

最小反光率与最大反光率曲线对照图

R_{\max}^o —浸油中煤的最大反光率； R_{\min}^o —浸油中煤的最小反光率； R_{\max}^a —空气中煤的最大反光率； R_{\min}^a —空气中煤的最小反光率； A_r^o —浸油中煤的反光视旋转角； A_r^a —空气中煤的反光视旋转角。

不少资料和我们实测数据证明：煤的反光旋转角正比于最大、最小反光率的差值。从低煤化烟煤到中级无烟煤 R_{\max} 值增加了 5.5% 左右，反光旋转角增加约 6.5° ，即 R_{\max} 每增加 1%，反光旋转角增加约 1.2° 。在高级无烟煤中 R_{\max} 值增加 2.5%，反光旋转角增加十几度，即 R_{\max} 每增加 1%，反光旋转角增加 5° 左右。

从以上现象可以看出：

1. 煤的最小反光率可以作为区分高级无烟煤的一个重要标志。随着煤化程度的增高，煤的最小反光率呈“弹道曲线”变化，其最大值约 3.5%，到高级无烟煤时其最小反光率逐渐降低。

2. 结合煤质资料和其他特征认为，中、高级无烟煤的界线划在 $R_{\max} = 6.5\%$ 处是比较适宜的。

3. 煤的反光旋转角正比于最大、最小反光率的差值。随着煤化增高，最大反光率逐渐增加的同时，高级无烟煤的最小反光率逐渐降低，引起反光旋转角的显著增大。

利用工业分析测值 推导贵州织金地区无烟煤发热量计算公式

李长津

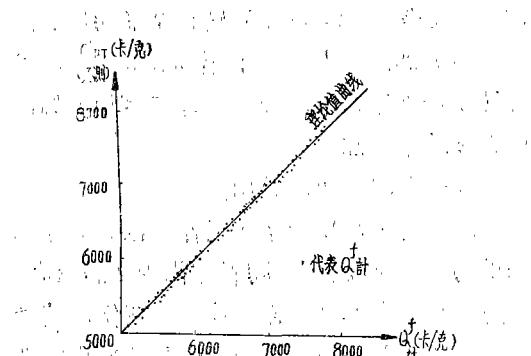
(贵州煤田地质勘探公司实验室)

北京煤炭科学院煤化所利用工业分析测值和不同地区的碳氢值配合导出了计算各种煤的发热量的计算公式，此公式精度高于外国其他公式。但是，根据煤化所的公式 ($Q_{GW}^f = K_0 - 80W^f - 90A^f$) 计算结果分析，当 H^f (%) 值在 2.5~3.0， $K_0 = 8350$ 时，所得结果误差较小；而当 $H^f = 3.0 \sim 3.5$ (%)， $K_0 = 8450$ 时，所得计算结果

偏高。若采用此公式计算织金地区无烟煤热值，对 K_0 值必须采用大量的碳氢测值进行修正，重新确定范围才能使用。

织金地区无烟煤分布面积广，开采条件好，为了相应减少发热量测定工作，我们探讨了织金地区无烟煤发热量与其他测值之间的规律，提出用数学回归分析方法和工业分析测值推导出了该区无烟煤发热量计算公

式。此公式对该区无烟煤发热量的计算值（用 $Q_{\text{计}}^f$ 表示），同实验室测值(Q_{D}^f)对比，结果很相近，比使用煤化所的公式更切合本地区的实际（见图）。



织金地区无烟煤发热量计算值与实测值关系图

织金地区无烟煤发热量同水份、灰份、挥发份、可燃基碳、氢、干燥基硫存在着如下的相关关系：

| 项 目 | W^f | A^f | V^f | C^r | H^r | S^g |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 相关系数 | -0.30 | -0.94 | -0.24 | 0.84 | 0.90 | -0.28 |

根据上表，织金精煤发热量同 C^r 、 H^r 具有较好的相关关系；该区硫含量较高，所以利用 C^r 、 H^r 、 S^g 来推导出该区精煤发热量计算公式是可行的。但 C^r 、 H^r 、 S^g 项目测定复杂，而且 C^r 、 H^r 多限于精煤测定，所以用以推导经验公式实际应用有所不便。织金无烟煤发热量与工业分析测值中的灰份的相关系数达0.94；而与挥发份的相关关系较

差，相关系数只有-0.24；考虑贵州多雨潮湿，煤中含水份高，变化幅度大，其与发热量的相关系数达-0.30，工业分析测定简单，大量原煤工业分析一般单位都能做。以上分析特点是我们重点通过工业分析测值推导无烟煤发热量计算经验公式的依据。具体步骤是首先采用实验室发热量测值和灰份测值作散点图，将偏离太大的结果弃去。然后采用数学中二元三元回归分析法分别推导出下列织金地区无烟煤发热量计算公式：

$$(1) \quad Q_{\text{计}}^f = 8204 - 28.11 W^f - 84.35 A^f$$

$$(2) \quad Q_{\text{计}}^f = 8438 - 87 W^f - 84 A^f - 4 V^f$$

$$(3) \quad Q_{\text{计}}^f = 6918 + 13.59 C^r + 112.45 H^r - 20.78 S^g$$

以上公式(3)只作实验室无烟煤发热量核对结果用；公式(2)可看出挥发分指标对发热量测值影响较小；公式(1)虽标准差略高，但可看出 A^f 值对织金地区无烟煤发热量影响最大，所以我们对公式(1)作了进一步分析，用它进行了348个试样的计算和数理统计（统计表从略），将其计算值与实验室测值比较，发现当 A^f 值不同时，结果误差具有规律性。于是通过大量测值计算将灰份分段对公式中常数8204进行了修正，以进一步提高该公式的精度。本文用 K_z 表示公式中常数，分段后的 K_z 值列于下表。

| A^f (%) | $11 < A^f < 20$ | $20 < A^f < 30$ | $30 < A^f < 35$ | $35 < A^f < 45$ | $A^f < 11$ |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| K_z | 8245 | 8198 | 8152 | 8016 | 8300 |

通过对348个试样的计算统计，得出该公式的置信范围为+127~-127卡/克之间，相对误差全部控制在150卡/克之内，其中大于100卡/克的占12.07%，小于100卡/克的

占87.93%，小于60卡/克的占60.63%，小于30卡/克的占28.74%。对于公式(2)和(3)也进行了数理统计，统计表从略。

本文推出的公式(1)、(2)是计算

原煤分析基热值，公式（3）是计算原煤可燃基热值；考虑到使用需要和该区煤含硫高等特点，对于该区无烟煤高位发热量可用下式进行计算。

$Q_{Gw}^f = Q_{\text{计}}^f - (22.5S_Q^f + 0.0010Q_{\text{计}}^f)$
式中 Q_{Gw}^f —分析试样高位发热量计算值，卡/克；

$Q_{\text{计}}^f$ —分析试样发热量计算值〔由推导出的公式（1）、（2）计算求得〕，

卡/克；

S_Q^f —分析试样含硫量，卡/克，
22.5—煤中每1%（0.01克）硫的校正值，卡；

0.0010—硝酸校正系数，无烟煤取此值。

我们推导出适用贵州织金地区无烟煤计算发热量的公式，同国内外同类公式的对比情况如下表。

本文所推公式同国内外公式精度对比表

| 名 称 | 公 式 | 误 差 情 况 | | | |
|--------|---|----------------------------|----------|---------|---------|
| | | 全部 卡/克 | <100 卡/克 | <60 卡/克 | <30 卡/克 |
| 贵织无（1） | $Q_{\text{计}}^f = K_0 - 28.11W^f - 84.35A^f$ | 小于 150 | 88 % | 61 % | 29 % |
| 贵织无（2） | $Q_{\text{计}}^f = 8438 - 87W^f - 84A^f - 4V^f$ | 小于 150 | 87 % | 66 % | 32 % |
| 贵织无（3） | $Q_{\text{计}}^f = 6918 + 13.59C^f + 112.45H^f - 20.78S_Q^f$ | 小于 120 | 71 % | 79 % | 53 % |
| 煤化所 | $Q_{Gw}^f = K_0 - 80W^f - 90A^f$ | 小于 200， 个别超200 | 70 % | | |
| 高 特 | $Q_{Gw}^f = 82C_{GD}^f + aV^f$ | 少数在200卡/克内，有的高达400~500卡/克 | | | |
| 肯 特 | $Q_{Gw}^f = 8800 - 1.57(V^f - 20)^2$ | 300~400 卡/克 | | | |
| 格 美 林 | $Q_{Gw}^f = 80[100 - (W^f + A^f)] - 6aW^f$ | 200~600 卡/克 | | | |
| 门捷列夫 | $Q_{Gw}^f = 81C^f + 300H^f + 26S_Q^f - 26O^f$ | 200~300 卡/克 高 达 500 卡/克 | | | |

从上表可以看出，我们所推导出来的织金地区无烟煤发热量计算公式的精度较高，而且公式（1）以水份、灰份测值为计算基础，使用简便。实践还证明，我们所推导出的公式（1）也可适用于计算贵州其它地区无烟煤的发热量。公式（2）和公式（3）可参考使用。

公式推导过程中曾得到杨隆林同志的协

助，在此表示谢意。

注：煤化所公式中的 K_0 值是按 H^f 值分段确定的，如下表所示。

| | | | | | | | |
|--------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| H^f (%) | ≤ 0.6 | $>0.6 \sim 1.2$ | $>1.2 \sim 1.6$ | $>1.6 \sim 2.0$ | $>2.0 \sim 3.0$ | $>3.0 \sim 3.5$ | $>3.5 \sim 4.1$ |
| K_0 | 7700 | 7900 | 7950 | 8200 | 8350 | 8450 | 8550 |