



内河船舶用
柴油煤气两用机

黃澤炎 編著

人民交通出版社

内河船舶用柴油
煤气两用机

人民交通出版社

本書主要敘述柴油煤氣機的工作原理、構造、改裝方法以及有關操作管理的基本知識。書中援引了各種柴油煤氣機的實例，同時對煤氣發生爐裝置的基本原理及結構也作了梗概介紹。

本書可供具有初中文化程度的內河船員及河運學校學生閱讀，也可供河運技術人員參考。

內河船舶用柴油煤氣兩用機

黃澤炎 編著

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新華書店發行

人民交通出版社印刷廠印刷

*

1959年12月北京第一版 1959年12月北京第一次印刷

開本：787×1092 1/32 印張：3 2/3

全書：79000字 印數：1—3000冊

統一書號：15044·6171

定價(9)：0.39元

目 录

序 言	3
第一章 概 說	4
§ 1 柴油煤气两用机是內燃机的一种	4
§ 2 四冲程柴油煤气机的作用原理	4
§ 3 柴油煤气机的燃料供給系統	6
第二章 煤气发生爐装置	8
§ 4 发生爐煤气的成分	8
§ 5 煤气发生爐气化过程	12
§ 6 影响发生爐煤气質量的因素	19
§ 7 煤气的冷却和滤清	23
§ 8 煤气发生爐装置实例	26
第三章 柴油煤气机的工作循环	32
§ 9 示功图	33
§ 10 混合气的形成和吸气过程	37
§ 11 压縮过程	40
§ 12 点火及燃烧	42
§ 13 膨胀过程	49
§ 14 排气过程	51
§ 15 发动机的功率	54
§ 16 柴油煤气机的燃料消耗率	57
第四章 柴油煤气机的結構	58
§ 17 柴油煤气机的煤气空气混合器	58

§ 18	柴油煤气机的射油泵和喷油头	62
§ 19	操縱及調速系統	65
§ 20	“160系列”柴油煤气机	68
§ 21	“6187型”柴油煤气机	74
§ 22	牌号3D6的“6150型”柴油煤气机	82
第五章	柴油机改装成柴油煤气机的步骤及方法	88
§ 23	改装方案的确定	89
§ 24	改装設計	91
§ 25	改装試驗	95
第六章	柴油煤气机的使用	102
§ 26	设备的安装及驗收	102
§ 27	煤气发生爐裝置的運用	104
§ 28	柴油煤气机的運用	107
§ 29	煤气发生爐裝置的維護和技术保養	109
§ 30	柴油煤气机的維護和技术保養	111
§ 31	煤气发生裝置使用中的劳动保护 及安全措施	116

序 言

同时以柴油及发生爐煤气作燃料的内燃机，即所謂柴油煤气两用机，用作内河船舶动力有其独特优点。首先，使用燃料大部为硬煤，仅小量为柴油，故燃料費用大为降低，据估算結果只为柴油机燃料費用的30%左右，且易就地解决燃料来源。其次，柴油煤气机保持了柴油机原有功率的90%以上，本身也可单独使用柴油，以备煤气发生爐发生故障或河道滩险时使用，故能保証航行安全。在我国目前大規模經濟建設时期，对柴油的需求量很大，内河船舶中若能推广柴油煤气两用机，則可节省大量柴油，使之用于更加重要的地方，故在内河中极須大力提倡采用此种型式的内燃机。

鉴于目前内河船舶虽有使用柴油煤气机的經驗，但是缺乏必要的参攷讀物，作者願以有限学識編写本書供有关方面参攷。

本書內容主要介紹柴油煤气机，故对其原理、构造及改装方法叙述較多，而对煤气发生爐装置，則只将基本原理及結構略加介紹，不作本書重点。書末一章談到柴油煤气机及煤气发生爐的使用常識，供初学人員参攷。

本書讀者对象为具有初中文化的船員及河运学校学生，对河运技术人員也有参攷价值。

本書在編写过程及校对过程中，承蒙彭人龙、鈕心宪及陈森三同志多加帮助，并承邱耀先工程师对全文提出宝貴意見，特表謝意。

由于作者学識有限，內容必有錯誤不周之处，欢迎讀者提供批評及意見。

作者

第一章 概說

§1 柴油煤气两用机是內燃机的一种

內燃机的种类很多，按照它所采用的燃料可以分为：汽油机、柴油机、煤气机、柴油煤气两用机（简称柴油煤气机）……等多种。汽油机以汽油作燃料，常用作汽車、拖拉机、摩托車及螺旋桨式飞机的动力。柴油机則燃用柴油，在农村排灌机械、发电装置及汽車、拖拉机、船舶中使用甚多。煤气机的燃料是煤气，煤气可以是来自地下气矿的天然煤气（俗称沼氣），也可以是将固体燃料（煤、木柴、木炭等）放在煤气发生爐中气化而得的发生爐煤气。煤气机中单纯使用煤气，而不加任何其他液体燃料（汽油、柴油等）。煤气在发动机气缸中的发火燃烧是借助于电气点火系統，即火花在火花塞中跳过而引燃煤气，这和汽油机的点火过程原理相同。柴油煤气机却是同时采用柴油和煤气两种燃料，它的工作过程和柴油机类似。气缸中吸入煤气和空气的混合物并經過压缩以后，高度雾化的柴油噴入气缸引燃煤气，故和純煤气机利用电火花点火的基本原理有所不同。

§2 四冲程柴油煤气机的作用原理

图1是一幅四冲程柴油煤气机工作原理的示意图。发动机第一冲程一吸气冲程开始时，左侧进气閥开启，活塞由上死点

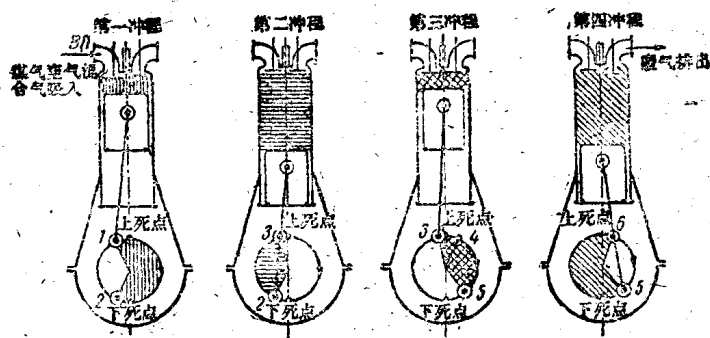


图1 四冲程柴油煤气机工作原理

向下死点移动。由于活塞下行，气缸中产生真空，于是吸入煤气与空气的混合气体，直至下死点气缸中吸满这种新鲜气体时为止，进气阀关闭。接着，曲轴继续旋转，第二冲程—压缩冲程开始，活塞由下死点朝上运动，此时由于两个气阀都处于关闭状态，气缸中的混合气体无处逃逸，便在气缸中不断受到压缩，直至活塞上行至上死点为止，此时气缸中气体的压力及温度升高很快。一般在压缩开始时气体只有 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 温度和 $0.8\sim 0.9$ 公斤/厘米²的压力，但到压缩终点时，温度升至 $650\sim 850^{\circ}\text{C}$ ，压力将升至 $28\sim 35$ 公斤/厘米²。此时，若喷射少量雾化柴油进入气缸，油滴遇到高温气体便要起火燃烧，柴油即起了引火作用，将气缸中的煤气和空气混合物点燃爆发，气缸中压力及温度急剧上升，这就是所谓点火过程。这个过程是在上死点附近极短的时间内完成的，活塞移动的距离很小，故点火爆发只是一个过程而不能算作冲程。点火爆发以后就开始第三冲程—膨胀冲程，活塞由于气缸中气体压力的推动而向下运动，并带动曲轴旋转，把动力传给曲轴。当活塞被气体推动下行时，由于气缸容积的加大，气缸中气体的压力及温度大为降

低，至下死点时，膨胀冲程便告结束。第四冲程便是排气冲程，其时，右上方的排气阀开启，气缸中的燃烧废气向大气逸出，同时，也由于活塞的上行运动，废气被推出气缸，至上死点时排气阀关闭，排气过程便告结束。紧接着又周期地进行另一个吸气、压缩、点火燃烧、膨胀和排气循环。这四个冲程（点火燃烧因时间很短，活塞没有走完一个冲程，故不计入）连续依次进行便形成发动机的一个工作循环，由于需要曲轴旋转两转，活塞来回四个冲程才能完成整个循环，故按这一原理工作的发动机称为四冲程发动机。现有的柴油煤气机大都是按照这个循环过程工作的，但也有二冲程柴油煤气机，由于使用较少，本书不作介绍。

§3 柴油煤气机的燃料供给系统

柴油煤气机所用的煤气可以来自地下气矿，即天然气，也可以来自煤气发生炉，即发生炉煤气。目前所使用的，绝大部分是发生炉煤气，天然气仅在个别地方使用，而且仅限于陆地上的柴油煤气机，船舶上由于储气设备容积重量太大，实用上尚有一些困难。燃用白煤的发生炉煤气供应系统的一例如图2所示。

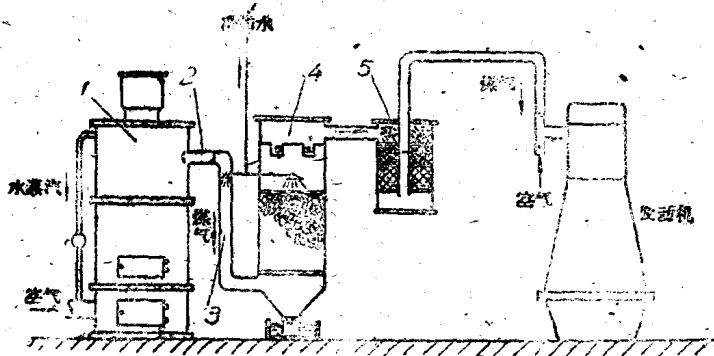


图2 发生炉煤气供应系统

发生爐 1 中燃烧着敲碎的无烟煤（俗称白煤）煤块，爐栅下面引入空气和水蒸汽。空气供給煤块燃烧成煤气所需要的氧气。水蒸汽的作用有两个：首先，它降低煤层的温度，使不結成煤渣；其次，水蒸汽通过高温的煤层会产生氢气，使煤气的发热量增大，并使煤气在气缸中的点燃性能得到改善。由出气管 2 引出的煤气具有较高的温度，一般約为 $350 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 。在水淋管 3 中用冷却水噴淋煤气，煤气进入湿滤器 4 时就只有 $100 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 的温度了。在湿滤器中放有很高的焦炭层，上部有几个淋水莲蓬头，焦炭的表面淋湿后与气体接触，产生冷却作用，同时也滤去煤气中的大部分灰尘。由湿滤器出来的煤气的温度只有 $30 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，它被引入干滤器 5 中。干滤器内部放有鉄屑（車床車削下来的）、棕絲或火柴杆等以便减除煤气中的硫分，同时也对煤气起細滤作用，繼續滤除煤气中的微細灰尘。由于干滤器出来的煤气被引入柴油煤气的煤气空气混合器，在混合器中，煤气便与来自大气的空气相混合，然后被引入发动机气缸工作。

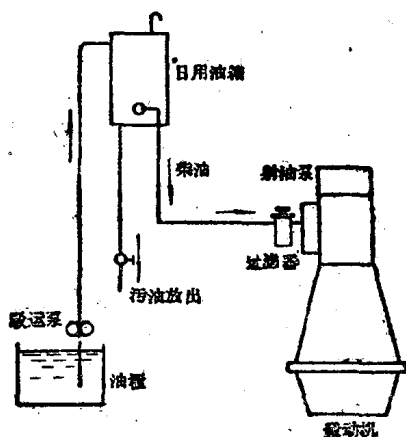


图 3. 柴油供应系統

柴油煤气机的燃料，除煤气以外还有柴油。柴油由日用油箱供給，油柜中的柴油由駁运泵打入日用油箱，再由日用油箱引至滤油器或射油泵的吸入口，其系統示于图 3。

柴油煤气机既可同时使用两种燃料，也可单独使用柴油。使用两种燃料时，柴油部分的发热量約占全部发热量的 $10 \sim$

15%，即柴油耗量约为全用柴油时的15%左右。全部使用柴油时，发动机就完全成为一部柴油机。柴油煤气机既有良好的经济性，即大部分使用廉价的固体燃料，另一方面在煤气系统发生故障时，又可以按柴油机工作，确保船舶航行安全，故柴油煤气机用作内河船舶动力是十分合宜的。

第二章 煤气发生炉装置

§4 发生爐煤气的成分

“煤气”是可燃混合气体的总称，根据其来源及成分的不同，可以分成很多种类，但是在我国内河船舶中使用的，目前仅限于发生爐煤气。

煤气的成分可以分为两部分：可燃成分—包括一氧化碳（CO）、氢（ H_2 ）、甲烷（ CH_4 ）及烃（ C_nH_m ）；不可燃成分—包括二氧化碳（ CO_2 ）、氮（ N_2 ）和氧（ O_2 ）。此外，某些种类的煤气可能还有微量的其他成分。

由于成分的比例不同，单位容积的煤气燃烧时所能放出的热量也各有高低，通常即按热值（热值就是在压力760毫米汞柱、温度 $0^\circ C$ 时，每立方米煤气完全燃烧时所放出的热量千卡数）的高低将煤气分成三大类：

1. **高热值煤气**：热值在5000~9000千卡/标准立方^①之間，属于这一类的有天然气及粪污煤气等。天然气来自地下气矿，气矿有时与石油矿并存，有时单独存在，我国四川盆地及上海附近就有这种气矿，热值最高。粪污煤气是下水道污

① 标准立方—压力760毫米汞柱，温度为 $0^\circ C$ 时的1立方米（煤气）。

物或粪便等在发酵池中发酵以后放出的气体，其热值稍低于天然气，而高于其他种类的煤气。

2. **中热值煤气**：热值在3500~5000仟卡/标准立方之間。属于这一类的有焦爐煤气及照明煤气等。焦爐煤气是炼焦厂的付产品，当炼焦煤在900~1100°C高温下干餾时（不通入空气的焙烘）就可以得到焦炭，同时取得煤焦油及焦爐煤气等付产品。照明煤气也是固体燃料在爐中高温（900~1000°C）干餾的产物，有时和焦爐煤气沒有差别。这类煤气的热值居于中等。

3. **低热值煤气**：热值在900~1300仟卡/标准立方之間。发生爐煤气及高爐煤气即属此类。高爐煤气为炼鉄厂的高爐付产品，当焦炭、鉄矿石在爐中燃烧时，上部排出的气体即为高爐煤气，热值是所有煤气中最低的一种。发生爐煤气为固体燃料（包括煤、焦炭、木炭、木柴等）在煤气发生爐中气化（供給不充分空气的燃烧）而得的可燃气体，我們所要介紹的，主要就是这一类气体。

各种煤气的主要成分及热值列于表1。

由表1的比較可以看出，发生爐煤气属于热值較低的一类，主要的可燃成分为一氧化碳和氢气，甲烷只是少量，烃类更少。其不可燃成分主要为氮气（有时占全部煤气的60%左右），其次为二氧化碳，氧气只是极少量。用发生爐制造煤气时，可以使用多种燃料，例如木柴、木炭、焦炭及泥煤、白煤等，有时某些废料如木屑、谷糠等也能用来生产煤气。各种燃料气化后所得的煤气略有差别，表2所列为由各种燃料所得煤气成分的一例。

针对我国具体情况來說，木柴、木炭較为貴重，煤气发生爐一般以燃用煤块为主。煤块中的烟煤含有較多焦油，在动

各种煤气的成分(体积%)及热值

表 1

煤气种类	CO	CH ₄	H ₂	Cn Hm	CO ₂	N ₂	O ₂	热 值 仟卡 / 标准立方
天然煤气	0.1~ 0.3	75~98	0~1.8	0.7~ 2.4	0.1~ 0.2	1.0~ 13.1	0.2~ 0.3	7940~8550
脏污煤气	—	68	—	少量	30	—	—	約5500
照明煤气	20	16	27.8	8.6	5.0	22.0	0.6	約4300
焦爐煤气	6.8	22.5	57.5	1.9	2.3	7.8	0.8	3390
高爐煤气	28	—	4	—	8.6	60.0	—	850~1000
發生爐煤气	15~ 30	0.1~ 4.0	1.5~ 24	少量	1.5~ 16	46~60	0.1~2	980~1250

使用不同燃料时的发生炉煤气成分及热值 表 2

燃 料	CO	CH ₄	H ₂	CO ₂	N ₂	O ₂	热 值 仟卡 / 标准立方
白煤	24	1.0	13.0	6	55.3	0.7	1260
木柴	16.8	0.6	20.7	12.3	48.7	0.4	1206
木炭	24	1.0	12.0	4.0	58.0	1.0	1233
泥煤	17	5.9	6.2	11.2	59.4	0.3	1137

力上使用烟煤的煤气困难較多, 还須进一步研究改进; 白煤是目前为河船舶中使用最广的发生爐燃料。我国山西出产的阳泉白煤是最佳的发生爐燃料, 河南焦作白煤質量也极佳, 此外各省所产的地方白煤也有很多是发生爐的優質燃料。

当白煤煤气发生爐使用正常时, 煤气的成分約如表 3 所示(根据船舶科学研究所資料)。

除表 3 所列成分以外, 白煤发生爐煤气尚含有少量的硫化氢(H₂S)、水蒸汽、惰性气体及灰尘等。

白煤发生炉正常的煤气质量

表 3

项 目	符 号	体 积 %
一氧化碳	CO	25~28
甲烷	CH ₄	1~3
氢	H ₂	10~14
烃	C _n H _m	微 量
二氧化碳	CO ₂	4~6
氧	O ₂	0.2~0.7
氮	N ₂	50~55
热 值		12000~13000仟卡/标准立方

上述各种成分的比例随很多因素而变化，所以发生炉煤气的成分有时变动很大，下节中我们再加以讨论。表 3 所列系指正常工作时的煤气成分，当发生炉工作不良时，煤气中的二氧化碳增加，一氧化碳反而减少。每座煤气发生炉工作情况的好坏可以用分析煤气成分的办法加以检查鉴定，根据分析出来的气体成分的高低，可以计算出煤气的发热量，也可用热量计测出煤气的发热量，发热量高的煤气，当然说明炉子工作良好，反之亦然。

知道了煤气的成分以后，就可以用下式计算其发热量：

$$H_{\text{低}} = 3050 \cdot (\text{CO}) + 2570 \cdot (\text{H}_2) + 8520 \cdot (\text{CH}_4) + 1400 \cdot (\text{C}_n\text{H}_m) \text{ 仟卡/标准立方}$$

式中： $H_{\text{低}}$ 为煤气的低热值^①，仟卡/标准立方；

CO、H₂、CH₄及C_nH_m分别为煤气中所含的一氧化碳、氢、甲烷及烃的数量。

^① 低热值就是燃料全部燃烧时所放出的热量，但除去使燃料所含水分蒸发时所吸的热量。若不减去水分蒸发时所吸热量，则称为高热值，实用中常用低热值。

§5 煤气发生爐气化过程

用固体燃料制造煤气的基本原理有两种：干餾和气化。干餾是对密封容器中的煤块进行外部加热或内部加热，并隔绝空气的供给，煤在一定温度时开始分解其含有物，分解出来的气体即为干餾所得煤气，留下者为焦炭之类物质；炼焦爐中即为此等过程。气化则为向煤爐中加入空气使煤块燃烧，但控制空气量使燃烧不能完全，这样所得之烟气便是气化后的煤气，发生爐煤气即属此类过程。

作为煤气机及柴油煤气机动力燃料的发生爐煤气，可以由上吸式、下吸式及平吸式三种基本形式的发生爐中气化而得，在这几种爐子中，气化过程略有差别，下面分别加以介绍。

1. 上吸式煤气发生爐气化过程

上吸式煤气发生爐的构造如图4所示。空气由爐子下部进口1进入，由于发动机运转时气缸真空的吸力通过爐栅2进入爐膛，爐膛中装有敲碎的煤块（或木炭）3，煤块的下层正在燃烧，空气中的氧气进入这一层时就帮助煤块燃烧，在这一层燃烧后所得的烟气便是二氧化碳加空气中不助燃的氮气，这种烟气上升到上部煤层碰到赤热的煤块时便被还原为一氧化碳加氮气，烟气再上升时，温度已降低，被发动机由出口4吸出并經煤气冷却及滤清系统进入气缸中工作。爐子的四周有水夹层5，水夹层中产生的水蒸汽也由爐栅下面引入爐膛中参加燃烧气化。由于这种爐子中的煤气向上流动，并由爐子上部吸出，故称为上吸式煤气发生爐。又因为煤气热气流向上运动，发动机又是顺着热气流方向吸取煤气的，也有人称为顺吸式煤气发生爐。

这种型式的爐子宜用白煤或木炭作燃料。由于它的上部煤层受到煤气气流的烘焙，含焦油等挥发物的燃料，如木柴及烟煤等，就不适用，因为煤焦油等挥发质受到烘焙时能蒸发而被煤气气流吸出，但温度降低以后就要重新凝結，結果会使发动机进气管产生胶状物质或被沾污，进气阀可能被粘死，活塞环也同样可能胶死，严重时可能使整个活塞环粘死在气缸中，造成严重事故，所以上吸式爐子中禁止使用木柴及烟煤，使用劣质白煤时，也应与优质白煤搭配使用。

爐子上部的吊鐘机构6（图4）是为了在发动机运转时加煤之用。加煤时，先将鐘閥关闭，打开顶盖7，把煤倒入料斗8中，再把爐盖关好，摇动手柄9，煤炭即落入爐中。这种构造能避免加料时大气

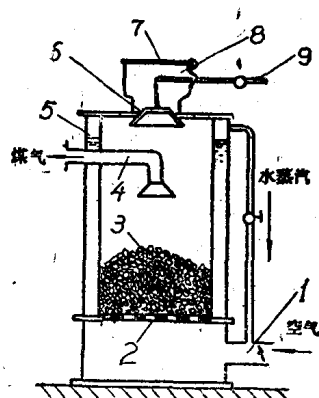


图4 上吸式煤气发生爐原理

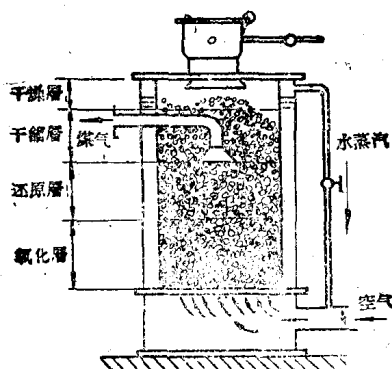
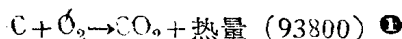


图5 上吸式煤气发生爐的燃料層

中的空气进入爐中。发生爐的下部有灰坑及出灰門，用来排出灰渣。

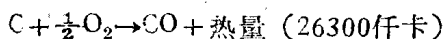
上吸式煤气发生爐中的煤层根据其在煤气发生过程中的作用分为四层，自下至上依次为氧化层、还原层（此两层也合称反应层）、干餾层和干燥层（此两层也合称干燥层）。

氧化层在煤层的最下部(图5)，其中煤炭中的碳分与空气中的氧结合为二氧化碳并放出热量，其反应式为：



反应式说明，当温度足够高时，碳与氧起化合作用，即燃烧生成二氧化碳，同时放出热量（每12公斤的纯碳燃烧时放出93800仟卡热量）。

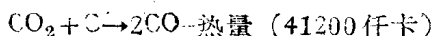
氧化层中的局部地方，氧气由于已助燃而显得缺乏，此时将起不完全燃烧反应，即：



此种反应生成的一部分一氧化碳将在氧化层中遇到氧气，旋即继续反应生成二氧化碳，故氧化层終了时，煤气中含一氧化碳较少而含二氧化碳较多。

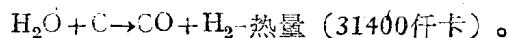
氧化层受到加热，温度很高，其与还原层交界之处温度最高，有时达1200~1500°C以上。

氧化层上部燃料受下方加热而具有高温，上升的气流中氧已烧完，仅剩一氧化碳、二氧化碳及氮气。二氧化碳能于高温下分解，故与此层中的高温碳分起还原吸热反应：



反应式说明：二氧化碳在此层中还原成一氧化碳并吸收热量（每48公斤的二氧化碳还原时吸热41200仟卡）。此层中因为发生吸热反应，故温度逐渐降低，还原終了处的温度一般为700~900°C。

还原层中尚有由外界引入的水蒸汽起还原反应。水套中的水蒸汽由炉栅下面引入，通过氧化层时只被加热而不起反应，至还原层中，水蒸汽与高温煤层相遇即起还原吸热反应：



① 以标准生成热计算，下同。