



## 煤碳和褐煤的混合燃烧

在全球范围内，煤炭提供了近 30% 的能源消耗。许多新兴经济体依赖煤炭来实现安全、负担得起和可靠的发电和电力供应。因此，确保煤炭在对环境影响最小的情况下得到有效利用至关重要。几个世纪以来的积极煤炭开采导致高品质煤炭储量枯竭。结果就是发电厂燃烧更多质量较低的煤炭和褐煤，这可能会造成并发症。通过将褐煤与更高质量的煤混合可以减少燃烧褐煤的缺点。反之，在更高质量的煤中添加一些褐煤可能会降低燃料成本。混合煤是使用较差燃料同时保持燃煤电厂输出的一种方法。在印度、巴基斯坦和保加利亚等国家，用本土褐煤和优质煤炭混合燃烧有助于降低能源生产成本，并保持高效、低排放的发电方式，从而以可承受的价格提供能源。

### 煤炭性质

煤主要有四个等级，按质量顺序排列：无烟煤、烟煤、次烟煤和褐煤。劣质煤尤其是褐煤的特点可能包括：热值低；水分含量高；灰分含量高；低灰熔点；高碱含量；挥发性物质含量低；含硫量高；高汞和氮含量；和低哈德格罗夫可磨度指数 (HGI)。

2019 年褐煤的前三大生产国是德国 (131 Mt/y)、土耳其 (7.3 Mt/y) 和俄罗斯联邦 (82.2 Mt/y)。

由于长距离运输不经济，大多数褐煤都在靠近源头的地方使用。

### 煤炭混合

许多发电厂已经使用混合煤来调整燃料的成分并为发电提供持续的原料。使用混合煤的其他原因包括：优质煤短缺；燃料成本；缓解煤炭运输问题；减少结垢和结渣；并减少污染物的排放。

煤的混合是一个物理过程，主要设计用于影响燃料化学反应。混合可以在从煤矿到锅炉、现场或场外到发电厂的供应链中的任何点实现。在煤矿、选煤厂或转运点进行异地混合可以节省电厂的资本投资，并且混合煤在电厂作为单一煤处理。在电厂堆场或锅炉中进行现场混合可以根据煤炭的特性灵活地调整混合。这种方法可能是成本密集型的，并且在发电厂需要大量空间。混合方法包括堆料、料仓、皮带和炉子混合。

一些煤的特性，例如近似和最终分析数据以及热值，在混合后仍然具有附加性。一些物理特性对混合的影响，如可磨性、灰熔融温度、膨胀和燃烧特性，很难预测。与在发电厂燃烧褐煤混合物相关的主要问题是混合比、锅炉和磨机性能、燃烧特性和灰分沉积。

煤炭特性数据可以与试验工厂研究相结合，以制定最佳混合比并设计混合煤燃烧的锅炉效率。从理论上讲，混合是一个简单的过程。在实践中，由于必须物理处理大量煤炭以及煤炭特性的复杂性，该过程可能更具挑战性。发电厂收到的混合煤可能与预期不同。电厂操作员的经验对成功的混合煤起到了很大的作用。

混合比对于确保发电厂的安全运行和改善排放控制非常重要。燃煤电厂无需改造即可进行低比例褐煤混合物（低于 15%）的燃烧。当配比大于 15%或煤的挥发分差异大于 15%时，必须先进行室内试验和现场试验。要燃烧高比例的混合煤，可能需要对锅炉或燃烧器进行改造。许多工厂需要修改他们的煤炭处理系统以适应现场炉外混合过程。

## 燃烧

当把不同等级的煤进行混合或共烧时，在燃烧区发生的反应变得更加复杂。尽管将褐煤与高级煤混合可以改善燃烧行为，减少气体污染物排放，并缓解一些操作问题，但它并不总能减少研磨、火焰稳定性、吸热平衡、灰烬沉积等问题。与设计煤种规格非常相似的混合产品可能不会以与单一煤相同的方式燃烧。成分煤之间可能会发生相互作用，这可能是有益的，也可能无益的。因此，应评估与燃烧性能有关的煤的相容性。通常，低阶煤影响混合煤的着火温度，而高阶煤影响燃尽温度。混合比在烧制褐煤混合物中起着至关重要的作用。在烟煤中掺入少于 10% 的褐煤对锅炉和燃烧效率几乎没有影响，反之亦然。由于煤的化学成分复杂，混合对排放控制的影响难以预测。除硫和氮含量外，一些煤的氧含量较高，这可能有助于形成氧化物。局部燃烧条件和熔炉运行条件对  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 、微量元素和颗粒物的排放有影响。

褐煤发电厂可以选择掺入更高质量的煤，以提高燃烧效率并减少结渣和结垢以及其他困难。相反，在燃煤电厂，可以对褐煤进行混合以降低燃料成本并减少  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  的排放。

对褐煤资源丰富、能源需求快速增长的巴基斯坦和印度等发展中国家来说，利用本土褐煤也有助于创造就业机会，为当地经济做出贡献。在褐煤资源丰富、能源需求不断增长以及需要廉价而轻松地改善空气质量的较贫穷国家，褐煤和煤炭的混合是提供清洁能源以支持经济快速发展和人口增长的一种方式。

国际可持续碳中心（ICSC）在国际能源署（IEA）的主持下成立，但在功能和法律上是自主的。国际可持续碳中心的观点、调查结果和出版物不一定代表 IEA 秘书处或其各个成员国的观点或政策。

每份执行摘要均基于详细研究，该研究可从以下网站单独获得：

[www.sustainable-carbon.org](http://www.sustainable-carbon.org).

这是报告的摘要：**Xing Zhang 煤和褐煤混合燃烧**，ICSC/316，ISBN 978-92-9029-639-3，70 页，2021 年 10 月。

DRAFT