

水封油库设计的水文地质及工程地质问题

常广勋 王婵君 熊娟

华商国际工程有限公司, 北京 100069

[摘要]水封油库属于石油储存的关键设施,在设计之时务必要全面考量水文地质以及工程地质方面的条件,唯有如此才能切实保障储油的安全性以及环境的稳定性。文章着重围绕水封油库设计环节所涉及到的岩体裂隙呈现出的特征、地下水发挥的作用还有其动态方面的变化展开探讨,深入剖析水文地质特征给水封性能带来的影响机制,另外也对裂隙水处理应遵循的原则以及施工进度里存在的地质问题予以分析。通过细致分类岩体裂隙,深入剖析裂隙渗透性以及毛细作用等相关情况,进而提出较为科学且合理的注浆封堵技术以及湿润维护举措,以此来确保水封效果能够实现长期的稳定状态。与此就施工扰动给地下水系统造成的影响展开探讨,深入研究水位恢复的规律以及动态预测的方法,着重指出地质信息反馈在施工期间动态调整方面所起到的关键作用,为水封油库设计给予理论层面的指导以及工程实践方面的参考,推动储油安全和地质环境实现协调且有序的发展态势。

[关键词]水封油库;水文地质;工程地质

DOI: 10.33142/ect.v3i8.17530

中图分类号: P642

文献标识码: A

Hydrogeological and Engineering Geological Problems in the Design of Water Sealed Oil Depots

CHANG Guangxun, WANG Chanjun, XIONG Juan

Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100069, China

Abstract: Water sealed oil depots are key facilities for petroleum storage. When designing, it is necessary to comprehensively consider hydrogeological and engineering geological conditions in order to effectively ensure the safety of oil storage and the stability of the environment. The article focuses on exploring the characteristics of rock fractures involved in the design of water sealed oil depots, the role of groundwater, and its dynamic changes. It deeply analyzes the impact mechanism of hydrogeological characteristics on water sealing performance, and also analyzes the principles that should be followed in the treatment of fractured water and the geological problems that exist during the construction process. By carefully classifying rock fractures, deeply analyzing the permeability and capillary action of fractures, and proposing more scientific and reasonable grouting and sealing techniques as well as wet maintenance measures, we can ensure that the water sealing effect can achieve long-term stability. This article explores the impact of construction disturbance on the groundwater system, conducts in-depth research on the laws of water level recovery and dynamic prediction methods, and emphasizes the key role of geological information feedback in dynamic adjustment during construction. It provides theoretical guidance and engineering practice references for the design of water sealed oil depots, and promotes the coordinated and orderly development of oil storage safety and geological environment.

Keywords: water sealed oil depots; hydrogeology; engineering geology

引言

水封油库依靠地下水当作天然的屏障,以此来阻止油品出现外泄的情况,这算得上是在保障石油储存安全方面极为关键的一项技术举措。伴随着石油储存方面的需求不断增多,同时环境保护所制定的标准也在持续提高,水封油库在设计环节当中,水文地质以及工程地质方面存在的各类问题,其重要性便一天比一天更加突显出来。水封油库的设计工作,一方面要依靠针对岩体自身所具有的力学性质展开的相关分析,另一方面更要充分且透彻地去理解在裂隙系统里面地下水的分布情况、运动遵循的规律。岩体裂隙呈现出的发育状况,会对地下水的补给以及排泄能力产生直接影响。除此之外,施工过程中产生的扰动,对于地下水动态所造成的影响同样是不容小觑的,它会对

水封系统的稳定状态产生影响。本文依照当下针对岩体裂隙以及地下水所开展的研究进展实际情况,全面且细致地分析水封油库设计时所涉及到的水文地质方面的特征以及工程地质层面所面临的各种挑战,希望能够为相关的设计工作以及施工活动给予科学方面的依据以及技术层面的支持。

1 地下水在水封油库中的作用

储油石洞存在可以导致油品渗漏的裂隙,地下水才成为水封油存必不可少的因素。所谓“隙存水补”,就是正确的理解了“水封”的由来和地下水与水封油库之间的主从关系。可见只有在储油石洞中存在开启的裂隙并与外界相连通时,地下水才是水封油存必不可少的因素。那种认为水封油库非有足够量的地下水分布,甚至认为地下

水愈丰富,水封条件就愈好等观点,显然是片面的。一个好的库址,应该是裂隙越少,水量越少,就愈为优越。

2 岩体裂隙的分类与水文地质特征

2.1 岩体裂隙的主要类型:毛细裂隙与重力裂隙

岩体裂隙是水封油库地下水运动的关键通道,其类型对水封性能起着决定性作用。毛细裂隙一般宽度很小,大多在毫米级以下,水在其中主要依靠毛细作用来维持流动与存储,这类裂隙有较高的渗透阻力,可有效限制油品渗漏。相比之下,重力裂隙宽度较大,通常达到几厘米甚至数米,具有较强水流通道特性,水在重力裂隙中以自由流动的形式存在,流速较快且方向相对固定。这两者在空间分布和联通性方面存在明显差异,毛细裂隙多呈网状分布,且容易保持湿润状态;而重力裂隙则多集中在断层带或节理带,形成明显的水流通道。在水封油库设计过程中,理解和区分这两种裂隙类型,对于确定注浆封堵范围、维持湿润环境以及控制涌水量极为重要。

2.2 裂隙结构参数对渗透性与水封性的影响

裂隙的宽度、长度、连通性以及充填物的性质,这些都属于决定其渗透性和水封性的关键要素。其中,裂隙宽度会对流体的流动阻力产生直接的影响。当裂隙宽度比较小时,凭借毛细力便能够有效地阻止油品出现渗漏的情况;然而要是裂隙宽度过大的话,那就很容易会变成油品向外泄露的通道。至于裂隙的长度还有连通性这两方面的情况,它们能够决定地下水在岩体当中具体的流动路径以及补给的效率。如果裂隙所形成的网络呈现出较长的状态并且连通程度也很高,那么就比较容易构建起一个较为稳定的水流系统,这对于维持水封油库的水压环境是有帮助的。充填物的性质像是泥质、碳酸盐或者是胶结物等,这些都会对裂隙的渗透率以及稳定性有所影响。优质的充填物能够在一定程度上降低渗透性,进而强化水封的效果。在进行相关设计的时候,务必要综合现场勘察所获取的数据,对这些参数展开科学且合理的评估,以此来为裂隙封堵以及水封维护等工作给予相应的指导。

2.3 水跃值与毛细作用机制

水跃值乃是体现水位于裂隙当中跃升能力的一项关键指标,其主要受到毛细作用的影响。毛细作用借助水分子彼此间存在的粘附力以及岩体表面所具备的润湿性,促使水在细小的裂隙里能够形成高出自由水面的水柱,进而防止油气出现逆向渗漏的情况。水跃值的高低和裂隙的宽度呈现出反比关系,也就是说裂隙越是细小,那么水跃值就会越高,相应的水封效果也就越好。毛细作用一方面维持着裂隙内部的水压力,另一方面还通过形成稳定且不易变化的水膜来阻止油品进入裂隙,如此便达成了物理层面的油水分离。对水跃值加以准确的测定并合理地加以利用,这在水封油库的设计环节里是控制油气逸散的重要科学依据,能够大幅提升储存石油时的安全性。

2.4 裂隙发育对水封稳定性与油品逸散的影响

裂隙系统的发展状况同水封油库的稳固性以及油品出现逸散的风险有着直接关联。要是裂隙网络发育程度颇高,并且连通情况也很不错,那么这便有益于地下水展开循环补给活动,也有助于维持稳定的水压状态,进而强化水封所起到的作用。然而倘若裂隙的宽度以及连通性超出了一定的限度,那么它就会给油品发生渗漏的情况提供相应的路径,进而对水封体系造成破坏。由于裂隙存在非均一性,并且其空间分布也呈现出不规则的特点,所以水封油库在开展设计工作以及实施施工操作的过程中会面临诸多困难与挑战,这就需要针对那些重点裂隙去采取具有差异性的处理办法。过度的开采行为或者施工时的扰动情况很可能会促使裂隙进一步扩展并且连通程度加深,最终致使水封遭到破坏。所以说,精准地评估裂隙的发育状况,妥善地控制水文地质方面的各项参数,这是确保水封油库能够实现长效运行的基本前提。

3 涉水裂隙的处理原则与工程对策

3.1 含水裂隙的识别与涌水量测定方法

识别含水裂隙并准确测定涌水量是水封油库设计的基础。借助现场钻探、地质雷达以及水文地质试验等技术手段,可以精准定位高渗透性裂隙及断层带。测定涌水量时采用流量计和观测井水位变化相结合的方式,动态监测施工期间涌水的变化情况,以此为注浆封堵和排水设计提供参考依据。涌水量的多少一方面可反映出裂隙的渗透特性,另一方面也决定了泵坑排水设备的选型以及运行参数。科学且准确地识别与测定,对于实现针对性注浆、提高水封效果以及防止油品外泄等方面都十分有益。

3.2 注浆封堵技术与差异化裂隙处理策略

注浆封堵属于防止油品出现渗漏以及对地下水流动加以控制的一项关键工程举措,其在技术选取以及实施方案方面务必要结合裂隙的具体类型还有含水的实际条件来展开制定工作。就宽度相对较大且涌水量颇为显著的重力裂隙而言,应当选用具有高流动性并且水化学较为稳定的水泥基或者化学浆液来实施注浆操作,以此来保证裂隙能够实现彻底的封堵效果。而对于毛细裂隙来讲,注浆操作的重点在于对剂量加以控制,要防止出现过度堵塞的情况,以免对地下水应有的补给产生不利影响。差异化的处理策略在考虑裂隙的几何特征之外,还应当留意注浆材料的渗透性能以及其与环境的相容特性,从而切实保障水封系统能够在长期内保持稳定状态并维持生态方面的安全性。注浆的过程当中需要与实时监测相互配合起来,要及时对相关参数做出调整,进而确保封堵能够取得良好的效果。

3.3 保持围岩湿润状态的工程保障手段

围岩处于湿润的状态,这可是维持裂隙水封效应的关键所在。在施工进程当中,得凭借合理的排水方面的设计以及注浆封堵的相关举措,以防出现过度排水的情况,进

而致使围岩变得干燥,并且让裂隙产生开裂的现象。等到施工进入到后期阶段以及在投产之前,可以运用循环喷淋的方式以及人工补水的办法,以此来维持围岩处于较为稳定的湿润状态。处于湿润状态的裂隙,其一是能够增强毛细力的作用,其二是可以有效地对油气渗漏加以阻止,同时也能防止裂隙进一步地扩展开来。工程保障方面,还需要合理地去选择施工工艺,尽量减少施工时产生的震动以及对周围环境的扰动,从而把裂隙出现二次扩展的风险降下来,进而确保水封油库整体的地质环境能够保持稳定的状态。

4 地下水动态变化与施工地质问题

4.1 施工扰动对地下水系统的影响

在施工进程当中所开展的爆破作业、开挖操作以及排水行为,会给地下水系统带来颇为显著的扰动情况。其中,爆破所产生的震动有可能致使裂隙出现扩展并且相互连通起来,进而使得水流所经过的路径以及流经的水量都发生相应改变。排水作业往往会使得局部区域的水位有所降低,对原本存在的水压平衡状态造成破坏,如此一来便会对水封所起到的效果产生影响。地下水系统针对这些扰动呈现出的动态响应情况,具体表现为水位会出现急剧下降的情形,并且水流的方向也会发生改变,这两方面的情况给施工安全以及水封的稳定状况都带来了双重方面的严峻挑战^[1]。要是能够对施工流程予以合理的规划安排,同时科学地去控制排水的量以及爆破所释放出来的能量,那么就能够最大程度地减少对地下水系统产生的那些不利影响,从而确保水封油库可以安全地进行运行操作。

4.2 水位下降与恢复的动态过程

水封油库在施工的时候,地下水水位往往会明显下降,等进入到稳态恢复阶段之后,水位才会慢慢回升起来。水位下降的速度会受到裂隙结构、补给条件以及排水强度等因素的影响,而恢复的过程则要依靠周围含水层的补给速度以及裂隙毛细作用的恢复能力^[2]。水位的变化和油水界面的稳定有着直接的关系,如果水位过低,就有可能导致油品出现渗漏的情况,恢复的速度慢了又会对后期的运营安全产生影响。所以,通过监测水位变化的曲线,再结合水文地质模型,准确地预测水位的动态情况,这对于保证施工阶段以及运营阶段水封系统的稳定性来说是非常关键的。

4.3 地下水动态预测方法

地下水动态预测主要依靠水文地质参数、裂隙分布以及施工条件等方面的情况来开展相关工作。在具体的操作过程中,会采用数值模拟以及统计分析这两种方法。所构建的模型把水流动力学因素、毛细作用情况以及地下水补

给状况都纳入到考量范围之内,如此一来便能够较为有效地对施工以及运营期间的水位变化大致走向以及地下水流动的具体特性做出预测。就数值模拟方法而言,像有限元以及有限差分这类技术手段会被运用到其中,并且还会和现场实际观测所获取的数据结合起来,进而通过建立起三维裂隙水流模型的方式,精准地呈现出水封油库的地下水动态实际情况^[3]。而统计分析这边,则是借助历史数据以及水文地质方面的监测手段,以此来揭示出地下水系统所存在的周期性变化规律以及出现的异常波动具体特点。科学且合理的地下水动态预测,一方面能够为施工排水以及注浆封堵等相关事宜给予决策方面的有力支持,另一方面也为实现水封系统在长时间内的安全稳定维护打下了坚实的基础,进而切实保障储油环境能够达成可持续性的管理状态。

5 结语

水封油库在设计以及施工进程当中,水文地质方面的问题还有工程地质相关的问题是始终贯穿于其中的,这些问题会对油库的安全性产生直接影响,同时也会对环保效果起到关键作用。本文全面且细致地分析了岩体裂隙所具有的各类类型以及其相应的特征,还详细阐述了裂隙参数对于水封性能所具备的决定性影响,着重指出了毛细作用以及水跃值在水封机制里所占据的核心地位。就含水裂隙而言,提出了较为科学合理的识别办法以及注浆封堵的相关策略,同时也强调了维持围岩处于湿润状态的重要意义。施工扰动给地下水系统所带来的影响以及其呈现出的动态规律,借助地下水预测手段以及地质信息反馈机制,达成了行之有效的动态控制效果。在未来水封油库的设计环节当中,应当持续不断地深化针对水文地质以及工程地质展开的综合性研究工作,强化在施工期间的动态管理工作,以此来保证水封效果能够实现长期的稳定状态,并且确保油品储存过程中的安全与环保,进而推动石油储存技术朝着更为科学合理且可持续发展的方向不断迈进。

[参考文献]

- [1]胡启阳.裂隙岩体地下水封油库水幕钻孔注水渗流机理研究[D].河南:河南大学,2024.
- [2]江顺利,周金明,周立坚,等.广西北部湾地下水封石洞油库选址地质条件分析[J].中国煤炭地质,2022,34(11):46-50.
- [3]王者超,张彬,乔丽苹,等.中国地下水封储存理论与关键技术研究进展[J].油气储运,2022,41(9):995-1003.

作者简介:常广勋(1979.6—),男,汉,河南,高级,硕士研究生,北京工业大学,油库、冷链物流仓库、棉花库、综合物资库等商物粮行业设计及建设项目管理工作。