

气田采出水处理技术应用与经济效益

孙 思 何 坤 惠宝平 魏晓文 林海清

(中国石油长庆油田分公司第三采气厂, 内蒙古 鄂尔多斯 017300)

摘 要: 天然气生产历来在国民经济中起着重要作用。气田在开发初期基本无水或只有少量凝析水产生。当进入中、后期开采后, 随着气井产水(气水)率的升高, 天然气的开发难度加大, 使气田的天然气产量和采收率递减加快更有甚者淹没气田, 迫使气田生产井停产。排水采气是减轻气田水影响天然气开采的一种有效措施, 是老气田稳产的一种主要技术手段。但气田水矿化度较高, 并含有氯化物、硫化物、CO、悬浮物和有机物等污染物, 若排入环境, 将造成污染。因而排水采气生产的气田水能否得到妥善处理将直接影响到整个排水采气工艺的实施, 进而影响有水气田的开发。为保证采气生产正常进行和保护环境, 气田水的出路问题必须解决。减少气田水对环境的污染, 从而保证天然气的正常开采, 增加天然气产量, 越来越受到人们的关注。本文通过介绍当前气田采出水处理技术的发展现状, 引出各处理技术的应用前景及未来发展的方向, 同时介绍了气田采出水处理的经济效益。

关键词: 气田采出水; 处理技术; 经济效益; 影响

0 前言

气田水通常是指在采气过程中随天然气开采带出地面的地下水, 气田水大部分于气井井口经分离器而分离出, 少部分在天然气集输管线中凝结后分离出。此外, 天然气脱硫厂也产生大量污水, 与采气污水统称为气田水在天然气开采中, 随着气藏压力的降低, 地层水会逐渐浸入气藏并伴随天然气一道被采出。由于在地下与高温高压的油层接触, 这些水溶进了一些可溶性盐类、悬浮物、油、有害气体、有机物等。另外, 由于石油和天然气及地层水长期储存于地下, 一些微生物和细菌也生存于其中, 在油、气从地层中被采出时, 会与其它杂质一起混入水中被带出地面。所以采出的地层水是一种淡盐水, 矿化度一般有几万 mg/L~ 十几万 mg/L, 除含大量 CL 外, 还可能含有硫化物、Cd、Pb、Zn、Ba、As 等有害物质。采气污水不仅水质复杂, 且水量也很大。特别是到了气田开采中后期, 由于采取强化排水采气措施会使气井的产水量迅速增加。

1 气田水对环境和天然气产量的影响

1.1 气田水对环境的影响

随天然气的采出, 气田水产出量日益增大, 气田水外排所引起的环境问题也严重起来。气田水对环境的影响具体表现在以下几个方面:

第一, 若气田水冲入河流或渗入地层, 将使水体的 COD、色度、悬浮物石油类、挥发酚、硫化物、金属离子等超标, 影响水生生物的正常生长。部分气田水中的悬浮物含量高, 常达 200mg/l 以上, 并呈胶体状, 若进入水体而长时间不能下沉, 将导致水体生态的自

净能力下降, 进而影响水的使用。

第二, 气田水中有害的重金属离子如 Cr⁺、Hg²⁺、Cd²⁺、Pb 等和不易被动植物降解的有机物易进入食物链, 并在环境或动植物体内蓄积, 从而危害人类的身体健康和生命安全。例如六价铬(Cr)通过食物链进入人体后, 其毒性主要表现为呼吸道、肠胃道疾患和皮肤损伤, 特别是它的致癌作用近年来已引起人们的广泛关注。

第三, 气田水中氯化物的含量常在至几万 mg/L~ 十几万 mg/L。大量的氯化物排入土壤中, 会造成土壤盐碱化, 土壤的理化性能被改变, 肥力下降, 同时因 Cl 活性比 N、P 要强, 所以会抑制农作物对氮、磷的吸收因而造成农作物减产。如果用含硫气田水灌溉农田, 硫化物会使农作物烂根死亡, 将严重影响生产。另外, 气田水中过高的 pH 值及石油类还会影响到土壤的结构, 使得附近土地呈现为棕褐色龟裂板结, 危害植物的生长。

第四, 气田水中溶解性固体或盐含量的变化很大, 其幅度可从近似于自来水直到接近饱和浓度。类似淡水或略具咸味的气田水排入农田, 其作用仅相当于大气降水。高含盐浓度气田水排入农田, 则将直接作用于有益的食用植物和其他植物, 造成植物柔软叶茎的质壁分离而枯死。石油类会堵塞土壤颗粒缝隙, 阻止农作物吸收水分和营养物质, 油膜粘附在农作物上, 会使青苗枯死而减产。

1.2 气田水对天然气的影响

随着国家对“西部大开发战略”以及“西气东输”

战略性能源结构调整的实施,无疑将给天然气工业带来极大的发展机遇。随着天然气工业的发展,气田区域面积不断扩大,开采的气井会越来越多,这样一来,不但天然气产量得到大幅度提高,而且气田水产量也将会增大。当气田气井逐步进入中、后期开采后,气田水产生量将大大增加。因此,加强对气田水处理工艺的研究,将直接关系到天然气工业发展的进程,否则将会丧失目前天然气工业发展的大好机遇。

在天然气开采中,随着天然气的不断采出,产气层中的地层压力逐步降低,边水,底水逐步推进至气藏,当气田进入中后期开采后,边水,底水的推进速度更快。若不及时采取措施将浸入产层的边水,底水排出,产气层必将水淹没。为了提高天然气采收率而采取各种排水采气措施就势在必行,如以气带水,化学排水,气举排水,机抽排水以及增压采气等。随着这些排水采气技术措施的实行,气田水也将大量涌向地面。如果对气田水不能进行有效处理,必将对气井进行限产甚至关井。因此,对气田水处理工艺的研究将会直接影响到天然气的采收率。

2 气田采出水处理技术的应用

气田采出水处理的工艺流程主要包括预处理、生物处理、深度处理和再生处理等。其中,预处理主要是根据水质特点进行初步处理,去除悬浮物、泥沙等杂质,以便后续处理;生物处理主要是采用生物反应器等设备进行高效处理,降解 COD、BOD 等污染物质,达到排放标准;深度处理主要是采用反渗透技术进行深度过滤,去除微量污染物等;再生处理则是将处理后的水进行再利用,用于生产活动或景观绿化等方面。在气田采出水处理技术和设备的选择上,应考虑水质特点、处理工艺流程、处理水量等多方面因素,选用适合的技术和设备进行处理。常用的设备包括:混凝沉淀槽、生物反应器、反渗透设备、紫外线消毒器等。其中,生物反应器是针对气田采出水的一种高效处理设备,可降解 COD、BOD 等污染物质。

2.1 物理法

2.1.1 气浮分离技术

通过向采出水中通入空气,使空气以微小气泡的形式析出并作为载体,使采出水中的微小悬浮固体颗粒等污染物质粘附在气泡上,因密度小于水而上浮,达到净化采出水的目的。该技术的显著优点是设备简单,操作方便,能够直接去除水中的悬浮固体颗粒和油滴;处理效率高,对于含油污水处理效果显著;不产生二次污染,符合环保要求。

2.1.2 膜分离技术

膜分离技术包括微滤、超滤、反渗透和纳滤等,适用于去除气田采出水中的微小颗粒、有机物和盐类。微滤和超滤通过不同孔径的膜进行物理分离,而反渗透和纳滤则利用压力差和半透膜的选择性通透性进行分离。这些方法能够高效地净化水质,去除溶解性有机物和盐类,产生高质量的处理水。选择合适的膜结构,可以一次性去除水中的固体颗粒,去除率较高,不会造成二次污染,操作方便且安全性较高。但该技术存在膜污染和浓差极化等问题,导致运行中渗透通量随运行时间的延长而下降,且造价成本较高。

2.1.3 旋流分离技术

适合处理油水密度差大于 0.05mg/L 的含油污水,可以去除颗粒直径大于 10 μ m 的悬浮固体以及分散油。处理设备旋流器具有重量轻、体积小、速度快、操作压力范围大、处理水量大等优点,但旋流器不耐磨,运行不稳定。

2.2 生物法

第一,活性污泥法是一种污水的好氧生物处理法,它利用接种培养驯化后的活性污泥,通过在曝气池里与废水混合曝气以净化废水。活性污泥法能够去除废水中的有机物,是经过吸附、微生物代谢、凝聚和沉淀三个过程完成的。为了保持活性污泥吸附氧化的活力,除了控制合适的酸碱度、温度、溶解氧等条件外,还要有一定的营养物质作为微生物生长繁殖的能源。能够从污水中去除溶解性的和胶体状态的可生化有机物以及能被活性污泥吸附的悬浮固体和其他一些物质,同时也能去除一部分磷素和氮素。具有运行管理方便、费用低的特点,但反应速度较慢,需要保证足够长的停留时间才能使出水水质达到较高要求。第二,生物接触氧化、生物滤池等生物膜技术:在采出水处理中也有应用。第三,厌氧生物法:可以使采出水中难降解的有机污染物在厌氧菌的作用下转化为二氧化碳、水和甲烷等容易降解的化合物,改善废水的生化性。

2.3 化学法

2.3.1 光化学氧化技术

使用过氧化氢和臭氧作为氧化剂,在可见光或紫外光的照射下进行氧化分解,使污染物降解。该技术可在常温常压下进行,氧化能力较高,前景广阔。

2.3.2 臭氧氧化法

臭氧氧化法是一种常用的废水处理方法,其原理是将臭氧通入废水中,利用臭氧的强氧化性将废水中的污染物氧化分解,从而达到净化水质的目的。臭氧

氧化法主要通过以下三种方式进行净化:①直接氧化是臭氧直接与废水中的有机物发生氧化还原反应,将有机物转化为无机物;②间接氧化是臭氧在水中分解产生自由基,这些自由基与废水中的有机物发生氧化还原反应,将有机物转化为无机物;③臭氧催化氧化是在催化剂的作用下,臭氧与废水中的有机物发生氧化还原反应,将有机物转化为无机物。

臭氧氧化法具有处理时间短、效率高、不会产生二次污染等优点。但是,臭氧氧化法的成本较高,且对某些有机物净化效果不佳,因此在实际应用中需要根据实际情况进行选择和调整。

2.3.3 电化学氧化法

电气浮法是一种利用电化学方法去除水中的悬浮物、油类、有机物等有害杂质的废水处理单元操作技术。它是将正负相同的多组电极安插于废水中,当通以直流电时,产生电解、颗粒极化、电泳、氧化、还原、电解产物间及废水间的相互作用等。按阳极材料是否溶解可将电气浮法分为电凝聚气浮和电解气浮:当采用可溶性材料如铁、铝等作阳极时,称为电凝聚气浮;当用不溶性或惰性材料如石墨、铂、二氧化钨等作阳极时,则称为电解气浮。电化学技术运行成本低、效率高,不产生二次污染,设备简单,兼具气浮、絮凝、杀菌性能,尤其对难生物降解有毒污染物的去除非常有效,是目前国内外研究较为活跃的领域。

2.4 排水采气技术

2.4.1 泡沫排水采气技术

向天然气井中注入起泡剂,起泡剂与储层中水接触产生稳定泡沫,缩短水的表面张力,使泡沫在井中天然气的携带下将底层积液举到地面。该技术适合压力较低、水量较少的天然气井。该技术适用于低压、低水量的天然气井。具有操作简便,能够有效排出井中的积液,同时提高天然气采收率,降低成本的优点。

2.4.2 连续气举排水采气技术

向天然气井中注入高压气体,使井底气体增加与井筒内液体混合,由于注气点以上流动压力减少,井底积液被排出。该技术适应性较强,适合多种环境,但注入的高压气体会在井里形成回压,可能导致积液不能完全排出。

3 经济效益分析

3.1 投资成本

气田采出水处理技术的投资成本包括设备购置费、工程建设费、土地租赁费等。不同的处理技术和处理规模会导致不同的投资成本水平。投资成本的大

小直接影响到项目的经济可行性,需要进行充分的成本效益分析,确保投资能够得到合理回报。

3.2 运营成本

运营成本包括设备维护费、能耗费、化学药剂费用、人工费用等。这些成本随着设备运行时间和处理水量的增加而增加。选择合适的处理技术和优化运营管理措施,可以有效降低运营成本,提高经济效益。

3.3 环境保护效益

气田采出水处理技术的应用可以有效减少环境污染,降低对生态系统的破坏。通过去除污水中的有害物质,可以降低对地下水和土壤的污染风险,保护生态环境和生物多样性。

3.4 经济效益

①提高油气资源利用率:通过采出水处理,可以回收再利用部分水资源,降低新水资源的开采成本,提高油气资源的利用率;②节能减排:采用高效的气田采出水处理技术,可以降低能源消耗和化学品使用量,减少温室气体排放和环境污染;③降低成本:虽然气田采出水处理技术的初期投资可能较高,但长期来看,通过减少环境污染和降低能源消耗,可以降低企业的运营成本。此外,达标排放的采出水还可以用于农业灌溉、工业生产等领域,创造额外的经济收益。

3.5 社会效益

气田采出水处理技术的应用还有助于提高社会形象和信誉度,增强企业的社会责任感。通过积极参与环保事业,企业可以树立良好的社会形象,赢得消费者和投资者的信任和支持。

4 结束语

气田采出水处理技术的研究与应用对于环境保护和经济发展具有重要意义。通过采用高效、经济的处理技术,可以降低处理成本,提高出水水质,实现采出水的再利用。同时,加强技术创新和研发投入,推动气田采出水处理技术的不断进步和发展。在未来的发展中,应充分考虑市场需求和环保政策等因素,制定科学合理的投资策略和技术方案,为气田采出水处理提供有力保障。

参考文献:

- [1] 苏碧云,黄力,李善建等.气田含醇污水预处理工艺参数优化[J].石油化工应用,2018,37(11):21-24.
- [2] 王娜,张昆,赵丽丽等.海上油气田采出水处理技术的现状与展望[J].石油机械,2021,17(10):76-77
- [3] 王志军,朱煜,李俊汉.油气田采出水深度处理和利用技术简析[J],石油化工 2022,06(05):55-57