

局部煤层气抽放与永久抽放系统并网技术

卢 平* 沈兆武
(中国科学技术大学力学系)

卢平等. 局部煤层气抽放与永久抽放系统并网技术. 天然气工业, 2000; 20(6): 88~ 91

摘 要 我国大部分煤田属高瓦斯煤气田, 在煤炭开采时, 煤层中的煤层气(瓦斯)将大量释放到开采空间, 造成严重的安全隐患, 因此, 煤层气抽放是高瓦斯矿井解决煤炭开采时瓦斯超限的主要技术措施。我国很多矿井建立了地面永久煤层气抽放系统, 以解决煤炭开采安全问题, 同时, 又可将抽放出来的煤层气作为化工原料和燃气用于居民。本文在理论分析局部煤层气抽放与地面永久抽放系统并网时管道煤层气流动规律的基础上, 提出了局部抽放系统与永久抽放系统有效并网的条件和技术关键, 分析了局部煤层气抽放与永久抽放实施有效并网的技术措施和效果, 为今后煤层气局部抽放的合理利用提供了有益的途径。

主题词 煤成气 局部抽放系统 永久抽放系统 并网 技术

我国大部分煤田煤层的原始透气性较差, 原始煤层的未卸压抽放效果不好, 煤炭开采时煤层的瓦斯涌出量较大, 每年因瓦斯造成的安全事故占煤矿事故较大的比例。随着现代科学技术的发展和人们对煤层气抽放技术实践和认识的提高, 近年来煤层气局部卸压抽放取得了显著的进展, 如掘进面深孔松动爆破预裂边抽边掘的局部抽放量可达 $4\text{ m}^3/\text{min}$, 特别是开采煤层回采工作面顶板走向钻孔卸压抽放的局部抽放量可达 $16\text{ m}^3/\text{min}$ 。局部抽放系统具有安装布置灵活方便、抽放负压高和抽放效果明显等优点, 正得到广泛的推广应用。而目前绝大部分局部抽放的煤层气直接排放到矿井大气中, 有益清洁能源未能得到充分利用, 同时造成了大气污染和风排煤层气的电耗。因此在有地面永久抽放系统的条件下, 就应考虑将局部抽放的煤层气并入永久抽放系统加以利用, 其具有重要的现实意义。

并网的技术研究

图 1 为地面永久抽放系统的系统示意图, 图中

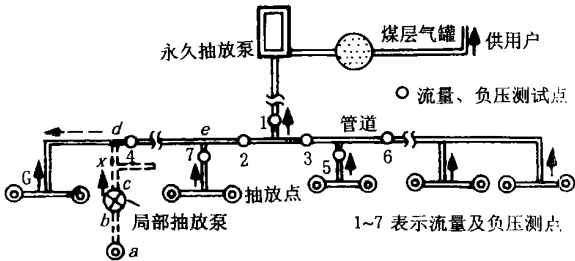


图 1 局部抽放系统与永久抽放系统并网布置示意图

注: a、b、c 为局部抽放系统管道中的标志点; x 为并网前局部抽放系统的排空点; d 为井网点; e 为永久抽放系统管道中的标志点。

虚线部分为井下局部抽放系统的抽放布置示意图。局部抽放系统与永久抽放系统并网, 就是将图 1 中

复, 阻止外腐蚀的延伸, 使管线安全系数提高, 延长管道的使用寿命。

3) 建议尽快开展 CP 有效性评价, 确定管线的保护度和合理、充分的保护电位。同时解决西彭—江津段、塘河—榕山—西阀段、渠坝—大州驿段 CP 保护不足问题。与此同时应确立生产项目解决西彭、

塘河、西阀牺牲阳极失效问题, 解决弥陀、大州驿、付家庙站场长期漏电问题, 控制外腐蚀的发展蔓延, 以保障管线的安全运行。

(收稿日期 2000- 04- 13 编辑 王瑞兰)

* 卢 平, 1966 年生, 1989 年淮南矿业学院硕士毕业, 现在中国科学技术大学攻读安全工程博士学位, 曾发表论文十余篇, 获省部级科学技术进步三等奖二项, 地址: (230026) 安徽合肥中国科技大学力学系。电话: (0551) 3645739(H)。

虚线部分局部抽放煤层气泵出口连接到永久抽放系统的末端,即相当于在永久抽放系统的某个末端加上一个辅助动力装置,以此来提高整个系统的抽放煤层气量。如何将局部抽放泵所抽放出的煤层气最大限度地并入永久抽放系统,同时不影响永久抽放系统对其它抽放源的煤层气的抽放,是研究过程中必须解决的难题。

1. 并网前后抽放管道中的压力分布

局部抽放时,局部抽放泵的吸入端管道中的煤层气相对静压为负压,出口端管道中的煤层气相对静压为正压,当抽放的煤层气浓度达不到利用要求时,可利用其正压将其直接排放到井巷大气中,利用井下风流将其排入地面大气中;当其浓度达到利用要求时,应将其并入地面永久抽放系统加以利用。但是如果局部系统与永久系统连接管道的风阻不合理或连接处永久系统所提供的负压不合理,就有可能造成局部抽放系统的抽放量降低和永久抽放管网某些部分出气而造成安全隐患。图 2 为局部抽放系统并网前管道中的压力分布图(管道中煤层气的流动为紊流运动,为研究问题方便,假设管道中煤层气的流动阻力沿程是均匀分布的)。

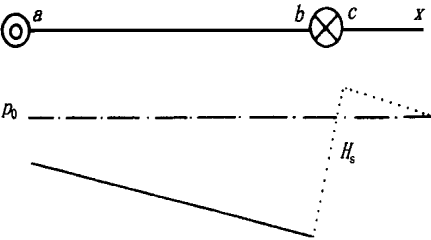


图 2 局部抽放系统并网前管道中的压力分布图

局部抽放煤层气泵的静压^[1]:

$$H_s = (h_{Ri} + h_{sb}) + h_{Ro} \tag{1}$$

式中: H_s 为局部抽放瓦斯泵的工作静压, Pa; h_{Ri} 为局部抽放瓦斯泵入口端的阻力损失, Pa; h_{sb} 为局部抽放瓦斯钻孔孔口的负压, Pa; h_{Ro} 为局部抽放瓦斯泵出口端的阻力损失, Pa。

并网后,局部抽放系统与永久抽放系统连接处之间管道中煤层气相对静压的压能分布见图 3。由图 3 可见:

1) 当并网后在连接点 d 处永久系统所提供的负压 $h_s = h_{Red}$ (局部抽放泵出口至并网连接点 c 之间的阻力) 时,局部抽放泵出口处的相对静压为 0,其余各处的相对静压均为负值(如图 3 中的压力坡度线 1 所示),不存在管道向外泄漏煤层气的安全隐患,此

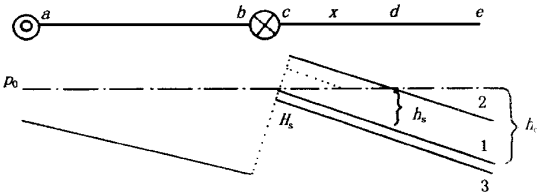


图 3 局部抽放系统并网后管道中的压力分布图

外,并网后对局部抽放系统无影响。

2) 当并网后连接点 d 处永久系统所提供的负压 $h_s > h_{Red}$ 时,局部抽放泵出口及其与永久抽放系统的连接管道各处的相对静压均为负值(如图 3 中的压力坡度线 3 所示),此条件下有利于提高局部抽放系统的抽放负压和抽放量。

3) 当连接点 d 处永久系统所提供的负压 $h_s < h_{Red}$ 时,局部抽放泵出口至并网连接点处的相对静压均为正(如图 3 中的压力坡度线 2 所示),并波及至连接点后一段管道,然后管道处的相对静压才逐渐变为负值,这样在正压管道中流动的煤层气就可能向外泄漏,同时还造成在连接点的下一级分支原属永久系统负压抽放的地点也变为正压,其不但不能在原来抽放点有效抽放,相反如密封不好,局部系统抽放的煤层气将在这些地点向外泄漏(如图 3 管道中的正压部分管路)。局部抽放系统和永久抽放系统的抽放阻力均增加,有效抽放量降低。此条件下的并网是非常有害的。

2. 实现有益并网的技术途径

由以上分析可知,实现有效并网主要取决于两个因素,并网连接管的流动阻力和永久系统在并网连接点处所能提供的抽放负压。在抽放动力确定的条件下,管径的大小是决定该两个因素的主导因素。煤层气抽放管径的选择合理与否,直接关系到煤层气开发的初期投资与抽放效果。因为抽放管路费用在整个抽放费用中占有很大比例。选择的管径越大,初期投资的费用越高,如果实际不需要这么大的管径,无疑是一种浪费;反之,管径选择过小,初期投资虽然相对减少,但从长远考虑则可能是不经济的。如果达不到抽放效果,则毫无现实意义。在地面永久抽放系统管网确定的条件下,局部抽放系统并入永久抽放系统并达到有效抽放时必须满足:

$$h_{Redf} + h_{Red\zeta} \leq h_{sd} \tag{2}$$

式中: h_{Redf} 为局部抽放泵出口至并网连接点之间的沿程摩擦阻力, Pa; $h_{Red\zeta}$ 为局部抽放泵出口至并网连

接点之间的局部阻力, Pa ; h_{sd} 为并网连接点处永久抽放系统所提供的抽放负压, Pa 。

(1) 选择合理的连接并网管道直径

煤层气在抽放管道中的流动, 其流动属紊流流动, 局部抽放泵出口至并网连接点之间的沿程摩擦阻力 h_{Rcd} 可按式计算^[2]:

$$h_{Rcd}=9.81\frac{\Delta L_{cd}Q_{cd}^2}{KD^5}$$
 (3)

式中: Δ 为管道中煤层气混合气相对空气的相对密度, $\Delta=1-0.00446C$; C 为连接管道中煤层气气体的浓度, %; L_{cd} 为局部抽放泵出口至并网连接点之间的管道长度, m; Q_{cd} 为并网连接管道中煤层气混合气的气体流量, m^3/h ; D 为并网连接管道的管径, cm; K 为系数, 不同管径 D 的系数见表 1。

表 1 不同管径时的管道系数

管径(mm)	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
K	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.52	0.55	0.57	0.62	0.67	0.70

抽放管路的局部阻力包括: 拐弯, 断面收缩(包括在管路上设置的流量计、阀门、放水器等)以及接头和其它附属设置所引起的阻力。局部抽放泵出口至并网连接点之间的局部阻力 $h_{Rcd\zeta}$ 可按式计算:

$$h_{Rcd\zeta}=\sum \xi \cdot \rho \cdot \frac{Q_{cd}^2}{2D^2}$$
 (4)

式中: ζ 为局部阻力系数, 见表 2; Q_{cd} 为管道中煤层气混合气的气体流量, m^3/s ; D 为管道的管径, m; ρ 为管道中煤层气混合气密度, kg/m^3 。

表 2 不同局部设施条件下的局部系数

类别	直角三通	分支三通	弯头	直径阀	直角弯头	闸阀	球阀	差一级管径突然收缩
ζ	0.30	1.50	1.10	2.00	0.30	0.50	9.00	0.35

选择并网连接管道的管径, 根据局部抽放泵的抽放流量与并网连接管路的结构分别计算摩擦阻力和局部阻力, 并与并网前并网连接点 D 处的抽放负压比较, 进行试算确定满足式(2)的合理的并网连接管径(管道中的流速可在 $5\sim 15\text{ m/s}$ 之间)。

(2) 并网后的负压调控

局部移动抽放系统抽放原为相对独立的局部抽放系统, 移动泵排气口直接将煤层气排放到矿井井巷风流中, 不存在限量问题, 而并网后, 由于受永久

系统抽放负压、流量及管径等因素影响, 将存在一个限量问题。此外, 并网后永久系统总的抽排量将增加, 势必造成永久抽放泵负压下降, 直接影响并网点和其它抽放点的抽放负压和抽放量。因此并网后应对整个系统各点的抽放负压进行测定, 根据网络能量调节原理, 合理调节抽放网络系统各处的能位, 确保整个系统均处于负压高效抽放状态。

并网实施效果

淮南矿业集团公司谢一矿地面永久抽放系统布置见图 1, 由于煤层煤层气含量高, 原始煤层的透气性低, 原始煤层的未卸压抽放效果差, 井下 -660 m 水平 5111C13 回采工作面回采时平均瓦斯涌出量 $24\sim 26\text{ m}^3/\text{min}$, 最大达 $32\text{ m}^3/\text{min}$, 单纯靠风排无法解决工作面瓦斯超限问题。因此在实验基础上实施了回采面顶板走向钻孔卸压抽放技术, 在合理钻孔布置位置和保证孔口抽放负压 26.65 kPa 以上时, 顶板走向钻孔的纯抽放量可稳定在 $6\text{ m}^3/\text{min}$ 左右, 有效解决回采期间的瓦斯问题。但由于地面永久抽放系统延伸至 -660 m 标高后, 负压低, 不能充分抽放该处顶板走向钻孔的瓦斯, 因此选用 2BE1203 水环式移动抽放泵进行抽放(如图 1 中的虚线部分)。若将移动泵抽放的瓦斯直接排放总回风巷, 则将导致回风瓦斯浓度超限, 使矿井安全受到威胁。同时为考虑将有益能源得以充分利用, 决定将局部抽放的瓦斯并入到永久系统中。并网前永久系统和局部系统的抽放参数见表 3, 根据并网点 d 处的负压(-21.3 kPa)和连接长度($L_{cd}=200\text{ m}$)及管道附属装置, 计算确定并网连接管管径为 108 mm 。连接并网后, 地面永久抽放泵的抽放负压由 34.6 kPa 降至 24 kPa , 混合流量由 $14.13\text{ m}^3/\text{min}$ 增至 $18.57\text{ m}^3/\text{min}$, 煤层气浓度由 60% 降至 55% 。在检测系统各点负压时发现 G 处穿层抽放钻孔孔口处向外出气, 说明并网后连接点处的负压较低, 造成该点 G (图 1)下游分支的绝对静压大于当地大气压, 随即进行系统调压, 首先通过调节地面永久抽放泵的循环阀门, 将地面抽放泵泵的抽放负压调至 -28 kPa , 调压后 1 点的相对负压为 -26.6 kPa , 2 点的相对负压为 -24 kPa , 3 点的相对负压为 -24 kPa , 然后对 3 点前端阀门进行调控, 使 3 点的相对负压升为 -21.3 kPa , 此时 4 点的抽放负压由 -20 kPa 降至 -21.3 kPa , 整个管网运行正常。谢一矿 5113C13 工作面顶板走向钻孔和顶板高位抽放巷并网抽放效果见表 3。

由表 3 可见, 由于实现了局部抽放与永久抽放

系统并网,解决了煤炭开采时回采面回风巷和矿井总回风巷的瓦斯超限问题,消除了矿井生产时的安全隐患,实现了高产高效;同时使原来抽放直接排放大气的煤层气变废为宝,以一个局部抽放地点并网后永久抽放系统增加纯抽放量 $6\text{ m}^3/\text{min}$, 每年 200 d 并网和煤层气价格按 $3\text{ 元}/\text{m}^3$ 计算, 年增抽煤层气量为 $17.3\times 10^4\text{ m}^3$, 年创直接经济效益 51.84 万元。

结 论

局部煤层气抽放具有抽放负压高,抽放布置灵活、方便等优点,正受到广泛关注。局部煤层气抽放并入永久抽放系统,相当于在永久抽放系统的抽排

管网的某个末端分支增加一个动力装置。为保证并网后系统的安全性、稳定性和有效性,局部抽放系统并入永久抽放系统并达到有效抽放时必须满足:

$$h_{R_{\text{抽}}+}+h_{R_{\text{抽}}}\leqslant h_{\text{井}}$$

1) 由式(3)可以看出, 并网连接管道的沿程摩擦阻力与管径的 5 次方成反比, 管径的合理选择是并网成功的基础, 选择合理的连接管管径既满足并网的要求, 又不增加过大的投资。此外, 在并网连接管路上尽量少设诸如孔板流量计、阀门等增阻设施, 以最大限度地降低该段局部阻力。

2) 在并网连接点处保证一定的抽放负压是充分并网的关键, 无论是新设计的永久抽放系统还是现有抽放系统的运行管理, 都应保证在以后可能并网地点处有足够的抽放负压。

3) 负压的调整是有效并网的保证。并网后应对整个系统的负压和流量进行检测, 适时适当调整系统的负压, 是有效并网提高抽放量的保障。

4) 局部抽放并网技术的成功推动了煤层气综合治理的发展, 较好地解决了回采工作面瓦斯涌出量大而矿井总回风量不足的矛盾。

5) 局部抽放并入地面永久抽放系统, 减少环境污染, 提高瓦斯利用率。通过并网可提高矿井瓦斯放率, 减少风排瓦斯量, 提高矿井安全生产可靠度。

参 考 文 献

1 周亨达主编. 工程流体力学. 北京: 冶金工业出版社, 1986

2 俞启香编著. 矿井瓦斯防治. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992

(收稿日期 2000- 04- 24 编辑 王瑞兰)

表 3 谢一矿 5113C ₁₃ 工作面顶板走向钻孔和顶板高位抽放巷并网抽放效果					
类 别		5111C ₁₃ 面 3 号钻场		- 660 顶板高抽巷	
		并网前	并网后	并网前	并网后
抽放泵负压 (kPa)	永久泵	34. 58	27. 93	31. 23	27. 93
	局部泵	39. 90	42. 56	42. 56	45. 22
抽放流量 (m ³ /min)	永久泵	14. 13	20. 16	11. 22	20. 40
	局部泵	9. 04	8. 82	9. 84	9. 40
煤层气浓度 (%)	永久泵	60	57	63	60. 7
	局部泵	47	47	55	55. 0
纯抽放量 (m ³ /min)	永久泵	8. 48	11. 46	7. 07	12. 17
	局部泵	4. 25	4. 14	5. 414	5. 17
备 注		1999 年 4 月 11 日~ 1999 年 5 月 9 日, 移动泵共抽 29 d, 并网 20 d, 地面永久系统增抽纯瓦斯量 85 824 m ³		1999 年 1 月 14 日~ 1999 年 7 月 31 日, 累计抽放 199 d, 其中并网 88 d, 地面永久系统增抽纯瓦斯量 107 712 m ³	

欢迎订阅 2001 年《特种油气藏》

《特种油气藏》是由中国石油天然气集团公司主管, 辽河油田分公司主办的国内唯一一份专门报道特种油气藏新理论、新技术、新方法、新动向的国家级科技期刊, 国内外公开发行业。

“特种油气藏”即“非常规油气藏”, 系指稠油、高凝油、低渗透、岩浆岩、变质岩、裂缝、古潜山及其它一切特殊油气藏。《特种油气藏》设地质勘探、油藏工程、钻采工艺、试验研究及科技信息等固定栏目, 另设综合论坛、新人推介、生态环境及油气储运与加工等机动栏目。欢迎国内外同行积极订阅。《特种油气藏》(季刊) 全年四期, 大 16 开本。定价: 8 元/ 期, 32 元/ 年; 国外定价: 8 美元/ 期, 32 美元/ 年。单位或个人需订者请向编辑部索取订单。

地址: 辽宁省盘锦市辽河油田分公司勘探开发研究院《特种油气藏》编辑部。开户行: 工行辽河支行。帐号: 002221000875。电话: (0427) 7823579。联系人: 常汉章。

11/25/2000. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: Eighty-six cases of accident caused by internal and external corrosion have occurred since Liang-Fu main gas line of Southwest Oil and Gas Field Branch was put in operation in September 1979. In order to evaluate the corrosion state of the underwater and underground pipeline, the complete pipeline of 260.7 km length has been selectively excavated in April to May 1998. 208 trail holes show that a part of asphaltic coating has obviously aged. The section from Rongshan to Fuying of Liang-Fu pipeline was detected and the found external corroded points are more than those found by trail holes. Because the scale of the instrumented pig is about two kilometers, though more and grievous external corroded points have been detected out, it was difficult to locate, excavate and remedy. The section with grievous external corrosion of the underwater and underground pipeline was detected and located with the aid of the newest product—RD 400-PCM current gradient detection instrument which locating accuracy can reach 98%, reducing the unnecessary expenses in excavation. In this paper, using RD-PCD to detect the external corrosion and locate the corroded points as well as to detect the coating damage and cathodic protection accident is presented.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas transportation, Underwater gathering line, Buried pipeline, Corrosion, RD-PCM detector, Coating, Locating

Han Xingping(engineer), born in 1956, graduated in instrument automatization at Missile Institute of Air Force in 1978. Now he works in Gas Transmission Division, Southwest Oil and Gas Field Branch, being engaged in the research on the corrosion and its prevention for long-distance pipeline. He has published over ten theses in domestic publications. He was awarded the Gold Prize of excellent theses by the Association of Science and Technology of China and the Society of Corrosion in China. Add: Huayang Town, Chengdu (610215), China Tel: (028) 3347480—231581

TECHNIQUE FOR INCORPORATING PARTIAL COAL-BED GAS DRAINAGE INTO PERMANENT DRAINAGE SYSTEM

Lu Ping and Shen Zhaowu (University of Science and Technology of China). *NATURAL GAS IND.* v. 20, no. 6, pp. 88 ~ 91, 11/25/2000. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: A greater part of the coal fields in China belongs in the coal field with high gas content. In the process of mining, the coal-bed gas in the coal beds will release in the sky over the mining area, causing serious potential safety hazard. Therefore, the coal-bed gas drainage is the main technical measure to solve the overstepping permissible gas concentration in the mines with high gas content in the process of mining. In China, many mines have been equipped with permanent surface coal-bed drainage system to guarantee safety in production, and, at the same time, the drained coal-bed gas can be used as industrial chemicals or fuel. In this paper, on the basis of theoretically

analyzing the pipeline coal-bed gas flow law while the partial coal-bed gas drainage is incorporated into permanent surface drainage system, the condition and key technique for effectively incorporating partial drainage system into permanent one are presented and the technical measures and effect for effectively incorporating partial gas drainage into permanent one are analyzed, providing a valuable way for rational utilization of the drained gas in the future.

SUBJECT HEADINGS: Coal-formed gas, Partial drainage system, Permanent drainage system, Incorporation, Technique

Lu Ping, born in 1966, gained his Master degree from Huainan Mineral Institute in 1989, now he is studying for the Doctor degree of Safe Engineering in China University of Science and Technology. He has published more than 10 papers and was awarded the Third Prize of Science and Technology Advancement twice. Add: Mechanics Department of China University of Science and Technology, Hefei, Anhui (230026), China Tel: (0551) 3645739(H)

.....

EVALUATION METHOD OF THE MATERIAL FOR TRANSFORMING OIL PIPELINE INTO GAS PIPELINE

Liu Haifeng, Wang Yihui and Wu Bin (Detection and Evaluation Center of Long-Distance Pipeline, Southwest Oil and Gas Field Branch). *NATURAL GAS IND.* v. 20, no. 6, pp. 92 ~ 94, 11/25/2000. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: For oil and gas pipelines, there are different requirements whether in the material, strength or technology, and the requirement of gas pipeline to the material is stricter than that of oil pipeline. The double pipeline from Karamay to Urumqi of Xinjiang Petroleum Administration is an oil transmission line of $\phi 529 \times 7(8)$ mm and is the first oil pipeline transformed into gas pipeline in China. In this paper, the authors present a method for evaluating the material after oil pipeline is transformed into gas pipeline through taking part in the evaluation work on the material suitability and residual strength and through making the non-destructive detection of the pipeline and the test of material's physical and chemical properties, such as evaluation of the ability to resist brittle rupture and ductile crack stop, the sensitivity to sulfide stress corrosion cracking and the ability to resist the brittle rupture for the material sensitive to hydrogen induced cracking, etc., judging thus the suitability of the pipeline after the oil pipeline is transformed into gas pipeline.

SUBJECT HEADINGS: Oil pipeline, Transport switch over, Gas pipeline, Material, Evaluation

Liu Haifeng(engineer), born in 1970, graduated in chemical equipment and mechanism at Petroleum University in 1991. Now he works in the Detection and Evaluation Center for Long-Distance Pipeline, Southwest Oil and Gas Field Branch. Add: Shuqi Small District, Huayang, Chengdu (610213), China Tel: (028) 5646741