

The impact of regional hydrogeology on the comprehensive utilization of salt caverns

Fengya Xiao

China Pingmei Shenma Group Joint Salt Chemical Co., Ltd., Pingdingshan, Henan, 467200, China

Abstract

This study takes the Yexian Salt Cave Gas Storage Project in Henan Province as a typical case and explores in detail the constraining factors of regional hydrogeological conditions on the comprehensive utilization of salt cave resources. A classification analysis of the groundwater system in Pingdingshan Salt Field (divided into the Tertiary and Quaternary systems) reveals that groundwater has a significant impact on salt cavern development. In terms of the characteristics of the salt layer and its top and bottom plates, rock salt rock has good stability and is an excellent surrounding rock material. Although shale fractures do not affect the strength of the surrounding rock, there are hidden dangers in terms of water resistance and pressure bearing. In the evaluation of sealing performance, dynamic changes in groundwater may lead to sealing failure, which should be considered and countermeasures formulated at the beginning of engineering design. Dynamic monitoring should be strengthened during operation. From the perspective of overall stability, groundwater flow will change the stress distribution of surrounding rock, thereby affecting engineering safety. Attention should be paid throughout the entire process of planning and implementation. Although the comprehensive application prospects of salt caverns are very broad, their development still encounters many difficulties. Therefore, it is necessary to improve the accuracy of geological exploration, update technical approaches, and improve the relevant policy and regulatory system.

Keywords

groundwater; Salt cavern utilization; effect

区域水文地质对盐穴综合利用的影响

肖风亚

中国平煤神马集团联合盐化有限公司, 中国·河南·平顶山 467200

摘要

本研究把河南省叶县盐穴储气库项目当作典型案例, 细致探究区域水文地质状况给盐穴资源综合利用带来的制约因素。对平顶山盐田地下水系统展开分类剖析(分为第三系和第四系), 通过分析得知, 地下水对盐穴开发有着显著影响。在盐层及其顶底板特征上, 石盐岩具备良好的稳定性, 是优良的围岩材料, 泥岩裂隙虽然不会影响围岩强度, 但是存在隔水和承压方面的隐患。在密封性能评定时, 地下水动态变化也许会导致密封失效, 要在工程设计之初就加以考虑并制订对策, 在运营期间加强动态监测, 从总体稳定角度来讲, 地下水流动会改变围岩应力分布情况, 从而影响工程安全。要贯穿规划和执行的全过程来加以重视, 尽管盐穴综合应用前景十分宽广, 不过其发展还是遇到不少难题, 对此应当改进地质勘查精确度, 更新技术途径并完善相关政策法规体系。

关键词

地下水; 盐穴利用; 影响

1 引言

从现有资料及盐田开发的实际情况出发, 对叶县盐穴储气库建设的区域水文地质情况进行了研究, 从现有资料及盐田开发的实际情况出发, 将平顶山盐田的地下水分为第三系地下水和第四系地下水。

2 平顶山盐田的地下水分

2.1 古近系、新近系地下水

地层厚数千米, 主要岩性为砾砂岩、砂岩和泥岩互层, 含裂隙孔隙承压水, 富水性弱, 导水能力差, 为弱富水的裂隙孔隙含水岩组。这一含水岩组是由多个含水层(岩性主要为砾砂岩、砂岩)和隔水层(岩性主要为泥岩)组成^[1]。自下而上依次为: 古近系玉皇顶组(E2y)裂隙孔隙含水层组, 大仓房组(E2d)裂隙孔隙含水层组, 核桃园组(E2h)裂隙孔隙含水层组, 廖庄组(E3I)裂隙孔隙含水层组, 新近系上寺组(Nsh)裂隙孔隙含水层组。

以上各含水层组均为裂隙孔隙承压水, 富水性普遍较

【作者简介】肖风亚(1983-), 男, 中国河南平顶山人, 本科, 助理工程师, 从事化工生产管理研究。

弱,导水能力普遍较差,属弱富水的裂隙孔隙含水层组。各含水层组之间都有厚度不等的泥岩隔水层相隔,相互之间水力联系较弱或极弱。地下水的补给来源主要靠大气降水渗透补给,其次是第四系强含水层的越流补给或侧向迳流补给。地下水的活动受构造和凹陷形态的制约,大体上沿着地层层面顺层缓慢运移。

2.2 第四系地下水

第四系含水层系统分潜水系统和潜水~承压水越流系统。潜水~承压水越流系统,除廉村以东的灰河两侧外,潜水位均高于承压水水位,承压水接受潜水的越流补给。由于垂向补给对潜水是直接的,潜水动力场能灵敏地反映补给条件的变化,为此,我们只分析潜水的动力场。

潜水主要接受大气降水补给,部分地区接受白龟山水库南干渠、地表灌溉渠道的渗漏补给及农田灌溉的回渗补给,廉村以东灰河两侧接受下部承压水的越流补给。

寺庄南~叶县城北~龚店~邓李~杜杨一线为沙、灰河的地下分水岭,该线以南地下水自西北流向东南,排泄于灰河,以北地下水自西南流向东北,排泄于沙河。沙澧岗脊部位为澧河与灰河的地下分水岭,以南地下水自西北流向东南排泄于澧河,以北地下水自西南流向东北,排泄于灰河。

地下水的排泄方式除上述所说的以迳流的方式排泄于沙、灰、澧河外,另外还有蒸发、人工开采排泄及越流补给下伏含水层等排泄方式。

2.3 水质类型

地下水化学类型简单,除龚店北~廉村~坟台之间的轭形条带为 $\text{HCO}_3\text{-Ca.Mg}$ 型外,主要为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型,矿化度一般为 $0.2 \sim 0.8\text{g/L}$,硬度一般为 $270 \sim 430\text{mg/L}$ 。仅贺庄~雪楼一带由于受工业废水的污染,水质类型多为 $\text{HCO}_3\text{+Cl-Na+Ca}$ 型或 $\text{HCO}_3\text{+Cl-Ca}$ 型,水郭至官庄一带 Cl-Na+Ca 型,矿化度 $530 \sim 931\text{mg/L}$,局部高达 2164mg/L 。

3 地下水对盐穴综合利用的影响

3.1 盐层与顶底板稳定性

平顶山盐田盐层构造呈现出了泥岩类岩石与石盐岩互层的明显特征,石盐岩具有致密且强度较高的特性,成为盐穴储库最适宜的围岩材料,这种围岩结构可以有效地抵挡内部的压力,维持储库长久的稳定状态,但是泥岩层内部存在着层面裂隙以及垂向张裂隙,不过这些裂隙一般并不存在自由重力水,对于盐穴的力学性能以及密封状况的影响不大,所以在盐穴综合利用的时候,可将其视为相对稳定的围岩部分^[2]。

含盐层系直接顶板以核一段(E3h1)顶部泥岩及砂质泥岩为主,隔水性强且硬度较高,可以阻挡地下水向上渗透入盐穴储库内部,保证储库内壁不受地下水侵蚀,在顶板稳定的条件下,上覆廖庄组(E3I)地下水对盐穴综合利用无明显影响,为盐穴储库长期安全稳定运行提供基础保障。

含盐层系直接底板由砂质泥岩、泥岩组成,按相邻田庄矿段资料,厚度 $8.5 \sim 18.8\text{m}$,有一定承压和隔水能力;直接底板下 50m 内含砂质泥岩夹粉砂岩 $1 \sim 3$ 层,粉细砂岩厚度 $7 \sim 13.5\text{m}$,岩石致密,颗粒细小,微含地下水,对盐穴综合利用影响不大,但应关注长期运营中地下水运动引起底板变形或破坏的隐患,保证盐穴储库安全。

3.2 地下水对盐穴储库密封性的影响研究

盐穴储库的密封性是它能否安全地存储能源或者处理废物的重要方面,地下水的活动也会通过渗透,侵蚀等途径损害盐穴储库的密封性,致使储库内部的物质泄漏,对环境产生污染,在平顶山盐田,古近系,新近系含水层组的富水性较差,导水性较差,而且各个含水层组之间存在泥岩隔水层,水力联系较弱,不过,地下水仍然允许经过微小的裂隙或者构造带渗入盐穴储库内部,影响它的密封性。

要想保证盐穴储库密封良好,就要在建造储库之前做好详尽的水文地质勘探,弄明白地下水中水分布,补给源泉以及排水道路,而且要针对储库开展设计的时候,考虑到地下水活动带来的干扰,采用恰当的密封手段,排水手段等,比如在储库周边设立防水层或者排水设施,以削减地下水给储库带来的密封难题。

储库运作期间,要形成长时间的水文地质监测体制,随时把握地下水分流状况,尽快找出并应对潜藏的渗漏危险,要是察觉有渗漏现象出现,就要立刻予以补救,杜绝储库内部物质泄漏,保护环境安全。

3.3 地下水对盐穴储库稳定性的作用影响

盐穴储库稳定性的决定因素不仅有围岩的力学性质,还有地下水活动情况,地下水在盐穴周围产生的渗透压力、溶蚀作用等都会改变围岩的应力状态,造成围岩发生变形、破裂,甚至导致储库坍塌,平顶山盐田的盐层和顶底板岩石力学性能、隔水性能虽好,但地下水活动仍然会带来一些影响^[3]。

想要保证盐穴储库的稳定性,就要在储库的设计当中就充分考虑到地下水活动产生的影响,采用合理的支护手段以及排水手段等,可以在储库周围形成支护或者设立排水系统等方式来降低地下水对储库稳定性的干扰,在储库运行时也要加强对于围岩变形情况和地下水动向方面的监测工作,尽早地察觉并解决可能出现的相关稳定性问题,如图1所示。

还要留意长时间运转时,地下水活动也许引发的围岩溶蚀或者软化现象,这类情况也许减小围岩的力学强度,进而干扰到储库的稳定性,所以,一定要定时给储库做安全评定与保养,保障其长久安全运转。

3.4 地下水对盐穴多样化利用的影响研究

除了用于能源储存的空间之外,盐穴还被用于废物处置和地下水回灌。但是,这些用途也受到地下水活动的影响。

废物处置时,地下水活动会导致废物快速溶解并迁移到其他地方,造成环境污染,所以在盐穴废物处置库修建之

前要对地下水活动开展全面的水文地质勘探,并实施风险评价,以确保处置库达到密封性与稳定性的要求。也要采用恰当的处理方法和监测手段来避免有害废物泄漏而给环境带来污染。



图1 盐穴储库初期建设情况

地下水回灌方面,要考虑回灌水给地下水系统带来的影响,回灌水或许会改动地下水的化学组成和物理性质,影响地下水的品质及其应用价值,所以,要有合理的回灌经营制度和监测体制,保证回灌操作的安全与有效,也要看重回灌过程里产生的地下水污染,地下水位上升之类的问题,尽快采取办法予以应对。

4 盐穴综合利用的前景与挑战

4.1 前景展望

伴随能源需求的增长和对环境保护意识的加强,盐穴作为地下储存空间,其应用前景在能源储存、废物处置以及地下水回灌等方面显得非常广阔,对于能源储存而言,盐穴可以用于储存诸如天然气以及石油这样的能源物质,从而减轻能源供给的压力,就废物处置而言,盐穴可以用于处置核废料以及工业废渣等各类有污染性质的物质,从而降低环境污染问题,在地下水回灌方面,则可利用盐穴来回灌经过处

理后的污水或者雨水,以补充地下的水资源。

未来,随着盐穴综合利用的进一步发展完善,更多的行业都会使用到盐穴资源,比如新能源储存,盐穴可以用来储存氢能、太阳能这些可再生绿色能源,让我们的能源结构发生改变和更新;地下空间开发,盐穴也可以用来建地下停车场,地下商场,给城市带来更充足的空间。

4.2 面临的挑战

但盐穴综合利用又面临着不少挑战。其一,盐穴综合利用要开展细致的水文地质勘探和评价,这样才能保障储库的密封状况和稳定情况,而这需耗费许多的人力物力财力,加大了项目开支的风险。

盐穴的综合利用还需要有先进的建造与运营技术。如在盐穴储库建造上需采用合理的钻井技术、溶蚀技术、支护技术;在盐穴储库运营上应建立起长期的水文地质观测体系以及安全评价机制,这种建设运营的技术发展和经验积累都需要时间过程,加大了项目的难度和不确定性。

而且盐穴的综合利用还要考虑到法律法规和政策环境的影响,比如关于废物处理方面要遵守相关环保方面的法规 and 标准,地下水资源回灌方面要获得相应部门的允许和许可,这些法律法规和政策环境的变化都会给项目实施和运营带来影响,加大了项目的复杂性及风险性。

5 结语

本文通过细致剖析平顶山盐田区水文地质状况对盐穴综合应用的影响,探究了地下水在盐穴储库密封情况,稳定情况等方面的作用以及盐穴用于其他途径时的优势和问题,其结果显示,平顶山盐田区盐岩和顶底板岩土具备比较好的力学表现和隔绝效果,这就为建设盐穴储库并开展相关运营工作给予了良好助力,不过还是要注意地下水运动的动态改变及其渗出可能性,要实施相应的保护手段与处理办法,往后,在盐穴多种应用技术逐渐改良完备之后,它会在更多的领域中起到作用,为保证能源安全,环境改善,长久发展作出努力。

参考文献

- [1] 林振洲,刘东明,张乐,蒋正中,荆磊,智庆全,张杰,周岳军,贾定宇,杨毅,梁明星,李洋,欧洋,翟景红.我国盐穴资源评价及调查技术研究[J].水文地质工程地质,2024,51(4):53-65
- [2] 俞宵轩.盐穴综合利用发展现状及对策建议[J].工程经济,2024,34(4):74-80
- [3] 任凭,齐磊,王玮,焦雨佳,周照恒,王文权.盐穴空间利用现状及发展趋势[J].油气田地面工程,2023,42(5):1-8