

能源开采过程中水资源消耗特征及节水减污协同研究

陈旭东 李泓

湖北省宜昌市水文水资源勘测局

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6128

[摘要] 随着全球能源需求的持续增长,能源开采活动日益频繁。然而,能源开采过程往往伴随着大量的水资源消耗以及严重的水污染问题,对生态环境和水资源可持续利用构成了巨大挑战。基于此,本文深入研究了能源开采过程中的水资源消耗特征,并提出了节水减污协同策略,旨在为能源行业的可持续发展与水资源保护提供科学依据与实践参考,期望能引起相关领域对能源开采与水资源关系的重视,推动能源开采与水资源保护的协调共进。

[关键词] 能源开采; 水资源消耗; 节水减污; 协同策略

中图分类号: TV213 **文献标识码:** A

Research on the Characteristics of Water Resource Consumption during Energy Extraction and the Collaborative Strategies for Water Conservation and Pollution Reduction

Xudong Chen Hong Li

Hubei Province Yichang City Hydrology and Water Resources Survey Bureau

[Abstract] With the continuous growth of global energy demand, energy extraction activities have become increasingly frequent. However, the process of energy extraction is often accompanied by a large amount of water resource consumption and serious water pollution problems, posing a huge challenge to the ecological environment and the sustainable utilization of water resources. This paper deeply studies the characteristics of water resource consumption during the energy extraction process and proposes collaborative strategies for water conservation and pollution reduction. The aim is to provide scientific basis and practical references for the sustainable development of the energy industry and the protection of water resources. It is expected to arouse the attention of relevant fields to the relationship between energy extraction and water resources, and promote the coordinated progress of energy extraction and water resource protection.

[Key words] Energy Extraction; Water Resource Consumption; Water Conservation and Pollution Reduction; Collaborative Strategies

引言

能源作为现代社会发展的基石,在经济增长、社会进步等方面发挥着不可替代的作用。从传统的煤炭、石油、天然气开采,到新兴的页岩气、煤层气等非常规能源开发,能源开采规模不断扩大。但与此同时,能源开采活动对水资源的负面影响愈发凸显。一方面,大规模的开采作业需要消耗大量水资源用于冷却、洗选、压裂等工艺环节;另一方面,开采过程中产生的废水含有大量有害物质,如重金属、石油类物质、化学药剂等,若未经有效处理直接排放,将对地表水、地下水及周边生态环境造成严重污染。因此,深入探索切实可行的节水减污协同策略具有重要的现实意义和紧迫性。

1 能源开采对水资源的影响

1.1 水资源消耗

煤炭开采:煤炭开采过程中的水资源消耗主要集中在矿井排水、洗煤用水等方面。矿井排水是为了保证井下安全生产,需将涌入矿井的水排出,这部分水量巨大且持续不断。据统计,我国每开采1吨原煤,平均矿井涌水量约为4~6立方米。而洗煤环节为了去除煤炭中的杂质,提高煤炭质量,也需要消耗大量清水。例如,跳汰洗煤工艺每吨原煤用水量可达2~3立方米。

石油与天然气开采:在石油开采中,注水开采是一种常见的提高采收率方法。为了保持油层压力,需要向地下注入大量的水,注入水量往往数倍于采出的油量。对于天然气开采,特别是页岩气等非常规天然气开采,水力压裂技术广泛应用。该技术需要大量的高压水携带支撑剂注入地下,形成裂缝,以促进天然气的开采。一口页岩气井的压裂用水量可达数千立方米甚至上万立方米。

其他能源开采:如地热能开采,在利用地热水进行发电或供暖过程中,部分地热水会因蒸发、渗漏等原因损失,造成水资源消耗。此外,生物质能发电原料的预处理过程也会消耗一定量的水资源。

1.2 水资源污染

煤炭开采废水污染:煤炭开采废水主要包括矿井水和洗煤废水。矿井水中含有大量的悬浮物、煤泥、重金属(如汞、镉、铅等)以及微量的放射性物质。洗煤废水则含有高浓度的煤泥、化学药剂(如起泡剂、捕收剂等),其化学需氧量(COD)和悬浮物含量严重超标,若直接排放,会使受纳水体变黑变臭,破坏水体生态平衡^[1]。

石油与天然气开采废水污染:石油开采废水含有石油类物质、重金属(如铬、镍、锌等)、硫化物、酚类等污染物。这些污染物具有毒性强、难降解的特点,对土壤和水体环境危害极大。天然气开采废水,尤其是页岩气压裂返排液,除含有大量的盐分、石油类物质外,还含有多种化学添加剂,如胍胶、交联剂、杀菌剂等,成分复杂,处理难度高。若返排液处理不当,其中的有害物质会渗入地下,污染地下水,影响周边居民的饮用水安全。

其他能源开采废水污染:地热开采废水中可能含有较高浓度的氟化物、硼等微量元素,以及重金属离子。这些物质若排放到环境中,会对土壤和水体造成污染,影响农作物生长和水生生物生存。生物质能发电过程中产生的废水含有大量的有机物、氮、磷等营养物质,若未经处理直接排放,易引发水体富营养化问题。

2 能源开采过程中水资源消耗特征分析

能源开采过程中的水资源消耗特征因能源类型和开采方式的不同而存在显著差异。传统化石能源开采,如煤炭、石油和天然气,通常需要大量的水资源用于开采、加工和运输等环节。以煤炭开采为例,露天开采和井下开采都会产生大量矿井水,这些水往往含有高浓度的悬浮物、重金属和有机污染物,需要进行处理才能排放或回用。石油和天然气开采过程中,水力压裂技术的广泛应用导致了大量的水资源消耗,同时也会产生含有化学添加剂的返排水,对地下水和地表水造成潜在污染风险^[2]。

新型能源开采,如页岩气、煤层气和油砂等,虽然在一定程度上减少了对传统化石能源的依赖,但其水资源消耗问题同样不容忽视。页岩气开采中的水力压裂技术需要消耗大量水资源,通常每口井的用水量可达数万立方米。煤层气开采过程中,需要排水降压以释放吸附在煤层中的气体,这会导致大量地下水被抽出。油砂开采则需要对油砂进行热水或蒸汽处理,这一过程消耗的水资源量巨大,且会产生含有有毒物质的尾矿水。

不同能源开采方式对水资源的影响程度和特征各不相同。露天开采对地表水和地下水的影响较为直接,可能导致水位下降、水质恶化等问题。井下开采则可能引发地面塌陷,破坏地下水系统。水力压裂技术虽然提高了能源开采效率,但其对地下水资源的潜在影响引发了广泛关注。因此,在能源开采过程中,需要根据不同能源类型和开采方式的特点,采取针对性的水资

源管理和保护措施,以实现能源开采与水资源的协调发展。

3 能源开采过程中节水减污协同策略

3.1 优化开采工艺

3.1.1 煤炭开采

研发和推广高效节水的煤炭开采技术,如保水开采技术。通过优化开采方案,合理布置采煤工作面,减少对含水层的破坏,降低矿井涌水量。同时,改进洗煤工艺,采用干法选煤技术替代部分湿法选煤工艺。干法选煤技术无需用水,可有效减少洗煤用水消耗,且能避免洗煤废水的产生。对于无法避免产生的矿井水和洗煤废水,采用先进的处理技术势在必行。膜分离技术利用特殊的半透膜,能够高效截留废水中的杂质和污染物;生物处理技术借助微生物的代谢作用,降解废水中的有机物质。通过这些技术的联合应用,实现水资源的循环利用,使矿井水和洗煤废水能够重新用于生产环节,提高水资源利用效率^[3]。

3.1.2 石油与天然气开采

在石油开采中,优化注水工艺,采用智能注水技术,根据油层的实际情况精确控制注水量和注水压力,提高注水效率,减少水资源浪费。对于天然气开采,研发和应用低耗水的开采技术,如二氧化碳压裂技术、氮气泡沫压裂技术等,替代传统的水力压裂技术。这些技术的应用,有效降低了水资源消耗和废水产生量。同时,针对石油和天然气开采废水,采用油水分离、生物降解、深度处理等组合工艺。油水分离技术能够快速将废水中的油类物质分离出来,生物降解技术进一步分解废水中的有机污染物,深度处理技术则去除水中的微量杂质和重金属,使处理后的废水达到回注或排放要求,实现水资源的循环利用。

3.1.3 其他能源开采

在地热能开采中,采用闭式循环系统,减少地热水的排放和水资源消耗。通过对地热尾水进行回灌,不仅可以节约水资源,还能保持地热储层的压力,延长地热田的使用寿命。在生物质能发电中,优化原料预处理工艺,采用干发酵技术等节水型工艺,减少水资源消耗。同时,对生产过程中产生的废水进行厌氧发酵、好氧处理等,实现废水的达标排放和部分回用。以羊八井地热电站为例,作为我国最大的地热发电基地,其通过实施地热尾水回灌技术,有效缓解了地热田压力衰减问题。根据《西藏羊八井地热田可持续开发利用研究》中的数据,实施回灌后,羊八井地热田的可开采年限延长了约30年,大大提升了地热资源的可持续性。在生物质能发电方面,国能单县生物发电有限公司通过技术升级,优化了原料预处理工艺。该公司引入干发酵技术,减少了生产过程中的水资源消耗。同时,公司对生产废水采用厌氧发酵和好氧处理相结合的工艺。厌氧发酵阶段,利用厌氧菌将废水中的有机物转化为沼气,用于发电,实现能源回收;好氧处理进一步去除废水中的剩余污染物,使处理后的废水达到排放标准,部分实现回用,提高了水资源的综合利用效率^[4]。

3.2 构建水资源循环利用体系

3.2.1 建立企业内部循环系统

能源开采企业应在内部建立完善的水资源循环利用系统。例

如,在煤炭企业中,将处理后的矿井水用于洗煤、井下防尘、地面降尘等环节;洗煤废水经处理后全部回用,实现洗煤用水的闭路循环。以神华神东煤炭集团为例,通过构建完善的矿井水深度处理及复用系统,每年新鲜水资源取用量减少了约2000万立方米,废水排放量降低了约1800万立方米。在石油和天然气开采领域,中石化胜利油田将处理后的开采废水回用于注水或压裂作业,实现水资源的二次利用,有效降低了对新鲜水资源的依赖。通过建立企业内部循环系统,不仅能够显著降低企业对新鲜水资源的依赖,减少废水排放,还能降低生产成本,实现经济效益与环境效益的双赢。

3.2.2推进区域水资源共享与循环

在能源开采集中的区域,建立区域水资源共享和循环利用机制。例如,多个煤炭企业可以联合建设矿井水集中处理设施,将处理后的矿井水统一供应给周边企业使用,实现水资源的区域共享。对于石油和天然气开采区域,可以建立废水集中处理中心,对各开采企业产生的废水进行集中处理和回用。同时,加强与周边农业、工业等其他用水部门的合作,将处理后的达标废水用于农业灌溉、工业冷却等,提高水资源的综合利用效率。

3.2.3加强中水回用技术研发与应用

加大对中水回用技术的研发投入,提高中水回用的安全性和可靠性。研发新型的中水回用处理工艺,如高级氧化技术、超滤-反渗透组合技术等,去除中水中的微量污染物,确保中水符合不同回用场景的水质要求。同时,制定中水回用的相关标准和规范,加强对中水回用设施的运行管理和监督,保障中水回用的顺利实施。

3.3强化管理与政策支持

3.3.1建立水资源管理区块链平台

政府部门应搭建基于区块链技术的能源开采水资源管理平台,通过区块链的分布式账本特性,精准记录能源开采企业的水资源取用、消耗及废水排放数据,确保数据不可篡改且全程可追溯。利用智能合约,自动根据预设的水资源取用量上限、用水效率指标以及废水排放标准,对企业用水行为进行实时监控与预警。一旦企业出现违规行为,智能合约自动触发相应处罚,如冻结取水权限、实施经济处罚等,以此督促企业严格遵守水资源管理规定,切实保护水资源环境。

3.3.2推行绿色能源开采积分制

设立绿色能源开采积分体系,激励能源开采企业积极投身节水减污行动,企业每采用一项先进节水工艺、实现一定比例的水资源消耗降低或废水减排,均可获得相应积分。这些积分可用

于兑换税收减免、财政补贴、优先获取项目审批等优惠政策。同时,定期举办积分排名活动,对排名靠前的企业进行公开表彰,树立行业节水减污标杆,营造良好的行业竞争氛围,促使企业主动创新,不断提升节水减污水平。

3.3.3构建无人机+卫星遥感监管网络

运用无人机与卫星遥感技术,构建全方位、立体化的能源开采企业监管网络。无人机定期对企业作业区域进行低空巡查,实时拍摄水资源利用及周边环境状况,快速发现可能存在的水资源浪费、非法取水点及废水偷排迹象。卫星遥感则从宏观层面长期监测能源开采区域的水资源分布变化、土地利用状况等信息,为监管部门提供全面、准确的基础数据。通过整合无人机与卫星遥感数据,结合大数据分析技术,实现对能源开采企业的高效、精准监管,严厉打击各类破坏水资源环境的违法行为,推动能源开发与水资源保护协同共进。

4 结论与展望

能源开采过程中的水资源消耗和污染问题已成为制约能源行业可持续发展的重要因素。通过对能源开采过程中水资源消耗特征的深入分析,明确了不同阶段、不同地域以及不同能源类型的水资源消耗特点和规律。在此基础上,提出的节水减污协同策略,包括优化开采工艺、构建水资源循环利用体系以及强化管理与政策支持等,具有较强的针对性和可操作性。然而,能源开采与水资源保护的协调发展是一个长期而复杂的过程,需要政府、企业、科研机构和社会各界的共同努力。未来,应进一步加强相关技术的研发和创新,提高公众的环保意识,推动能源开采行业向绿色、可持续方向发展,实现能源开发与水资源保护的双赢。

[参考文献]

- [1]周开浪,凌宇,丁勇超,等.某油气终端处理厂水资源消耗分析及节水减排措施[J].化工管理,2024,(03):56-60.
- [2]苏小桐.基于节水减碳的上海市水资源与能源消耗分析及关系研究[D].华东师范大学,2022.
- [3]潘国强,冯朝山,梁志宸,等.工业行业节水减污分类与资源环境压力评价[J].河南水利与南水北调,2019,48(05):94-96.
- [4]薛永旭.我国石化企业节水减污的有效途径研究[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2015,(11):289.

作者简介:

陈旭东(1995--),男,汉族,黄冈麻城人,专技十一级文章方向:水文水资源。