

煤层气发电的燃气输配系统

白红彬

中煤集团邯郸设计工程有限责任公司 河北邯郸 056031

摘要：煤层气的输配系统是煤层气电站的重要工艺系统，与发电机组的安全稳定运行密切相关。以甲烷含量 25% 为界，煤层气输配系统可分为两种，高浓度输配系统和低浓度输配系统，本文对内燃发电机组的两种煤层气输配系统的工艺流程作了介绍，针对煤层气的易燃易爆性，对不同的输配系统需要采用的配套的安全措施也作了阐述。

关键词：煤层气发电 高浓度煤层气 低浓度煤层气 燃气输配系统

1 前言

2006 年中国将煤层气开发列入“十一五”能源发展规划，现阶段我国煤层气开发利用的发展方向是：坚持“以抽保用、以用促抽”，优先开发民用瓦斯燃气，适量改造和新建瓦斯锅炉，主导发展瓦斯发电。在国家新的能源政策引导下，越来越多的煤炭企业将煤层气发电项目列入发展规划。

煤层气的输配系统是煤层气电站的重要工艺系统，它的配置是否合理，运行是否稳定、安全，既关系到发电机组的正常运行，又影响到煤层气抽采系统的安全，对煤层气的综合利用起着关键性作用。

不同的电站主机设备对燃气输配系统的要求不同，抽采的煤层气中甲烷浓度不同，对燃气输配系统的要求也不同，煤层气的输配系统的设置既要满足发电机组的要求，又要满足不同浓度煤层气安全输送的要求。

由煤层气发电发展的历程可看出，在早期主要是采用燃气轮机发电技术，要求甲烷浓度在 35% ~ 40% 以上才可利用，随着煤层气发电技术的发展，往复式燃气内燃机已成为煤层气发电的主要设备，以其运行灵活，对瓦斯浓度适应范围广，得到越来越广泛的应用。下面，我们针对内燃发电机组为主机设备的煤

层气电站，介绍两种典型的煤层气输送系统。

按照煤层气中的甲烷含量，煤层气输配系统可分为两种，甲烷含量在 6~25% 之间的应采用低浓度输配系统，与之对应，甲烷含量在 25% 及以上煤层气的输配可采用常规燃气输配系统，我们称之为高浓度输配系统。

2 高浓度煤层气输配系统

抽采的煤层气甲烷含量在 25% 以上的，属于安全输送浓度范围内的，可按常规输气系统配置。

煤层气发电站的气源一般为抽放泵站抽采的井下煤层气，由于发电机组对进气的甲烷浓度、含水量，含尘量，粉尘粒度，进气压力等都有一定要求，所以必须对抽采的煤层气进行净化、加压处理，选择合理输配系统，以满足发电机组需求，保障机组安全运行。

煤层气输配系统一般包括以下几个环节：对从井下抽采的煤层气进行储存、均质、加压、脱水、过滤。因煤层气具有易燃易爆的特性，还要在系统上设置相应的安全装置。高浓度煤层气输配系统见图 1。

煤层气抽放站用真空泵把井下的煤层气通过管道抽采出来，由于井下煤层气抽放具有波动性，为保持供气的稳定，应在输配系统中设置煤层气储气柜，储气柜对煤层气具有压力、流量、成份和品质的缓冲平衡作用。抽放站用真空泵出口备压小，储气柜使用压力不宜过高宜采用低压储气柜。低压储气柜按密封方式分为干式和湿式两种，湿式柜又分为直立式和螺旋式，干式柜分为曼型、可隆型和威金斯型。与干式相比，湿式储气柜造价低，但使用寿命短，维护保养麻烦，可根据项目的资金情况和外部条件来选择，储气柜的有效容积应能满足全厂发电机组 1 小时左右的耗气量。

煤层气由抽放泵站用管道输送到电厂储气柜，泵出口管道应设切断阀、阻火器及旁通放空管，进柜前的管路设有过滤、计量装置；煤层气进、出煤气柜管道上设有旁路阀门，在煤气罐故障停运时，通过旁路供气。

湿式煤气柜的出口管道上需设水雾分离器，以免煤层气中带水影响输送和后续设备的运行。煤层气通过管路输送到煤层气加压机站。

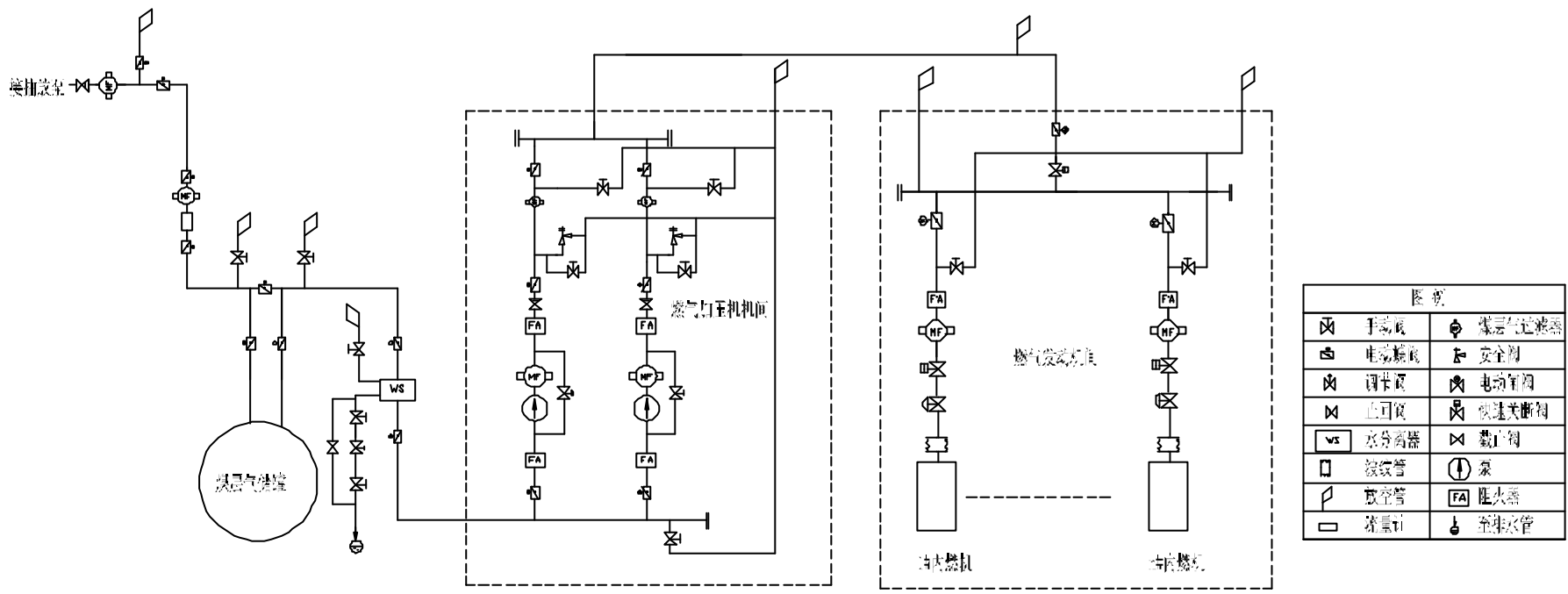


图 1 高浓度煤层气输配系统图

图例	
	手动阀
	电动阀
	调节阀
	安全阀
	压力表
	压力表
	水分离器
	波纹管
	放空管
	吹扫管
	煤层气过滤器
	安全阀
	电动阀
	快速关闭阀
	截止阀
	泵
	压力表
	压力表
	排水管

全厂加压机数量不应少于两台，并设备用。为保证安全，煤层气加压机进口设有隔断阀、阻火器，出口设有阻火器、安全阀、止回阀、隔断阀等。

经压缩机后煤层气的压力应满足发动机进气的要求，对内燃发电机组而言，一般在 20 ~ 35Kpa（表压）。

经加压的煤层气通过管道，送至生产厂房，接入每台煤层气发动机组。进入厂房的管道上设有隔断阀、速断阀。每台煤层气发动机入口管道设有隔断阀、过滤器、阻火器、速断阀、调节阀。煤层气输送系统各管段均设有放散阀，吹扫接口。

为了保证机组的运行，输配系统可采用双回路，互为备用，以保证任意部件故障不影响全厂停机。

为保证系统安全，煤气罐设有高低位报警，高高位和进口阀门及放散阀门连锁，低低位和出口阀门连锁。煤层气压缩机进出口和发电机组进口均设有阻火器，各处需要检修时均设有放散管，放散管高于周围建筑物 2m。

根据现行的《煤矿安全规程》，常规可供输送的煤层气浓度不应低于 25%。对常规煤层气输配系统，应在抽放泵出口设置煤层气浓度检测装置，当井下抽采的煤层气浓度小于 25%时，应关闭输配阀门，打开排空阀门，将低浓度瓦斯直接排空，防止低浓度瓦斯气体进入系统。

煤层气输配系统必须设置相应的压力、温度、浓度检测装置，由计算机监控，以确保输送系统正常运行，实现安全放散。当可燃气体泄漏监测超标时与阀门和设备连锁，必要时关断阀门，停止设备运行。设备停运时需采用氮气置换。

3 低浓度煤层气输配系统

据了解，全国煤矿每年瓦斯抽放量为 20 多亿立方米，其中甲烷含量在 25% 以上、可以安全输送和利用的只有 7 亿立方米。其余大部分由于甲烷含量小于 25% 的低浓度瓦斯，接近 5% ~ 16% 的爆炸界限，以前均因常规输气系统输送不安全而且难以利用而大量排空。

胜动集团在低浓度煤层气的开发利用上率先取得了突破，2005 年 12

月 25 日，山东胜利油田胜动集团组织实施的煤矿低浓度瓦斯细水雾输送及安全发电技术研究项目，在淮南谢一矿通过了由国家安全生产监督管理局组织的鉴定。安装的 6 台 500 千瓦的内燃机组以浓度 6%—25% 的煤矿瓦斯为发电燃料，成功运转发电。鉴定意见认为：细水雾与煤矿抽放瓦斯混合输送等阻火技术，为我国大量排空的低浓度瓦斯的安全输送和利用创造了条件。对拓展了瓦斯综合利用的空间、促进煤矿安全生产、减少温室气体排放、保护环境意义重大。

目前，低浓度瓦斯发电机组及其输配系统已在山西潞安煤业集团、沈阳煤业集团、安徽淮南矿业集团等多处低浓度煤层气矿区率先运行发电，还有多家煤炭企业正在规划的建设。

下面我们以山西潞安五阳煤矿的低浓度煤层气发电厂为例介绍一下低浓度煤层气输送系统。

五阳煤矿低浓度瓦斯发电站为全国首家 6% ~ 16% 低浓度瓦斯发电站，位于南丰地面工业广场，与瓦斯抽放站毗邻。电站总装机为 4 台 500GF-3RW 型低浓度瓦斯发电机组，于 2006 年 5 月点火发电。

其工艺流程为：从抽放系统抽出的煤层气，经低浓度瓦斯输送管道，进入瓦斯发电机组缸体，电子点火系统点燃处于爆炸范围内的低浓度瓦斯，利用其爆炸性推动活塞运动，产生机械能，再由发电机将机械能转换成为电能，经输电装置输出。

低浓度瓦斯输送系统不设置储气罐和加压设备，依靠瓦斯抽采泵的余压输送，由抽放站抽采的瓦斯用管道输送至电厂，在输送管路上设置湿式水位自控阻火器和金属波纹带瓦斯管道专用阻火器，在瓦斯输送总管上阻火器后设置水雾发生器，由水泵将雾化水池中的水加压送入，产生细水雾，与抽放站来的瓦斯混合后送至各发电机组。每台发电机组前分别配备一套脱水器，脱水器由旋风脱水和重力脱水串联实现，脱出来的水返回雾化水池再循环使用。瓦斯脱水后进入瓦斯发电机组。全部过程由计算机监控运行，并确保输送系统压力正常，实现安全放散。

低浓度煤层气水雾输送系统见图 2。

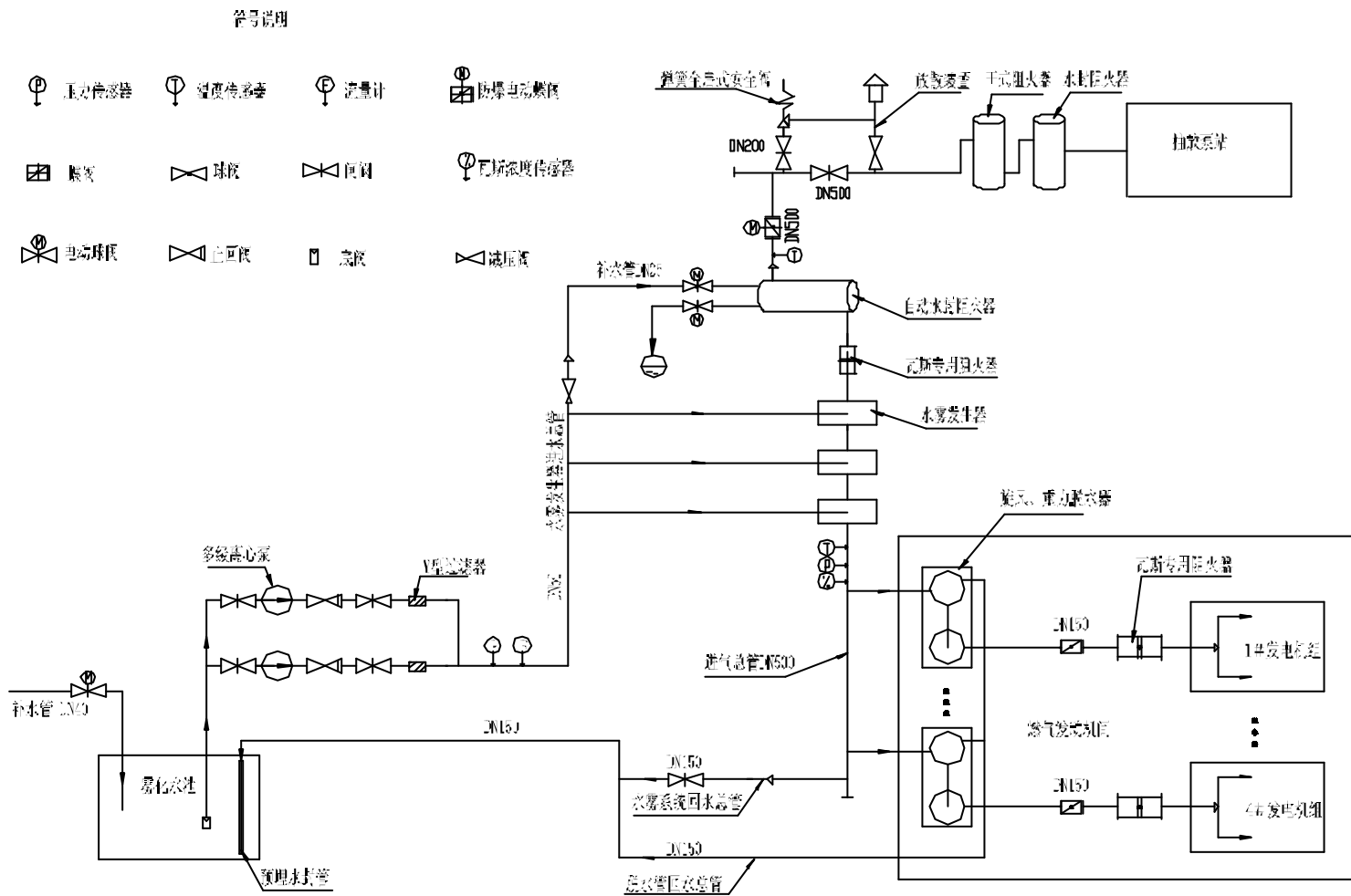


图 2 低浓度煤层气水雾输送系统图

为保证煤矿的安全，利用瓦斯的同时必须保证抽放站水环真空泵的安全运行，低浓度瓦斯处于爆炸浓度区间，极易发生爆炸，不能送入储气罐储存，抽采系统与瓦斯利用输送系统只能直接连接，所以利用低浓度瓦斯发电最重要的环节是保证安全问题。为此在从抽放站到发电站总进气管上，设置了两个水封式阻火器，一个干式阻火器将发电机组与瓦斯抽采系统隔离。3个水雾发生器确保低浓度瓦斯安全输送到发电机组。在机组进气总管处，混合器前的燃气管线上，中冷器和增压器之间，进气管和调速氧气门之间，设置专用的瓦斯阻火器，确保瓦斯输送和发电的安全。

为使整个输送系统工作在设定的压力范围内，在输送系统的主管道上设置一个瓦斯安全放散器。当输送系统管道压力增高时，内套水面下降，外套水面上升；当内套水面下降到露出内套下沿时，瓦斯便通过水溢出排空。系统压力可通过改变放散器内的水量来调整。通过液位变送器可实现计算机远程控制。瓦斯的排空是通过水而放散到空中的，因此放散器能够将外部可能存在的火源与系统内瓦斯隔离，实现安全放散。

4 应注意的问题

煤层气发电最大的职业危险是煤层气的安全利用。由于煤层气具有易燃易爆的特性，所以煤层气电厂在生产过程中比一般电厂更具危险性，而煤层气电厂的瓦斯输送系统往往与煤矿瓦斯抽采系统密切相关，所以煤层气输配系统的安全运行也会直接影响煤矿的安全生产。

因此，煤层气输配系统必须针对这一特性采取更加完备的安全措施。应从工艺系统的设计、运行检修、监测控制系统等各个方面来考虑。

由于煤层气发电是近年来发展起来的新兴技术，目前设备和技术正在不断发展完善中。主机设备尚未形成标准产品系列，各生产厂的产品型号、规格都不相同，对瓦斯输送系统的要求也有区别，并且目前国内没有专门针对煤层气电厂的设计、施工及验收规范，缺乏系统的安装、调试、性能考核、验收、运行维护、检修等标准。这些都对人员的技术水平提出了较高的要求，设计、安装、运行人员必须对煤层气发电的设备和输配系统的工作原理有了较深的了解，

对相关的规范条文有了根本的理解，才能恰当的运用相关规范。使工艺系统合理，既防止出现安全问题，又避免保护过度造成浪费。

煤层气输配系统的防火、防爆设计应参照《原油和天然气工程设计防火规范》和《工业企业煤气安全规程》及相关规范执行。同时建立完善的火灾及瓦斯泄漏自动报警系统，和完备的消防设施，以保证煤层气发电站和煤矿的安全。

总之，在我国煤层气储量丰富，是一种清洁高效的新能源，利用煤层气发电供热，是资源综合利用的重要途径，可促进企业循环经济的发展，有利于保障煤矿安全生产，能减排大量温室气体，属于清洁发展机制（CDM）项目，具有良好的社会效益和环境效益。煤层气发电已被列入国家鼓励的产业目录，煤层气发电技术迎来了好的发展契机，煤层气输配的相关技术也将获得越来越广泛的应用。

参考文献：

- [1] 国务院办公厅关于加快煤层气抽采利用的若干意见（国办发〔2006〕47号）
- [2] 国家发展和改革委员会颁布的《煤矿瓦斯治理与利用总体方案》
- [3] 严铭卿，廉乐明等. 天然气输配工程. 北京：中国建筑工业出版社

作者简介：白红彬，女，1967年4月生，1987年7月毕业于浙江大学内燃动力工程专业，学士，现在中煤集团邯郸设计工程有限责任公司建筑热电所从事电厂设计工作，高级工程师。0310-7106421 E-mail:linda6543@sohu.com。