

工业用丸球的制造技术

译文集

上海化工研究院技术情报室译

7.3

石油化学工业出版社

工业用煤球的制造技术

译 文 集

上海化工研究院技术情报室译

石油化学工业出版社

本书选译了近十多年来国外工业用煤球的制造技术的有关文献共二十四篇，分编为两个部分：第一部分为成型工艺，包括影响煤球成型的某些因素、粘结剂的应用技术、煤球焦化工艺，以及煤球热强度和表面性能的改进等；第二部分为机械设备，包括压球机及其部件的技术性能、结构、设计和操作，以及煤球的测试技术等。

书稿译出后，曾请煤炭科学研究院北京研究所气化组审查修改。

本书可供化肥、冶金、煤炭等有关工业部门的工人和技术人员阅读，也可供有关高等院校师生参考。

工业用煤球的制造技术

译文集

上海化工研究院技术情报室译

石油化学工业出版社出版

(北京和平门七区十六号楼)

石油化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $5^{1/8}$ 字数113千字 印数1—4,750

1978年10月北京第1版 1978年10月北京第1次印刷

书号15063·化321 定价0.43元

目 录

一、成型工艺	1
1. 加粘结剂制煤球时某些重要因素的影响	1
2. 压球技术的实验室研究和中试研究	9
3. 实验室试验对设计和操作成型机的作用	21
4. 高炉焦球焦化工艺概述	32
5. BFL法热压煤球的现状和进展	41
6. 水泥煤球	58
7. 腐植酸铵作焦球粘结剂	64
8. 碱性纸浆黑液制煤球粘结剂	66
9. 纸浆煤球热稳定性的提高	68
10. 煤球热强度和表面性能的改进	71
11. 混合料性质对压球的影响	73
12. 湿法制造成球混合料	81
二、机械设备	84
13. 压球技术	84
14. 压球机的型轮设计	102
15. 对辊压球机极限型轮速度的确定	108
16. 对辊压球机球窝的结构	118
17. 对辊压球机的辊套磨损研究和操作性能的提高	122
18. 压球机辊套耐磨性的提高	127
19. 对辊压球机的抽气式加料机构	130
20. 对辊压球机的强制加料	133
21. 辊筒式煤料粉碎机	141
22. 改良型煤粉捏和机	145
23. 煤球形状对料层透气性和阻力降的关系	148
24. 煤球热稳定性的评价方法	154

一、成型工艺

1. 加粘结剂制煤球时 某些重要因素的影响

R. P. Charbonnier, J. Visman

本文综述了加粘结剂制煤球的最近一些主要发展，以便于各个煤球厂根据当地条件制定科研规划时作为参考。

分别考察了各项因素，如煤的性质和粒度、各种粘结剂（煤焦油沥青、石油沥青、淀粉和亚硫酸盐废液）、水分、温度和成型技术等的影响。

前 言

许多技术人员不关心降低煤球成本和提高煤球质量的问题，往往认为成型工艺很简单。其实这个过程很复杂，有许多因素本身十分重要或者相互牵连，并且不易很好控制。

通常煤球的质量是根据测定某些物理性能，如抗压或抗弯（强度指标）、抗碎或抗磨（稳定性指标），进行燃烧试验，在脱除挥发物后测定强度，作耐气候试稳和化学性分析等来评价的。这里只考虑煤球的物理性质。虽然迄今尚未建立测试标准，但是对于煤球物理性能的评价是以抗压强度试验和转鼓试验为基础的。这两项试验简单可靠。关于它们的研究已有报导^[4~6]。由于对煤球成型的基本原理和操作方法均有许

多文献资料^[1,2]，本文不再详细介绍。

加粘结剂制煤球时 一些最重要因素的影响

本文只讨论最近一些最突出的技术革新成就，对下述各项影响因素作了单独考察。

煤的性质

为了保证煤球所需的燃烧性能，煤必须具备适当的粘结性质，否则就必须对煤球进行处理（如部分焦结）而增加成本。如果粘结性不足，某些次烟煤和无烟煤往往如此，可以在成球煤中混入10~20%合适的粘结性煤来解决。

煤的孔隙度和水分高不利于压球，因为此时粘结剂的用量增加。

虽然煤的性质是一个非常重要的因素（特别是对煤球的化学性质和物理性质而言），但煤球厂的操作人员常常不大可能控制。

煤的粒度

煤的最适粒度组成是保证密度最大，在混合机、捏和机和成型机中粉碎最少，并且在粒度曲线上接近标准分布（累积重量百分数对筛孔大小以对数作图得到一直线）。只要不添加别的煤或者筛出某些粒度的煤粒而引起特定的粒度范围变化，用锤磨机粉碎粗煤，通常很容易接近这样的粒度分布。

最近对典型烟煤的研究表明：一般情况下当煤的最大粒度提高到1/8英寸时，煤球的抗压强度增加；当最大粒度由1/8英寸提高到1/4英寸时，抗压强度不变；当最大粒度超过1/4英寸时，抗压强度降低。

人们常常认为当或球混合料中细粒煤和粉煤比例增加

时，必须提高粘结剂用量，才能使煤球具有相应的机械性能。但是越来越多的迹象表明上述设想是错误的。例如在最近的研究中，小于50目的煤粒比例由36%增加到52%， 35×50 目的由18%增加到26%， 18×35 目的由15%增加到22%，煤球的机械强度没有变化或很少变化。同样将极细的浮选煤粉（小于50目的占74%）按不等比例混入普通粒度的成球煤料，均无明显的不利影响。比表面的变化范围从67厘米²/克到292厘米²/克。发现某些情况下除去大于10目的煤有助于提高煤球质量。各种筛分煤粒的相对比例似乎比煤粉量更重要。例如典型烟煤的最适粒度分布是：1/8英寸 $\times$ 18目50%、 18×50 目30%、小于50目20%。对煤球的显微镜观察也证实这些结果。从显微镜下看到沥青粘结剂与极细的煤粒仿佛形成一种“混凝土”，这种“混凝土”将大的煤粒聚集在一起，其间夹杂着一些较小的煤粒和留有許多孔隙。

煤焦油沥青粘结剂

煤焦油沥青仍然是世界上，特别在欧洲应用最广的粘合剂。那里似乎有一种明显趋势是利用熔融的而不是粉碎的沥青，因为高粘结力的软质沥青比较容易处理和还有其它一些优点。加15%蒺油或焦油可使煤焦油沥青软化，将克雷默-萨诺（Kraemer-Sarnow）软化点^①由72℃降低到45℃。采用比较软质的沥青时，粘结剂的用量约可减少1.5%，因为1份油代替2份沥青〔马特尔（Martel）法〕。

康威托尔（Convertol）法在压球前用煤焦油使洗过的煤粒脱水，以减少粘结剂用量。

① 克雷默-萨诺软化点的值平均约比美国材料试验协会（ASTM）环球法低10℃。

石油沥青

通常石蜡基或沥青基的石油沥青做粘结剂都比煤焦油沥青好，但对于温度的敏感性较低，所以在成球以后需要较长的冷却时间。它们的成焦性也差一些。

正像每种煤种具有不同的成型问题那样，每种石油沥青的粘结能力也不一样，并且随着所用的煤种而变化。芳环族化合物的粘结性比脂肪族化合物强，即使对较年老的疏水性煤也如此。

对于典型的加拿大烟煤^[7~9]，每增加1%石油沥青，煤球的抗压强度可由25%提高到35%和稳定性指标由1%提高到15%（绝对值）。一般说来，裂化渣油沥青的成型性质跟煤焦油沥青最接近，当然也有许多例外。用直馏沥青得到的煤球具有较高的抗压强度，但它对温度的敏感性较差和耐磨性略低。

大多数场合在室温下测试煤球时，它们的稳定性指标随沥青针入度的提高而提高，当在350~400°F下沥青的粘度增加时，它们之间的关系要小得多。通常沥青的针入度越小，抗压强度越高。

对于任何压球工艺都必须因地制宜，通过试验按照具体条件，将沥青粘结剂的各种特性加以综合平衡而达到最佳值。如果沥青是以磨细的冷态形式加入混合料中，则沥青的最佳克雷默-萨诺软化点介于50~85℃之间，视原油性质和加工工艺、煤的性质和成型技术以及外界温度而定。如果沥青以熔融态加入，则软化点应该约低10℃。按照美国材料试验协会（ASTM）标准在25℃下加100克负载试验5秒钟，针入度为5~35，通常以10~20最佳。

用蒸汽、预热的压缩空气或其它气体，或者用旋风雾化

器等喷嘴将沥青喷成细雾，使粘结剂呈更均匀地分布，可以改善煤球的物理性质。沥青经过空气吹后，软化点提高。试验表明，将沥青雾化，可使抗压强度提高，相当于增加 0.5 % 粘结剂⁽³⁾。

为了便于比较各种沥青的粘度特性，可以用对数标绘它们随温度变化的关系，这样得到的是直线。同样情况，为了便于比较各种沥青的针入度指标，可以用对数-自然数标绘它们随温度变化的关系。此时得到的是直线，它们的斜率相当于温度敏感性关系。对于成型目的，粘结剂的温度敏感性越高，煤球在压制、堆存和装载温度下的物理性能越好，因此破损越小。

至于煤球的燃烧性能，看来裂化渣油沥青的成焦性跟煤焦油沥青不相上下，但远超过减压蒸馏沥青。通常沥青的软化点降低时，它的团聚能力提高。石油沥青煤球的强度往往比煤焦油沥青煤球高，受水分的影响也较少。

石油沥青粘结剂以熔融态用于典型烟煤成型时，最理想的规格如下：

来源：裂化渣油

环球法软化点：65~70℃

针入度：46℃下最大35

66℃下最小120

25℃下最佳5~20

敏感性：66℃与46℃时针入度比最小4.5

水分：最大0.5%

灰分含量：最大0.5%

汽油不溶物：最大1%

康拉特逊残炭值：最少35

淀粉和亚硫酸盐废液

1 份淀粉和 5~10 份水的溶液(按干基)的粘结能力比石油沥青大一倍, 对于年轻的煤的成型尤其如此。淀粉中应添加 1~2 % 石油沥青, 制成二元粘结剂, 以提供足够的耐大气性能^[7-9]。

为了同样目的, 亚硫酸盐废液也可混入 3 % 左右石油沥青, 但是煤球的温度敏感性低, 由于固结时间长, 一般需要放置。这些煤球往往应该进行干燥或部分焦化。

水分

加粘结剂制造煤球时表面水分是最重要的因素之一, 但是固有水分对成型过程的影响一般不予考虑。

用粉碎煤焦油沥青制成的煤球, 通常当成球混合料的水分介于 2~4.5 % 之间时抗压强度最高。然而使用熔融煤焦油沥青或石油沥青时, 却似乎看不出最佳点。根据煤种、粒度组成、温度和粘结剂来看, 不论水分含量多少都是不利的。如果水分太高, 可以提高粘结剂用量来改善, 但是采用这种办法成本高, 又不容易做好。因为对于水含量难以迅速测定和适当地控制。根据最近研究, 普遍采用控制煤的加热干燥。此时应将约 90℃ 的干煤加入混合器。对于这样的热煤, 蒸汽喷入混合机和捏和机不会凝成大量的冷凝水。而在许多工厂中此时都有 5~8 % 的冷凝水带入混合料。有许多操作人员喷入大量温度达 350℃ 的过热蒸汽, 利用显热而不是利用能产生大量冷凝水放出的蒸发潜热来提高混合料的温度。也有人主张喷入高温惰性燃烧气。

对于典型的加拿大烟煤, 进成型机前混合料的水分每增加 1 %, 煤球的抗压强度将下降 10~25 % 和稳定性指标减少 2.5^[7-9]。

温度和成型技术

在成型过程中适当地控制各项温度十分重要。最近的研究表明，对于典型烟煤最优惠的条件如下：利用机械加压（约12公斤/厘米²）或者利用干蒸汽或热压缩空气（约3公斤/厘米²），将加热到200℃左右（此时粘度介于10~80厘沱之间）的煤焦油沥青或石油沥青喷到约预热至90℃和干燥到水分约2%的垂直煤层上（约1英尺宽和1英寸厚）。

混合和垂直捏和7~10分钟，升温至100℃左右。然后将混合料冷却到比粘结剂的克雷默-萨诺软化点高5~10℃，准备成型。

混合料的冷却一般是很困难的。利用备有压缩空气喷射器的刮板式输送器和螺旋式或桨叶式输送机传输混合料，在它上面逆流通过干燥的冷空气，效果最好。这样可以改善混合料中过多水分汽化所产生的冷却作用。

一般对辊成型机的加压时间和压力分别等于1/10~2/10秒和约150~200公斤/厘米²。但这些条件下不能充分脱除混合料中夹带进来的空气和蒸汽。所以最好延长上述加压时间和提高成型压力。混合料的密度约为0.7，成球后必须把它提高到1.2~1.3。环辊式成型机有助于混合料脱气和产生高达1500公斤/厘米²的压力。开模柱塞式成型机可使加压时间延长至5~10秒和将压力提高至≥400公斤/厘米²。这两种设备的成型效果都比较优越，只要用3.5%煤焦油沥青就能达到对辊成型机要用7%这种粘结剂才能获得的煤球质量。但是由于维修费用和投資高，目前还无法使用。从提高压力出发，还有人提出使用较大直径（≥5英尺）的型轮和强制加料式对辊成型机。

在成型机加料箱中震动混合料被认为是一种促进压球前

混合料脱气的措施，但初步试验尚未成功。

装载前将煤球冷却也是一个重要步骤，但常常注意不够。在输送器上放置1~5层用煤焦油沥青粘结的煤球时，冷却时间从2分钟到20分钟不等。这些条件下它们在装载时的温度为70℃。希望降低装载温度，采用石油沥青作粘结剂时尤其如此。煤球在装车或贮存时的温度平均应比沥青的环球法软化点（约90°F）低40°F左右。在成型之后尽可能早一点筛除碎屑，当煤球在冷却输送器上输送时通冷风或反复略微喷水，可以达到上述冷却要求。

结 论

每一家煤球厂的条件均不相同，必须分别研究各项操作因素的影响，不要直接套用别人的试验结果。

参 考 文 献

- [1] Strong, R. A., Fuel Briquetting, 1937. Department of Mines and Resources, Canada.
- [2] Lang, W. A., The Briquetting of Alberta Coals. Trans., Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 43, 1950, pp. 500-508.
- [3] Visman, J., Cyclone Atomizer for Briquet Binder, 1957. Fuels Division, Mines Branch, Department of Mines and Technical Surveys, Canada. Technical Paper №17.
- [4] Charbonnier, R. P., The Compressive Strength and Tumbler Tests as Criteria of the Physical Properties of Briquets, August 1956. Fuels Division, Department of Mines and Technical Surveys, Canada. F. R. L. №249.
- [5] Charbonnier, R. P., Reliability of Komarek-Greaves Compression Strength Test for Coal Briquets, 1955. Proceedings, Fourth Biennial Briquetting Conference, N. R. R. I., University of Wyoming, pp. 33-41.
- [6] Charbonnier, R. P., Factors of Variability of the ASTM

D-441-45 Tumbler Test applied to Coal Briquets, 1958. Fuels Division, Department of Mines and Technical Surveys, Canada. F. R. L. №230

- [7] Charbonnier, R. P., Tests at the Briquetting Plant of the Michel Collieries, 1954. Department of Mines and Technical Surveys, Canada. F. R. L. №225
- [8] Tests at the Briquetting Plant of the Canmore Mines, 1954. Department of Mines and Technical Surveys, Canada. F. R. L. №227
- [9] Charbonnier, R. P., Coal Briquetting with Binder—A Survey of Recent Developments and a Statistical Analysis of Plant Performance, 1958. Department of Mines and Technical Surveys, Canada. TM. 111/58-PREP.

译自 Proceedings International Br-
iquetting Association (Sixth
Biennial Briquetting Confere-
nce), pp. 12~17

2. 压球技术的实验室研究和中试研究

K. D. Lyall, T. G. Callcott

煤球强度和渐增跌落试验

过去一直认为普通焦炭的强度指标（即ASTM 稳定性和硬度，Irsid I_{20} 和 I_{10} ）可作为澳焦适用性的最终标准，我们通过研究发现型焦相对强度的综合试验可能很有价值。综合试验可以评价煤球强度，以及评价从生球到完全焦结的各个阶段的强度变化^[1]。我们设法避免那些从产品处理角度来看不现实，或者对粘结剂的研究数据不能确切解释的那些试验方法。某些粘结剂在合适的处理和试验温度下还是软的。

为了满足我们的要求,发展了一种渐增跌落试验^[2]。它既可用于生球又可用于熟球,而其它试验^[3,4]却只限于最终产品。渐增跌落试验原理简单、操作方便、设备便宜。而且就生球而言,它与煤球厂产品所经受的真实物理处理有某些相似之处。

将50只煤球分别跌落到钢板上。跌落高度每次增加0.25米,使煤球所受到的冲击强度不断增加,直到破碎为止。相当于50%煤球破碎的跌落高度即为渐增跌落试验指标,如IDT=1.75米。将试验数据标绘在算术座标纸上作图,证明它们的强度是典型的高斯分布,标准偏差为0.25米。

虽然以0.25米作为试验增量有些武断,但是对破坏大多数煤球所需的高度和用50只煤球进行渐增跌落试验所需的时间来讲还是很现实的。采取这一增量时,实际所用的最大跌落高度是2.25米。根据粘结剂含量和质量,肯定有一部分煤球经过这样高度的跌落试验仍然完整无损。从2.25米的高度跌落数次而未损坏的煤球,其IDT指标为2.25^[5]。

应该看到对于用弱粘结性煤制成的煤球和本文中所讨论的一些粘结剂,IDT属于累积破坏试验指标。渐增跌落试验的强度指标与相应的一次跌落破坏高度的对比见表2-1。

表 2-1 渐增跌落试验强度指标与相应的一次跌落破坏高度

粘结剂(%) 和软化点,℃	渐增跌落试验强度指标 米	一次跌落试验破坏高度 米
A, 42	0.75	1.30
B, 65	0.65	1.10
C, 110	0.55	0.80

由上可知, 渐增跌落试验事实上是能符合综合试验要求的。下面将要讨论用渐增跌落试验评价各种粘结剂, 它们在煤球工厂中的应用和质量控制等等。

粘结剂的实验室评价

渐增跌落试验 (IDT法) 已被看作常规方法, 用来评价许多可作为煤球粘结剂的材料。最初研究一些像淀粉和沥青之类的普通粘结剂, 后来扩大到焦油, 并详细研究了高硫石油残渣^[5]。最近本法还用来试验各种焦油和直接从本工艺回收的焦油馏分。

在实验室中配备了一台小型对辊成型机, 可制造重 5~50 克/个的煤球 (图 2-1 a)。压辊的圆周速度 0.63 米/秒, 每小时可生产 1.75 吨重 50 克/个的煤球。间歇或连续操作都可以。原煤经锤式破碎机粉碎到 Rosin-Ramm-

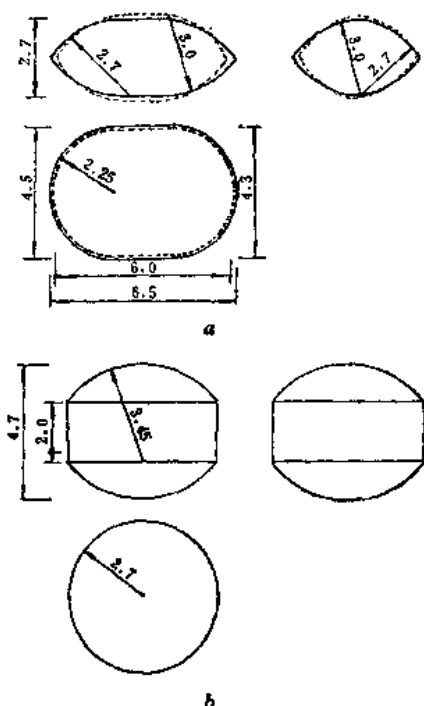


图 2-1 实验室里评价粘结剂质量用的煤球 (图中尺寸的单位均为厘米)

- a, ——— 用实验室对辊成型机制造的重 50 克/个的煤球;
 中试装置推荐的重 50 克/个的煤球
 b, 用模子和压机制造的重 100 克/个的煤球

ler^[6] 粒度分布 $\bar{x} \approx 1$ 毫米, 系数 n 取决于煤种。

实验室中用 3 种不同的粘结剂制造重 50 克/个的煤球时, 渐增跌落试验强度指标与粘结剂含量的关系如图 2-2 所示。一般趋势都是粘结剂越多强度越好。其中对回收的焦油馏分表现最明显。

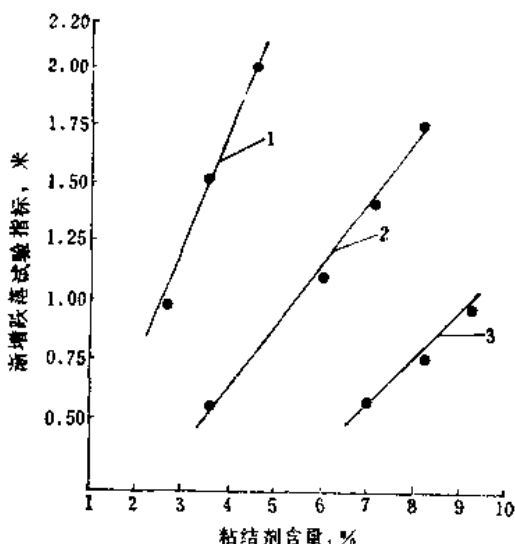


图 2-2 用对辊成型机制造重 50 克/个的煤球时, 相对强度与粘结剂的关系

1—工艺煤焦油蒸馏产物; 2—R-B35℃石油残渣; 3—R-B42℃软沥青

如果粘结剂数量不够, 也可利用渐增跌落试验法来迅速地评价粗工艺焦油和工艺焦油蒸馏残渣的掺合特性(图 2-3)。用手工制备煤和粘结剂的混合料, 放在双柱塞单动钢模内, 制成重 100 克/个的煤球 (图 2-1 b)。图 2-3 的结果只能对一般规律作定性说明, 因为这里所引用的 IDT 指标至多只是 2 只煤球的平均值, 而不是平常 50 只煤球的平均值。

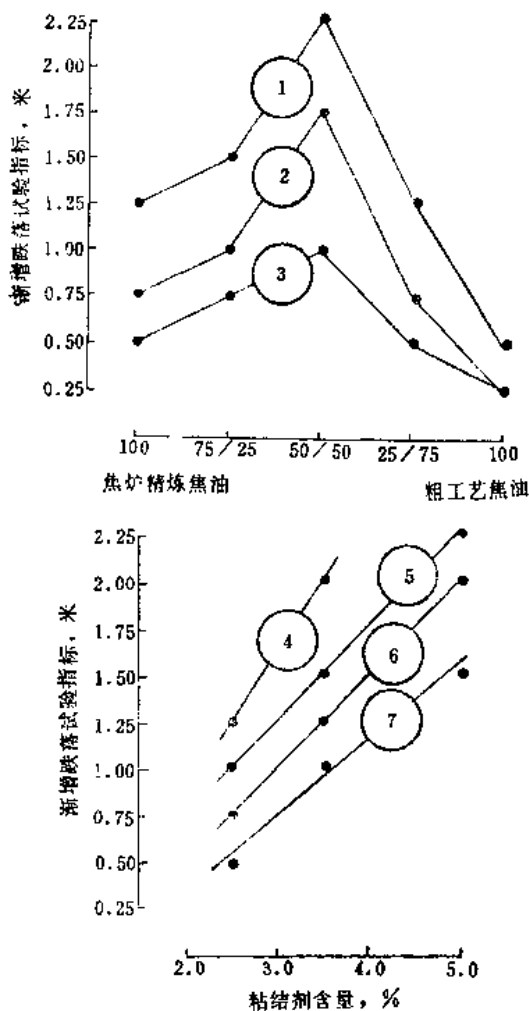


图 2-3 用模压机制造重100克/个的煤球时, 相对强度与粘结剂组成和馏分的关系

1—50%, 2—35%, 3—25%; 4—粗焦油; 5—D₂₀, 210℃; 6—D₂₀, 275℃; 7—D₂₀, 300℃