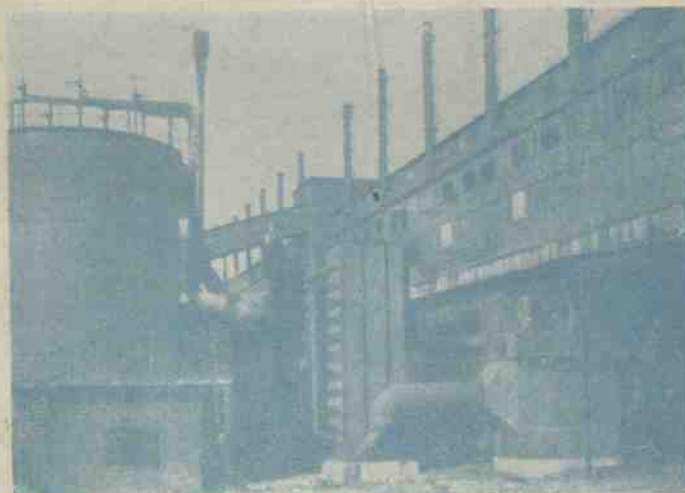


# 魯奇爐煤低溫干餾經驗



石油工业出版社

## 內 容 提 要

在党中央所提出“天然石油与人造石油齐头并举”及“大中小型企业相结合”的方针指导下，全国各地都已行动起来，积极筹建煤炼油厂。鲁奇爐是目前世界上較先进的一种煤低温干餾爐型，其采油率及产焦收率较高，焦油成本較低，燃料消耗量少，是一种值得广泛推广的爐型。本書彙編了几篇关于国内外鲁奇爐煤低温干餾經驗方面的文章，簡要地介紹了魯奇爐的結構、原理、操作、用煤鑑定及最新成就，对各地煤爐低温干餾工作的同志，有很大的参考价值。

致謝

統一書号：15037·568

魯奇爐煤低温干餾經驗

石油工业出版社編輯出版（地址：北京方家胡同石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第004號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

787×1092毫米开本·印張1分·38千字·印1—2,000册

1958年12月北京第1版第1次印刷

定價0.28元

## 目 录

- 烟煤低温干馏和鲁奇式爐……………郭如屏 (1)
- 魯奇爐低温干馏及半焦利用…………捷克專家伊立克 (20)
- 魯奇式低温干馏爐的改进……………張仁俊 (32)
- 粘結煤大型魯奇爐氧化試驗初步成功  
……………石油五厂低温干馏車間 (41)
- 从石油四厂45吨爐的實踐結果試論低温干馏  
用煤鑑定……………張仁俊 (45)

# 烟煤低温干馏和鲁奇式爐

郭如屏

煤的低温干馏是煤热加工工艺之一，它对我国煤资源的合理利用有着极重要的意义。随着工业先进国家动力供应日感不足和煤化学工艺的迅速发展，煤已失去“燃料”的意义，而成为主要的“工业原料”。这就是說，我們要从煤中煉制出各种固体、液体和气体的高级燃料，以及提煉各种工业上所不可缺少的原料。

煤的低温干馏已有一百余年的历史，德国在第二次世界大战期間，为了液体燃料的自足問題，曾前后建造褐煤和烟煤的鲁奇式低温干馏爐共約 230 部，年产低温煤焦油达 250 万吨。标准鲁奇式爐也有廿余年的历史，在近廿年的生产實踐中，它已有了很大的改进和发展，这充分說明鲁奇式爐的优越性和它的内在潛力。本文除介紹块烟煤低温干馏的一般理論外，对近年来鲁奇式低温干馏爐的重要改进和发展方面，根据搜集的文献，也分別介紹于后。

## 烟煤的热分解过程

烟煤是一种高分子的复杂有机混合物。根据岩石学的組成分析，烟煤是由亮煤、暗煤和絲炭三种不同成分組成的。当烟煤在与空气隔絕下加热时，煤的揮发分受热分解为不同成分的煤气和可凝的焦油气，煤的碳分子物則逐漸受热轉化成焦炭。低温干馏的溫度一般不超过 600—700°C，因为煤在

700°C以下加热时,焦油的质量比较好;在700°C以上加热时,焦油中瀝青分迅速增加,焦油由于热分解的关系,其产率亦随着干馏温度的增高而下降。关于干馏温度对焦油和煤气的收率以及生成焦油比重的影响,可从图1看出。图中划出三个温度区,450—580°C为低温干馏区,580—800°C为中温干馏区,800°C以上为高温炼焦区。图1是同一种煤分析测定的结果,曲线A表示生成焦油的收率,曲线B表示生成煤气的收率,曲线C表示生成焦油的比重。从图中可以看出,当干馏温度超过580°C时,焦油收率即开始下降。所以为了炼制焦油而进行的低温干馏,其温度以不超过580°C为最适宜。在实际工作中,可根据对低温干馏产品的要求,适当地调整干馏温度,另外,原料煤的性质也应予以考虑,即根据铝甑分析的结果来测定干馏产品和干馏温度的具体关系。

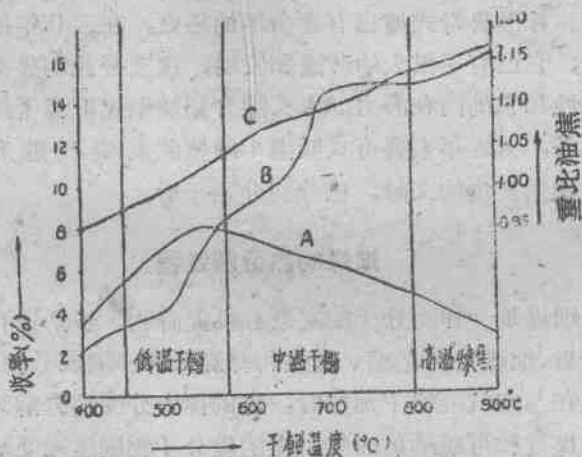


图1 干馏温度对焦油和煤气的收率以及焦油比重的影响

干馏温度对生成焦油的性质有着重要的影响。从图 2 可以看出，干馏温度对焦油组成的影响是比较缓和的，只是在 700°C 以上时，生成焦油的酚才急剧下降。图 3 表示干馏温度对煤气组成的影响。从图 3 可以看出，煤加热至 500°C 时，煤气组成有着显著的急变。在 500-600°C 时，甲烷、乙烷的

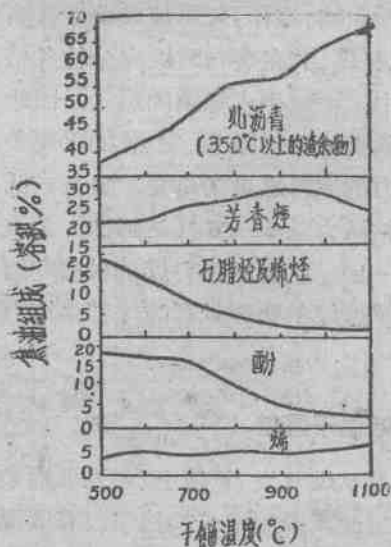


图 2 干馏温度对焦油组成的影响

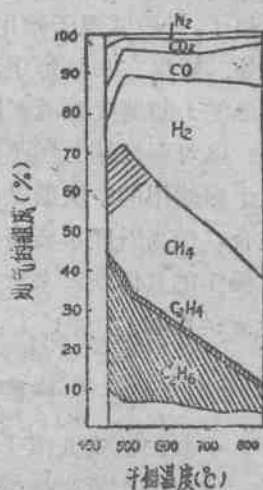


图 3 干馏温度对煤气组成的影响

生成率最大；当温度继续增加时，甲烷和乙烷裂化成氢，因此氢的产率随着甲烷和乙烷产率的减少而增加；当干馏温度超过 700°C 时，由于甲烷和乙烷产率的减少，煤气的热值相应地下降。

烟煤的亮煤和暗煤组成有着不同的软化温度界限。根据

达姆法的测定，烟煤的亮煤組成軟化溫度在  $390-400^{\circ}\text{C}$  之間，暗煤軟化溫度在  $440-450^{\circ}\text{C}$  之間，絲炭測不出軟化溫度界限。在实际操作中，为煉制較強硬的焦炭起見，干餾溫度必須在亮煤和暗煤軟化溫度差 ( $40-50^{\circ}\text{C}$ ) 的範圍內迅速地超越過去，就是說，使烟煤的亮煤和暗煤組成在極短時間內同時軟化，從而這二種組成的煤相互焦結，這樣，就易煉成硬度較高的焦子。一般低溫干餾用的原料煤，其亮煤和暗煤成分約各佔 50%。暗煤在加熱焦化過程中，不能生成強硬的焦子，因此上述的干餾溫度升溫原則，就成為煉制強硬半焦的重要條件。這對弱粘結力和不粘結力的原料煤更為重要。魯奇式低溫干餾爐用的中塊烟煤，其粘結力以 5—6 (達姆法) 為最適合，最高限度不應超過 9—10。這要由原料煤的粒度和爐體操作的具体情况來決定，單爐煤的處理量和爐體結構亦有一定的影響。

### 魯奇式低溫干餾爐

一般內熱式低溫干餾爐是從煤氣發生爐逐步發展而來的，它只是把發生爐的燃燒層改成燃燒室或換熱室設在低溫干餾爐的外邊。撫順 45 噸爐就是魯奇爐發展過程中的最初階段，它仍保持着煤氣發生爐圓筒型的形式。魯奇式爐干餾煤的加熱 (導熱過程) 是通過燃燒室直接加熱至一定的溫度後，然後送入干餾層進行直接加熱的，這直接加熱用的熱煤氣，我們叫它做吹沖的熱載體煤氣。關於魯奇式低溫干餾爐的運轉過程，簡單介紹于下。

進爐的原料煤是在和上升的吹沖熱載體煤氣 (以下簡稱吹沖熱煤氣) 直接接觸的方式下極緩慢而連續地下沉移動，進





的高沸点油气的性能，从而在吹冲热煤气上升至爐出口的过程中，不致有焦油凝出和热解的现象产生。

人們曾考虑利用过热蒸汽代替吹冲热煤气进行煤的低溫干餾，認為过热蒸汽很类似理想气体，以及用它进行煤的低溫干餾能够制备不受燃燒廢气冲淡的高热值煤气。英国的特納尔 (Turner) 法和美国的盖尔蘭德 (Garland) 法就是根据以上論点进行过热蒸汽煤低溫干餾的例証。他們的方法都失敗了，从技术經濟上来看，也是难以工业化的。其主要缺点有三：其一，过热蒸汽不适于运载未热解的高沸点焦油气，因为一般低溫干餾用煤含氧較高，在干餾过程中极易生成膠質物，把爐出口导管很快地堵塞；其二，过热蒸汽煤低溫干餾煉出的未热解的焦油，其比重接近于水，在冷凝系統中分出的高粘度焦油和低溫水的混合物几乎分不开；其三，过热蒸汽在与热半焦接触时，即在半焦表面发生水煤气反应 ( $C + H_2O = CO + H_2$ )，使半焦表面結出一层灰渣，这样，半焦的燃着点不免提高，活性大大地降低，半焦的質量也就变坏。

在魯奇式爐的半焦冷却层中，由于压力吹入了一大部分吹冲冷煤气 (又称冷却煤气)。这吹冲冷煤气和热半焦直接接触进行热传导作用，使热半焦的蓄热大部分收回，供作加热吹冲冷煤气用。当吹冲冷煤气上升到干餾层时，它的溫度已接近于干餾溫度，这样，爐的热效率就大为提高。魯奇式爐干餾层干餾用的吹冲热煤气，是由以下三种煤气組成的：(1) 燃燒室直接燃燒生成的热煤气；(2) 低溫过剩煤气 (又称二次煤气)；(3) 冷却半焦用的冷却煤气。吹冲热煤气和干餾层干餾过程中生成的干餾煤气以及焦油气相混合，饱和后即由爐出口导管m 导出至冷凝系統。干餾完毕的半焦，則从

半焦冷却层下部的出焦机排至爐外儲焦斗后排出。

### 块烟煤粒度对內热式低温干餾的影响

煤低温干餾工业中测定煤样含油率的标准方法，一般是以鋁甌分析为准繩的。由于鋁甌分析用的煤样为研磨极細的粉煤，同时在規定的加热速度下，鋁金属可保証极良好的热傳导，因此鋁甌分析測定的含油率，是足以代表煤样的理論含油率的。

为了研究块烟煤粒度对內热式低温干餾收油率的影响，曾进行各种粒度的块烟煤干餾試驗。粒度为10—20公厘的块烟煤，其收油率为鋁甌分析含油率的88—98%；粒度为20—40公厘的，收油率为84—85%；粒度为40—70公厘的，收煤率为82—83%。这些数据在生产爐長期运轉中亦获得了証实。

以上試驗充分說明煤粒度和收油率的相互关系。当煤干餾时，煤膠体物質热解而形成的焦油滴，必須从煤核心毛細管向煤粒表面滲透，油滴从煤核心滲透至煤粒表面，必須經過一段煤粒的平均粒半徑，显然，煤的粒度越大，油滴滲透的途徑亦越長。当油滴在煤毛細管中滲透至煤粒表面时，必須在煤核心具有一种能够克服毛細管阻力和煤粒周围压力总和的力量。这种力量可認為是煤膠体物質热分解所引起的体积膨脹、煤水分汽化及气态物的生成而产生的。鋁甌分析使用极細粒的煤样（縮短毛細管油滲透途徑），是获得最高收油率的主要原因。

对魯奇式爐來講，煤的粒度过大，会增加吹冲热载体煤气在爐截面上分布和暢通的阻力，因此細粒块烟煤是不适于魯奇式爐干餾的。一般魯奇式爐用的块煤粒度，不能小于20

公厘。另外，块烟煤粒度的界限对爐体运转亦有很大的影响，粒度界限越狭（譬如平均粒度不超过20—25公厘），吹冲热煤气在干馏层内的分布就越均匀，同时过大和过小粒度的块烟煤，在爐体下沉运动中分离的机会也越少。处理过细粒度的烟煤，最好的办法是煤压錠，这样，不但粉煤得到利用，同时对爐体运转、半焦强度和收油率都有好的影响。煤研磨至1—2公厘时，其粘結现象有很大的改善。

### 烟煤粘結力对内热式低温干馏的影响

在魯奇式爐中进行块烟煤的干馏，粘結力是一个主要的问题。一般含油率较高的烟煤，都具有一定的粘結性。烟煤粘結力的大小，是和煤的性质、岩石组成分不开的。采用适当的块煤粒度、较狭的粒度界限和适量的吹冲热煤气，对粘結性烟煤在魯奇式爐中顺利运转是有重要作用的。但烟煤粘結力大于10（达姆法）时，操作很难进行。烟煤的亮煤组分是决定粘結力的主要因素。当烟煤的亮煤组分超过50%时，烟煤的粘結力就急剧增加。德国曾试用含氧的烟道气进行烟煤的表面氧化以破坏煤表面的粘結力，并在魯奇式爐干馏层上部装设一氧化热预处理层，进行大型工业化试验（循环烟道气的进口温度为200—225°C）。当爐子运转不久之后，在循环风扇中发现有粘結瀝青质分出，这种瀝青质的沸点很低，其性质和用溶剂抽出的粘結瀝青质相同。这样，魯奇式爐需增加一套热预处理层的冷凝设备，另在热预处理层（氧化层）和干馏层之间需增设一中间隔离层的设备。中间隔离层将增加预热煤粒的破碎率，给干馏层的运转造成很大的危害。所以，氧化破坏粘結力法在德国没有工业化。

煤压錠降低煤粘結力的理論是可以这样解釋的。烟煤中的亮煤、暗煤和絲炭三种組分的粘結力都不相同，亮煤最大，暗煤次之，絲炭无粘結性。当强粘結性的块烟煤的內热式爐內干餾时，各煤粒的亮煤表面相遇即互相粘結成坚固的焦团，这种焦团愈来愈大，直至爐操作运轉成为不可能。当制造煤錠的烟煤磨至粒度1—2公厘时，这三种不同粘結性的煤組成获得均質的摻混（因为粒度1—2公厘相当于煤层天然結構的紋裂），粘結性的亮煤和无粘結性的絲炭均質摻混后，焦的粘結力遂下降，干餾时的結焦現象就可避免。

### 煤压錠对內热式低温干餾的意义

煤低温干餾的主要产品是焦油和半焦，因此如何制备質好量多的焦油和半焦是值得研究的問題。从烟煤的原料成本来看，中块洗煤的成本要比粉煤貴得多，对魯奇式爐來說，块烟煤粘結力超过10（达姆法）时，爐体就难以操作，同时單爐处理量就大大地下降。單爐处理量的增減和原料煤的粘結力、块烟煤的粒度、粒度的均匀和界限有着密切的关系。粘結的块烟煤进行內热式干餾时，必須儘量采取煤粒均匀的原料和緩慢的干餾速度，这样，單爐的处理量就必须适当的降低。采取块烟煤低温干餾时，原料的选择是受到一定的局限性的。

压錠煤是由1—2公厘粒度的粉煤摻和一种粘合剂高压压錠成型的。粉烟煤的粘結力可达20左右。煤錠的低温焦油收率要比块烟煤高得多，接近鋸甑分析的理論收率。只是在大型爐操作时，由于設備、管綫的关系，收油率比鋸甑分析約低2—4%。

压錠烟煤最大的优点表现在單爐煤的处理量。譬如用粒度为20—40公厘的块煤在魯奇式爐内干餾，当20公厘的煤粒干餾完全时，40公厘的煤粒尚在出油的过程。假設20公厘块徑的煤粒为一正方形时，其体积为8,000公厘<sup>3</sup>，而40公厘煤块徑的体积已为64,000公厘<sup>3</sup>。换言之，40公厘粒度的煤容积要比20公厘粒度的煤容积大8倍。上面已談到煤粒的平均半徑是块烟煤出油率的函数。采用20—40公厘平均块徑的煤粒。其容积差已达8倍，可以想象到块烟煤在内热式干餾爐中干餾过程不均匀的情况。根据压錠煤在魯奇式爐干餾的生产纪录，可以看出压錠煤單爐处理量比块烟煤高70—80%。

压錠半焦的比重要比块烟煤半焦大，体积要比块烟煤半焦小，近似高温焦，它的型式亦保持煤錠的原形，这对儲运来说，比块烟煤半焦有显著的优越性。压錠半焦的强度和破碎率亦都比块烟煤半焦好，压錠半焦出爐后不需过篩和分篩的设备，即可直接当作成品推銷之。

### 魯奇式块烟煤低温干餾的运轉

#### (一) 原料煤問題

块烟煤的粒度，粒度界限和破碎率对干餾过程的影响，上面已經作了詳細的分析。特别是对魯奇式爐来讲，由于干燥层和干餾层的截面积大，为求得爐料，分布均匀，干燥层和干餾层的吹冲热煤气上行通暢，保証热煤气均匀地和爐中各部位的煤粒良好接触和热傳导，原料煤块的粒度选择在爐中的均匀分布是保証干餾完全的决定条件。块烟煤的粒度界限，一般不能过寬，但由于煤强度和运输过程中的冲击破碎的关系，不但在入爐前必須把粉煤完全篩除，而且在入爐后

煤的均一分布（防止大塊和粉碎煤在爐中分開），也是不容忽視的問題。

## （二）干燥層

干燥層是魯奇式爐順利運轉的一個主要部分。干燥不完全的煤會影響爐的煉量和半焦的質量。干燥層的溫度，必須根據煤樣在鋁甌分析中測定的開始流出第一滴焦油的溫度來決定；一般不能超過  $280-300^{\circ}\text{C}$ ，否則會降低收油率 and 引起干餾循環風扇的堵塞。

干燥層燃燒室是製備干燥煤用的吹沖熱載體的熱源。在操作時，應防止燃燒室超過熱負荷。一般採用的煤氣和空氣的比為  $1:1.5$  左右（過剩煤氣燃燒會降低火焰溫度），煙道廢氣不得含氧，以防止煤的燃燒（當原料煤含  $\text{FeS}$  時）。

保證干燥層煤干燥完全的主要條件，在於尽可能保持最大可能的干燥加熱煤氣的循環量，和兩邊循環風扇的平衡運轉。提高干燥層循環風扇的能力和加大燃燒室的容積，是提高魯奇式爐生產效率的條件之一。

## （三）干餾層

从干燥層干燥完畢的煤料，通過 8 個中間層導管沉入干餾層。中間層導管均裝有煤氣取樣口，為檢查干燥層與干餾層煤氣上下竄動的情況，因此也是控制操作的重點之一。

干餾層的內部結構，近年來各生產廠根據自己的具體條件均有新的改進和發展。關於干餾層內干餾溫度變化的過程，哈格爾 (Hager) 曾作過深入的研究。圖 5 為標準魯奇式爐干餾層的溫度變化過程，其中 a 指出了吹沖熱煤氣在干餾層切面上分布不均的情況以及干餾層每隔 500 公厘內外側溫度差，b 表示干餾層的理論等溫綫，c 表示在多次生產爐

并不甚重。(注：本图系根据苏联标准GB 1551-53) 图中所示

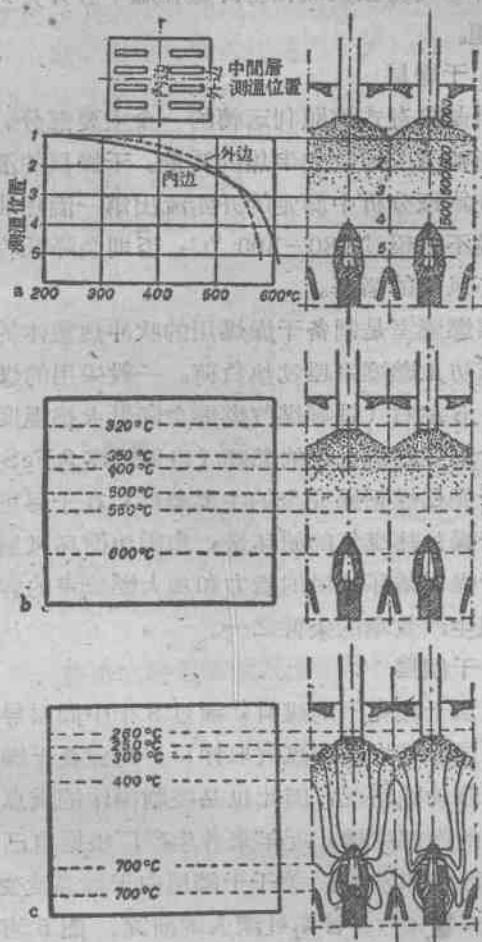


图5 标准鲁奇式烘干层的温度变化过程  
a、c—实际测定的等温曲线；b—理论等温线。

中实际测定的干馏等温曲线。从图中看出播气花墙上部有一所谓“死角层”，层温很低，造成焦油气冷凝结出油焦和焦油损失的可能。为了克服这一缺点，考虑将播气花墙加高（图6），并增加通气孔，但在实践中并未获得显著的效果。

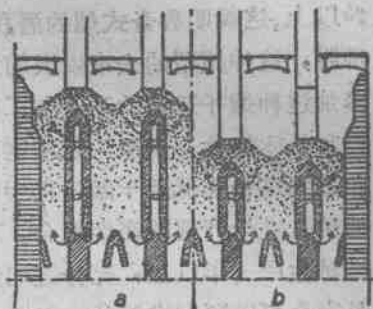


图6 两种不同的播气花墙结构

（四）安全操作措施  
鲁奇式爐和所属一切  
冷凝设备在事故停車时，  
如果采取适当措施和保持

爐体和各设备处于正压，就不会发生任何爆炸危险，因此在停車时，爐体必須完全气密，儲煤槽盖和爐出口擋板必須封死（停車時間較長时，須把气密不严处用泥糊死，以免爐外空气抽入，产生可爆炸的气体）。

爐体运转时經常检查爐体各部的压力、温度和流量，是稳定操作的重点工作。干馏层和干燥层的燃燒室煤气和空气的配比、爐料、爐温以及压力的检查和控制，对提高爐效率和降低生产成本均有极重要的作用。

关于标准鲁奇式爐正常操作的有关指标和控制项目，可从表1中看出。

### 鲁奇式爐近年来发展的成就

鲁奇式低温干馏爐已有20余年的历史，迄今仍为煤低温干馏工业中效能最大、优点最多的先进爐型。标准鲁奇式爐原设计的能力，單爐褐煤錠日处理量为280吨，经过20余年实



实际操作的不断改进和煤化学研究的不断发展，單爐褐煤錠日处理量已提高至450吨，换言之，魯奇式爐的效能已增加了60%以上，这说明魯奇式爐的潜在能力是很大的。我們可以肯定地说，这种爐型的未来发展前途是无可限量的，不过有待于参加这种爐子运转的工人和工程技术人员根据現場的不同原料和具体条件，来深入認識这种爐子本身所具有的不同性能和不同煤种在低温干馏过程中的客观规律，并和国外魯奇式爐的先进生产經驗密切配合。石油五厂采用撫順古城子块烟煤試生产一年以来，充分証明这种爐型对于块烟煤低温干馏是完全可以順利进行的。但我們的經驗还是很少，对我国煤种的研究还很不够，为了进一步提高石油五厂魯奇式块烟煤低温干馏爐的潜在能力，使其迅速达到国际水平，为我国煤化学工业更好地服务起見，現將最近国外魯奇式低温干馏爐爐型結構的若干改进和发展方案介紹于下。

表2列出某魯奇式低温干馏爐（褐煤錠）爐型結構改进前后的效率和运转数据。从表中可以清楚地看出魯奇式爐的内在潜力和提高煉量的关键环节，此外爐体运转中的一些数据也值得参考。

(一) 具有煤分布、松动和避免粉煤窩生成性能的干馏层馬鞍分布器的装設。

图7示出干馏层播气花牆洪道上部和中間层下部之間交叉装設的鑄鉄馬鞍二排。这一改进措施对易碎和易受热破碎的煤种和煤錠是有特殊重要的意义。保証吹冲热煤气均匀分布和每一煤粒接触导热。是魯奇式爐順利运转的中心問題。撫順古城子煤是一种年青的烟煤，它的机械强度小、破碎率大，尽管煤入爐前已經把粉煤完全筛掉，但在爐內下沉移动