

地下储气库露点控制工艺概述

Overview of dew point control

technology of underground gas storage

李立婉 (国家管网集团工程技术创新有限公司, 天津 300450)

Li Liwan(PipeChina Engineering Technology Innovation Co.Ltd, Tianjin 300450)

摘要: 为贯彻国家储气要求、推进产供储销体系建设,我国储气库建设进入“快车道”。本文结合储气库工程设计经验,根据地下储气库采出气特点,经比选分析确定合理的露点控制工艺。储气库采气初期可以-T阀制冷控制外输气的露点,后期则需通过-T阀制冷+丙烷辅助制冷的工艺控制外输气的露点。目前国内储气库露点控制工艺主要采用注乙二醇+J-T阀制冷脱水脱烃工艺。同时结合储气库现场运行实践经验,对露点控制装置运行存在的问题提出合理化建议。研究成果可为今后地下储气库露点控制方案设计提供参考。

关键词: 储气库;脱水;脱烃;露点控制

Abstract: In order to implement the national gas storage requirements and promote the construction of production, supply, storage and marketing system, gas storage construction has entered the "fast lane". Based on the engineering design experience and the characteristics of underground gas storage, the reasonable dew point control technology is determined by comparison and analysis. In the early stage of gas recovery, the dew point can be controlled by J-T valve refrigeration, and in the later stage by J-T valve refrigeration and propane assisted refrigeration. At present, the dew point control process mainly adopts ethylene glycol injection + J-T valve refrigeration. Combined with the practical experience, reasonable suggestions are put forward for the problems existing in the operation. The research results can provide reference for the design of dew point control scheme of underground gas storage in the future.

Key Words: Underground gas storage; Dehydration; Dealkylation; Dew point control

为贯彻国家储气要求、推进产供储销体系建设,国内正在加快储气调峰项目建设^[1]。面对复杂多样的地质条件和建库模式,成熟的储气库工程地面工艺体系正在逐步形成和完善。由于地下储气库采出气要输送至管网系统参与调峰,为保证外输气的烃、水露点达标,合理的露点控制工艺选取是储气库工程建设的重要一环。

1 地下储气库采出气特点

1.1 采出气量变化范围大

为满足下游用户调峰气量需求,采气期地下储气库的采出气量存在波动范围较大的特点,具体情况根据气源气量、管网输气能力、用户类型、用户用气量各有差异。同一采气周期内,采出气量变化范围可能达到20%~120%。

1.2 压力变化范围大

地下储气库采用循环注采气模式运行,注气期,管网系统来气不断注入地下,地下储气库地层储量不断增加,地层压力也不断升高,井口压力也随之升高。采气期开始后,随着调峰气量的波动,下游管网压力不断变化,影响到采气井口压力也不断波动。以国内某地下储气库为例,其井口压力与外输管网运行压力关系见下表1。

表1 某气库运行压力及地层压力对比表

工作气量,亿方	1.3
年注气天数	220
年采气天数	120
地层压力区间 MPa	16~34
井口压力区间 MPa	8~29
外输管网运行压力区间 MPa	6.0~8.5

因此,应结合储气库运行特点,根据采气井在每个采气期井口压力变化情况和井口最低压力条件,在满足产品气外输水、烃露点要求及外输压力的前提下,尽可能降低能耗,充分利用地层能量,提高现场操作灵活性,合理确定采用的露点控制工艺。

2 脱烃工艺

天然气在集输过程中会因温度或者压力的变化产生反凝析现象,这就是烃质带来的影响,特别是液态的烃质,会给管道集输造成腐蚀和堵塞。地下储气库采出气要达到外输条件,除了要除去其中所携带的固体杂质和游离液体外,还必须除去在输送条件下会凝结成液体的气相水和天然气液烃(NGL)组分。天然气脱水脱烃即指脱除天然气中会影响其在输送条件下正常流动的那部分气相水和 NGL 组分,以满足天然气在管输条件下对水露点和烃露点的要求。地下储气库采气装置只需对外输干气的水露点及烃露点进行控制,不以回收轻烃为目的,这种只为满足输气要求的脱水脱烃通常被称为“浅脱”^[2]。

对含有较多 NGL 组分的天然气而言,能有效同时脱除其中水和烃的方法是温降法,其中包括节流膨胀制冷法和外部制冷法,其中储气库工程中最常用的是节流膨胀制冷法中的 J-T 阀节流制冷法。J-T 阀在油气田上广泛用于有自然压力能可供利用的天然气“浅脱”设备。J-T 阀就是焦耳-汤姆逊节流膨胀阀^[3],利用焦耳-汤姆逊节流膨胀后温度会下降效应制成的阀门。J-T 阀节流制冷工艺利用高压天然气的压力能,通过 J-T 阀时,产生 J-T 效应,使天然气降温,经分离后脱除部分烃液和水^[4-5]。

在采气期,根据不同阶段井口采出气压力不同、产品气外输工况不同,所适用的制冷方式也不相同。储气库采气初期和中期井口压力较高,有足够的压力能可以利用。在满足外输压力达到管输要求的同时,仅通过 J-T 阀节流制冷工艺即可满足外输气的露点要求。随着井口压力的下降,则需借助丙烷辅助制冷的工艺。

因 J-T 阀节流制冷工艺在脱烃的同时也脱除了天然气中的水分,故将脱水、脱烃处理一并采用 J-T 阀节流制冷工艺。

3 脱水工艺

天然气脱水工艺目前常用的有:固体干燥剂吸附法、溶剂吸收法、低温法(注防冻剂)^[6-7]。

固体干燥剂吸附法常用的是分子筛吸附脱水工艺,主要用于天然气深冷加工,可使脱水后天然气含水量 $< 1\text{ppm}$,但是设备投资大,能耗大,运行费用较高。固体吸附方法能够将天然气中的水进行深度脱除,但其需要的外部能量较大,工艺也较复杂,一般只适用于小规模的自然气脱水处理,在储气库工程中的应用很少^[8]。

溶剂吸收法脱水常用的溶剂有二甘醇和三甘醇^[9]。储气库工程中普遍应用三甘醇脱水,主要是利用贫三甘醇吸收天然气中的部分饱和水。该工艺比较成熟、可靠,操作检修方便。脱水后的露点降一般为 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

注防冻剂法常用的防冻剂主要有甲醇和乙二醇。甲醇可用于任何操作温度。由于甲醇沸点低,蒸汽压高,故更适合用于较低的操作温度,若温度较高则蒸发损失较大。甲醇具有中等程度的毒性,一般不回收,甲醇的损失量较大,对环保有不利影响,除了紧急情况下采用,大量注入已不常采用。乙二醇可以回收,且回收工艺比较成熟,与溶剂吸收法比较不需吸收塔,投资低;天然气处理量发生变化时,只需改变乙二醇流量即可适应,操作灵活;天然气脱水后的水露点不受天然气进站温度的影响,能满足露点控制工艺制冷深度要求。

表 2 脱水工艺方案比较

项目	J-T 阀制冷法 + 注乙二醇	三甘醇脱水法
优点	1. 装置操作简单,占地面积小; 2. 装置投资及运行费用高(考虑增压)。	1. 操作温度下溶剂稳定,吸湿性高,露点降高; 2. 蒸汽压低,气相携带损失小; 3. 装置投资及运行费用低; 4. 进出装置的压降小。
缺点	1. 只适用于高压天然气; 2. 对于压力低的天然气节流降温不足,达不到水露点控制要求; 3. 如果没有足够的压降可利用,需要增压或外供冷源。	存在轻质油时,会有一定程度的发泡倾向,有时需加入消泡剂。
应用工况	有充足的压降可以利用的场合。	无自由压降可利用,能满足管输天然气水露点要求的场合。

为防止 J-T 阀节流降温形成水合物,运行中须在 J-T 阀前加入水合物抑制剂,目前国内储气库露点控制工艺主要采用注乙二醇+J-T 阀制冷脱水脱烃工艺,是综合运用物理脱水和低温脱烃的原理,主要基于乙二醇极强的吸水性和水合物抑制效果,以及低挥发性、可回收再利用性能。注入了乙二醇贫液的湿天然气经 J-T 阀膨胀制冷后,温度急剧降低,进入低温分离器中,天然气中的液烃被分离出来,携带部分水汽的乙二醇由贫液变为乙二醇富

液,之后进入乙二醇再生系统进行再生循环用。表2为种脱水工艺的比较。

4 储气库露点控制工艺流程

采用气高峰期,井场采出气经注采管线输送至集注站露点控制装置进行处理,处理后的合格干气输至管道管网系统进行调峰。采气露点控制装置采用注乙二醇+J-T阀节流制冷工艺,采气末期,当地层压力能不能满足干气外输压力要求时,采用降低单井产能提高井口压力的方式外输。

采气井场来井流物进露点控制装置生产分离器进行三相分离,分出的凝析油和水分别计量后进凝液管线。

生产分离器分出的天然气,经管道过滤器过滤后,经预冷器冷却后,在甘醇雾化器中与乙二醇混合后进换热器与低温分离器分出的天然气换热后,节流至露点控制温度后进低温分离器。低温分离器分出的气相经管壳式换热器复热后外输至港清三线大港末站。

低温分离器顶部设置过滤装置,过滤装置内设聚结滤芯,对直径 $0.1\mu\text{m}$ 及以下液滴的脱除效率为98%,直径 $0.1\mu\text{m}$ 及以下粉尘的脱除效率为99.9%,底部设加热盘管,分离出的凝液去凝液管线,富乙二醇水溶液去乙二醇再生系统再生。

低温分离器来富乙二醇节流后,先与乙二醇再生塔塔顶水蒸气换热,然后进闪蒸分离器,分出的低压气进放空系统,分出液相与塔底乙二醇贫液换热后进乙二醇再生塔。再生塔塔底采用导热油供热。再生塔塔底乙二醇贫液经贫液冷却器冷却后,由乙二醇注入泵提升,经甘醇雾化器雾化后,注入到预冷器后的气相中循环使用。图1为国内某储气库露点控制工艺流程示意图。

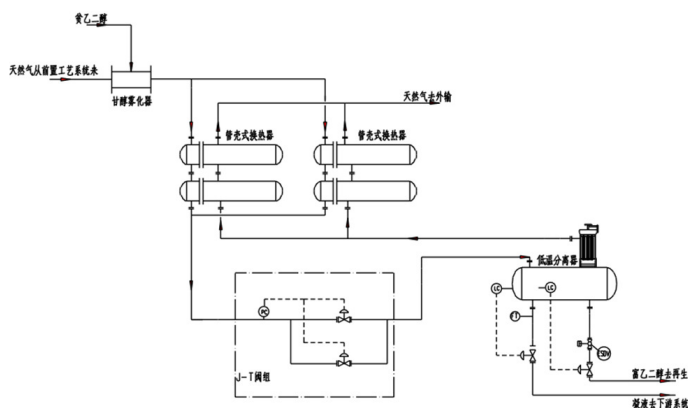


图1 某储气库露点控制工艺流程示意图

5 露点控制工艺运行存在问题

根据工程的实际情况,部分储气库针对露点控

制装置设计压力高的特点,采用双串双并管壳式换热器,充分回收冷量,降低系统压力损失。两路管壳换热器共同使用时偏流情况明显,致使换热效果差,露点温度难以控制。需依靠增加J-T阀压差来控制露点。导致上游井口采出压力增大。目前可在每套管壳式换热器热流进口管道、冷流进口管道各设置了1个流量调节阀,可根据现场运行状况进行远程及手动调节,从而有效提高管壳式换热器的换热效果。

6 结语

①地下储气库采出气具有气量变化范围大、压力变化范围大的特点,应根据井口及外输压力及脱水深度要求,确定采用的露点控制工艺;②储气库采气初期可以-T阀制冷控制外输气的露点,后期则需通过-T阀制冷+丙烷辅助制冷的工艺控制外输气的露点;③目前国内储气库露点控制工艺主要采用注乙二醇+J-T阀制冷脱水脱烃工艺;④露点控制装置采用双串双并管壳式换热器时,存在偏流情况明显,致使换热效果差,露点温度难以控制的风险,需在管壳式换热器进口管道设置流量调节阀进行调节,提高换热效果,保证露点控制的稳定性。

参考文献:

- [1] 刘焯,巴玺立,王念榕,等.中国储气库地面工程技术现状及优化建议[J].油气与新能源,2021,33(6):19-26.
- [2] 康剑阁.京58储气库群地面工程研究[D].成都:西南石油大学,2010.
- [3] 晁宏洲,王赤字,薛江波,等.克拉2气田天然气处理装置工艺运行分析[J].天然气化工:C1化学与化工,2007,32(3):63-67.
- [4] 李明,温冬云,吴艳,魏志强.相国寺地下储气库采出气脱水方案的选择[J].天然气与石油,2011(4):32-26.
- [5] 黄剑华,周彦鹏,闫敏辉.乙二醇+J-T阀脱水脱烃工艺在中国石油双6储气库的研究与应用[C].第31届全国天然气学术年会,2019.
- [6] 王刚.浅谈天然气脱水脱烃方法[J].化工管理,2016(8):128.
- [7] 王娜,张昆,赖燕,等.天然气脱水脱烃方法研究[J].辽宁化工,2015(12):1511-1512.
- [8] 张家铎.东北地区车用压缩天然气脱水脱硫研究[D].长春:东北师范大学,2009.
- [9] 周学深,孟凡彬.大张坨地下储气库地面工程设计[J].天然气工业,2003(z1):139-142.