

# 抽蓄电站二次系统节能降耗技术应用研究

林杨溟

**摘要：**抽蓄电站二次系统对电站运行起关键作用。随着人们对能源的需求越来越大，对环境保护的要求也越来越高。在保证电力系统稳定、安全的同时如何做到节能降耗就成了人们关注的焦点。本研究重点探讨了抽蓄电站二次系统的能源消耗问题，并深入研究了自动化控制技术、高效电气设备以及能量管理系统（EMS）在节约能源和减少消耗方面的实际应用。

**关键词：**抽蓄电站；二次系统；节能降耗；技术应用

## 前言

随着全球能源危机的日益加剧和环境保护意识的增强，电力行业面临着巨大的节能减排压力。抽蓄电站作为一种重要的储能和调峰手段，其二次系统的能耗问题不容忽视。本研究旨在通过对抽蓄电站二次系统能耗的分析，探索节能降耗的有效途径，并为相关技术的应用提供理论支持。

## 一、抽蓄电站二次系统概述

### 1. 抽蓄电站的定义与原理

抽水蓄能电站利用电力负荷不均衡调节电网供需平衡，它以上、下水库水位落差转化为能量为基本原则。当电力需求处于低谷时，电站用低成本多余电能带动机组把水由下水库输送到上水库中，这一过程将电能转化为势能存储。电站在电力需求高峰期放出上水库用水，水流经水轮机驱动发电机产生电能，将势能转换为电能回送给电网。标准的抽水蓄能电站通常能达到75%至80%的工作效率。由于涉及到水流、水头、泵的效率等多种因素，因此在一个完整的电力循环中，电站有能力回收大约75%至80%的电能输入。抽水蓄能电站既可以给电网调峰填谷、调频，又可以作为紧急备用电源在突发事故时快速起动作发电，对电力系统稳定安全运行提供了重要保证。抽水蓄能电站因其较快的启停能力在电力系统中具有极其重要的地位，是当前技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的电力系统绿色能源低碳清洁灵活调节电源，是可再生能源大规模发展的重要保障。

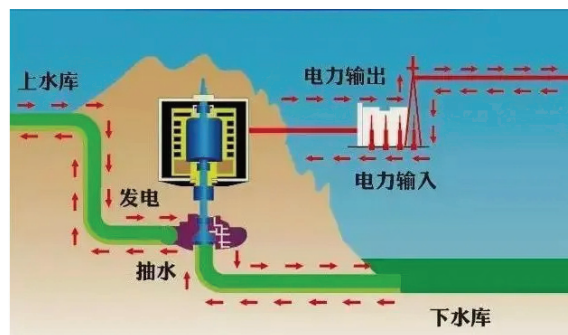


图1 抽水蓄能发电原理

### 2. 二次系统的组成与功能

抽水蓄能电站二次系统作为保证电站高效安全运行的关键部分，由监控系统、保护系统以及通信系统三个核心模块构成。

监控系统承担着电站各设备运行数据的实时采集与处理任务，并通过数据分析与状态监测对电站运行状态实施综合监督控制。

保护系统对电站的稳定运行起到了关键的安全防护作用，它整合了多种继电保护设备和故障处理工具，能在设备故障或异常情况出现时迅速作出反应，有效隔离故障区域，防止设备受损或事故进一步扩大。

通信系统是二次系统中起到信息传递与协调作用的关键性系统，它通过高速数据网络使各系统间无缝衔接并进行数据交互，保证了监控与保护系统信息能得到及时、准确的传递与处理。

二次系统内各模块之间互为补充，经过精密逻辑设计与严格协调控制实现电站各环节的全方面管理，确保电站平稳运行与高效调度。实际运行中二次系统运行的可靠性及响应速度对电站整体性能有直接影响，对其进行设计与优化需充分考虑电力负荷、设备性能及环境因

**作者简介：**林杨溟（1997.06——），男，汉族，本科学历，助理工程师，主要从事抽蓄电站电气二次相关工作。

素等诸多参数，为了保证电站各工况安全运行，最大限度地提高能源利用效率。

### 3. 二次系统在抽蓄电站中的作用

抽水蓄能电站中的二次系统在整个电站的运行中扮演着至关重要的角色，作为电站的“神经中枢”，二次系统通过精密的监控、保护和通信功能，保障了电站各个设备和系统的协调运作。监控系统实时采集电站各个环节的运行数据，并通过智能分析和反馈机制对设备状态进行管理，确保电站的运行参数始终处于最佳状态。保护系统则为电站提供了多层次的安全防护，通过继电保护装置和自动化设备的协同作用，可以在故障或异常情况发生时快速识别问题，及时隔离故障区域，防止事故扩大，保护电站的核心设备和整体安全。而通信系统则作为信息交互的桥梁，保证了监控和保护系统之间的信息流通和同步，通过高速数据传输网络，确保各个系统之间的指令和数据能够准确无误地传递，使得整个电站能够在复杂的工况条件下实现高度的自动化和高效运行。

二次系统不仅提高了电站的安全性和稳定性，还通过优化调度和精确控制，提高了能源利用效率和电力输出的可靠性，使得抽水蓄能电站在电力系统中能够更好地执行调峰、调频和应急供电等重要任务。

## 二、抽蓄电站二次系统能耗问题分析

### 1. 监控系统能耗分析

监控系统的能量消耗主要来自于其装置及持续运行等需求。服务器及数据处理设备由于要对海量数据进行实时监测与分析，其能耗问题更加显著。例如，高性能服务器的功率一般在500到1000瓦的范围内，再加上制冷设备的能量消耗，整体的电能消耗是不可忽视的。传感器网络在工作过程中还需要耗电，特别是分布很广的智能传感器，虽然个别功率比较小，但是因为数量繁多而积累了相当大的能量消耗。与数据传输和存储相关的设备，例如交换机和存储设备，通常需要在长期保持工作，其功率通常介于几十瓦至几百瓦之间。这几种设备共同工作组成监控系统整体能耗并影响电站运行效率及能效管理。

### 2. 保护系统能耗分析

保护系统能耗重点是继电保护装置及相关电源供应设备。继电保护装置担负着对电力系统故障进行检测与处理的任任务，它的能量消耗主要来源于控制回路连续工作以及信号处理等环节。这类设备一般都要求维持高灵敏度以及快速响应来保证系统的安全性，功率范围从几

十瓦到几百瓦，视装置类型及功能复杂程度而定。直流电源系统给保护装置提供了稳定的电力支持以确保其在发生故障时仍然可以正常工作，该部分能耗相对比较稳定，但是由于该装置工作时间较长，累积能耗不容忽视。此外，在保护系统内，还整合了众多的辅助工具，例如通讯模块和信号传输工具，它们在确保系统稳定运行中发挥着至关重要的角色，同时它们的能源消耗也为整体系统的能源消耗做出了贡献。这几个因素综合决定着保护系统总能耗水平。

### 3. 通信系统能耗分析

通信系统能量消耗主要来自网络交换设备、光纤传输装置和通信终端设备连续工作。路由器、交换机等网络交换设备的功率一般为几十瓦到几百瓦不等，视数据传输速率及端口数量而定。光纤传输装置功率一般为几瓦至几十瓦，虽然单台装置能量消耗少，但是大范围布放后总体能量消耗还是比较显著。尽管通信终端设备，如数据采集终端和控制终端的功率消耗相对较低，但其数量庞大，因此累积的能耗是不可忽视的。经统计表明，通信系统各设备功率之和可达几千瓦，每年耗电量可高达上万度，而这些设备全天候工作使通信系统能耗占抽蓄电站总能耗的一定比重。

表1 某电站设备能耗统计

设备类型	功率 (瓦)	数量	总功率 (瓦)	年耗电量 (度, kWh)
核心网络交换机	300	2	600	5, 256
边缘交换机	150	20	3, 000	26, 280
路由器	200	5	1, 000	8, 760
光纤传输设备	60	30	1, 800	15, 768
数据采集终端	10	200	2, 000	17, 520
控制终端设备	15	50	750	6, 570
合计	-	-	9, 150	80, 154

## 三、节能降耗技术的应用

### 1. 自动化控制技术的应用

将自动化控制技术应用用于抽蓄电站二次系统，可显著提升系统运行效率，降低能耗。引入智能调度与负荷管理系统后，电站可根据实时电力需求与发电状态对发电机组运行方式进行动态调节，从而达到精确控制与优化调度。如采用高级自动化系统自适应控制算法可实现发电机组启、停，负载分配等自动化管理，以减少不必要空载运行及启、停时能量损失。自动化控制技术也可以通过数据采集和监测系统实时分析设备运行状况，确定高耗能设备或者不正常工作，且自动调节或告警，减

少了维护成本及设备损耗。通过采纳这些先进技术，电站能够实现能源管理系统（EMS）与自动化控制系统的深度整合，从而进一步提升整个电站的能源利用效率。根据统计资料，尖端的自动化控制方法能够助力抽蓄电站降低大约10%至15%的能源消耗，特别是在进行调峰和负荷调节时，自动化系统能对负荷波动迅速做出反应，减少发电机组频繁启、停数量，并进一步减少设备损耗及能耗。

## 2. 高效电气设备的应用

高效电气设备的使用对抽蓄电站二次系统有着至关重要的作用，选择先进电气设备不仅能减少能耗，而且能提高整个系统运行效率。使用高效变压器与低损耗开关设备为其重点举措，高效变压器可显著降低铁损与铜损，二者为变压器运行能耗的主要来源。利用非晶合金或其他创新材料制成的高效变压器，可以将铁损降低大约30%到50%，这对于电站达到节能的目标是非常关键的。通过对电路设计的优化和使用高导电性材料、低损耗开关设备成功地降低了在开关操作和电流传递过程中的能量损耗。另外，利用高效电机与变频器等装置，还可以起到控制电机转速与负载匹配的作用，使电机能够在多种运行条件下都能够维持高效的运转，以降低不必要的能耗。高效电气设备的使用不仅对减少日常运行能耗有优势，而且能够延长设备使用寿命和减少过热或者超载导致的设备故障。总体上讲，这些高效电气设备的引进可以使抽蓄电站达到年节电上千度，同时明显降低了维护成本及设备折旧率等指标，从而为电站长期平稳运行提供了强有力的保证。

## 3. 能量管理系统（EMS）的应用

能量管理系统（EMS）在抽蓄电站的节能降耗方面起到了至关重要的作用。通过对电站内外能量流动的全方位监控和优化管理，EMS能有效地实现能源使用的最大化和能耗的最小化。EMS系统实时获取各类型设备运行数据并将负荷预测与需求响应技术相结合，对电站

运行方式进行动态调整，从而应对电网负荷变化。其能够实现电能生产及利用最优化，运营成本最小化。同时EMS可以实时监控并分析电站高耗能设备，发现可能存在的节能机会如调整设备运行参数或者合理安排维护时机等，避免其处于低效状态长期运行。EMS通过上述措施在提高电站运行效率的同时也通过精细化能量管理来降低不必要的能耗与排放。相关研究发现，使用EMS技术的电站能够使总体能源消耗降低5%至10%，同时在增强电站的运行稳定性的基础上，也能延长设备的使用年限，进一步减少了运行及维护成本，保证了电站在各种工况下始终处于最佳能源使用状态。

## 结论

抽蓄电站二次系统的节能降耗是一项系统工程，需要从技术应用、设备选型及管理优化等多方面入手。通过采用自动化控制技术、高效电气设备及能量管理系统等手段，能够有效降低二次系统的能耗，提高抽蓄电站的整体经济效益和运行效率。未来，随着节能技术的不断进步，抽蓄电站二次系统的能耗有望进一步降低，为绿色能源的推广与应用做出更大贡献。

## 参考文献

- [1] 高好婧. 智能化变电站二次系统调试与检修技术措施研究[J]. 模具制造, 2023, 23(10): 196-198.
- [2] 李明节, 刘宇, 舒治淮, 等. 中国变电站二次系统技术发展趋势分析[J]. 电网技术, 2024, 48(1): 1-11.
- [3] 陈宁, 史金伟, 王强, 孙文彦, 彭志强, 张琦兵. 面向调度与集控的变电站二次系统服务化技术研究及应用[J]. 电气自动化, 2022, 44(6): 32-35.
- [4] 梁冠美. 110kV综合自动化变电站二次系统防雷装置改造初探[J]. 2022(4).
- [5] 陆斌. 智能变电站二次系统网络优化的工程实现[D]. 东南大学, 2022.