

气候变化影响下抽水蓄能电站设计与优化

孔梦慧, 海光临, 宗怀远

(河南天池抽水蓄能有限公司, 河南 南阳 474664)

摘要 在全球气候变化日益严峻的背景下, 抽水蓄能电站这一重要调峰电源的设计与运行策略须适应环境面临的新挑战。文章从能源系统适应性、经济效益以及可持续发展等方面论述气候变化对抽水蓄能电站的影响; 对抽水蓄能电站进行适应性气候变化设计策略研究, 主要从选址优化、水库容量设计以及水工建筑物适应性设计等方面进行研究; 提出优化运行策略, 包括机组选型及配置、调度策略调整以及智能化监测及控制技术应用等。

关键词 气候变化; 抽水蓄能电站; 适应性设计; 优化运行策略; 可持续发展

中图分类号: TU27

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)09-0055-03

全球气候变化背景下能源系统可持续性与适应性已成为国际社会研究热点。抽水蓄能电站是重要储能设施之一, 对调整电网负荷和提高能源利用效率具有重要作用。但气候变化引起的极端天气事件以及水资源分布变化给抽水蓄能电站设计与运行带来了新挑战。

1 考虑气候变化影响下的优势

1.1 增强能源系统的适应性

首先是要大力推广分布式能源应用。这样既可以增加能源供应多样性与灵活性, 又可以减少极端气候下对集中能源设施依赖程度, 进而降低系统脆弱性。构建智能电网也是重中之重。智能电网借助先进信息技术及自动化控制能够实时监测并优化电力传输及配置, 有效地应对气候变化所造成的不确定性。另外, 开发储能技术是增强能源系统适应能力的重要手段。通过储能设备能够在能源需求起伏大的情况下均衡供需以稳定能源系统运行。最后还离不开气候变化风险管理策略。其中包括评估与预测可能存在的气候风险、应急预案及风险缓释措施等, 以确保极端天气事件下能源供应持续安全。

1.2 提高电站的经济效益

提高高效管理、优化运营策略可明显降低发电成本。如应用大数据分析与人机智能技术实现发电设备实时监测与预测性维护可降低故障率与停机时间以提高电站运营效率。

另外, 将可再生能源尤其是风能、太阳能等资源进行开发利用相结合, 既可以降低燃料成本又可以通过加入碳交易市场而得到更多的回报。有了政策的扶持, 利用先进的碳捕集与储存技术同样是增加电站经济效益行之有效的方法。减少碳排放就能减轻碳税负

担并且还可能得到政府补贴与刺激。灵活多样的电价机制以及市场化的交易模式同样给电站提供了一种新型盈利模式。电站参与电力市场竞价并提供调峰服务后, 可根据市场需求对发电量进行调节, 以获得最大的经济效益。

1.3 促进可持续发展

改造能源系统既要技术创新又要政策与社会层面扶持。开发可再生能源, 是可持续发展最重要的途径。通过大范围布放风能、太阳能、水能等清洁能源可显著降低温室气体的排放量, 进而减缓气候变化带来的冲击。提高能源效率是可持续发展之关键。通过工业流程的完善及节能技术的普及, 可降低能源消耗、减轻环境负担。政策层面上的扶持也必不可少。比如通过建立严格排放标准、给予财政激励等措施, 能够引导企业与消费者走向绿色能源、低碳生活方式。另外, 社会层面上的参与支持对推动可持续发展具有重要意义。通过宣传教育, 增强公众环保意识、责任感, 激发更多群众投身环保行动。

2 适应气候变化的抽水蓄能电站设计

2.1 选址的优化设计

2.1.1 基于气候变化的降水和水资源分布评估

气候变化会使降水模式发生明显改变, 并对水资源季节性分布及整体可用性产生影响。因此有必要详细分析与预测未来气候变化, 评价不同地区水资源潜力与可持续性。这类分析需综合历史降水数据与未来气候模型来确定气候变化情景下能维持稳定水资源供应的地区。

另外, 极端天气事件发生频率及强度变化对于水资源的影响也需加以考虑。选址评估要关注在降水量、

水资源稳定性等指标上表现良好的地区,才能保证电站能够在未来气候变化的大环境中平稳运行。

2.1.2 考虑地形和地质条件的稳定性

除气候变化影响降水、水资源等因素之外,地形、地质条件是抽水蓄能电站厂址选择的关键。复杂地形可能会给水库建设与运行提出挑战,稳定地质条件是保证水库安全与长期可靠运行的根本^[1]。选址时,必须经过细致的地形勘测与地质分析才能查明地区地质构造,土壤类型及岩石稳定性。

另外,需要对区域内滑坡和地震等地质灾害进行风险评估。地形、地质条件是否稳定直接关系到水库设计、施工成本及后续运行维护。所以在充分考虑地形、地质条件等因素的情况下,选取那些地形合适、地质稳定的地区是电站建设最理想的位置。对地形、地质条件进行全面评价,以保证抽水蓄能电站今后运行的安全稳定。

2.2 水库容量设计

2.2.1 应对降水变化的库容调整

抽水蓄能电站水库容量设计时须考虑将来可能发生降水模式改变。随气候变化影响增强,降水量季节性及空间分布有可能发生明显改变,给电站库容要求带来新挑战。针对上述变化,在设计中需要采取灵活多样的库容调节策略,可通过水库运行调度优化处理不同年、季降水。该策略既可以保证丰水期高效地储存充足的水,又可以维持枯水期最低水位,保证电站平稳运行。在库容设计时应考虑历史降水数据及气候模型预报,确保电站在多种气候条件下能高效地运行。

2.2.2 考虑蒸发和渗漏因素的容量修正

水库实际库容除降水量变化以外,还要考虑蒸发、渗漏的作用。设计阶段必须对选定区域的气候条件及水库地质特性进行细致评估,才能精确地估算出水库不同季节、不同气候情况下水库实际蓄水量。蒸发率及渗漏率对水库实际可利用容量有直接影响,故设计时需采取有效技术手段将上述损失降至最低,并用工程手段对其做适当校正^[2]。通过科学、合理的容量修正策略可保证水库在多种条件下充分发挥蓄水、调节水资源等作用,进而保障抽水蓄能电站长期平稳运行。

2.3 水工建筑物的适应性设计

2.3.1 适应极端气候的结构加固

为保证抽水蓄能电站极端气候下运行的安全与稳定,必须进行结构加固。极端气候事件如强降雨,洪水,台风及地震会威胁水工建筑物结构完整性。所以在设计与施工过程中要利用先进工程技术与高强度材料来

提高建筑物抗冲击与抗变形能力。比如通过加大防护堤坝高度与厚度、优化坝体结构设计、使用抗冲击性能突出的材料等措施可以有效地提高建筑物抗洪能力^[3]。地基处理同样至关重要,要保证它在地震这种极端条件下稳定。同时定期检测与维修,对可能发生的结构损伤及时维修,延长建筑使用寿命。

2.3.2 生态友好型设计

生态友好型设计理念运用于抽水蓄能电站设计过程,是保证电站与周边环境协调共处的重要途径。水工建筑物在满足工程需求的同时也应最大限度地减少对自然生态系统造成的不利影响。如进出水口位置及流速控制装置的合理设计可降低鱼类等水生生物受到的危害。采用植被护坡、湿地恢复等生态工程措施能有效地改善周围的生态环境、增加生物多样性^[4]。选址及设计阶段应尽量避免珍稀动植物栖息地遭受损害,通过环境监测与评价,对建设及运营方案进行动态调整,减少对环境的影响。将生态因素考虑在内,抽水蓄能电站既可以起到能源储存的作用,又可以对地方生态环境保护与可持续发展起到积极的促进作用。

3 适应气候变化的抽水蓄能电站优化运行策略

3.1 机组选型与配置优化

3.1.1 选择高效能和适应宽幅工况的机组

随着气候变化所导致的不确定性越来越大,电站需要能在多种运行条件下有效地运行。这就决定了机组不但要有高效能而且还要有在各种负荷情况下稳定运行的能力。高级可调速机组与多功能泵-涡轮机组成为优选方案,因其可以根据需要迅速调节运行状态以实现不同储能与发电模式间的灵活转换。另外利用新型材料及先进制造工艺来提高机组效率及耐用性增强整体性能。电站通过对这些高效能机组的认真选型与配置,可显著增强对变动环境的适应能力,保证能源供应稳定可靠。

3.1.2 多类型机组的组合配置

抽水蓄能电站机组优化配置中,多类型机组联合运用能够显著提高电站灵活性与整体效率。不同型号机组无论从性能还是从适用工况来看都各有其优点,只要合理搭配,就能充分发挥其特性。比如把响应快的可调速机组和效率高、稳定性好的传统机组结合起来,不仅可以满足高峰负荷对机组速度快的要求,还可以使机组在平滑运行阶段仍处于高效率。这种组合配置在增强电站适应性的同时,也可以优化电站整体运行效率、减少能源消耗、降低运营成本。

另外,根据不同季节及气候条件可对各类型机组

运行策略进行动态调整,达到最佳能源管理与利用效果。通过兼顾机组性能与工况需求并对多类型机组进行合理分配,抽水蓄能电站可在应对气候变化时维持高效稳定运行。

3.2 调度策略的调整

3.2.1 基于气象预测的灵活调度

抽水蓄能电站调度策略需根据气象预测灵活调整,以更好适应气候变化引起的不确定性。气象预测技术的发展使电站对未来天气情况有了更加精确地预测,为调度工作提前准备了条件。比如在预报将来会出现大范围降雨的情况下,电站可提前下调水库水位并腾出较大库容来应对潜在洪水,且旱季到来前,可通过加大蓄水量保证枯水期供电平稳。另外,气象预测也有助于电站对日常调度策略进行优化,并根据天气情况对发电与抽水时间进行灵活调节,从而实现效益与回报的最大化^[5]。通过将气象数据与电站运行数据相结合,构建了一套可供电站应对多种气候条件时维持高效运行的动态调度模型以促进能源利用率与经济效益的提高。

3.2.2 与其他能源的协同调度

抽水蓄能电站在电网中可起到调节器的作用,并与风能和太阳能等可再生能源之间构成了很好的互补关系。如在风能、太阳能出力高峰时电站可抽水储能以避免浪费电力;并且当风能与太阳能发电不充分时,电站可释放储能产生电能,确保电网供电稳定^[6]。此外,通过与传统的火电、水电等其他电源进行协调,可以实现更加灵活的电力调度和负荷管理,减少能源的浪费,提高整个系统的运行效率。要实现这一协同调度就必须构建智能化调度系统对各种能源发电状况及需求变化进行实时监测与预测,并对电站运行策略进行动态调整。这样,抽水蓄能电站既可以充分发挥自身储能调节的功能,又可以和其他能源构成高效互补以共同迎接气候变化的挑战。

3.3 智能化监测与控制技术

3.3.1 实时数据采集与分析系统

现代抽水蓄能电站运行过程中实时数据采集分析系统发挥着关键作用。电站通过在水库、泵站和发电机组等关键位置安装传感器,可以实时收集大量的运行数据,包括水位、水流速度、设备温度和电力输出等。采集的数据将传送给中央控制系统由高级分析软件加工判读。这些实时数据既有助于操作人员掌握电站当前运行情况,又可以通过分析历史数据来预测将来运行趋势及可能存在的问题。通过对水位、气象数

据等进行监测,可预见未来降雨量、洪水风险等情况,并事先采取相应防范措施。实时数据分析也能优化电站调度策略、提高发电效率、延长设备寿命。

3.3.2 智能控制算法的应用

采用智能控制算法是促进抽水蓄能电站高效、稳定运行的关键所在。电站实际运行过程中,当环境条件及电力需求复杂多样时,常规控制方法通常很难处理。但智能控制算法可以基于实时数据与历史数据对电站运行参数进行机器学习与优化算法以达到最优运行状态。通过智能算法使电站能够根据电网负荷变化自动调节抽水、发电时间及功率以实现能源资源最大化。另外,智能控制能够对设备故障风险进行预测并提前维修与保养,避免因突发故障而遭受损失。本申请采用智能控制算法在提高电站运行效率的同时也加强了电站对外部环境变化适应能力。智能控制系统经过不断地学习与优化,可以不断完善电站运行策略以保证电站在多种工况下稳定高效运行。

4 结束语

适应气候变化抽水蓄能电站的设计与运行策略对保障能源系统稳定可持续发展具有重要意义。抽水蓄能电站可通过优化选址,水库容量及水工建筑物设计等措施有效地应对气候变化的挑战,并实施智能化监测及控制技术。今后随着科技的发展以及人们对于气候变化影响认识的不断加深,抽水蓄能电站会变得越来越智能化和高效化,对于建设绿色、可持续发展的能源体系会有更大的帮助。

参考文献:

- [1] 王超,官官雨,陈乙方.考虑气候变化影响的沥青路面长期服役耐久性评估[J].土木工程学报,2023,56(02):110-120.
- [2] 钟维军,徐海巍,郭高鹏,等.考虑气候变化影响的台风设计风速研究[J].建筑结构,2020,50(14):68-72.
- [3] 同[1].
- [4] 刘弘涛,邱皓,付梓杰.气候变化影响下的文化遗产全球行动:文化、遗产与气候变化国际共同倡议会议综述[J].中国文化遗产,2024(02):106-113.
- [5] 谢诗猛,刘登峰,刘慧,等.气候变化影响下澜湄流域下游水稻生产用水量模拟与分析[J].人民珠江,2024,45(01):13-33.
- [6] 苟爱萍,高佳琪,王江波.气候变化影响下衢州六春湖地区色彩在地性特征及相关性分析[J].小城镇建设,2023,41(05):5-13.