

高效煤层气储运及低温液化技术可行性研究

段玉杰（山西蓝焰煤层气集团有限责任公司，山西 晋城 048000）

摘要：随着经济社会的持续快速发展，煤层气的应用价值愈发突出，如何采取科学有效的技术方法，全面优化提升高效煤层气储运及液化成效，备受业内关注。基于此，本文首先介绍了煤层气储运及液化技术现状，分析了储运方法分析及小型液化技术应用，并结合相关实践经验，分别从优化煤层气液化流程等多个角度与方面，探讨了优化煤层气储运及低温液化技术的方法路径，阐述了个人对此的几点浅见。

关键词：煤炭开采；高效煤层气；储运液化；技术应用

0 引言

当今社会，社会生产生活节奏持续加快，对煤层气等天然气资源产生了迫切需求。当前形势下，技术人员有必要根据高效煤层气现状特点，精准把握其储运及低温液化技术的核心要求，宏观审视技术应用中的关键步骤，全面提升煤层气的综合应用价值。

1 煤层气储运及液化技术现状

煤层气属于非常规天然气资源范畴，通常与煤炭资源存在伴生和共生关系。在国家能源结构体系持续调整优化的背景下，深入开发利用煤层气不仅可弥补资源供需矛盾问题，而且有利于拓展丰富清洁能源利用范围，同步改善能源消耗质量。纵观以往煤层气开发利用实际，其整个抽采过程可细化分为地面开采和井下抽采等两种类型，二者在适用条件与操作过程等方面存在一定差异。

近年来，国家相关部门高度重视煤层气储运及低温液化技术的创新应用，在技术应用规则标准、甲烷含量监测控制等方面制定并实施了诸多具有导向的政策策略，为新时期煤层气高效、安全、深度开采提供了有效支撑，在实践领域取得了令人瞩目的现实成就。同时，广大技术人员同样在破解煤层气储存和运输难题，转变固化技术难题等方面进行了积极探索，积累了丰富而宝贵的实践经验。尽管如此，由于煤层气密度较小并含氧气，原有管道加压输送等方式不同程度存在隐患，因此有必要总结分析相关技术路径，多维度提升煤层气开发利用质效^[1]。

2 储运方法分析及小型液化技术

2.1 储运方法分析

2.1.1 小型煤层气液化技术

研究表明，煤层气开发利用成效的高低与其勘探、开发和储运技术等具有直接关联。现代基础研究与技术设备的多元化发展，为小型煤层气液化实践提供了

更为灵活多变的工具载体，使传统技术工艺条件下难以实现的液化效果更具实现可能。部分煤炭资源埋藏环境复杂，所伴生共生的煤层气状态同样相对分散，这为小型煤层气液化技术的有效利用提供了前提条件。依托于小型煤层气液化技术，可有效降低液化过程的设备成本，减少制冷剂的使用量，且可按照“先抽后采”作业方法，消除诱发瓦斯事故的潜在隐患，确保作业安全。同时，小型煤层气液化技术还可做到撬装化生产，便于将液化完成的煤层气进行车载运输，可用作调峰调度，整个过程安全可靠^[2]。

2.1.2 不同储运方法对比分析

煤层气储运方法多种多样，不同方法各有优劣，特点不一。对于管道运输，其整个线路相对固定，输送气量相对稳定持续，整个技术框架相对成熟，尤其适用于矿区和城市之间的煤层气运输，但前期基础设施投资较大；对于合成重烃方法，其特点主要为煤层气发电后通过电网向外供电，可在有限范围内实现能源资源类型转化，但其整个工艺流程复杂，需要使用高效催化剂，综合考量各类影响因素；对于压缩天然气运输，则可将煤层气置于特定压力之下进行运输，技术应用成本低、效益高，对充气设施的安全性和稳定性具有较高要求，需要严格控制压缩过程中的氧气含量摄入；对于天然气水合物输送，其可利用水合物包络状晶体结构储存气体，在更为温和的条件下进行保存和运输。

2.2 煤层气液化技术

2.2.1 级联式液化技术

从性状等本质条件角度分析，煤层气与常规天然气较为相似，二者的液化过程大致相同，具体实践中的液化工艺方法存在一致性。在级联式液化流程中，需要首先构造制冷循环流程，按照分级制冷操作方式，将整个制冷循环细化分为多个子环节，通过控制各个

子环节的衔接性,实现整体循环制冷效果。通常情况下,该液化流程需要使用包括丙烷、乙烷和甲烷等在内的多种纯制冷剂,并根据具体温度等级设定相应操作方法。从以往实践来看,级联式液化流程的整个能耗相对较低,可使用较少能耗完成更多数量的煤层气液化任务,且无需考虑制冷剂这类纯物质的配比问题。但该技术方法对机组设备的整体要求较高,其管道与控制系统相对复杂,需要做好专门处理^[3]。

2.2.2 混合制冷剂液化技术

混合制冷剂液化技术需要采用多类型的循环制冷剂,发挥烃类混合物制冷剂液体的气化作用,与目标范围内的煤层气进行交换,以降低其温度,为液化过程创造有利环境。与级联式制冷工艺相比,该技术在保留其优势优点的同时,简化了工艺环节,减少了技术应用中的经济成本,具有更好经济性。现状表明,该技术方法在制冷剂选择及应用中,需注重配比比例,避免比例失衡失调而降低液化效率。受限于客观条件,该液化技术需要更多的冷量,这使其比级联式循环流程效率相对较低。该液化技术方法的运用需全程做好相关数据监测,配置性能稳定的监测装置,并根据监测数据状态,识别判断煤层气液化状态,为及时调整工艺方法进程提供参考。

2.2.3 带膨胀剂的液化技术

膨胀剂是辅助煤层气液化的重要物质,在提高液化效率,优化液化工艺流程等方面发挥着不可替代的关键作用。以膨胀制冷循环为基础的煤层气液化技术流程更加平稳,整个过程在膨胀剂辅助作用下降低温度,创造良好液化条件。根据技术工艺介质差异,该液化技术可分为天然气膨胀剂制冷技术和氮气膨胀剂制冷技术两种类型。前者工艺流程环节相对简便,液化过程相对稳定,且便于随时调节液化过程,能能耗较低,对于天然气输送端和使用端存在一定压力差的场所更为适用;后者则具有较强通用性,由于氮气膨胀剂制冷循环具有相对密闭性,需在液化过程中有针对性地消除潜在干扰因素影响,以保证液化率^[4]。

3 优化煤层气储运及低温液化技术的方法路径

3.1 优化煤层气液化流程

根据煤层气储运和低温液化需求,对以往既有储运和液化工艺流程进行重构再造,对其中不符合煤层气储藏环境、不符合高效安全储运与液化要求的工艺步骤进行优化完善,并通过提高相应装置设备热效率等方式,促进设备易撬装化,降低技术工艺成本。

结合煤层气客观实际,制定具有差异化的储存及低温液化技术规则,明确各个环节的具体技术要求,配置基于压缩机驱动的液化装置,以更加有序地完成液化流程。提高煤层气储运及液化作业人员操作技能,定期组织其参加专项培训与学习,提升责任意识与安全意识,充分实现煤层气液化的预期技术效果。

3.2 优化煤层气预处理技术的应用

煤层气的主要成分是甲烷,无色无味,其溶解度与压力呈正相关关系。预处理环节是高效煤层气储运及低温液化中的关键环节,需要按照特定技术规范分别进行脱酸气处理和脱水处理。在脱酸气预处理中,可采用技术流程相对成熟的醇胺法,将一乙醇胺、二乙醇胺或甲基二乙醇胺等作为试剂,通过稳定可靠的净化工艺处理后,达到脱酸气效果。在煤层气脱水方面,则应根据分子筛脱水特点,设定符合工艺标准的低水汽分压、高温和高气体线速度条件等,对脱水分子筛进行再生处理,保持吸附塔内气体流速,使脱出的水汽能够自下而上排出,完成脱水预处理。

3.3 做好对整个储运及液化过程的监测控制

引入信息化技术,建立基于计算机技术的煤层气储运及液化监测控制平台,对整个过程保持动态化监测,建立针对管道调峰的煤层气液化循环体系,随时实现液化调峰效果。注重对煤层气储运及液化监测数据的研判分析,剔除存在明显偏差的异常数据,根据监测数据所反映出来的信息,对煤层气液化流程予以调整,使其始终保持最高效的液化状态。构建基于煤层气储运与液化全流程的数据库,选择具有代表性的技术参数,建立液化模型,细化煤层气液化过程的参数分析和优化分析,通过热力学模型等载体清晰直观观察煤层气液化全过程。

3.4 探索采用煤层气固态储运技术

在特定温度和压力条件下,多种不同类型的混合物可生成新的笼形冰晶体物质,即气体水合物。通过发挥气体水合物的有效作用,可针对煤层气客观现状,构造固态储运工艺流程,减少不必要的中间环节,提升储运效能,减少储运环节的能源损失。在煤层气固态储运技术应用中,需严格控制单位体积水合物数量,提高其晶体晶穴填充率,规避潜在扰动因素影响。按照水合物形成规律,单位空间范围内的甲烷值含量和压力参数与液化时间具有正相关关系,这要求储运过程防止反应器中的空气浓度过高,以免破坏水合物的生成条件^[5]。

4 高效煤层气低温液化流程设计和计算

4.1 液化流程优化设计

正如前文所述,高效煤层气低温液化技术方法种类较多,且可根据工艺需求对相应环节与步骤进行复合改进,以满足煤层气处理规模和运行时长等要求。高效煤层气液化流程的优化设计应注重强化系统工艺的自动化程度,配置性能稳定的压缩机与驱动机系统,以保证液化产品质量,提升液化工艺方法的整体液化能力。在液化工艺流程环节中增设高压级出口预热器,构造闭式混合制冷剂流程,适度提高液化出口预热温度,提高液化效率。优化第一换热器与第二换热器之间的衔接关系,使液化过程逐级冷却,获得更高纯度的液化产品。

4.2 煤层气低温液化相平衡计算

高效煤层气低温液化技术的应用可使所采用到的系统混合物形成若干相,通过相平衡计算和优化,可保持整个液化流程的整体平衡状态,有助于保证液化效果,确保液化质量。对此,可采用活度系数法等,构造基于临界条件的油气相平衡计算解析式,分别得出低温液化相平衡计算参数,为调整优化低温液化各类技术参数提供参考(如图1所示)。影响煤层气低温液化相平衡状态的各类因素较多,需要根据煤层气特点、工艺需求、换算系数与压力温度等条件予以考量,满足液态烃类的质量比热容要求。

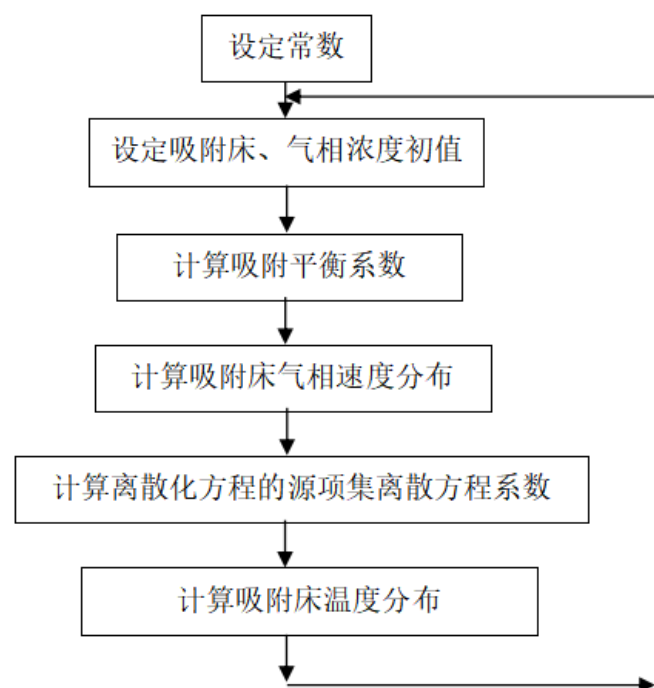


图1 低温液化相平衡计算示意图

4.3 液化流程设备模块分析及选型

在当前技术条件下,可根据特定工艺标准,将高效煤层气液化工艺流程细化分为若干模块,通过衔接各子模块之间的顺序关系,获取整个液化效果。对此,可采用流程模拟系统软件,建立基于多类型数据集的液化物性数据库,包括纯组分数据、电解质水溶液数据、固体数据和二元交互作用参数数据等。在高效煤层气低温液化模块构造初步形成后,可对其可行性与经济性作出验证处理,同步提升压缩机轴封气密性,避免煤层气易燃易爆等特点造成的隐患。对照加热和冷却曲线,调整优化换热器工况状态,设定模块出口温度。

5 结语

综上所述,受技术方法、储运条件与外界环境等要素影响,当前高效煤层气储运及低温液化技术应用中依然存在诸多短板与不足,不利于实现最优化的技术应用效果。因此,技术人员应摒弃传统陈旧的技术条件束缚,密切分析高效煤层气埋藏环境,建立健全基于全流程的煤层气储运及低温液化技术流程,合理控制各个环节步骤的衔接效果,为全面彰显低温液化技术价值奠定基础,为促进高效煤层气合理开发利用贡献力量。

参考文献:

- [1] 殷久冬,陈明东,李元吉,等.干水对煤层气固化形成水合物动力学特征的影响[J].科学技术创新,2023(34):8-10.
- [2] 张朋涛,石贺,牛靖.煤层气管道储运安全管理工作中存在的问题与对策[J].化工管理,2022(34):203.
- [3] 贾晓亮.低浓度煤层气液化装置高纯氮供应系统控制参数研究[J].煤化工(下旬刊),2021,19(5):74-77,85.
- [4] 王勇,黄克海,肖正,等.煤层气深冷液化关键机电设备在线故障诊断系统的研究[J].矿业安全与环保,2023,40(1):48-51.
- [5] 朱菁,王长元,张武,等.含氧煤层气流量变化对液化工艺影响的模拟研究[J].矿业安全与环保,2022(5):1-4.

作者简介:

段玉杰(1992-),男,山西陵川人,2014年7月1号毕业于山西农业大学信息学院,本科学历,助理工程师,供职单位:山西蓝焰煤层气集团有限责任公司,从事煤层气工作研究。