电的基本区别

直流电和交流电是电力系统中两种主要的电流形式。直流

【作者简介】晁三强(1985-),男,中国陕西咸阳市人,工程师,从事电力系统及其自动化研究。

电的电压和电流在时间上保持恒定，而交流电的电压和电流则随时间周期性变化，这种基本的区别使得两者在电力系统中的应用有着显著的差异。直流电因其稳定的特性，常用于需要稳定电源的设备，如电脑、手机等。而交流电则广泛应用于电力传输和分配，因为它可以通过变压器方便地改变电压。

2.2 直流供电的优势与劣势

直流供电技术具有许多优势。直流电能直接供给大多数电子设备，无需进行能量转换，从而提高了能源利用效率。直流电网的设计和运行相对简单，易于实现精确的电力控制。直流供电也存在一些劣势。例如直流电不能像交流电那样通过变压器轻松改变电压，这在电力传输中可能会带来问题。直流电的安全问题也需要更多的关注。

2.3 直流供电系统的基本组成与工作原理

直流供电系统主要由直流电源、负载和控制设备组成。直流电源可以是太阳能电池、燃料电池或其他类型的电池。负载则是需要电力的设备，如电脑、电视等。控制设备则负责调节电源和负载之间的电力传输。在直流供电系统中，电源直接向负载供电，无需进行交直流转换，从而提高了能源利用效率。同时，通过精确的电力控制，可以确保电力系统的稳定运行。

3 现代电力系统中的挑战与需求

3.1 现行交流供电系统的限制与问题

尽管交流供电系统在电力系统的发展历程中起到了重要的作用，但随着科技的进步和社会需求的变化，它的一些限制和问题也日益显现。交流供电系统的能量转换效率相对较低，因为在交流电和直流电之间转换时，会有一部分能量损失。交流供电系统的运行和维护成本较高，需要大量的人力和物力投入。交流供电系统的电压和频率控制较为复杂，需要精密的设备和技术支持。交流供电系统在应对电力需求波动和电力故障时，可能会出现稳定性和可靠性问题。

3.2 现代电力系统对更高效、可靠、可控的电力供应的需求

随着社会的发展和科技的进步，现代电力系统对电力供应的需求也在不断提高。现代电力系统需要更高效的电力供应，以满足日益增长的电力需求，同时也要考虑到能源的可持续性和环保性。现代电力系统需要更可靠的电力供应，以确保电力系统的稳定运行，防止电力故障对社会生活和经济活动的影响。现代电力系统还需要更可控的电力供应，以便根据电力需求的变化，灵活调整电力的供应和分配。如何满足这些需求，提供更高效、可靠、可控的电力供应，是现代电力系统面临的重要挑战^[2]。

4 直流供电技术的创新

4.1 先进的直流输电技术——VSC-HVDC（可变直流输电）

在现代电力系统中，VSC-HVDC 技术作为直流输电的

一项关键创新，引领着电力传输领域的变革。VSC-HVDC 采用可变直流输电技术，与传统的定常直流输电相比，具有更高的灵活性和可控性。其主要特点是能够实现独立的有功功率控制，使得系统在面对复杂的电力网络时能够更加灵活地调节电流和电压。这种灵活性使得 VSC-HVDC 在远距离电力输送、可再生能源的集成以及电力系统的互联互通方面表现出色。VSC-HVDC 的创新之处在于其采用了高频 PWM（脉宽调制）技术，通过实时控制晶闸管的导通与关断，精确地调节直流电压的大小和极性。这不仅提高了输电效率，同时也降低了谐波水平，减小了对电网的干扰。其可变的输电能力使得 VSC-HVDC 技术能够适应电力系统负荷和环境条件的变化，从而更好地应对电力系统的动态需求。

4.2 智能电力电子装置的应用

智能电力电子装置的广泛应用标志着电力系统的智能化和自适应性的进步。这些装置以先进的控制算法和感知技术为基础，能够实时监测、分析和响应电力系统的各种变化。在直流供电系统中，智能电力电子装置的应用为系统提供了更高的可靠性和稳定性。通过采用先进的数字信号处理技术，智能电力电子装置能够实现对电流、电压和频率等关键参数的高精度监测和调节。这种高度智能化的控制系统使得电力系统能够更加迅速地适应不同的工况，提高了系统的响应速度。智能电力电子装置的故障检测和自愈能力进一步增强了系统的可靠性，降低了运行风险。

4.3 先进的电池储能技术

随着可再生能源的不断发展和电力系统对灵活性的需求增加，先进的电池储能技术成为直流供电系统中的一项重要创新。这种技术通过将电能储存在高性能电池中，实现了对电力系统的短时能量存储和释放。这不仅提高了系统的能源利用率，同时也增加了系统的稳定性和可调性。先进的电池储能技术采用高能密度和长寿命的电池，如锂离子电池，以实现电力系统的快速调节。这种储能技术能够在系统面临突发负荷波动或电力供应中断时提供迅速的应急支持。电池储能技术还可以平滑可再生能源的波动，提高系统对可再生能源的接纳能力，从而促进清洁能源的大规模应用。这使得先进的电池储能技术在构建可持续、智能的电力系统中发挥着关键作用。

5 直流供电在不同领域的应用

5.1 工业领域中的直流供电应用

工业领域对于电力的需求一直以来都是多样而庞大的，而直流供电技术在工业应用中展现了强大的优势。直流系统在电机驱动方面表现出色，提供了更高的效率和精准的控制。这对于制造业中的生产线和机械设备至关重要，可以实现更高的生产效率和能源利用效率。一些敏感的电子设备，如半导体制造设备，也更适合使用直流供电，以避免交流电带来的电磁干扰和功率因数问题。在工业自动化领域，直流

供电系统的应用在控制系统中发挥着关键作用。直流系统的快速响应和精确控制特性使其成为自动化生产线和机械系统的理想选择。工业生产经常面临的能量回馈问题，通过直流供电系统中的先进电池储能技术，可以实现能量的存储和再利用，提高整体能源效益。

5.2 交通运输系统中的直流电力应用

直流供电技术在交通运输领域的应用也呈现出日益增长的趋势。电动交通工具，如电动汽车和高速列车，通常使用直流电源。直流电提供了更高的效率和可控性，使得电动交通工具能够更好地满足快速加速和高速行驶的需求。直流供电系统中的电池储能技术为交通工具提供了长途行驶和能量回收的便利，推动了电动交通的可行性和可持续性。在城市轨道交通系统中，如地铁和有轨电车，直流供电系统同样占有重要地位。通过使用直流电源，可以更灵活地调节列车的速度和控制车辆的动力系统。这种灵活性对于应对高峰期和不同运输需求至关重要，有助于提高交通系统的效率和运行安全性。

5.3 住宅与商业建筑中的直流电系统

直流供电技术在住宅和商业建筑中的应用呈现出一系列潜在的优势，特别是在可再生能源集成和能效提升方面。直流供电可以更好地与太阳能光伏系统等直流能源相结合，减少能源转换损失，提高系统整体效率。直流电系统能够更灵活地满足电子设备和照明系统等终端设备的供电需求，减少能源浪费。在商业建筑中，直流供电系统可以更好地适应现代办公设备对电能质量和稳定性的要求。通过在建筑内部采用直流配电，可以避免电流谐波、电磁干扰等问题，提高电力系统的可靠性和可控性。商业建筑中广泛使用的直流设备，如计算机和LED照明，与直流供电系统更为匹配，减少了能源转换的损耗^[3]。

直流供电技术在工业、交通和建筑领域的应用展示了其在提高效率、推动可再生能源利用和改善能源利用效率方面的巨大潜力。这种技术的不断发展将为未来可持续发展的城市和工业体系提供更多可能性。

6 未来电力系统变革与创新研究

6.1 直流供电技术的发展趋势

直流供电技术在电力系统中的崭新发展表明其将在未来继续引领电力领域的变革。一项明显的趋势是对高效、可控和可再生能源的需求不断增加。随着可再生能源的大规模集成，直流输电系统将成为优选方案，因为它们能够更好地适应不稳定的电力输出并提高能源传输效率。此外，随着能源存储技术的进步，直流系统的应用领域将进一步扩大，为系统提供更灵活的能量管理和应急支持。

另一个明显的趋势是数字化技术与直流供电的深度融合。智能电力电子装置的广泛应用使得电力系统能够实现更

精细的监控和智能化的控制。通过先进的数据分析和人工智能算法，直流供电系统将能够更准确地预测电力需求、优化能源分配，并实现系统的自动化运行。这种数字化趋势有望为电力系统提供更高的可靠性、安全性和可维护性。

6.2 对未来电力系统的影响与潜在变革

直流供电技术的广泛应用将对未来电力系统产生深远的影响，并可能引起一系列系统性的变革。首先，直流系统的高效能量传输特性将促使电力网络更加全球化。通过长距离高压直流输电，能源可以更方便地在国家和洲际之间传输，从而实现能源资源的最优配置，减少能源浪费。直流系统的普及将推动能源储存技术的进一步发展。由于直流系统的灵活性，结合先进的电池储能技术，将有助于平衡电力网络中的负荷和提供备用电源，从而解决可再生能源波动性的问题。这将为电力系统提供更大的可再生能源容纳度，推动能源的清洁化和可持续发展。直流供电系统的数字化和智能化应用将使电力系统更加鲁棒、适应性更强。通过实时数据监测和智能控制，系统能够更迅速地适应各种突发情况，并在最短时间内实现恢复。这有望提高电力系统的稳定性，减少停电时间，增强对电力供应的可信赖性。

6.3 研究方向与创新点

关注数字化技术的创新，研究可靠的实时监控系统、先进的数据分析方法和人工智能在电力系统中的应用。这将有助于建立更为智能、自适应的电力系统，提高对电力需求的准确预测和对异常情况的快速响应能力。电力系统的可持续性和环保性也是一个重要的研究方向。通过深入研究先进的电池储能技术、更环保的材料和清洁能源集成方法，可以推动直流供电系统向更加可持续的方向发展，减少对环境的不良影响。随着直流供电技术的不断发展和创新，未来电力系统将迎来更高效、智能和可持续的时代，为全球能源转型和可持续发展作出积极贡献。

7 结语

直流供电技术的创新与应用为电力系统发展带来新机遇。其在高效输电、智能控制和可再生能源整合方面的优势将塑造未来电力格局。随着数字化技术的融入，电力系统将更为灵活和可靠，推动清洁能源与智能化的融合。未来研究应聚焦于提升系统效率、数字化创新以及可持续发展，为电力行业迎接更绿色、智能的未来奠定基础。

参考文献

- [1] 庄岭,李叶飞,杨斌,等.多电压等级直流供电在模块化数据中心的应用[J].电力需求侧管理,2021,23(2):6.
- [2] 王福林.国内外全直流供电建筑案例对比分析[J].现代建筑电气,2020,11(9):20-26.
- [3] 黄逊青.日本住宅直流供电技术进展[J].家电科技,2011(6):36.

风电企业深化区域运检模式改革的实践与思考

Practice and Reflection on Deepening the Reform of Regional Operation and Inspection Models in Wind Power Enterprises

荣宇龙

Yulong Rong

内蒙古龙源新能源发展有限公司 中国·内蒙古呼和浩特 010010

Inner Mongolia Longyuan New Energy Development Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

摘要: 某风电企业现在已经施行区域化管理的新运检模式, 此运检模式打破了风电场界限, 不再以风电场为管理单位。随着运检模式改革的持续推进, 为了解决实施过程中遇到的相关问题, 同时更加有效地盘活人力资源、提高生产运营效率和设备运检质量、实现资源共享和管理提升, 需要进一步深化改革, 进一步推进“专业人做专业事”, 落实区域维保中心横向贯通、专业化管理, 着力构建“大运行、大检修”的安全生产管理体系。论文针对发现的问题进行了归纳分析, 并结合现场实践经验提出了解决办法。

Abstract: A wind power enterprise has implemented a new operation and inspection mode of regional management, which breaks the boundaries of wind farms and no longer takes wind farms as management units. With the continuous advancement of the reform of the operation and inspection mode, in order to solve the relevant problems encountered in the implementation process, and at the same time more effectively revitalize human resources, improve the efficiency of production and operation and the quality of equipment operation and inspection, and realize the improvement of resource sharing and management, it is necessary to further deepen the reform, further promote the “professional people do professional things”, implement the horizontal integration and professional management of the regional maintenance center, and strive to build a safety production management system of “large operation and overhaul”. This paper summarizes and analyzes the problems found, and proposes solutions based on field practical experience.

关键词: 风电企业; 运检模式; 实践

Keywords: wind power enterprises; operation and inspection mode; practice

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9083

1 引言

某公司从 2021 年开始施行区域维保中心的运检模式, 之前是以风电场为单位的管理模式。简单来讲, 区域维保中心运检模式是将相邻的数个风电场合并成一个部门, 由一套领导班子管理(经理、书记、副经理), 而不再以风场为单位, 风电场改名叫做现场, 从而有效地进行了资源整合。并且由班子管理而不再是场长一个人管理, 也更民主。如图 1 所示。

区域维保中心运检模式是与之前以风电场为单位的管理模式创新。区域维保中心负责统一调度所管理区域内的风机检修班和电气检修班; 负责风电机组日常、定期和专项巡

检, 组织处理各类故障和缺陷, 制定技改、大修计划并组织实施; 负责输变电设备日常、定期和专项巡检, 组织处理各类故障和缺陷, 制定技改、大修和预试维护方案并组织实施, 负责两票许可、倒闸操作工作; 负责现场突发事件应急处置工作; 负责对外协调工作; 负责现场其他日常工作(备件、后勤管理、站内辅助设施管理、迎检等工作)。

此运检模式打破了风电场界限, 不再以风电场为管理单位, 有效地盘活了人力资源、提高了生产运营效率、实现了资源共享和管理提升。但随着运检模式改革的持续推进, 也逐渐暴露出了一些管理问题, 需要进一步深化改革, 提升管理效果^[1]。

【作者简介】荣宇龙(1985-), 男, 蒙古族, 中国内蒙古呼和浩特人, 硕士, 工程师, 从事新能源现场运维研究。

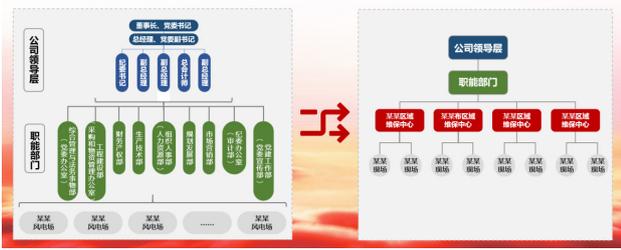


图1 风电企业施行区域维保中心模式的前后组织架构对比图

2 深化改革的目标

①继续挖掘人力资源潜力，集中力量干大事。②提高生产运营效率和设备运检质量。③全面实现现场“无人值班、少人值守”。④推进“专业人做专业事”。⑤着力构建“大运行、大检修”的安全生产管理体系。⑥着力提升员工幸福感。

3 深化改革的实践与思考

经过深入的归纳分析，现阶段还存在的问题如图2所示。



图2 现阶段存在的问题

3.1 公司层面

缺少上下联动。公司本部个别部门对改革不关心，认为改革只是相关部门的工作，思想没有转变，没有形成上下一盘棋的思维。片面地认为区域运检模式改革就是相当于减少了管理单元（风电场），之前要面对10个场长，现在只需要面对4个经理就行，工作量减少了。

3.2 支部建设

未能统一思想。支部在发挥作用方面，还有所欠缺，没能统一和坚定员工对改革的思想。员工还没有充分认识到改革的好处，思想还停留在过去，觉得变化后还得适应新模式，走出了舒适区，不是很情愿。

党员带动不够。党员未能带头把思想统一到公司改革发展上面，未能用自己的言行去带动和感染其他员工，党员的先进性未能体现。

3.3 区域管理

没能彻底打破风场壁垒。区域维保中心人员还没有彻底打破固有的运检思维定式，没有彻底打破风电场间的壁垒，没有发挥出运检模式改革的深层优势。虽然区域资源方面已

经实现了统筹调配，合理流动，高效利用，但是区域维保中心人员的工作安排还是没能走出固有模式，人员对流动有抵触，更愿意待在自己原先的风电场工作。

3.4 激励机制

缺乏全面合理的考核指标体系。绩效考核体系还未充分发挥出“多劳多得、优绩优酬、激发内生动力”的效果。考核指标仍存在无法准确衡量员工实际工作的情况。

激励机制较单一。仅仅依靠薪酬激励不足以刺激员工的长期发展和创新能力。

4 结合现场实践经验，经过深入的思考，形成以下解决对策。

4.1 公司层面

转变思想，上下联动。公司要学习和借鉴先进央企建设“三强五优六型”新时代现代央企本部的先进做法和成功经验，统一思想、凝心聚力，推动公司各部门人员，以思想之变引领行动之变、作风之变，以“马上就办”、紧抓快办的紧迫感和高效率，以奋发有为的精神状态和“时时放心不下”的责任意识，更好地给区域维保中心以支持和服务，确保上下一盘棋、全员一条心、拧成一股绳，共同推动运检模式改革往深里走，往实里走。

4.2 支部建设

4.2.1 宣贯谈心，统一思想

支部在推动改革的过程中，要加大在宣传和培训方面的力度。要积极主动地与员工进行沟通，向员工普及改革的意义、目标和好处，了解他们的想法和需求，帮助他们认识到改革对个人和组织的重要性。此外，针对员工存在的疑虑和困惑，支部要通过组织培训和讲座，明确解答疑惑，提升员工对改革的理解和认同。

同时，支部要架起员工参与改革的桥梁，鼓励员工积极参与改革规划，使员工能够真正参与到改革中，产生归属感和责任感。

支委要以身作则，引领员工践行改革，成为改革的引领者和践行者，树立良好的榜样，坚定地推进改革措施。

4.2.2 优化结构，发挥作用

支部要借鉴毛主席三湾改编的经验，在每个现场设立党小组，每个班里至少配置一个党员。

党小组能够将公司党委的改革方针和决策要求，第一时间面对面地传达至一线员工，推动改革在具体工作中的贯彻执行。通过党小组，在工作现场实施党的教育引导，使党员能够积极履行党员职责，发挥先锋模范作用，引领其他员工在工作中践行党的要求。

党员作为班组中的先进分子，能够更好地带动班级工作，能够以身作则、带头认可改革，执行各项任务和工作计划，为其他员工树立榜样和标杆。党员的存在能够更好地了解和掌握班组的情况，随时随地与班组其他成员沟通交流，有助

于消除班组内部对改革的分歧,促进班组的团结。能够更好地发挥党员的监督作用。在具体工作中,党员可以及时发现和反映改革在具体实践中存在的问题和不足,提供更多切合实际的建议和意见^[2]。

4.3 区域层面

集中力量,集中作业。区域维保中心的管理人员要树立大局观,要彻底打破固有运检思维定式、彻底打破风电场壁垒,对整个区域维保中心的各项工作要全面统筹、合理安排。集中优势人员,攻坚克难,干成大事。

利用集中攻坚模式,可以避免把一项工作形成“拉锯战”,让员工感到疲惫,工作起来也更安全更有保障。通过成立专项小组,让人员全身心投入到一项工作中,不断认真地去细化作业流程,关注作业的细节,从而将工作做得更优质高效,真正做到“专业人做专业事”,并且自身的技能也在同种工作的不断循环中进行锤炼,工作从以往只局限于完成逐步向完成好迈进,工作质量和工作效率有了非常大的提升。

例如,针对风电机组发电机轴对中这项工作,我区域维保中心通过集中区域运维人员,成立专项攻坚队伍,在一段集中的时间内,顺序在几个现场进行作业。同时,与以往的模式:在故障处理、定期维护之中穿插地对中工作进行了对比,经实践检验,集中攻坚模式在该工作的各个环节都发挥出了优势,效率与质量同步增长。

①资源高效整合。集中攻坚小组筛选和集中了区域维保中心多个现场好用的工具,一次性进行领用,定制存放于专用库房,避免了随用随取,频繁准备工具的过程,极大地节省了时间,同时减少了库房管理员的工作量。

②流程清晰规范。由于每日进行的是同一项工作,对应的风险预控和安全措施都是相同的,人员对流程非常熟悉,执行起来更规范,安全更有保障。

③效率、质量并进。集中攻坚小组从进行第一台发电机对中工作开始,就严格按照标准作业指导书的流程和要求,一步步按照工序进行操作,虽然刚开始的时候手法不娴熟,工作进度较慢,但在熟练掌握工序以后,效率明显提升。完成一台发电机轴对中工作,从刚开始的6小时,逐步下降到了3小时。

规范、标准的作业操作,带来了更高质量的作业效果。同时,相同的人员、按照相同的工艺流程、形成的统一的轴对中结果,对机组发电机后期的运行分析,具有更高的参考

价值。

4.4 激励机制

4.4.1 激励先进,晋升级

公司每年按照各区域维保中心年度综合绩效排名、获得荣誉等综合情况,分配各区域维保中心晋岗晋薪名额。区域维保中心根据员工年度考核情况,结合综合表现,提出晋岗晋薪人选,同时对于区域维保中心考核不称职的人员,提出降岗人员建议名单,经公司决定后,调整岗位岗级或薪酬^[3]。

4.4.2 完善体系,多劳多得

达到人努力挣工资的目标。建立可量化、操作性强的绩效评价体系,避免干得多,错得多,考核多。区域维保中心通过工作时长、工作质量、技术含量等维度,对定期维护、专项检修等工作成效进行绩效评价。设备关键运行指标(无故障连续运行、非停指标等)与设备主人绩效挂钩。各班组长绩效考核直接与班组工作整体指标挂钩,班组其他人员绩效考核由班组长组织评价。

4.4.3 假日调休,员工幸福

遇节假日(指五一、国庆、春节等小长假)除留下保证现场安全生产工作正常开展的必要值班人员外,原则上由区域维保中心统筹安排大多数人员轮休,提高员工的幸福感。

5 结论

风电企业的区域维保中心运检模式,对于提高企业生产运营效率和设备运检质量、实现资源共享和管理提升等方面,都有非常好的成效,随着近几年风电企业的大规模发展,相信该模式会迅速得到推广和持续进行演化,如将维保中心进一步整合,成立检修公司的模式,就是这种模式的一种更深层次演化。未来,我们共同期盼风电企业运检模式的创新不断涌现,以助力风电企业向世界一流能源企业迈进,助力国家能源加速绿色转型,早日达到双碳目标。

参考文献

- [1] 荣宇龙,武东.联合动力UP82-1500风电机组发电机集中开展轴对中工作的效益提升[J].新视线建筑与电力,2022(13):284.
- [2] 陈霄.风电企业提升人力资源管理水平的实践与思考[J].企业改革与管理,2017(18):92.
- [3] 张帅.智能变电站运检一体化模式探讨分析[J].电力设备管理,2022(14):21-23.

高压输电线路生态措施巡视方法、系统及可读存储介质研究

Research on Inspection Methods, System and Readable Storage Media of Ecological Measures of High Voltage Transmission Lines

胡涛 朱蓓 石碟

Tao Hu Bei Zhu Die Shi

湖北天泰环保工程有限公司 中国·湖北 武汉 430079

Hubei Tiantai Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430079, China

摘要: 针对高压输电线路生态措施巡视工作的特点和要求,设计一种基于 GIS 技术的高压输电线路生态措施巡视方法,能够实现对输电线路沿线生态措施巡视的全覆盖,可以对高压输电线路沿线的各种生态措施进行全面、实时、有效的巡视和监管。高压输电线路生态措施巡视方法、系统,包括 GIS 地理信息系统、遥感技术和巡线机器人等,特点是通过在高压输电线路路上安装 GIS 地理信息系统和巡线机器人等装置,可对高压输电线路沿线的各种生态措施进行全方位、实时、有效的巡视和监管,能够及时发现并制止危害生态环境的行为,对确保输电线路安全运行具有重要意义。

Abstract: According to the characteristics and requirements of the ecological measures, a method of ecological measures of high voltage transmission lines based on GIS technology is designed to realize the full coverage of the ecological measures along the transmission line, and to conduct comprehensive, real-time and effective inspection and supervision of various ecological measures along the high voltage transmission lines. High voltage transmission line ecological measures patrol method, system, including the GIS geographic information system, remote sensing technology and patrol robot, characterized by the high voltage transmission line installed GIS geographic information system and patrol robot device, for high voltage transmission line along all ecological measures, real-time, effective patrol and regulation, can timely discover and stop the behavior of the ecological environment, is of great significance to ensure the safe operation of transmission lines.

关键词: 高压; 输电线路; 生态措施; 巡视方法; 系统

Keywords: high voltage; transmission lines; ecological measures; inspection methods; system

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9084

1 引言

近年来,随着高压输电线路的建设,生态措施的应用日益增多。为了有效监控输电线路运行状况,在输电线路中安装了各种电子设备,如摄像设备、视频监控系统等。但由于监控视频文件较大,需要占用较多的存储空间。传统的数据存储介质体积大,不利于安装在输电线路中。因此,需要一种新型的数据存储介质来满足实时监控的需要。

2 高压输电线路生态措施巡视方法、系统简述

2.1 系统设计

系统总体由 4 个功能模块组成,分别为数据采集模块、

GIS 地理信息模块、数据管理模块和巡线机器人管理模块。

2.1.1 数据采集模块

获取高压输电线路沿线生态措施巡视相关的地理位置信息和状态信息,包括生态措施类型、距离、高度和位置等,并将其上传至 GIS 地理信息系统中。

2.1.2 GIS 地理信息模块

通过 GIS 地理信息模块,获取高压输电线路沿线各类生态措施的具体位置、类型、高度和数量等信息,并将其上传至 GIS 地理信息系统中。其中, GIS 地理信息系统主要由图形平台和数据库平台构成,其中图形平台包括了地图数据处理模块和数据可视化模块等;数据库平台主要由生态措施

【作者简介】胡涛(1987-),男,中国湖北监利人,本科,工程师,从事环境保护研究。

属性数据库、生态措施空间数据库和生态措施监测数据库组成，其中生态措施属性数据库用于存储高压输电线路沿线各类生态措施的属性信息；生态措施空间数据库用于存储高压输电线路沿线各类生态措施的位置信息，并将其上传至 GIS 地理信息系统中；生态措施监测数据库用于存储高压输电线路沿线各类生态措施的状态信息。

2.1.3 数据管理模块

如图 1 所示，该模块主要包括数据管理和数据处理两个部分。其中数据管理部分，包括生态措施属性数据库、生态措施空间数据库和生态措施监测数据库的管理，其中生态措施属性数据库用于存储高压输电线路沿线各类生态措施的属性信息；生态措施空间数据库用于存储高压输电线路沿线各类生态措施的空间信息，包括高压输电线路沿线各类生态措施的具体位置信息；生态措施监测数据库用于存储高压输电线路沿线各类生态措施的状态信息，包括高压输电线路沿线各类生态措施的类型、位置和状态等，其中监测数据通过将 GIS 地理信息系统中获取的数据导入该数据库中实现^[1]。

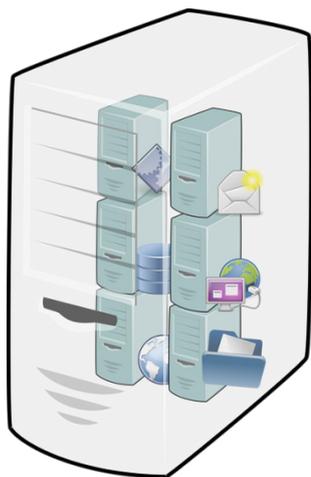


图 1 数据管理模块

2.1.4 巡线机器人管理模块

根据工作人员的指令，利用巡线机器人完成高压输电线路沿线各类生态措施的巡视和监管工作，并将巡视结果上传至 GIS 地理信息系统中。

2.2 生态措施巡视数据采集

高压输电线路生态措施巡视数据采集，包括巡视数据采集和巡检数据采集。

巡视数据采集：在输电线路路上安装 GIS 地理信息系统，利用 GPS 定位技术，将所要监测的输电线路位置实时上传到 GIS 地理信息系统中，以供监控人员使用。

巡检数据采集：采用巡线机器人，在输电线路路上进行巡检，收集并传输所要监测的输电线路的相关信息。可以对所要监测的输电线路进行巡线机器人巡视，记录其巡视轨迹和巡视时间。

2.3 GIS 地理信息系统

高压输电线路生态措施巡视方法、系统利用 GIS 技术，将各种数据信息录入 GIS 地理信息系统，将 GPS 定位信息与 GIS 地理信息系统相结合，实现对输电线路沿线的各种生态措施进行全方位、实时、有效的巡视和监管。GIS 地理信息系统能够提供数据管理、地图操作、专题图制作等功能，将大量的数据信息录入 GIS 地理信息系统中，在电脑屏幕上可以直观地看到所有数据的分布和显示情况。

在 GPS 定位功能的基础上，利用 GIS 地理信息系统提供的专题图制作功能，将巡视人员所巡视线路上各种生态措施的分布图制作出来。采用 GIS 技术将高压输电线路沿线生态措施进行全面、实时、有效的巡视和监管，可以对高压输电线路沿线的各种生态措施进行全方位监管，能够及时发现并制止危害生态环境的行为，确保高压输电线路安全运行具有重要意义。

2.4 巡线机器人

巡线机器人，是一种具备自主导航、自主避障、智能监控等功能的机器人，可代替人工巡视和监护输电线路。目前应用于高压输电线路的巡线机器人主要是履带式行走的轮式巡线机器人，其基本工作原理是：通过移动机器人自身携带的激光测距传感器、红外传感器等，对输电线路进行自动定位和识别，并通过远程控制软件实现对输电线路的远程监控和故障预警^[2]。

针对高压输电线路巡检工作中存在的人工成本高、巡视效率低、故障处置慢等问题，研制了一种基于巡检机器人的巡线系统。该系统通过安装在高压输电线路上的智能巡检机器人，对高压输电线路进行智能监控和巡视。可实现对输电线路沿线生态措施进行全方位、实时、有效的巡视和监管，及时发现并制止危害生态环境的行为，并将巡视信息和数据传输至后台监控中心，以便及时处置。

2.5 遥感监测平台

高压输电线路生态措施巡视方法、系统，包括了遥感监测平台，该平台通过遥感技术获取高压输电线路沿线的地理信息数据，包括地形、植被、土壤和地貌等，并将获取的数据传输到 GIS 地理信息系统，由 GIS 地理信息系统进行分析处理后，生成高压输电线路沿线生态措施巡视的各种专题数据。其中，遥感监测平台包括了图像采集装置和数据处理装置两部分。图像采集装置是由监控摄像头组成的，它能够对高压输电线路沿线的各种生态措施拍摄成照片并传输到数据处理装置中，由数据处理装置对照片进行分析处理。数据处理装置则是由计算机和一些软件组成的，它能够对遥感监测平台所收集到的各种图像信息进行分析处理。

2.6 数据传输

由于高压输电线路的巡视工作需要长期、连续地进行，因此需要设置相关的数据传输通道，实时、可靠地传输巡视数据。根据相关研究和实践经验，传输通道一般采用光纤和

微波两种方式。光纤传输具有带宽高、速率高、抗干扰性强等优点,但在高压输电线路巡视工作中无法进行长距离实时数据传输。为了解决上述问题,论文设计了一种基于 GPRS 的数据传输方法,利用 GPRS 网络作为数据传输通道。该方法通过在高压输电电路上安装 GPRS 无线网络模块,采用 GPRS 网络来传送数据。该方法可以解决高压输电线路巡视工作中的长距离实时数据传输问题,同时利用 GPRS 网络的无线接入特性,可以实现数据的无线接入。

3 可读存储介质的设计与开发

3.1 技术要求

可读存储介质是一种可以存储视频文件的设备,它由数据存储单元、控制单元和读写单元三部分组成。其中,数据存储单元是整个设备的核心,采用大容量的闪存颗粒(64-bit)作为存储介质,一般采用 USB 接口连接设备。控制单元用于控制读写单元,它由存储器芯片、控制器、USB 接口以及驱动芯片组成。驱动芯片是一种高速的串行外设接口,能为数据存储单元提供高速的数据传输通道。数据读写单元是整个设备的控制中心,它与存储器芯片之间通过 USB 接口连接,具有较强的兼容性。采用可读存储介质可以大大减少视频文件的体积,有利于在输电线路中安装;同时可以通过程序对数据进行压缩处理,使其体积更小、占用空间更少。

3.2 结构设计

在实际的输电线路中,摄像头是最常见的设备之一,通过摄像头来拍摄现场图像,并将图像通过网络传输到地面监控中心。由于输电线路周围环境复杂,很难保证视频图像质量,需要通过各种方法对输电线路附近的环境进行实时监控^[1]。

基于此背景提出一种基于可读存储介质的高压输电线路生态措施巡视方案。该方案是将高压输电线路监控视频存储在一种新型的可读存储介质中,然后通过连接在输电线路上的摄像头来实时观察周围环境。由于可读存储介质的体积小、质量轻、安装方便、使用寿命长等优点,可以实现对输电线路生态措施的实时监控。

3.3 机械强度计算

在模型中,对可读存储介质和电池施加重力加速度 $g=2\text{m/s}^2$,并考虑空气阻力。在不考虑空气阻力的情况下,对可读存储介质施加压力 $p=3.5\text{N/cm}$,并考虑摩擦阻力。

可读存储介质受到的最大压力为 3.58N,电池受到的最大压力为 4.64N。通过计算得到的数据可以看出,当电池受到的最大压力为 3.58N 时,电池产生了 1.33kg 的变形,即电池已经达到了其承载能力。此时可以通过机械强度校核公式计算出电池的机械强度是否满足要求,即当电池受到的最大压力为 3.58N 时,电池的机械强度可以满足要求。

3.4 其他性能指标要求

为满足监控系统的需要,存储介质的物理尺寸应尽可能小,以利于安装和运行。一般来说,可读存储介质的体积不超过 1cm^3 ,存储容量在 2~10MB 之间。这些尺寸指标主要考虑到系统的安装和运行。为满足上述要求,可读存储介质的体积不超过 4cm^3 ,存储容量不超过 8MB,并能以 100Mbps 以上的速率传输视频文件。此外,还应具有高可靠性、抗电磁干扰、防静电等特性。对可靠性和电磁兼容性能的要求可参考 GB/T25678—2010《可读存储介质测试方法》中关于存储介质的相关要求。

3.5 系统开发的基本思路

①输电线路中的视频监控系统。监控系统采用高清数字摄像头,通过无线通信网络,将现场的图像信号实时传送到监控中心,以便对现场进行远程监控。

②可读存储介质。输电线路生态措施巡视可读存储介质是一种新型的数据存储介质,其容量大,存储周期长,支持长时间保存,适合长期存放在输电线路中。同时,利用无线网络将数据传输到后台的计算机服务器中,供后台进行远程监控。

③终端用户。终端用户可以通过无线网络访问后台服务器,并对现场进行远程监控。终端用户可以通过浏览器登录后台的计算机服务器,查询现场的图像信息和报警信息,并对现场进行远程控制,包括发送控制指令和现场图像监控等。

4 结语

随着电力系统的发展,电力系统中的监控设备也越来越多,传统的数据存储介质已经不能满足需求。具体内容如下:

- ①根据视频监控系统的要求,研究了一种适用于高压输电线路生态措施巡视的数据存储介质。
- ②根据理论分析,研究了不同容量下存储介质对视频文件读取时间、数据传输速率、能耗等性能指标的影响。
- ③通过仿真计算和实验研究,验证了该存储介质的可行性和有效性。
- ④为了提高视频监控系统的可靠性,还需要在现有视频监控系统基础上增加对存储介质读写错误、视频文件传输失败等情况的监测和处理功能。
- ⑤本方案适用于对数据存储介质容量要求不高的情况,可为输电线路生态措施巡视提供一种新的数据存储方法。

参考文献

- [1] 郑宝生.高压输电线路的视觉巡检方法研究[J].电子乐园,2020(9):1.
- [2] 张军.特高压输电线路经自然保护区的生态保护措施体系研究[J].电力科技与环保,2015(3):1-3.
- [3] 广州视源电子科技股份有限公司.电视机系统更新方法、装置、可读存储介质及电视机[Z].

高压输电线路水土流失监测系统

Soil Erosion Monitoring System for High-voltage Transmission Lines

王鹏 石磔 朱蓓

Peng Wang Die Shi Bei Zhu

湖北天泰环保工程有限公司 中国·湖北 武汉 430079

Hubei Tiantai Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430079, China

摘要: 输电线路对水土保持的影响主要体现在两个方面:一是造成的水土流失量大;二是产生的水土流失危害严重。造成的水土流失量大,主要体现在对生态环境的破坏和对土壤肥力的影响,这种破坏和影响主要表现在植被、地形地貌、土壤结构以及地下水位等方面;产生的水土流失危害严重,主要体现在对生态环境和水资源的污染以及对自然景观、生态环境和地质环境的影响。

Abstract: The influence of transmission lines on soil and water conservation is mainly reflected in two aspects: the large soil and water loss; and the other is the serious soil and water loss. The amount of soil and water loss is mainly caused in the ecological environment and the influence on soil fertility, mainly in vegetation, topography, soil structure and groundwater level; soil erosion causes serious harm, mainly reflected in the pollution of ecological environment and water resources and the impact on natural landscape, ecological environment and geological environment.

关键词: 高压; 输电线路; 水土流失; 监测系统

Keywords: high voltage; transmission line; soil and water loss; monitoring system

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9085

1 引言

在高压输电线路施工过程中,水土流失会对沿线的植被、生态环境造成不同程度的破坏。传统监测方法多采用人工监测,无法满足现有工程对水土流失监测的需要。利用自动监测技术对水土流失进行动态监测,有利于及时掌握施工区域的水土流失情况,并提出防治措施,以减少水土流失造成的危害。

2 水土流失监测的目标

水土流失监测的目标是通过对输电线路建设区水土流失情况进行监测,掌握水土流失规律,预测建设项目对当地生态环境的影响,为防治项目建设区水土流失、改善生态环境、防治工程建设中的水土流失提供科学依据^[1]。主要包括:掌握输电线路建设区的土壤侵蚀情况,分析其造成的水土流失类型和强度、土壤侵蚀模数、土壤侵蚀变化规律;掌握输电

线路建设区的地形地貌,分析其对地表径流、土壤侵蚀以及水土保持设施的影响;掌握输电线路建设区地表植被覆盖情况,分析其对植被生长、生物量积累和恢复等的影响;了解输电线路建设区周边环境状况,分析其对河流、地下水、地表水等造成的影响;了解输电线路建设区周边地质环境状况,分析其对滑坡、泥石流等地质灾害以及土壤侵蚀和地下水污染的影响;掌握输电线路建设区附近农村土地利用情况,分析其对农村土地利用现状和水土保持措施等的影响。

3 系统建设原则

①科学性原则:系统应具备一定的先进性,能反映当前水土保持工作的新水平,满足当前水土保持工作需要。

②系统性原则:系统应与已有的水土保持监测网络及管理信息系统相结合,并能够方便地实现各种监测功能。

③实用性原则:系统应具有较强的实用性,并能够满足

【作者简介】王鹏(1990-),男,中国湖北武汉人,本科,工程师,从事环境保护研究。

不同地区、不同层次、不同管理部门对水土保持监测信息的需求。

④易维护性原则：系统应具有良好的扩展性，并能通过软件升级和硬件升级，保持其先进性和可用性。

⑤可扩充性原则：系统应具有较强的可扩充性，能够适应今后水土保持工作和技术发展的需要。

⑥经济性原则：系统建设应力求简单、经济、实用，避免浪费资金，降低运行成本。

⑦安全性原则：系统应具备较强的安全性和较高的保密性，保证数据不会被非法窃取和篡改。

⑧易操作性原则：系统应具有较强的操作性，包括使用简单、操作方便等。

⑨标准化原则：系统应符合标准规范，并有统一的技术标准和数据格式。

4 高压输电线路水土流失监测系统建设重点问题

4.1 数据传输问题

无线传输方式是指利用现有的电力部门的网络及设备，采用 GPRS 等无线通信技术将监测数据直接上传到管理中心或监测站点。与传统的数据传输方式相比，无线传输方式具有数据量小、运行稳定可靠、组网灵活方便等优点。然而，在输电线路建设区进行水土保持监测时，因受到输电线路运行条件、设备性能、地形地貌和气象等因素的限制，若采用无线传输方式进行数据传输时，将会对数据的采集与处理带来不便^[2]。

4.2 数据可靠性问题

①数据采集和传输：监测系统需按照 GB/T 50347—2014《水土保持监测规范》规定的方法、技术和设备，通过自动化或半自动化方式采集监测数据，并按照规定的时间、频率进行传输。

②数据存储：系统数据的存储方式应满足 GB/T 50347—2014《水土保持监测规范》规定的要求，同时满足 SL330—2012《生产建设项目水土保持监测规范》规定的要求。

③数据处理：在数据采集、传输和存储完成后，应及时处理采集到的数据，并按照 GB/T 50347—2014《生产建设项目水土保持监测规范》规定的方法，通过各种统计分析方法进行处理，生成各类报表。

4.3 设备的智能性问题

一是建立数据库，对所监测的水土流失数据进行分类存储，以备查询和分析；二是监测系统对采集的数据进行存储分析，从而能实时地判断监测区域的水土流失程度，及时对监测数据进行分类处理和综合评价；三是对水土保持相关数据进行分类存储，便于水土保持工作人员查找、统计和分析，提高工作效率；四是及时发现问题，在水土流失监测中，如果发生了环境污染等问题，可以通过数据分析及时发现并

采取有效措施防止造成更大的影响；五是在实现对水土流失监测的同时，能够实现对土壤侵蚀数据和地表覆盖数据的采集、存储、传输和处理。在系统设计中，应充分考虑系统功能的完整性、实用性和扩展性，以满足未来水土流失监测工作的需求。

4.4 监测设备的可靠性问题

监测设备的可靠性是系统正常运行的保证，也是系统发挥功能的前提。监测设备在满足监测要求的同时，还应做到运行可靠、操作简便。设备本身应具有抗干扰能力，防止因设备损坏而影响监测数据的准确性。目前，许多监测设备存在可靠性差、功耗大、反应慢等问题，因此在实际应用中要根据具体情况选择可靠稳定的监测设备。

4.5 终端设备的扩展性

根据水土保持监测系统建设的要求，终端设备的扩展性体现在：

①为了充分利用已有的水土保持监测设施，系统终端设备应采用模块化，即能安装在已有的水土保持设施上，也能安装在新建设的水土保持设施上。

②由于终端设备的供电电源一般是太阳能电池板，需要在现有设施上进行加装，同时终端设备还需要和监测设备配套使用。

③系统终端设备的扩展应符合两个原则：一是采用先进的技术；二是便于安装、使用、维护和管理。

④由于系统终端设备一般都采用模块化，所以其安装和维护、管理相对简单，但由于各系统终端设备应用的环境、条件不同，要求系统终端设备有较高的可靠性和稳定性。

⑤系统终端设备除了在已有监测设施上加装外，还可采用“以旧换新”的方式进行更换。即将原有系统终端设备拆除，而安装新系统终端设备，当需要更换时，可以将已安装的旧系统终端设备拆除后再更换新系统终端设备。

⑥为保证监测数据质量和监测精度，建议系统终端设备要与已有监测设施配套使用。具体实施时应根据实际情况考虑合理搭配。

5 高压输电线路水土流失监测系统建设举措

5.1 优化监测网络，实现水土流失的全面监测

水土流失的全面监测要保证水土流失监测系统的实时性和准确性，以此为基础对水土流失监测网络进行优化。根据水土流失的特点和要求，将土壤侵蚀监测节点设为土壤侵蚀监测点和降雨侵蚀监测点。基于这些监测点，建立水土流失动态监测系统。

基于无线传感器网络，结合 5G 通信技术、GPRS 网络和 GPS 定位技术，建立一种水土流失监测系统。该系统由无线传感器网络、GPRS 网络和 5G 通信网络组成，在每个监测点设置了 4 个传感器节点，用于采集土壤侵蚀和降雨侵蚀的数据，并通过 5G 无线网络上传至监控中心。为了满足

监测系统对监测数据的实时性要求,采用GPS定位技术进行定位。在监测现场设置GPS接收机,将GPS定位数据上传至监控中心,实现了对水土流失的全面监测。同时,利用GPRS技术实现了对监测点的实时监测数据传输,并将采集到的水土流失数据上传至监控中心。

5.2 建立完善的信息收集系统

为了保证监测结果的准确性,需要建立完善的信息采集系统,对收集到的数据进行处理,并将其实时传输到信息管理系统中。在采集土壤侵蚀和降雨侵蚀数据时,可以利用GPS定位技术确定采样点的位置,利用GPS技术对采样点进行定位后,将其坐标发送到无线传感器网络中,从而实现了对输电线路沿线土壤侵蚀和降雨侵蚀情况的实时监测。同时,为了保证监测数据的准确性,可以利用GIS软件对数据进行处理,生成监测区域的土壤侵蚀、降雨侵蚀等相关信息。在建立完善的信息采集系统后,可以实现对输电线路沿线土壤侵蚀和降雨侵蚀的实时监测。此外,还可以利用数据处理软件对采集到的数据进行分析,并形成详细的监测报告。

5.3 完善管理体系,保证水土流失监测的有效性

目前,中国部分地区已经开展了相关研究工作并取得一定成果。但是由于水土流失监测涉及多个部门和单位,导致各部门之间协调困难、信息交流不畅等问题比较突出。因此,需要建立一套完善的管理体系来保障水土流失监测工作能够顺利进行。首先,针对水土流失监测工作需要的数据收集、分析、处理等环节,需要制定统一的标准规范和管理办法,将不同部门的数据进行整合。其次,由于水土流失监测工作具有一定的专业性和技术性,需要对工作人员进行专业培训和指导。最后,要明确水土流失监测工作中各个部门之间的职责与权限,建立完善的管理制度。

5.4 建立水土流失监测数据库,为信息应用提供支撑

针对监测区域,建立水土流失监测数据库。对区域内的土壤侵蚀和降雨侵蚀量进行分类,并建立相应的监测数据库,将其存储在相应的数据库服务器中。其中,土壤侵蚀数据主要包括土壤类型、土壤深度、植被类型和坡度等;降雨侵蚀数据主要包括降雨量、降雨强度等。水土流失监测数据库将工程项目区域划分为不同的功能区域,在每个功能区域中设置对应的监测点,并根据功能区域内土壤侵蚀和降雨侵蚀量的变化情况,定期更新水土流失监测数据库中的内容。

根据工程建设需要,将水土流失监测数据库划分为若干个子数据库,分别存储不同监测内容所需的数据。对每个子

数据库中的数据进行查询、筛选和统计分析。在水土流失监测数据库中存储监测数据,便于在系统平台上进行信息应用。例如,可通过水土流失监测数据库中的数据,实时获取输电线路沿线土壤侵蚀和降雨侵蚀的动态变化情况。

5.5 加大资金投入,强化信息安全意识

在整个监测系统中,无线传感器网络是核心,它是实现远程水土流失监测的基础。无线传感器网络所用到的传感器、数据采集模块等都是基于无线通信技术开发而成的,而这些模块都是基于嵌入式操作系统开发设计的。由于开发环境、硬件平台等存在差异,导致这些模块具有不同的性能,但这些模块在使用过程中需要不同程度的电源管理,所以在使用过程中必须加大资金投入,以保证其能够正常工作。同时,监测系统使用的相关设备还包括监测软件、管理软件等,这些都是以嵌入式操作系统为基础开发设计的,也需要加大资金投入^[3]。

除此之外水土流失监测系统不仅要满足水土流失动态监测的需要,还应具备视频监控功能,并且水土流失监测系统还具有较高的安全要求,因此必须强化信息安全意识,并加大资金投入。在系统建设过程中,应建立健全管理制度,对施工人员、技术人员进行培训。在此基础上,通过不断强化信息安全意识和完善管理制度,以确保水土流失监测系统能够正常运行。

6 结语

目前,中国已建成的500kV及以上输电线路里程数占全国总里程数的80%以上,在全国电网中起着重要作用。但是在实际工程施工过程中,由于缺乏有效的监测手段,使得工程水土流失情况得不到及时了解,工程建设与生态环境保护之间的矛盾日益突出。论文设计的水土流失监测系统可以实现对输电线路沿线土壤侵蚀和降雨侵蚀的实时监测,有助于及时掌握水土流失情况并提出防治措施,可为相关部门对输电线路工程水土流失情况进行实时监管提供参考依据。

参考文献

- [1] 雷磊,郑树海,王劲,等.考虑水土流失评价指标的特高压输电线路环境监测系统[J].技术与市场,2022:5.
- [2] 勾占锋,王青三.高压输电线路泄漏电流在线监测系统的设计[J].郑州大学学报(工学版),2011(6):128-131.
- [3] 潘庆明,申学德,牛明凯,等.高压输电线路紫外在线监测系统分析[J].商情,2018(3):144.

火电厂电气综合自动化系统的设计

Design of Electrical Integrated Automation System for Thermal Power Plants

史沈明

Shenming Shi

上海电力股份有限公司罗泾燃机发电厂 中国·上海 200949

Shanghai Electric Power Co., Ltd. Luojing Gas Turbine Power Plant, Shanghai, 200949, China

摘要: 本次设计的电气主接线方式根据每个电压等级的负荷、出线回路数以及进线回路数来确定,并根据可靠性、灵活性、经济性三个方面的经济技术条件分析与实际相结合来确定最终的接线方式。电气设备选择分为导体选择与电气设备的选择,导体根据使用场所选择材料,根据线路所能通过的最大持续工作电流来选择截面积,并且同时需要符合各种校验条件。对电气设备进行选择和校验,最后根据各个电压等级所要求的功率因数装设并联电容器,根据火电厂选择的建造地址选择合适且经济的配电装置。

Abstract: The main electrical wiring mode of the design is determined according to the load of each voltage level, the number of outgoing circuits and the number of incoming circuits, and the final wiring mode is determined according to the combination of economic and technical conditions analysis and reality in three aspects of reliability, flexibility and economy. The selection of electrical equipment is divided into the selection of conductors and the selection of electrical equipment. The conductors choose materials according to the use of sites, and choose the cross-sectional area according to the maximum continuous working current that the line can pass, and at the same time meet various check conditions. The selection and check of electrical equipment are carried out, and finally the parallel capacitor is installed according to the power factor required by each voltage level, and the appropriate and economical distribution device is selected according to the construction address of the thermal power plant.

关键词: 火力发电厂; 电气系统; 发电机; 配电装置

Keywords: thermal power plant; electrical system; generator; power distribution device

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9086

1 引言

火力发电系统是当下较为常用的发电方式,同时也是目前电力供应中的一种主要方式。随着社会的不断向前推进发展,对火力发电也提出越来越高的要求,在保证供电可靠性同时也需要有较高的供电质量。为满足对清洁能源需求,火力发电厂也引进了越来越多的清洁能源设备,其中电气部分设计对整个火力发电厂的运行效率和工作模型有着重要影响。因此,对火力发电厂的电力系统进行合理的设计,对促进工业生产的发展,实现工业化有着非常重要的作用。

2 火力发电厂电气主接线设计

2.1 电气主接线分析

电力主接线是火力发电厂电气部分的主要组成部分,它体现着每个设备的功能、线路的连接方式以及线路之间的相互关系。其设计不仅涉及整个工厂的电气设备选型、配电设备布局、继电保护、自动装置及控制模式的选择,还影响到整个工厂的安全经济运行。

①当线路的断路器或母线发生故障时,或者在母线维护期间,应该尽可能地减少停电线路数目,缩短停电时间,以确保向用户提供连续可靠的电力。

【作者简介】史沈明(2000-),男,中国浙江象山人,本科,技术员,从事电气工程及自动化研究。

②变电站的供电可靠性较高，即应尽可能减少变电站停止运行的可能性。

③当任何断路器出现故障或拒绝操作时，任何电路的电路都不应被切断。

2.2 电气主接线的形式

2.2.1 单母线接线

优点：配线简便、经济性好、操作比较简单、母线容易扩展。

缺点：当母线或者母线开关在检修或者出现故障的时候，必须立马停止工作；调度不便，电力系统仅能并行工作，且线路一侧短路时，短路电流大。因此，这种连接方式通常仅用于小功率发电机、低回路、无大负载的发电厂和变电所^[1]。

2.2.2 单母线分段接线

优点：采用了分段式断路器实现单个母线的分段，增加了电力系统的可靠性和灵活性。

缺点：当这种线路进、出线较多，或对主负荷有双回出线时，出线数目会增加，并且往往会引起架空线的交叉，影响整体的可靠性。

总体要求：6~10 kV 的输电线 6 次及以上；110kV 配网 4~8 条输电线的出线；110~220kV 配电网络的 3~4 个输电线。

2.2.3 双母线接线

双母线是由母线联接开关相连。与单母线相比，具有供电可靠，调度灵活，易于扩充等特点。母线故障或维修时，要用绝缘开关进行倒闸，极易造成误动作，在绝缘开关与断路器间安装可靠的连锁，对操作人员的要求也较高。

① 6~10kV 配电网；② 110kV 配电网：当线路数超过 8 条，或电力负荷较大的情况下；③ 110~220kV 配网，在线路 5 次或 110~220 kV 配网中，4 次以上的出线。

2.3 主接线方案拟定

自此设计的火力发电厂有 2 台 50MW 的汽轮发电机，它的额定电压是 10.5kV，10kV 机压母线通过 2 台三绕组升压变压器，高压侧是接入 220kV 的母线，中压侧是接入 110kV 的母线。并且有 2 台 300MW 的汽轮发电机，它的额定电压是 10.5kV，在经过单元接线方式直接升压到 220kV。

2.4 主接线方案确定

按照以上的分析，现对这两个方案进行综合比较。

2.4.1 方案一

①可靠性：220kV 侧采用单母线接线方式可靠性较差。
②灵活性：220kV 侧接两个变压器，操作简单。
③经济性：采用两台变压器，花费低。

2.4.2 方案二

①可靠性：220kV 侧采用单母分段接线，可靠性较高。
②灵活性：220kV 侧接三个变压器调度方便，但接线稍显复杂。
③经济性：采用三台变压器及更多的其他辅助设备，花费高。

经过对比得知，从可靠性、灵活性、经济性等方面进行了全面的分析，综合以上，在方案 1 和方案 2 中，选择方案 2 更佳。220kV 采用双母线接线；110kV 采用双母线接线；10kV 采用单母线分段接线；2 台 50MW 发电机连接 10kV 母线；2 台 300MW 发电机采用单元接线连接 220kV 母线。

2.5 发电机的选择

火力发电厂的装机容量是火力发电厂的大小、地位与功能的重要指标。发电站的装机容量是根据国家经济发展规划，用电负荷增长速率，系统规模，网架结构，备用容量等因素来决定的。本次设计中火力发电厂有 2 台容量为 300MW 发电机和 2 台容量为 50MW 发电机。

3 主变压器台数与容量选择

在此设计中该火电厂有 2 台 50MW 汽轮发电机，通过两个三绕组变压器高压侧一端接入 220kV 母线，中压侧一端接入 110kV 母线。2 台 300MW 的汽轮发电机，分别通过单元接线方式，采用两个双绕组变压器，将其直接升至 220kV。

①将 300MW 发电机利用双绕组变压器直接升压至 220kV。因此，2 台 300MW 发电机的输出使用了变比 18/242、容量为 360000kVA 的双绕组变压器，其型号为 SFP7-360000/220。
②在 10kV 母线上，最小有 30MW 可供本市负荷，二次同时厂用电率取 8%。

2 台 50MW 发电机剩余容量使用两台三绕组变压器输出，这两台变压器应互为备用，当其中一台检修的时候，另外一台则可承担 70% 的负荷。

考虑未来火电厂的扩建，本设计余量选大一些，最终选用两台容量相近的三相绕组变压器 SFPSZ7-63000/220，变比为 10.5//121/220，火电厂主变压器型号具体参数如表 1 所示。

表 1 火电厂主变压器型号、参数

名称	型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)			阻抗电压 (%)			台数
			高压	中压	低压	高中	高低	中低	
三绕组变压器	SFPSZ7-63000/220	63000	220	121	10.5	14.5	23.2	7.2	2
双绕组变压器	SFP7-360000/220	360000	220	—	18		14		2

4 厂用电设计

4.1 厂用电设计要求

厂用电设计要符合运行、检修和施工的需要,要对全厂的发展规划进行充分的考虑,还要积极地采用新技术和新设备,最大限度地保证机组的安全、经济、稳定,以符合每个机组的要求。厂用电应相互独立,当一台机组出现故障时,不应该影响到另一台机组的正常运行;在起机和停机时全面考虑电力供应需求。

4.2 厂用电变压器容量及型号的选择

通过材料可知, P 为 300MW, 本次厂用电设计全都引自 300MW 的发电机, 两台发电机为厂用变供电, 厂用电率为 8%, 功率因素为 0.85, 两台厂用变压器在同一时间内为厂用电负荷供电, 确保电力供应的可靠, 厂用变压器的总容量应超过 62.11MVA。所以, 经查阅资料, 本设计选择 2 台额定容量为 40MVA 的 SZ9-40000, 变压器的参数如表 2 所示。

表 2 厂用变压器参数

型号	额定容量 (kVA)	电压 (kV)		损耗 (kW)		短路阻 抗 %
		高压	低压	空载	负载	
SZ9-40000	40000	10	0.4	0.5	0.5	4

4.3 厂用电源

4.3.1 厂用工作电源与备用电源的引接

单元连接, 引接地方来自主变压器低压侧^[2]。引接时, 在低压侧引接工作电源。高压采用 10kV。日常中, 电厂都有备用电源。引接电源过程中, 备用与工作电源取在不同的地方, 供电容量还要非常大。

4.3.2 厂用电接线形式

高、低压厂用电母线通常都采用单母线接线形式。厂用电从发电机出口引出, 采用暗备用。

5 高压电气设备的选择与校验

5.1 按正常工作条件选择电气设备

5.1.1 额定电压

对于电网, 由于电力系统采取各种调压措施, 电网的最高运行电压 U_{sm} 通常不超过电网额定电压 U_{NS} 的 10%, 即:

$$U_{sm} \leq 1.1U_{NS}$$

因此, 一般按下式来校验:

$$U_N \geq U_{NS}$$

5.1.2 按额定电流选择

$$I_{al} = KI_N \geq I_{max}$$

式中: K—综合修正系数; I_{max} —回路的最大持续工作电流。

在只考虑环境温度校正的情况下, 按下式计算 K 值:

对于裸导体和电缆, 可得:

$$K = \sqrt{\frac{\theta_{al} - \theta}{\theta_{al} - 25}}$$

对于电器, 存在以下区间范围:

当 $40^\circ\text{C} < \theta \leq 60^\circ\text{C}$ 时, $K = 1 - (\theta - 40) \times 0.018$ 。

当 $0^\circ\text{C} < \theta \leq 40^\circ\text{C}$ 时, $K = 1 + (40 - \theta) \times 0.005$ 。

当 $\theta < 0^\circ\text{C}$ 时, $K = 1.2$ 。

式中: θ —实际环境温度; θ_{al} —裸导体或电缆芯正常最高允许温度 $^\circ\text{C}$ 。裸导体的 θ_{al} 一般为 70°C ; 电缆芯的 θ_{al} 与电缆结构有关, 其值在 $50^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$ 间。

5.2 断路器、隔离开关和互感器的选择

5.2.1 220kV 断路器的选择

①型号初选。

第一, 按额定电压选择:

$$U_N \geq U_{NS} = 220kV$$

第二, 按额定电流选择:

$$I_N \geq 1157.2(A)$$

初选型号为 LW-220 的 SF_6 断路器。

②满足要求。

110kV 侧选断路器型号为 LW11-110; 10kV 侧选断路器型号为 LN-10。

5.2.2 隔离开关

隔离开关同样也是一种在发电厂和变电站中使用的电气设备, 它通常配备有单相或三相操作的电动和手动操动机构, 并且其需要与断路器一起使用, 但是它没有灭弧装置, 所以不能被用来连接和切断负荷电流和短路电流, 它的工作特征是在有电压和没有负荷电流的情况下开启和关闭线路^[3]。

220kV 隔离开关的选择如下:

①型号初选。

第一, 按额定电压选择:

$$U_N \geq U_{NS} = 220kV$$

第二, 按额定电流选择: 流过隔离开关的最大持续工作电流:

$$I_N \geq 1157.2(A)$$

初选型号 GW4-220 的隔离开关。具体参数如表 3 所示。

表 3 220kV 侧母线隔离开关型号参数

型号	额定电压 (kV)	额定电流 (kA)	动稳定电流 (kA)	4s 热稳定 电流 (kA)
GW4-220D	220	2000	100	40

选用 110kV 侧隔离开关型号 GW4-110D; 10kV 侧隔离开关型号 GN2-10/3000

5.2.3 电压互感器

220kV 侧电压互感器的选择如下：

①型式选择。

220 kV 及以上一般采用电容式电压互感器，母线上应装设一组三台单相电压互感器，接线形式为 YNynd0，测量准确级选用 0.5 级，保护准确级不低于 3 级。

②按额定电压选择。

$$U_N \geq U_{NS} = 220kV$$

初选型号为 TYD220/ $\sqrt{3}$ -0.0075 电压互感器。具体参数见表 4。

220kV 侧有电源，故应在出现上安装一组电压互感器，供自动重合闸使用，同一电压等级应尽量选择同一型号的电压互感器。

表 4 220kV 侧电压互感器型号参数

型号	电压等级 (kV)	额定电压比 (kV)	准确级	次级绕组额定容量 (VA)	分压电容量
TYD220/ $\sqrt{3}$ -0.0075	220	$\frac{220}{\sqrt{3}}/\frac{0.1}{\sqrt{3}}/0.1$	0.5	200	0.0075

110kV 侧选型号为 TYD110/ $\sqrt{3}$ -0.015；10kV 侧选型号为 JSJW-10；发电机出口选 JDX7-35。

5.2.4 电流互感器

关于 220 kV 侧电流互感器的选择，型号初选如下：

①按额定电压选择：

$$U_N \geq U_{NS} = 220kV$$

②按额定一次电流选择，流过电流互感器的最大持续工作电流：

$$U_N \geq U_{NS} = 220kV$$

③按额定二次电流选择：强电系统选择 5A。

接线，10kV 采用单母线分段接线的主接线方案。在此基础上，综合考虑相关的设定因素，通过对电力系统负荷的计算，结合全厂扩容、备用需求，来决定变压器的数目和容量。根据厂用电配电回路数负荷要求的可靠性等级和计算负载数，与主变压器的台数相结合，从安全、可靠、灵活、经济、易于安装和维护的角度出发，确定厂用变压器高低接线方式。为保证电网的安全运行，在对电器设备进行检测时，应根据其可能经过的最大电流，对其进行热稳性和动稳性的校验。

此外，应满足正常运行、检修、短路和过电压情况下的要求，选用合适的一次设备，如断路器、隔离开关、电流和电压互感器、避雷器。

当前，火力发电厂的发电机组的发展趋势已经走向了大容量化以及高参数化，不过，电网的峰谷之差还会不断地增加对机组的调峰容量也提出了未知的要求。发电机组的实时运行效率在电网行业的安全性和稳定性方面有着非常重要的作用，这对于火力发电机组安全稳定的经济运行以及中国火力发电的可持续发展有着充分而持久的意义。与此同时，确保发电机组处于最佳的参数状态，也对火力发电的经济性的研究具有重要的意义。

6 结语

火力发电是当今中国乃至全世界发电的主力方式，在当今和谐社会绿色经济的倡导下，以及在循环经济的大环境中，我们在提高火电技术的同时应该着重考虑发展过程中对环境带来的影响。本课题的主要研究内容是火力发电厂电气部分的设计。随着社会的不断向前推进发展，对火力发电也提出越来越高的要求，在保证供电可靠性同时也需要较高的供电质量。

本次设计是根据 220kV 电压等级的火电厂电气一次部分来设计，此次围绕着电气主接线、发电厂主变压器的台数及容量选择、厂用电主接线设计、短路电流计算和高压电气设备的选择与校验来设计选出最优方案。本次设计先确定电气主接线方案，从可靠性、灵活性、经济性等方面进行了全面的分析，220kV 采用双母线接线，110kV 采用双母线

参考文献

- [1] 傅知兰.电力系统电气设备选择与实用计算[M].北京:中国电力出版社,2004.
- [2] 区晓良.火力发电厂电气一次设计的技术要点[J].企业技术开发,2017,36(8):57-58.
- [3] 齐凯.火力发电厂电气一次设计技术分析[J].机电工程技术,2020(6):103-105.

煤改电政策下能源供应的安全性与稳定性分析

Analysis of Security and Stability of Energy Supply under the Policy of Coal to Electricity Conversion

杜欣怡

Xinyi Du

张家口飞扬新能源科技有限公司 中国·河北 张家口 075001

Zhangjiakou Feiyang New Energy Technology Co., Ltd., Zhangjiakou, Hebei, 075001, China

摘要:近年来,随着中国环境保护与能源转型的压力持续加大,“煤改电”政策应运而生并逐渐实施。论文梳理了“煤改电”政策的发展历程、主要内容以及实施规模。通过电力供应链条的分析,研究了基于“煤改电”的能源转型对能源供应的安全性影响,并提出了合理的对策。基于此,探讨了提高能源供应稳定性的关键技术途径。

Abstract: In recent years, with the increasing pressure of environmental protection and energy transformation in China, the policy of “coal to electricity” came into being and gradually implemented. This paper sorts out the development process, main content and implementation scale of the policy of “coal to electricity”. Through the analysis of the power supply chain, it studies the impact of the energy transformation based on “coal to electricity” on the security of energy supply, and puts forward reasonable countermeasures. Based on this, the key technologies and ways to improve the stability of energy supply are discussed.

关键词: “煤改电”政策; 能源供应安全性; 电力系统稳定性; 能源转型

Keywords: “coal to electricity” policy; security of energy supply; stability of power system; energy transformation

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9087

1 引言

中国以煤炭为主导的传统能源结构正面临挑战。环境污染以及气候变化的压力促使我们实施“煤改电”政策,作为一项重要的能源转型举措,其对中国的能源供应模式带来了重大的影响。一方面,近年来的实施也取得了显著的成效,但问题和挑战并行不悖。随着“煤改电”的推进,中国电力供应链条将变得更为复杂,靠电力供应的稳定性和安全性也备受关注。另一方面,电力系统的稳定性在能源转型后面临新的测试。为了坚持推进这项政策,我们需要在理解和分析这些问题的基础上,寻找妥善的解决方案。论文将尝试分析和探讨此方案。在“煤改电”政策下,如何实现能源供应的安全性与稳定性,是本研究的核心。期望通过论文的深入研究,为中国能源的绿色转型提供理论支持和实践指导。

2 煤改电政策的概述和实施情况

2.1 煤改电政策的背景

随着全球能源需求的不断增长和环境问题的日益突出,

人们开始重视煤炭使用给环境带来的负面影响。尤其是中国作为煤炭消费大国,不仅导致大量的空气污染和温室气体排放,还对煤炭资源的可持续利用以及能源供应的安全性造成了挑战。

2.2 煤改电政策的提出

为应对日益严峻的能源与环境问题,中国政府于20世纪90年代末开始实施煤改电政策。该政策旨在通过将传统燃煤发电转向清洁能源发电,以减少煤炭的使用量和环境污染,提高能源供应的安全性和可持续性^[1]。

2.3 煤改电政策的实施情况

煤改电政策的实施涉及多个方面,包括政策框架、财政支持、技术路线、市场化改革等。政府采取一系列措施,如建立电力市场化体制、加大对清洁能源的支持力度、提高清洁能源的竞争力等,推动煤改电工作的开展。

2.4 煤改电政策的实施效果和存在的问题

煤改电政策的实施取得了一定成效。一方面,煤炭消费量得到了一定程度的减少,大气污染得到了有效控制;另一

【作者简介】杜欣怡(1982-),女,中国河南扶沟人,本科,从事电力研究。

方面,清洁能源的比重逐渐增加,包括风能、光伏能等新型能源的利用水平不断提高。也存在一些问题,如清洁能源发展的不平衡、电力市场化改革的不完善等。

2.5 煤改电政策的展望

考虑到能源供应安全和环境保护的双重需求,煤改电政策仍然是中国能源转型的重点领域。未来,政府可以进一步完善政策体系,加大清洁能源发展的力度,并探索多元化的能源供应方式,以实现能源供应的可持续和稳定。通过技术创新和市场化改革,促进能源转型的可行性和可持续性,推动能源领域的持续发展。

2.6 煤改电政策的主要内容和实施规模

煤改电政策主要包括以下内容:加大电力供应侧结构调整力度,推动清洁能源替代传统煤炭发电;大规模推进燃煤发电机组超低排放和近零排放改造;淘汰落后煤电产能,提高煤电行业的整体效益;发展并利用清洁能源,如光伏、风电等。根据国家能源局的数据,2016年至2020年,中国计划关闭和淘汰煤炭产能达15亿吨/年,关闭和淘汰煤电机组达6.4亿千瓦。

2.7 煤改电政策的实施效果和存在的问题

煤改电政策的实施取得了明显的成效。煤改电政策加速了清洁能源的发展,促进了煤炭消费向清洁能源的转变,降低了煤炭消费和减轻了环境污染。煤改电政策促进了电力行业的结构调整,提高了电力供应的可持续性和效率。煤改电政策的实施仍然面临一些问题。煤改电政策对于煤炭行业和相关企业的影响较大,可能导致一定数量的失业和社会稳定问题。煤改电政策在实施过程中可能遇到电力供应不足、电网运营困难等技术和运营问题^[2]。

煤改电政策是中国政府应对能源和环境问题的重要举措。通过减少煤炭消费和推进清洁能源发展,煤改电政策有望为能源供应的安全性和稳定性带来积极影响。煤改电政策的实施还需要进一步完善,解决好相关的技术和社会问题,以确保能源供应的可持续和稳定。

3 煤改电政策下能源供应的安全性分析

3.1 电力供应链条的安全性分析

在煤改电政策的实施过程中,电力供应链条的安全性成为一个重要的考量因素。电力供应链包括电力生产、传输和配送等环节,其中每一个环节的安全性都对能源供应的稳定性有所影响。

电力生产环节的安全性需要保证。在煤改电政策下,由于煤炭消费减少,新能源的生产和利用成为一个重要方向。而新能源的生产过程中可能存在一些安全隐患,如光伏电站的光伏组件损坏、风电场的风轮损坏等,这些都可能导致电力生产能力下降,从而影响能源供应的安全性。

电力传输环节的安全性也是需要关注的。随着煤改电政策的推行,电力传输将面临更大的挑战,因为新能源主要集

中在风电和光伏等分布式发电方式。传输线路的建设和运行对于确保能源供应的安全性至关重要,而且新能源的接入也要考虑如何更好地与传统能源进行融合。

电力配送环节的安全性同样需要考虑。随着煤改电政策的实施,电力配送系统也面临着一定的改变和调整,如增加对分布式能源的接入和改造传统配电网等。这些改变可能会对电力配送网络的安全性产生影响,需要采取相应的措施来确保能源供应的安全稳定。

3.2 基于煤改电的能源转型对能源供应安全性的影响

煤改电政策作为能源转型的重要举措,对能源供应的安全性有着明显的影响。煤改电政策的推行可以减少对煤炭的依赖,降低了煤炭供应的安全风险。传统能源的供应受限于煤炭的运输和储备,而煤改电可以通过增加其他能源的比例来平衡能源供应,从而减少煤炭供应中的不确定性。

基于煤改电的能源转型还可以增加能源供应的多样性。通过引入新能源,如风能、太阳能等,可以增加能源供应的多样性,减少对单一能源的依赖。这样一来,即使某一个能源供应出现问题,也能够通过其他能源来弥补,从而提高了能源供应的安全性。

另外,煤改电政策的实施还可以提高能源供应的灵活性。传统的煤炭供应存在一定的固定性,而新能源的接入可以根据需求进行灵活调整。特别是分布式能源的推广,可以更加灵活地进行调度和管理,从而提高了能源供应的灵活性和响应能力,进一步提升了能源供应的安全性。

3.3 面临的挑战与对策

尽管煤改电政策在提高能源供应的安全性上具有诸多优势,但也面临着一些挑战。新能源的不稳定性给能源供应带来了一定的不确定性。例如,太阳能和风能等新能源的供给受天气因素的限制,导致供应不稳定,需要通过能源储备和互补来应对。

新能源的接入也需要解决与传统能源的协同问题。由于新能源的发电方式不同于传统能源,需要与传统能源进行协同运行,保证能源供应的平稳过渡。这涉及电力系统的调度和管理等方面的技术问题,需要在政策层面和技术层面进行改进和完善。

能源供应的安全性还需要考虑能源储备和应急响应的能力。当能源供应出现紧张或中断的情况时,需要有足够的储备能源和应急措施来保障能源供应的安全性。

针对以上挑战,需要采取一系列对策来提高能源供应的安全性。加强新能源的技术研发,提高供电可靠性和稳定性。完善电力系统调度和管理机制,优化能源供应链条,确保能源供应的安全和稳定。还需要加强能源储备和应急响应能力的建设,以应对突发情况和能源供应的紧张情况^[3]。

煤改电政策在能源供应的安全性方面发挥着重要作用。通过优化电力供应链的安全性,加强新能源的开发利用,确保能源供应的稳定性和安全性,可以有效推进能源转型,实

现可持续发展。在推行煤改电政策的过程中,仍需面对一系列挑战并采取相应对策,以进一步提升能源供应的安全性和可靠性。

4 煤改电政策下能源供应的稳定性分析

4.1 煤改电政策对电力系统稳定性的影响

煤改电政策的实施在一定程度上改变了传统的能源结构和电力供应方式,对电力系统的稳定性产生了一定影响。由于煤改电政策的推进,电力系统中煤炭消耗量减少,替代能源的引入增加,这使得电力系统的供需平衡面临新的挑战。不同能源的供应能力和特性不同,其对电力系统的稳定性产生不同的影响。

由于煤改电政策的实施,新能源的比重不断上升,包括风能、光伏能等。这些新能源的特点是可控和间断性,其接入电力系统后,可能会对电力系统的频率和电压稳定性产生影响。另外,新能源的接入还可能导致电力系统的功率波动增加,进一步影响电力系统的稳定运行^[4]。

由于煤改电政策的推动,电力系统中火电厂的退出和新能源的接入使得电力系统的发电容量结构发生了改变,这可能会对电力系统的可靠性和稳定性带来不确定性。因为火电厂经过长期建设和运行,其发电能力和运行经验相对稳定,而新能源的接入则需要更多的技术支持和调度能力来保证稳定供电。

4.2 煤改电与电力系统的协同运行策略分析

为了应对煤改电政策对电力系统稳定性带来的挑战,需要采取一系列的协同运行策略。要加强对新能源的管理和调度能力,确保其合理、稳定地接入电力系统。这包括优化新能源发电资源的分布布局,合理安排新能源的发电计划,通过合理配置储能系统等手段来提高新能源的可控性和可调度性。

要加强电力系统的灵活性和适应能力,提高电力系统对煤改电政策带来的不确定性的响应能力。这可以通过改进电力系统的调度和运行方法,提高电力系统的调度响应速度和调度控制能力,降低电力系统的波动性,提高电力系统的稳定性和可靠性。

另外,要加强与电力用户、企业和政府的协同合作,共同推动煤改电政策的实施。这可以通过加强信息的共享和沟通,提高各方的理解和合作,建立良好的利益共享机制和协调机制,形成共同推进煤改电政策的合力,确保电力系统稳定运行。

4.3 提高能源供应稳定性的关键技术途径

为了提高能源供应的稳定性,需要采取一系列关键的技术和途径。应加强电力系统的规划和设计,合理配置各种能源的发电设备和输电线路,保证电力系统具备足够的供电能力和传输能力,确保供需平衡和稳定供电^[5]。

应加强对新能源技术的研发和集成应用,提高新能源的可控性和可调度性。这包括开发基于智能调度的新能源发电系统,改进新能源发电设备的运行控制技术,提高新能源发电系统的灵活性和响应能力,使其能够与传统能源形成互补和协同运行。

另外,要加强对电力系统的监测和管理,建立完善的电力系统监测和管理体系,实时监测电力系统的运行状况和故障信息,及时预警和处置潜在的问题。还应加强电力系统的安全管理和风险控制,建立健全的安全保障机制,减少事故和故障的发生,提高电力系统的可靠性和稳定性。

煤改电政策的实施对电力系统的稳定性提出了新的要求和挑战。通过加强协同运行策略和关键技术的推广应用,可以提高电力系统对煤改电政策的适应能力和响应能力,确保能源供应的稳定性,推动能源转型和可持续发展。

5 结语

本研究围绕“煤改电”政策以及电力供应的安全稳定性进行深入研究和探讨,以提供理论支持和实践指导,以助力中国能源的绿色转型进程。首先,论文分析了“煤改电”政策的发展历程、主要内容以及实施效果,明确指出了在实施过程中存在的问题和挑战。其次,通过对电力供应链的深入剖析,本研究明确了基于“煤改电”的能源转型对能源供应安全性的具体影响,并对每个挑战提出了合理的对策。最后,论文深入研究了“煤改电”政策对电力系统稳定性的影响,并分析了能源转型后电力系统的协同运行策略。

然而,实际推行“煤改电”政策,会面临极大的挑战,现阶段的技术水平及资源配置状况仍存在诸多不足,无法完全保证电力系统在全面转型后能够实现稳定、安全的供电,需要继续加强研究。未来,有待研究者在现有研究基础上,进一步深化对“煤改电”政策影响的研究,解决能源供应的安全性和稳定性问题,为实现中国能源的绿色转型,煤炭资源的清洁利用,提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 朱超,杨涛.电力供应安全性的研究[J].电网与清洁能源,2021(11):12-18.
- [2] 陈天佑,张开瑞.“煤改电”的现状与挑战分析[J].励志社区,2022(6):37-44.
- [3] 葛肇翼,黄志斌.电力系统稳定性在“煤改电”政策下的影响[J].电力系统自动化,2023(3):15-23.
- [4] 吴美林,陈越秀.我国电力供应中关键技术与挑战研究[J].新能源进展,2022(4):50-59.
- [5] 李予慧,张凡.光伏能源在“煤改电”中的实践及优化[J].能源科技,2020(9):33-40.

电力工程输电线路设计要点分析

Analysis of Key Points in Power Engineering Transmission Line Design

寇磊 晋珂璇

Lei Kou Kexuan Jin

中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司 中国·河北 石家庄 050000

China Electric Power Construction Group Hebei Electric Power Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

摘要: 论文深入探讨了电力工程输电线路设计的基础与安全可靠性要点。在安全可靠性方面, 并综合考虑了导线选型、绝缘配合、架设与跨越设计以及防雷与接地设计的重要性, 并对故障保护与自动化系统的设计提出了要求。通过这些要点的系统分析, 论文旨在为输电线路设计提供参考和指导。

Abstract: This paper delves into the foundation and key points of safety and reliability in the design of transmission lines in power engineering. In terms of safety and reliability, the importance of wire selection, insulation coordination, installation and crossing design, as well as lightning protection and grounding design has been comprehensively considered, and requirements have been put forward for the design of fault protection and automation systems. Through the systematic analysis of these key points, this paper aims to provide reference and guidance for the design of transmission lines.

关键词: 输电线路设计; 负荷需求; 额定电压; 导线选型; 防雷接地

Keywords: transmission line design; load demand; rated voltage; wire selection; lightning protection grounding

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9088

1 引言

在当代电力工程规划与实施中, 输电线路的设计成为确保供电安全和提高电能质量的重要环节。输电线路设计的核心目标是传输电力的效率与可靠性, 以满足社会日益增长的能源需求。在这一过程中, 技术人员通过对负荷需求进行细致分析, 选择合适的传输距离与输电方式, 确定恰当的额定电压与电流, 并针对特定条件综合考虑线路类型与拓扑结构。此外, 为了确保输电的安全性和可靠性, 设计过程中还要重视导线选型与绝缘配合、导线架设与跨越问题以及防雷与接地的合理布局。更为关键的是, 一个完备的故障保护与自动化系统的设计能够应对各种突发情况, 最小化故障影响, 确保输电的持续稳定。

2 输电线路设计基础要点分析

2.1 负荷需求分析

在电力输电线路设计中, 深入的负荷需求分析是确保电

力系统效率与供电安全的基石。要准确掌握负荷特性, 需从多维度对负荷需求进行系统性研究, 其中包括对现有用电状况的全面了解与对未来用电模式的科学预测。细致地统计不同用户群体在不同时间段的用电规律, 衡量峰谷时段的用电差异, 为后续的线路容量设计提供可靠数据支撑。分时间段考虑用电需求的变化, 如季节性变动、工作日与节假日的差别, 确保在各种情况下均能满足电力供应需求。

负荷需求分析还涉及对特定地理区域内经济发展水平、人口分布以及产业布局的深入调研。辨识主要经济增长点及其对电力需求的推动作用, 对未来区域发展趋势进行预估, 从而指导电力系统的长远规划与布局。同时, 应注重政策导向、技术革新对电力需求结构的潜在影响。例如, 可再生能源政策的推进将如何影响区域负荷配置, 以及智能制造、电动汽车等新兴产业的发展对电力需求峰谷特性的改变。随着分布式电源和储能技术的广泛应用, 未来电网负载模式将更加复杂, 需求分析也应充分考虑这些新元素的集成与优化。

【作者简介】寇磊 (1986-), 男, 中国河北无极人, 本科, 高级工程师, 从事线路电气研究。

通过对负荷需求的分析,输电线路的设计能针对性地制定合理的输电容量、线路走向及变电站布点。

2.2 传输距离与输电方式选择

电力在长距离传输过程中的损耗是设计时需要密切关注的一个参数。随着传输距离的增加,线路电阻导致的能量损失将升高,这通常通过提高输电电压来抑制。因此,在长距离输电场景下,高压或者超高压输电成为有效的解决方案。这种方式可以降低线损、提升输电效率,并且对土地资源的占用更少。然而,需要注意的是,随着电压等级增加,相应的绝缘和保护设备的要求也会增加,此外,高压输电对周围环境的电磁影响也不可忽视,需要进行综合评估和适当的电磁兼容设计。

在小范围分布的负载或城市电网中,传输距离较短,通常采用低压或中压的输电方式,因为这样可以节约投资成本并简化系统复杂度。然而,低压输电会使得线损增加,因此需要合理规划线路走向,优化结构布局,在关键输电节点设置变电站,使得能量损耗和投资成本达到最佳平衡点。与此同时,中短距离输电还需提供良好的供电质量与服务性能,包括对电压波动、供电可靠性等各项指标的严格控制。

输电方式的选择还受到技术发展水平的影响。例如,直流输电技术以其较低的线损和频率问题无关的特性,成为跨越海底或连接不同电网频率系统的可行选择。直流输电特别适合用于远距离、大容量的输电需求,且在海缆输电、异地可再生能源的集成传输方面有独特优势。随着交流技术的进步,直流输电正在变得更加经济和可靠。

2.3 额定电压与电流选择

引入额定电压的主要考虑是权衡电能传输过程中的损耗与建设及运行成本之间的关系。较高的电压能够有效减小单位传输功率所产生的损耗,但又会增大绝缘和安全措施的要求,对设备和材料的性能提出更高要求。电压等级通常与预期的输电距离和输电容量相匹配。一般情况下,长距离超高压输电为降低线路损耗和增加输电能力提供了解决方案。不过在实际选择时,还需综合考虑目标区域的终端用电特点,电源地与负荷中心的相对位置以及可用技术条件等因素。

选择导线的电流容量时,设计师需要基于导线的材料特性和断面积来确定其热稳定性能。合理的电流设计确保导线在长期运行中不会因超负荷而发热严重,引起短路或损坏导线的风险。另外,电流的选择还与电力系统的动态特性密切相关,包括对短路电流、动态稳定边界和负载分布等因素的分析。正确选择电流,可以最小化变压器、开关及其他配电设备的磁化和热损失,确保系统在经济上的最佳性能。额定电压与电流的选择还必须满足国家标准和安全规定,同时考虑到环境影响及未来电网的可扩展性。

2.4 线路类型与拓扑结构设计

选取线路类型时须考量传输电力的需求、地形地貌、环

境保护要求及经济投资等多重因素。传统的输电线路类型包括架空线路和电缆线路两种基本形态,架空线路在长距离和大容量传输中具备成本低和维护简单的优势,然而其对环境影响较大并需占用较宽的走廊。电缆线路则适用于城市地下或水下传输,对土地资源占用较小,视觉冲击和电磁干扰相对可控,但其造价昂贵且传输损耗相对较大。

对于输电线路拓扑结构的设计,实现可靠性与经济性的最优组合是设计者追求的目标。拓扑结构设计应当保证电能供应的连续性和可靠性,同时避免不必要的资本和运营成本^[1]。在大部分现代电力系统中,采用的是混合式拓扑,以环网结构提供了更好的可靠性。当某一部分线路发生故障时,环网结构允许电力从另一路径传输,以此提高系统的冗余性和灵活性。尽管环网所增加的冗余性有助于提高供电可靠性,但相对地,它也可能增加项目的初期投入和复杂性。

拓扑结构设计时还应纳入扩展性和灵活性的考量,未来电力系统的升级和拓展需要有足够的容量来应对负荷的增长和分布式发电资源的接入。为此,系统设计应具备良好的模块性和适应性,可以在不改变原有系统架构的前提下,方便地增加新的发电站或负载节点。

3 输电线路设计安全可靠要点分析

3.1 导线选型和绝缘配合

选择合适导线材料是保障线路长期稳定运行的必要前提,不仅要求导线具备良好的电气性能,还要注意其物理特性与环境适应性。常用的导线材料包括铜、铝、铝合金、钢芯铝绞线(ACSR)等,每种材料都有其特定的电阻率、强度、弹性模量和热膨胀系数等物理特点,因此在选型时应考虑综合线路长度、跨度、电流负荷及气候条件等因素。导线在运行过程中会因为电流负载产生热量,导致材料的延展和强度变化,因此导线截面积的确定要兼顾其在最高工作温度下的安全载流能力,以及在极端天气下的机械性能。为有效降低导线热量损耗和阻抗,选用低电阻率材料对提高输电效率具有直接益处。而在风力、冰载等外力作用下,选用具有较高机械强度的导线,则有助于保障输电线路的物理稳定性。

除了确保导线自身的电气和机械性能足够出色外,正确的绝缘配合设计亦不可忽视。输电线路的绝缘设计涉及导线与地面或其他导体之间的电压耐受水平,绝缘水平的确定须以系统运行时可能出现的最高电压为基准。线路的绝缘类型和等级影响着其耐污染性能、耐候性和耐老化性,进而关联到整体安全可靠。微气候区域特性、污染程度、技术条件和成本效益比等因素,是决策不同绝缘配置的重要依据。

3.2 导线架设与跨越设计

在架设导线时,采用精确的张力预控系统是做,它能有效地对张力进行实时监控和调整,确保导线张力在合理范围内,从而避免因温度变化引起的导线热胀冷缩出现过大的张力变化。在跨越设计上,输电线路不可避免需要跨

越河流、峡谷、公路或铁路等障碍。跨越设计的首要目的是确保安全距离，防止输电线路与下方物体或人员发生危险接触。对于不同跨越对象的设计要求并不相同。举个例子：跨越大型河流时考虑的是防止航运过程中高大船舶与导线相碰撞；而跨越铁路或公路则需要考量高大车辆通过时的极限高度。在跨越设计中，选择高强度导线或加设护网等安全措施是提高线路安全性的一种方法^[2]。

3.3 防雷与接地设计

一方面，为了降低雷电直击引起的电位升高，架空线路常配备带电避雷线（避雷索）或安装避雷针，其位置布置需确保在雷电条件下能有效引导雷击电流至地面。避雷线的设计参数，包括断面尺寸、强度和绝缘水平，需要根据线路的具体情况精心选择，以保持其在极端天气下的有效性和可靠性。进一步来说，对于经过高雷电活动区域的输电线路，还会采用绝缘子串闪络距离增大、防雷间隔提高以及安装金属氧化物避雷器等多项措施来增强系统的防雷能力。金属氧化物避雷器在工作原理上会响应雷电冲击而导通，快速将冲击电流导向大地，进而避免对输电线路设备造成损坏。

至于接地系统的设计，则需确保在雷电冲击电流作用下，接地电阻满足要求，能够迅速安全地泄放电流至大地，最小化步电压与接触电压，以避免对人员造成伤害。为此，接地体的选材和布置是设计的关键。一般情况下，会采用电阻率低，耐腐蚀性能好的材料如镀锌钢或铜制接地棒，通过建立深埋地网或敷设横向接地带以降低电阻。接地系统的设计亦需要考虑季节变化对土壤电阻率的影响，包括冻土和干旱条件，以维护接地性能的稳定。

3.4 故障保护与自动化系统设计

故障保护系统通常包括过流、距离、零序保护以及差动保护等多种保护方式。过流保护是最基础的保护形式，能根据电流大小响应，而距离保护则是通过计算故障点至保护装置之间的阻抗，快速做出判定。零序保护专门针对单相接地故障，能有效识别并隔离故障^[3]。差动保护则用于对输电

路进出两端的电流进行比较分析，一旦检测到不一致性就发出动作指令。贯穿这些保护策略的是，需要对保护装置进行精确的定时，以确保故障判断与隔离动作的速度和准确性，防止不必要的误动作。

自动化系统的设计则进一步提升了故障保护的智能化水平，提高了输电线路的管理效率。它包含了对输电线路的即时监测、故障分析、决策支持以及远程控制能力，依靠先进的信息技术和通信技术，实现了对输电线路状态的全面感知。这一系统的设计通常涉及智能电子设备（IEDs）、远程终端单元（RTU）及配合使用的监控和数据采集系统（SCADA）。SCADA系统为运维人员提供了实时数据和趋势分析，辅助他们进行决策和快速响应。自动化系统还充分考虑适应性及模块化设计原则，以便随着技术的发展和网络规模的扩展，易于进行升级或扩展。

4 结语

输电线路设计是确保电力系统有效运营的关键环节。所有设计要点均应围绕提升安全性、可靠性、经济性和符合环境标准来展开。一方面，负荷需求分析确保了设计与实际需求高度匹配；传输距离与输电方式、额定电压与电流的合理选择则保证了传输效率与成本控制；线路类型与拓扑结构的科学设计为系统的稳定运行和可扩展性提供了保障。另一方面，优良的导线材质、专业的架设与跨越、精准的防雷与接地以及高效的故障保护与自动化系统是确保输电线路安全可靠的技术支撑。

参考文献

- [1] 温程. 电力工程高压输电线路设计要点解析[J]. 大众标准化, 2021(6):181-183.
- [2] 赵化光. 对电力工程中35kV输电线路的设计分析[J]. 中阿科技论坛(中英阿文), 2020(4):80-81.
- [3] 曾令涛. 关于电力工程输电线路施工技术要点分析[J]. 科技视界, 2017(25):130+137.

基于 ASAP 的核电运营 ERP 实施方法标准化

Standardization of ERP Implementation Methods for Nuclear Power Operation Based on ASAP

杨华文

Huawen Yang

大亚湾核电运营管理有限责任公司 中国·广东 深圳 518124

Daya Bay Nuclear Power Operation and Management Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518124, China

摘要: 论文阐述了核电运营 ERP 实施的挑战, 并介绍了 ASAP 方法论的优势。在标准化框架下, 详细探讨了实施步骤、关键要素和案例分析。通过项目管理、安全合规性、培训与知识转移等方面的考量, 提出了标准化方法的关键要素。以某核电企业为例, 深入剖析了实施过程, 展示了标准化方法的实际效果, 最后总结了成功因素和展望未来的研究方向。

Abstract: This paper expounds the challenges of ERP implementation of nuclear power operation, and introduces the advantages of ASAP methodology. The implementation steps, key elements, and case analysis were explored in detail under the standardization framework. The key elements of standardized methods have been proposed through considerations of project management, security compliance, training, and knowledge transfer. Taking a certain nuclear power enterprise as an example, an in-depth analysis of the implementation process was conducted, demonstrating the actual effectiveness of standardized methods, finally the success factors and future research directions were summarized.

关键词: 核电运营; ERP 实施; ASAP 方法论; 标准化; 项目管理

Keywords: nuclear power operation; ERP implementation; ASAP methodology; standardization; project management

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9089

1 引言

核电行业作为关键的能源供应领域, 其高度复杂的运营环境要求高效的管理系统。ERP 系统在提高核电运营效率、降低风险方面具有显著潜力。然而, 由于核电特殊性和高度安全要求, ERP 实施面临独特挑战。ASAP 方法论因其阶段性和灵活性, 在核电行业应用具有显著优势。论文旨在探讨如何在核电运营中标准化 ASAP 的实施方法, 提升管理效能, 确保系统安全、合规, 并通过案例分析验证标准化方法的实际效果。

2 核电运营以及 ERP

2.1 核电运营和管理

核电运营是一个高度复杂的过程, 涉及从燃料供应到电力输送的多个环节。首先, 核燃料的供应和处理需要精密而高效的管理, 包括采购、运输、储存和处理。其次, 核反应堆的运行需要严格的监控和控制, 以确保安全运营和最大化

能源产出。最后, 核电站的维护和修理也是一个重要的方面, 要保证设备的可靠性和寿命。核电运营的特点在于其对安全性和环境影响的高度关注。任何潜在的失误或事故可能导致严重的后果, 因此需要严密的监测和应急计划。

此外, 与其他能源形式相比, 核电对于放射性废物的管理也是一个独特的挑战, 需要严格遵守法规和标准。

管理核电风险和确保核电站的安全是核电运营中至关重要的方面。这包括但不限于: 制定严格的安全标准和操作规程, 通过监测和评估风险, 预防可能导致事故的因素。开发和实施应急计划, 确保在可能发生事故时有迅速、有效的响应措施。对工作人员进行全面的培训, 提高他们对安全问题的认识, 以及如何应对紧急情况。使用先进的监控技术, 及时检测设备故障或异常, 以减少潜在的风险^[1]。

2.2 ERP 系统在核电行业的应用

已有的核电行业 ERP 案例提供了成功实施的范例。这些

【作者简介】杨华文(1986-), 男, 中国贵州金沙人, 本科, 工程师, 从事核反应堆运行研究。

案例可能涵盖从采购和库存管理到生产计划和设备维护等多个方面。通过深入分析这些案例，可以识别最佳实践、成功因素和潜在的挑战，为今后的 ERP 实施提供宝贵的经验教训。

ERP 系统的应用对核电运营产生广泛而深远的影响。其中一些影响包括：ERP 系统可以整合核电运营的各个环节，优化工作流程，提高效率，从而可以更好地管理供应链、设备维护和生产计划。ERP 系统通过提供实时数据和报告，帮助管理层更好地了解运营情况，做出迅速而明智的决策。ERP 系统可以帮助核电企业确保其运营符合法规和标准，通过集成合规性检查和报告。通过实时监测和分析数据，ERP 系统有助于及早识别潜在的风险，使企业能够采取预防措施。

3 ERP 实施方法概述

3.1 ASAP 方法论介绍

ASAP (Accelerated SAP) 是一种流程驱动的 SAP 实施方法论，旨在最大程度地减少实施周期并确保项目成功。它强调项目的阶段性和灵活性，分为诊断、设计、实施、准备和运行五个主要阶段。ASAP 方法论的核心原则包括：着重于满足业务需求，将 SAP 系统与业务流程紧密结合。通过阶段性的实施，以尽快实现部分功能并允许用户快速使用系统。促进跨职能团队的紧密协作，确保所有相关利益方参与到项目中。强调在项目的各个阶段和系统上进行连续改进，以适应业务环境的变化^[2]。

在核电运营中应用 ASAP 方法论具有多重优势：核电行业的运营环境可能面临频繁变化，ASAP 的灵活性使得系统能够快速适应新的需求和标准。由于核电项目的复杂性，通过阶段性的实施可以降低项目风险，使得每个实施阶段都能够得到充分测试和验证。ASAP 强调业务流程的整合，这与核电运营的复杂流程密切相关。通过优化业务流程，提高了核电企业的运营效率。

3.2 核电运营 ERP 实施中的挑战

核电行业具有独特的运营需求，如对放射性物质的安全处理和核反应堆的严格监控。在 ERP 实施中，需要确保系统能够满足这些特殊需求，并符合核电行业的安全标准。ASAP 方法论通过深入理解核电行业的特殊性，提供定制化的实施方案，以确保系统在满足业务需求的同时保持高度安全性。核电行业受到严格的法规和合规性标准的监管。在 ERP 实施中，需要建立并持续维护符合这些法规和标准的系统。ASAP 方法论通过在实施的每个阶段都加入合规性检查点，确保系统设计和操作符合核电行业的法规要求。此外，ASAP 注重培训和知识转移，以确保企业的工作人员了解并遵守相关的法规和合规性标准。

4 核电运营 ERP 实施标准化

4.1 核电运营 ERP 实施的标准化概念

标准化是指在核电运营 ERP 实施过程中建立统一、规

范的方法和流程，以确保在各个阶段的实施中都能够遵循相同的标准和规范。其目的在于提高实施的效率、降低风险，并确保最终交付的系统能够满足核电行业的特殊需求和安全标准。标准化通过明确的流程和规范，为项目团队提供了一致的指导，使其能够更加有效地协同工作。同时，标准化还有助于在项目的不同阶段和不同团队之间建立共享的理解，减少信息传递和理解上的偏差。

在核电运营 ERP 实施中，标准化是必不可少的。由于核电行业的特殊性和高度安全要求，任何失误都可能导致严重后果。标准化可以确保实施过程中的一致性和稳定性，降低项目风险。此外，标准化还有助于提高团队的响应能力，更好地适应变化和

4.2 标准化的步骤和流程

在需求分析阶段，标准化可以包括：规定如何收集、验证和确认核电运营的需求，确保所有的业务需求都得到充分考虑。制定标准的需求文档模板，明确文档的结构和内容，以便于更好地理解和沟通。

在系统设计和开发阶段，标准化可以包括：规定系统架构的标准和规范，确保系统的可扩展性和性能满足核电运营的要求。制定统一的编码规范，以确保编写的代码具有一致性和可维护性。

在测试和验证阶段，标准化可以包括：制定标准的测试计划，明确测试的范围、目标和流程。设定验证标准，确保系统在不同环境和条件下的稳定性和安全性。

在部署和维护阶段，标准化可以包括：制定标准的部署流程，确保系统的平稳过渡到生产环境。制定系统维护的标准计划，包括定期的更新、备份和监控。通过这些标准化的步骤和流程，核电运营 ERP 的实施过程将更具有一致性和可控性，有助于确保项目的顺利推进和成功交付。

5 核电运营 ERP 实施方法标准化的关键要素

5.1 项目管理

在核电运营 ERP 实施中，项目计划和进度控制是确保项目按时、按预算完成的关键要素。标准化的项目管理应包括：制定清晰的项目计划，包括各个阶段和任务的时间表，以及关键里程碑的定义。建立有效的进度控制机制，及时监测项目进展，识别潜在的延误并采取适当的纠正措施。确保资源合理分配，优化团队成员的任务分工，以避免资源瓶颈和提高效率^[3]。

团队协作和沟通是保证核电运营 ERP 实施成功的关键要素。标准化的团队协作和沟通包括：确定每个团队成员的角色和责任，消除不确定性，减少沟通误差。制定沟通计划，确保信息在团队内部和与利益相关者之间畅通无阻。引入协作工具，如项目管理软件和在线协作平台，促进实时协作和信息共享。

5.2 安全合规性

核电行业对安全性的要求极高，因此在 ERP 实施中要

确保符合核电行业的安全标准。标准化的安全管理包括：进行全面的评估，识别潜在的风险，并制定相应的风险管理计划。在项目的各个阶段加入合规性检查点，确保系统设计和操作符合核电行业的安全标准。制定详细的应急预案，以便在发生安全事件时迅速而有效地应对和纠正。

ERP系统的合规性是确保系统操作符合法规和标准的重要方面。标准化的合规性管理包括：定期进行合规性审查，确保ERP系统的设计和操作符合核电行业的法规和标准。及时应用安全更新和补丁，以确保系统的安全性能得到维护。为项目团队成员提供合规性培训，确保他们了解并遵守相关的法规和标准。

5.3 培训与知识转移

在核电运营ERP实施中，用户的培训计划是确保系统顺利过渡到生产环境的关键。标准化的用户培训计划包括：制定标准的培训内容，确保覆盖所有核心系统功能和业务流程。提供一致的培训材料和文档，使用户能够轻松理解和掌握系统的使用方法。设立培训评估和反馈机制，根据用户反馈进行不断改进培训计划。

知识转移是将项目团队的经验和知识传递给核电企业内部团队的关键环节。标准化的知识转移包括：将项目团队的最佳实践文档化，以便内部团队能够学习和借鉴。建立内部支持团队，通过培训和知识共享，确保他们能够有效地维护和支持ERP系统。确保定期更新知识，以适应业务和技术的变化。通过对这些关键要素的标准化，核电运营ERP的实施将更加顺利和可控，确保系统能够在高度安全和合规的环境中稳健运行。

6 案例分析

论文以某核电企业为例详细介绍ERP实施过程。在实施前，该核电企业进行了细致的准备工作，具体包括：对核电运营的具体需求进行深入分析，明确项目的目标和范围，制定详细的项目计划。组建了跨职能的项目团队，包括业务专家、技术人员和项目经理，确保团队具备全面的知识和技能。制定了全面的用户培训计划，覆盖了不同岗位的员工，以确保他们在系统上线后能够熟练操作。进行了安全合规性的检查，确保系统设计符合核电行业的严格标准和法规。

在实施过程中，面临了一些挑战，但通过采取合适的解决方案成功克服了这些难题：由于核电行业的特殊性，一些特殊需求的处理成为挑战。项目团队采用定制化的开发策略，确保系统能够满足核电企业独特的运营需求。在项目团队中的跨部门沟通和协作方面存在挑战。通过引入协作工具和定期的沟通会议，增强了团队的协作和沟通效果。确保系

统符合核电行业的安全合规性标准是一个长期的挑战。项目团队与安全专家密切合作，实施了多层次的安全控制措施，以确保系统的稳健性和可信性。

实施后，对ERP系统的效果进行了全面评估：ERP系统的全面应用使核电企业的运营流程更加高效，从采购管理到设备维护都得到了优化。通过系统的实时监测和分析，核电企业能够及早识别潜在风险并采取措施，降低了事故发生的可能性。ERP系统的合规性得到长期维护，确保企业在核电行业的法规和标准要求下稳妥运营。

7 对标准化ERP实施方法的总结和评价

通过对核电运营ERP实施的标准化方法的总结，可以得出以下成功的因素和经验教训：

成功的实施始于明确的项目计划和目标。确保在项目开始前明确业务需求、目标和关键的项目计划，为整个实施过程奠定了坚实的基础。一个具备多方面专业知识的跨职能团队对于解决各种挑战至关重要。协作平台和有效的沟通机制在团队合作中发挥了关键作用。核电行业的安全标准和法规要求严格，因此合规性的持续关注是确保ERP系统成功实施的关键。定期的合规性审查和更新是维护系统稳健性不可或缺的一部分。知识转移是确保项目成功后，企业内部能够有效维护和支持系统的关键。充分的培训计划和知识转移机制有助于确保团队对系统的全面理解和掌握。

在未来，标准化ERP实施方法的发展方向可以包括：利用人工智能和大数据分析技术，将ERP系统的实施进一步智能化，提高数据驱动的决策支持能力。将ERP系统迁移到云端平台，实现更灵活、可扩展的部署方式。同时，加强对移动端的支持，满足用户在不同场景下的需求。随着法规和标准的不断演变，ERP系统需要保持持续的合规性更新。未来的发展方向包括建立更灵活的合规性管理机制，以适应不断变化的法规环境。将ERP系统与其他关键系统和生态系统进行更深层次的整合，以实现更广泛的业务优化和智能化协同。

参考文献

- [1] 于龄涛,何啟宁.基于ASAP的核电运营ERP实施方法标准化[C]/2014年全国电力行业两化融合推进会暨全国电力企业信息化大会获奖论文,2014.
- [2] 丛伟,殷勇.核电运营企业应用ERP系统后监督实施策略初探[C]/中国核学会核能动力分会核电质量保证专业委员会第十二届年会暨学术报告会论文集,2014.
- [3] 申伽奇.我国核电站专业化运营管理体系研究[D].北京:北京交通大学,2011.

核电厂 3582 定位器常见故障及诊断方法

Common Faults and Diagnosis Methods of 3582 Positioner in Nuclear Power Station

葛海洋 李亚兵 赵常建

Haiyang Ge Yabing Li Changjian Zhao

中广核核电运营有限公司 中国·广东 深圳 518000

China Nuclear Power Operations Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

摘要: 定位器是调节阀主要仪控附件, 机械定位器接收上游电气转换器的压力信号和阀门实际开度的反馈信号, 将阀门控制到相应的开度, 在核电厂中, 3582NS 机械式定位器在核岛中应用广泛。如果定位器出现故障, 将会导致阀门调节不可用。因此, 研究定位器常见故障及处理方法对启动调节阀的检修及电厂的稳定运行具有重要的意义。论文主要对 3582 机械式定位器的构造原理、安装方法、常见的故障现象及处理方案进行介绍总结。

Abstract: The positioner is the main instrument and control accessory of the regulating valve. It receives pressure signals from the upstream electrical converter and feedback signals from the actual valve opening, controlling the valve to the corresponding opening. In nuclear power plants, the 3582NS mechanical positioner is widely used in nuclear islands. If the positioner malfunctions, it will cause the valve adjustment to be unavailable. Therefore, studying common faults and handling methods of locators is of great significance for the maintenance of starting control valves and the stable operation of power plants. This paper mainly introduces and summarizes the construction principle, installation method, common fault phenomena, and treatment plans of the 3582 mechanical positioner.

关键词: 3582 定位器; 工作原理及安装; 故障及诊断方案

Keywords: 3582 positioner; principle and installation; fault and solution

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9090

1 引言

气动调节阀采用压缩空气作为动力源, 以气缸作为最终执行机构, 上游控制信号经过减压阀、电气转换器、定位器、电磁阀及快速释放阀等一系列附件被转换为压力信号, 输出到气缸中, 驱动阀门动作, 完成开关或者比例式控制阀门调节, 实现对系统温度、压力、流量等工艺参数的调节^[1]。3582 机械式定位器是一种核电站中常用的定位器, 在很多重要系统如反应堆冷却剂系统、化学与容积控制系统、汽机旁路排放系统均有使用。以反应堆冷却剂控制系统中喷淋阀为例, 如果该阀门定位器出现故障, 将会导致稳压器失去调节作用, 如干预不及时, 甚至会导致机组反应堆跳堆。因此对 3582 定位器常见故障的诊断及处理尤为重要。

2 3582 机械式定位器简介

2.1 3582 机械定位器的结构

3582 机械定位器常与 546 电气转换器配合使用, 546EP 输出至定位器波纹管, 并通过平衡梁、喷嘴挡板结构、挡板组件、旋转轴臂及反馈凸轮共同作用, 实现调节阀阀位的控制^[1]。

FISHER 3582 定位器系列具有多种型号, 其中 3582-NS 因其使用的材料在高温和辐射环境里具有优良的性能, 因此在核电领域得以广泛应用。

2.2 3582 机械定位器工作原理

从图 1 可以看到, 3582 机械定位器主要由波纹管、反馈轴、平衡梁、Relay (压力放大器)、喷嘴挡板结构、反馈凸轮、旋转轴臂等结构组成。从控制设备来的压力输入信

【作者简介】葛海洋 (1999-), 男, 中国山东德州人, 本科, 助理工程师, 从事核电领域气动调节阀设备故障及处理的研究。

号连接到波纹管，当压力信号增加时，波纹管膨胀，推动平衡梁围绕输入轴转动，使得喷嘴挡板之间的距离变近，喷嘴背压增加，喷嘴压力又通过压力放大器 Relay 放大压力后，输出到阀门气缸中，气缸内压力增加，膜片执行机构推动阀杆移动。阀杆的移动通过一个凸轮反馈到平衡梁。当凸轮转动时，平衡梁围绕反馈支点旋转，并移动挡板使其离开喷嘴。喷嘴背压减小，直至阀杆停止移动，最终达到平衡。

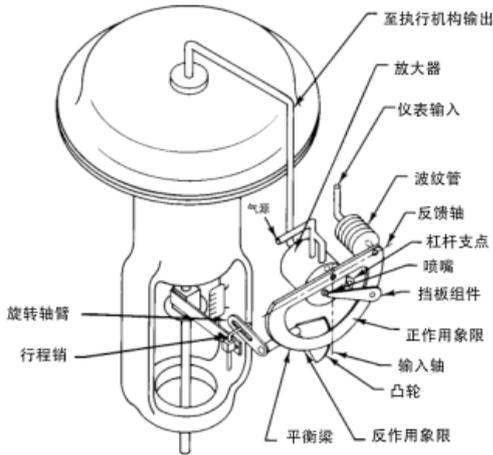


图 1 3582 定位器原理简图

当控制信号减小时，在波纹管内部量程弹簧作用下，波纹管收缩，平衡梁围绕输入轴转动，挡板移动，远离喷嘴，喷嘴背压减小，气缸气体通过压力放大器排气孔排放至大气，气缸压力减小，阀杆在弹簧力作用下运动，通过反馈凸轮作用至平衡梁，平衡梁通过与挡板组件作用，使挡板靠近喷嘴，两者相互作用，当到达平衡时，阀杆停止移动，阀位稳定。

2.3 3582 定位器旋转轴臂的安装及平衡梁的调整

3582 机械式定位器通过旋转轴臂接受阀位反馈，因此只有旋转轴臂挂接合适，定位器才能正常工作；定位器固定在阀体上的安装板上，连接臂安装在联轴器上跟随阀杆运动，连接臂与旋转轴臂之间通过“L”型行程销连接，连接臂与行程销被锁紧螺母固定，在阀杆运动时，行程销可在旋转轴臂内滑动。3582 定位器安装时，需将阀门定位至中间开度，将行程销的圆形末端置于旋转轴臂的槽内，行程销的方形端通过销孔及销栓插入连接臂的槽中，上下移动行程销，使得旋转轴臂上的零刻度与定位器外壳上的刻度对齐。行程销需挂接在旋转轴臂合适行程，如果行程销所置位置小于阀门实际行程，将会使得凸轮旋转角度大于 60° ，损坏定位器凸轮或其他部件。行程销锁紧螺母旋紧后，将阀门全开或全关，旋转轴臂应与定位器外壳 30° 指针对齐，如果未对齐，需重新松开锁紧螺母，重新调整行程销位置。

3582 定位器平衡梁的调整目的是保证定位器部件机械位置准确，使定位器校验顺利进行。从图 2 可以看到，在阀

门处于中间开度时，移动挡板至平衡梁上的 0 刻度，使旋转轴臂上的 0 刻度标记与定位器壳体上的刻度对齐。移动挡板至平衡梁正上方的刻度 10 处，使旋转轴臂上的 0 刻度对齐定位器外壳上的刻度。向左移动挡板置于平衡梁反方向上的刻度 10 处，使旋转轴臂上的 0 刻度对齐定位器外壳相应刻度。上述三个位置如有不对齐，均需调整平衡梁及波纹管螺母进行调整。

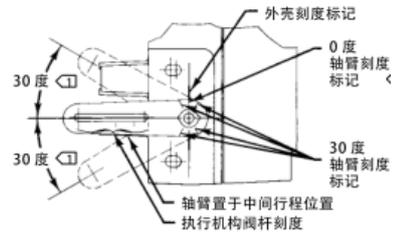


图 2 旋转轴臂安装示意图

3 3582 机械式定位器的校验及定位器故障定位

3.1 3582 机械式定位器的校验

在定位器行程挂接正确及反馈比调整合格后，可开始定位器的校验，即定位器零点和量程的调整，需要注意的是，定位器零点调整会影响量程，因此每次零点调整结束后均需重新调整量程。3582 定位器零点的调整是通过松开喷嘴锁紧螺母改变喷嘴高度实现的，喷嘴初始高度高，零点越高，反之越低；改变挡板在平衡梁位置可改变 3582 定位器的量程，平衡梁刻度越高，量程越大，反之越小。

需要注意的是，3582 定位器无论是零点调整，还是量程调整，调整结束后，最终都是通过锁紧螺母固定，且零点锁紧螺丝材质较软，因此为方便下次校验，锁紧力需合适，不宜过大或过小，喷嘴旋出圈数也应注意，过多会使得喷嘴脱落。

3.2 定位器故障快速定位

如果气动调节阀出现故障，阀门不可用，需要快速定位故障点。气动调节阀定位器、电气转换器、减压阀等部件及阀门本体出现问题均会导致阀门调节出现异常，由于故障原因复杂多样，如果故障为定位器引起，可通过以下手段去辅助判断。

在气控部件至阀门膜盒进气口处，可装配一取压孔，当上游有信号输出时，取压孔处测得的压力在正常范围内，可确认为阀门本体出现故障，反之可定位故障于气控部件。3582 定位器外壳处有三个 $1/4\text{NPT}$ 内螺纹接口，可装取压接头或压力小表，由上往下依次为：电气转换器输出、3582 定位器输出及定位器气源；如果气源压力正常，控制信号正常，定位器输出异常即可定位故障于定位器，改变上游控制信号，通过定位器输出压力显示器可辅助判断定位器内部具体故障点。

4 3582 机械式定位器常见故障及诊断方法

4.1 旋转轴臂挂接类故障及诊断方案

3582 机械式定位器行程销与旋转轴臂直接接触，在阀门开关过程中，阀杆带动固定在连接臂上的行程销运动，进而使旋转轴臂带动凸轮，定位器接受反馈。旋转轴臂上刻有行程标识，行程销管挂接位置应不小于阀门实际行程，这样可以使旋转轴臂在阀门开关过程中旋转角度不超过 60° ，如果行程销挂接小于阀门行程，将会损坏定位器。行程销直接挂接在旋转轴臂凹槽内，且凹槽间隙大于行程销末端，为防止行程销在凹槽内随意滑动，在旋转轴臂上的凸轮处装有一拉伸弹簧固定其位置。对于控制信号增加时，不同类型阀门阀杆运动方向可能不同，为正确判断凸轮朝向，可用以下准则判断：当执行机构膜片内压力增加时，凸轮小指针需保持与阀杆运动方向一致。当对气动调节阀进行检修时，常常需要配合拆装行程销、旋转轴臂及反馈凸轮，如果凸轮方向装反，将会导致定位器与阀门不匹配，弹簧未挂接，将会增大阀门开关过程中的回差，影响对阀门开度的控制。对于行程销在旋转轴臂内的插入深度，如果过浅，在阀门多次动作中，有可能脱落，这样定位器会直接失去阀位反馈，失去控制功能。为防止此类故障，在定位器校验过程中，应检查行程销所挂行程及拉伸弹簧可用性，对于行程销在凹槽内的插入深度，也应使用测量器具测量，保证能插入末端一半的长度。

4.2 定位器喷嘴挡板故障及诊断

定位器喷嘴挡板结构为定位器的核心部件，建立了定位器内的控制压力。在对定位器进行校验时，需确认喷嘴内无异物，挡板金属薄片无弯曲，且正对定位器喷嘴，喷嘴旋出 2~4 圈范围以内。当定位器失去控制信号时，如定位器仍有压力输出（残压），此时应考虑喷嘴挡板是否未对齐或者挡板紧固螺丝未紧固。为防止此类故障，定位器校验过程中定位器失去输入时，由于定位器此时排气较慢，需持续观察，直至定位器输出归零为止，反之需再次调整挡板位置^[2]。

4.3 定位器 Relay 异常及诊断

从图 3 可以看到，压力放大器安装在 3582 定位器背部，起到对定位器输出信号压力放大的作用，3582 定位器使用的型号为 83L。Relay 从结构上分为四层，与 3582 定位器本体之间通过四个空气孔连接，分别为气源孔、输出孔、排气孔以及喷嘴孔，均有 O 环密封。定位器供气通过节流装置分为两路，一路至 Relay 底部气室，一路至喷嘴，两者相联通。

以下进气、失气调节阀为例，当控制信号增加，波纹管膨胀，喷嘴挡板距离，喷嘴背压增加，Relay 底部气室压力增加，推动滑阀（滑阀为金属结构，有两个密封面）向上运动，使得气源接通输出气室，输出孔开始有输出。同时，气室压力增加，推动滑阀向下运动，输出气室进气减少，因两气室气体实际膜片作用有效面积不同，输出气室膜片大于输入气室，因此起到压力放大的作用。当控制信号减小，挡板远离喷嘴，输入气室压力减小，滑阀往下运动，输出气室连接排气孔，气缸气体得以排出，阀位降低。在 Relay 进排气过程中，是通过滑阀运动来实现各气室的联通或者隔绝，滑阀为金属结构，如果滑阀卡涩，密封不严，Relay 将会失去压力放大的作用。2023 年国内某核电站曾出现过此类故障，由于滑阀卡涩，气源、输出以及排气孔三者联通，Relay 异常排气，且阀位被定位，无法调节。在阀门校验过程中，建议多次大信号阶跃动作阀门，可用于判断 Relay 滑阀是否存在卡涩，如有异常，需对 Relay 或 3582 定位器整件进行更换^[3-4]。

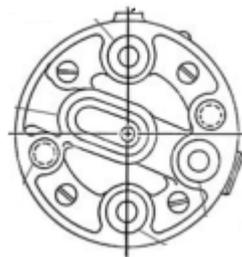


图 3 Relay 横截面图

5 结语

论文对 3582 机械定位器的工作原理及常见故障、诊断办法进行了总结，再结合“核安全高于一切”的理念，为保证核安全设备的稳定运行，就必须做到定位器行程销反馈臂挂接准确牢靠、压力放大器检查到位、喷嘴挡板调整合适，并通过详细具体的检修程序保证检修质量。

参考文献

- [1] 杜鲁滨. 阀门定位器故障在线诊断修复研究与应用[J]. 自动化应用, 2020(3): 155-156.
- [2] 徐利杨, 章兰珠. 基于 ANSYS 的阀门定位器喷嘴挡板结构优化与分析[J]. 自动化仪表, 2022, 43(10): 14-16+22.
- [3] 王丹, 蒋泰铨. 气动调节阀的仪控调试[J]. 科技视界, 2019(7): 72-73.
- [4] 杨波. 典型气动调节阀故障分析[J]. 电力安全技术, 2019, 21(10): 52-55.

上海郊区 10kV 配电线路防雷分析

Lightning Protection Analysis of 10kV Distribution Lines in Shanghai Suburb

王伟

Wei Wang

国网上海市北供电公司 中国·上海 200000

State Grid Shanghai North Power Supply Company, Shanghai, 200000, China

摘要: 由于国家电网对郊区的电网改造越来越重视, 所以郊区现存的电网供电不足, 电压水平不足和频率过大等现象都得到根本的解决, 相比 10 年前, 农网的供电质量有了显著的提升。除此之外, 能够对农网配电网络的电能质量造成影响的因素还包含雷击故障, 对于 10kV 的配电线路而言, 有着较大的威胁。基于此, 本次研究的主要对象是上海市北部市郊一地区 10kV 农网配电线路, 并结合其实际的情况对所存在的雷击故障进行深入的分析 and 研究, 并给出相对应的解决方案。

Abstract: As the State Grid pays more and more attention to the transformation of the suburban power grid, so the existing suburban power grid power supply shortage, voltage level shortage and frequency is too large phenomenon have been fundamentally solved, compared with 10 years ago, the quality of rural power supply has been significantly improved. In addition, the factors that can affect the power quality of the rural power distribution network also include lightning failure, which is a greater threat to 10kV distribution lines. Based on this, the main object of this study is a 10kV rural power distribution line in the northern suburbs of Shanghai, and combined with its actual situation, the existing lightning fault is deeply analyzed and studied, and the corresponding solution is given.

关键词: 10kV 配电线路; 防雷保护; 供电质量

Keywords: 10 kV distribution line; lightning protection; power supply quality

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9091

1 概述

1.1 研究的目的和意义

由于经济和社会的快速进步和发展, 对于电能需求量也越来越大, 要求随之越来越高。通常来说, 配电网指的是向广大电力用户直接分配的电能网络, 所以其安全性和可靠性得到越来越多人的重视与关注。10kV 配电网络通常具有网状网络结构较为复杂和绝缘水平过低等特点, 直击雷和感应雷都能带来较为严重的危害性。从相关的数据可以了解到, 在所有的电压电网等级中, 6~35kV 发生雷击跳闸的频率是最高的, 同时还会对柱上刀闸、开关、变压器、避雷器和套管等造成不同程度的损坏, 在发生较为强烈的变电雷电活动时, 全部的 10kV 线路都会不可避免地出现跳光现象^[1]。虽然有的农网或是城网经过改造以后, 情况出现一定程度的好

转, 但是并没有从根本上使之得到解决。对于雷电活动频发的区域而言, 雷害事故还是会时常发生, 对中压电网的功能性和可靠性造成较大的影响, 并严重影响了其正常的运行^[2]。值得一提的是, 于郊区的低压配网来说, 配电线路的绝缘水平也会对用户端用电的可靠和安全造成一定程度的影响, 所以, 为了使农网配电网络的电能质量得到全面的提升, 一定要以 10kV 配网为前提进行分析和探究, 并通过适合的方式来达到此目标。唯有如此, 才能使广大郊区的用户电需求得到全面的保障, 对于雷击故障的避免与降低是非常有益处的。

1.2 避雷器的发展

一直以来, 为了使雷害事故的发生概率越来越小, 同时提升供电的可靠和安全, 人们会通过各种各样的不同的方式

【作者简介】王伟 (1989-), 男, 中国上海人, 本科, 工程师, 从事电力线路防雷技术研究。

来保护配电线路。由于配电网绝缘的水平过低,所以会产生较多的雷害事故,因而严重影响配电网的正常运行。因为人们对于电力系统在供电上的可靠性和安全性需求越来越大,对电力系统的防雷保护关注度也随之增加,所以越来越多的新技术和新材料被广泛地应用在电力系统之中。

根据避雷器的发展历程和对避雷器的改善,将其划分为放电间隙型避雷器、管型避雷器、一般阀型避雷器、磁型避雷器和金属氧化物型避雷器。早期的避雷器主要采用的是放电间隙,到目前为止,仍有部分地区采用,但其结构也在不断改良中,其缺点是无法对工作频率下的电弧进行自动灭弧,近百年来,我们一直致力于减少过压及对电弧的自动灭弧^[3]。管式避雷器是一种防弧装置,其防弧效果很好,主要包括两个串联的避雷区,其中一个避雷区位于大气环境中,叫做外部避雷区,工作原理就是将工作电压与外界绝缘,以防止产生的漏电将产生的气体管道烧毁;另一种是安装在管道内部,叫做内部空隙或电弧熄灭空隙,管式避雷器的电弧熄灭性能取决于工作频率的持续时间。阀式避雷器是一种以火花间隙与非线性电阻串联构成的避雷器,该避雷器的火花间隙与电阻的阀片可读写被置于密封完好的陶瓷套管中,以防止外部因素的影响,在电网运行时,该间隙将电阻的阀片与工作汇流条隔开,在汇流条上产生过电压并大于该间隙的放电电压时,该间隙发生破裂,使冲击电流从该阀片向地面流动^[4]。一般的阀门型避雷器依赖于空隙的天然消弧功能,所以它的消弧功能并不十分强大;阀门的通容量受到限制,所以一般的阀门型避雷器仅适用于对闪电的保护,而不适用于对内部电流的保护,因为这种保护的作用时间相对较长。为了降低阀式避雷器的截断率和保护率,也就是提高其防护性能,已研制出一种新型的磁吹管,其基本结构和工作方式与一般的阀式避雷器相类似,不同之处是其具有更大的灭弧容量和更大的通容量,这就是磁吹管^[5]。自1967年日本学者发现ZnO压敏性质后,VAV性能优良的ZnO电阻器和ZnO避雷器得到了快速的发展。

中国专家对ZnO的压敏性能的重视源于20世纪六七十年代,在70年代开展了一系列的研究工作。海南儋州10kV线路上首次采用了ZnO金属避雷器,这是一个潮湿、高温、多雷的区域。经过20世纪80年代末的综合考察,ZnO已经成为替代SiC避雷器的必然选择。20世纪80年代中期,ZnO金属避雷器被两个部门认定为国际领先的避雷器,随后中国的ZnO金属避雷器生产得到了飞速的发展,已经完全占领了国内的市场。其中的佼佼者更是在20世纪90年代中后期进入了国际市场^[6]。1995年,淄博电力公司与中能公司共同研制的一种新型避雷器,取得了良好的应用效果。

1.3 接地材料的发展

关于接地电阻,已经使用了许多减小电阻的方法,并且使用了许多不同的材料来用作接地件,这些材料包括铜、钢、

热镀锌(Thermal Welding)材料等,其主要意图在于减小接地电阻并且防止接地件腐蚀以增加接地提升寿命,与钢和热镀锌(Thermal Welding Welding)材料相比,铜可以更好地克服接地件腐蚀,但从成本角度来看,铜明显高于钢材,这与技术-经济比率原理不符,并且不能高效地提高环境中的土壤电阻^[7]。为了解决这一问题,已研制出接地模块,离子接地棒,接地降阻剂等多种接地元件,这些接地元件已被许多实际工程所采用。然而,以上所描述的新材料中的每一种都有其自身的优点和缺点。接地模块一般都是用低电阻材料制作,然后埋在地下,其目的是增加接地体与泥土之间的有效接触面,有些模块在加入一些防水、吸水材料之后,也能达到更好的防水、吸水效果,但由于它没有扩散、渗水等功能,所以不能提高泥土的阻抗,其减阻效果有限,仅能起到辅助减阻的效果。离子接地杆是一种具有许多排出孔洞的铜制管子,管子里所装的结晶其实是一种无机盐,它的减阻原理基本上就是通过这种无机盐的析出、溶解、电离,形成一种可以传导的金属,再通过这种金属的渗入,来提高土壤的传导能力。它其实是一种无机的化学减阻剂。仅使用具有抗腐蚀性的铜管作为载体来提供抗腐蚀性。然而,由于在该方法中,只有一个电极被按固定的间距埋置,因此在该方法中,无机盐的渗出是不均衡的,这些无机盐从铜管中析出,溶解并渗透到周围的土壤中,从而导致在该土壤中的金属离子的浓度不均衡,从而导致在该土壤中的腐蚀电势改变,并且容易导致与该电极相连的接地元件的电化学腐蚀。例如,在与该变电所的钢接地元件接触之后,该接地元件处的钢接地元件会受到侵蚀。降阻剂是一种广泛应用于接地工程中的减阻剂,不仅能有效地保护接地体不受侵蚀,而且还能提高周边土层的电阻。然而,在实际工程中使用减阻剂时,减阻剂的腐蚀、减阻效果、减阻稳定性、地下水的污染等问题也比较严重。这导致某些用户对降低电阻的应用持抵制态度,并且某些单元在下面甚至禁止降低电阻的应用^[8]。在此,大部分原因是由减阻剂的产物的质量所致,但也有部分原因是由错误的应用所致。但有些降阻剂具有较好的减阻和防腐蚀作用,并具有较好的稳定性和较长的使用寿命,在实际工作中已被广泛采用。

2 郊区10kV配电线存在的路雷击问题

论文以位于上海北部市郊10kV配电网为研究对象,该区地处上海的北部,地势和气候条件比较复杂,架空10kV配电网也比较集中,导致10kV配电网经常出现故障。据有关部门统计,截至2022年全市共有130多起跳闸事故,其中76起是雷电引发的,占全年的58.46%,41.54%是其他原因造成的。其中,38.46%的断路原因是导线绝缘子串弧,15.38%的断路原因是避雷器故障。经统计分析,10kV市郊配电网雷击事故因其气候条件的复杂性和动态性,在一定范围内呈现出“随机”和“不确定”两种特征,因此10kV市

郊配电线的雷击事故地点是难以预料的，电力系统在雷击事故发生之前很难对其进行精确的预报，只有在出现雷击跳闸事故后，才能对其所处的配电网进行及时的故障检修^[9]。

另外，资料显示，2022年5月至10月份是一段高雷季节，这段时间内闪电和地闪出现的次数比较多，10kV配电网出现跳闸的可能性也比较大。10kV配电网在7月份多雨的天气条件下，防雷装置的绝缘性能下降，在雷击的情况下，容易发生较大的事故。建议在七月份以前，对雷电容易发生的地区进行雷电防护设施的改装和替换。

3 针对 10kV 配电线路雷击问题的分析

3.1 雷击点分析

上海市郊区 10kV 架空输电线路的布线形式为三角布线，由于布线间距大等原因，10kV 线路布线多为 15m 长的电杆，杆塔高度有所提高。10kV 架空输电线路的塔高为 15m，其所在的线路相对于地面的平均高度为 11m，按照现有的方法，直接雷击通常是在 22m 左右的直径范围内进行的，这时，将雷击点相对于线路的横方向的距离设为 S ，将与塔的中心部相对的位置的距离设为 x 时，与图 1 的示意性雷击点相同。

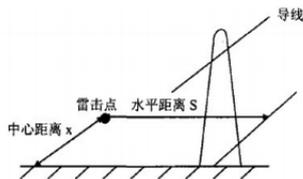


图 1 雷击点示意图

另外，在将横向间隔 S 设为一定的情况下，若使中央间隔 x 大，则在相应的布线的闪络发生时的雷击电流振幅也大，在该情况下，提高了布线的抗雷强度，在中央间隔 x 每增大 20m 的情况下，雷击电流振幅提高 40% 左右。在高架线的中央距离 x 一定的情况下，闪电发生时的雷击电流振幅随横向距离 S 的增加而增加。在 S 是固定的情况下，因为在电路的最小短路电流的计算式中，在横向上的距离 S 和中央上的距离 x 所表现出的对称特性，所以在电路的短路时，电路的最小短路电流只与高架电路的塔的中心部的相对距离有关，也就是与闪电的位置有关，在这种情况下，电路的最小短路电流的量不与闪电的位置的特定方向有关。

3.2 输电杆塔高度分析

当雷击点距离相同的时候，因为杆塔高度的不断增加，架空配电网所产生的雷击感应也会增强，这种情况下，线路闪络需要的雷电流就会偏小，造成耐雷水平过低的现象。

3.3 线路绝缘水平分析

针对雷击距离相同且线路不同的情况来看，线路的绝缘水平和对应线路最小的闪络电流幅值之间有着较为明显的正比关系。

4 10kV 配电线路防雷改造措施

为了使此区域内农网 10kV 配电线路的防雷能力得到全面的提升，以各种不同的方式进行实验，以期实现防雷的目的。在实施的时候，必须遵循以下几方面的原则：一是要对出现过雷击现象的 10kV 架空配电线路的杆塔进行分类，查找发生雷击故障的根源，到底是因为直击雷过电压或是感应雷过电压而造成的。并根据情况的不同，采用不同的解决方案，以减少此类事故发生的概率。二是要从经济的角度来选用避雷器，所以要尽量控制其安装的数量。三是在降低接地电阻的前提下，使 10kV 配电线路的防雷性得到明显的提升^[10]。具体防雷方案可参考下面几点。

4.1 加强线路绝缘水平

此地 10kV 架空线路的杆塔高度是 12m，所以要把原来型号是 S-210/Z 的绝缘子进行更换，更换的绝缘子型号是 S-280/Z，并以仿真计算的方式进行精准的计算，在水平距离 S 是 25m 的时候，架空配电网所对应的耐雷强度从原来的 22.62kA 提高到 30.16kA。在水平距离 S 值是 100m 的时候，架空配电网所对应的耐雷强度从原来的 88.55kA 提高到 118.07kA，由此可见，可以使架空配电网在整体上的耐雷水平提高 30%。详细可参考表 1。

表 1 农网 10kV 架空配电网绝缘子更换前后线路的耐雷水平明细表

雷击距离 /m	线路耐雷水平 /kA	
	S-210/Z	S-280/Z
25	22.62	30.16
30	26.96	35.94
40	35.70	47.59
50	44.47	59.30
60	53.27	71.03
70	62.08	82.79
80	70.90	94.54
90	79.73	106.30
100	68.55	118.07

4.2 降低杆塔高度

为了使 10kV 配电网能够安全可靠的运行，在选用架空线路杆塔的时候要尽量选择长度较小的，在缩短垂直距离的同时使 10kV 配电线路的耐雷性得到增加。在架空配电网的高度从原来的 15m 换成现在的 12m 以后，在仿真实验计算的前提下，能够知道 10kV 架空配电网所出现的不同耐雷水平可具体参考表 2。

仔细分析表 2 可以知道，在架空配电网的水平距离 S 值是 25m 的时候，10kV 架空配电网所对应的耐雷水平从原来 15m 的 19.68kA 提高到现在 12m 的 22.62kA。在水平距离 S 值是 100m 的时候，10kV 架空配电网所对应的耐雷水平从原来的 76.52kA 提到现在的 88.55kA。

表 2 农网 10kV 架空配电线路杆塔高度变化前后耐雷水平的变化数据

雷击距离 /m	线路耐雷水平 /kA	
	架空线路杆塔高度	架空线路杆塔高度
	15m	12m
25	19.68	22.62
30	23.41	29.96
40	30.93	35.70
50	38.49	44.47
60	46.08	53.27
70	53.69	62.08
80	61.29	70.90
90	68.90	79.73
100	75.52	68.55

4.3 降低杆塔接地电阻

通过仿真实验了解到,在 10kV 架空配电线路的接地电阻值是 30Ω 的时候,架空配电线路杆塔在直接接地和内置钢筋的情况下,其所对应的耐雷水平是 6.77kA,具体可参考表 3。当把其接地的方式从内置变成外接接地的以后,并将接地的电阻值降低成 10Ω 的时候,相应的耐雷水平从 1.05 变成 13.67kA。

表 3 农网 10 kV 架空配电线路耐雷水平与杆塔接地电阻关系数据表

接地电阻 /Ω	耐雷水平 /kA
5	18.39
10	13.67
20	9.17
30	6.77
40	5.39
50	4.52
60	3.93

4.4 安装线路避雷器

经过对此区域内的 10kV 架空配电线路在安装适合的避雷器以后,其所对应的耐雷水平可具体参考表 4。在安装避雷器以前,其电阻和耐雷水平分别是 30Ω、6.77kA,但是在安装三相避雷器以后,其电阻和耐雷水平分别是 10Ω、21.90kA。

表 4 农网 10kV 架空配电线路安装避雷器后线路耐雷水平比较

接地电阻 /Ω	耐雷水平 /kA	
	安装避雷器前	三相安装避雷器
5	18.39	26.15
10	13.67	21.90
20	9.17	11.73
30	6.77	8.34
40	5.39	6.64
50	4.52	5.63
60	3.93	4.94

5 结语

位于上海郊区的 10kV 配电网由于经常会出现雷击故障,所以停电的事故频发,在经过仔细的数据分析以后了解到,在出现雷击故障的时候,之所以会产生电路跳闸现象主要是因为感应雷过电压,基于此,在经过仿真实验以后,了解到 10kV 架空配电线路由于落雷点的不同,所产生的感应雷过电压,雷击电流和线路电流都是不一样的。为了使农网 10kV 架空配电线路能够安全可靠的运行,可通过以下方式来达到防雷的目标,如加大线路的绝缘性、缩短架空线路杆塔的高度、减小架空线路杆塔接地的电阻和加装避雷器等,对于 10 kV 配电网防雷性的提升有着非常重要的作用。

参考文献

- [1] 黄灯柱.浅谈10kV配电网线路的防雷措施[J].中国信息化,2019(4).
- [2] 陈炜豪.探讨10kV及以下配电网的防雷保护措施[J].科学与财富,2020(21).
- [3] 曹海龙.试论10kV配网线路防雷技术措施[J].大科技,2020(18).
- [4] 刘涛.关于10kV配电线路防雷措施研究[J].科技展望,2018(20).
- [5] 王丽莉.电力系统继电保护装置调试及安全管理体会[J].河南科技,2019(3).
- [6] 黄清社,徐奔,彭利强,等.10 kV架空绝缘导线防雷保护的措施研究[J].高压电器,2020(12).
- [7] 高新智,仇炜,韩爱芝,等.针对某35 kV配电线路防雷问题的探讨[J].高压电器,2020(4).
- [8] 康宽政.江门市区10 kV架空线路雷击分析和防治措施[J].广东电力,2018(5).
- [9] 陈维江,沈海滨,陈秀娟,等.10 kV配电网架空绝缘导线雷击断线防护[J].电网技术,2021(22).
- [10] 肖金华,李景禄.郊区电网防雷保护的分析与讨论[J].电瓷避雷器,2020(4).

运用音频检测技术预判风机叶片故障的设想

Assumptions on the Application of Sound Frequency Detecting Techniques to Predict Malfunction of Wind-driven Generator's Blade

唐元祥

Yuanxiang Tang

江苏龙源风力发电有限公司 中国·江苏 南通 226014

Jiangsu Longyuan Wind Power Co., Ltd., Nanton, Jiangsu, 226014, China

摘要: 风电场已投产的风机叶片与外部环境直接接触, 容易受外界环境的影响而发生故障。论文针对当前风机叶片产生缺陷而缺乏有效技术监督手段的实际情况, 提出了利用音频检测技术预判风机叶片缺陷的方法, 达到提前报警, 提前响应的目的, 从而让风机叶片缺陷得到及时处理, 避免和减少风机叶片事故的发生, 为风电场安全生产提供有效保障。

Abstract: Blades of operating wind-driven generators in wind power station are exposed to the environment and could be easily influenced by the environment which leads to malfunction. This paper proposes a method of using audio detection technology to predict the defects of wind turbine blades in response to the current situation where there is a lack of effective technical supervision measures due to defects in wind turbine blades, this achieves the goal of early warning and response, allowing wind turbine blade defects to be dealt with in a timely manner, avoiding and reducing the occurrence of wind turbine blade accidents, and providing effective guarantees for the safe production of wind farms.

关键词: 风力发电; 叶片开裂; 音频传感器; 数字滤波器; 计算机

Keywords: wind power generation; cracks on blade; sound frequency sensor; digital filter; computer

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9092

1 引言

随着风机运行时间的增长和低风速风力发电技术的应用以及外部大气环境的恶化, 风机的叶片容易受空气中的砂砾磨损、酸雾腐蚀、氧化、雷击以及先天缺陷等各种因素的影响而产生前缘磨损、叶尖开裂、横向裂纹、叶根螺栓断裂等, 如得不到及时发现和处理, 将会造成风机运行时产生振动、异响, 严重时造成叶片折断、叶轮坠落等事故的发生^[1]。具体如图 1、图 2、图 3、图 4 所示。

当前针对以上发生的缺陷还缺乏有效的技术监督手段, 只能通过月检时使用肉眼、望远镜或无人机观测, 甚至需要使用吊篮人工检查, 费时费力且得不到及时发现, 仍然不可避免地发生事故。

2 音频检测技术简介

2.1 音频传感器

音频传感器又叫声音传感器、声敏传感器, 它是一种用来接收声波, 显示声音的振动图像的装置, 它的作用相当于一个话筒(麦克风), 能够感知声音的强度和频率。

2.2 音频传感器的种类

音频传感器(声敏传感器)可分为 4 种。

2.2.1 电阻变换型声敏传感器

原理: 音频振动——电阻值变化。

接触阻抗型: 振动使得接触电阻发生变化。

阻抗变换型: 振动使膜片变形——应变片将应变转化为电阻值变化。

【作者简介】唐元祥(1966-), 男, 中国江苏滨海人, 本科, 工程师、注安师, 从事新能源安全生产管理研究。