

苏联高等学校教学用书

炼焦化学生产的 机械与设备

上册

Н.М. 卡拉瓦耶夫 Н.Я. 毕利斯基

著

И.Г. 舍别列夫

冶金工业出版社

苏联高等学校教学用书

炼焦化学生产的机械与设备

上册

И. М. 卡拉瓦耶夫 И. Я. 畢利斯基 И. Г. 舍列列夫 著

高彬昇 田美中 王福成 合译

冶金工业出版社

019072

015669

簡 介

本書扼要地探討了煉焦化學生產的工藝過程，並闡述了這些過程的理論基礎；敘述了近代的備煤系統、焦爐的結構及其計算原理；研究了煉焦化學工廠所用的機械和設備；提出了這些機械和設備的技術特徵，並指出了它們的優缺點。

本書還介紹了通用機械生產能力的計算方法，特殊機器各部件強度的計算方法，以及機件傳動必需能力的測定方法；闡明了煉焦化學工廠機械和設備以及修理裝置的操作方法。

本書是根據莫斯科化工機械製造學院所採用的“焦化生產機器和設備”課程大綱編寫的，經蘇聯高等教育部批准為高等學校教學用書，適用於高等學校的大學生，也適用於煉焦化學工業的工程技術人員。

本書的著者為 И. М. 卡拉瓦耶夫、И. Я. 畢利斯基和 И. Г. 舍別列夫。參加本書翻譯工作的有：高彬昇、田美中和王福成，統由高彬昇同志校訂。

И. М. Караваяев, И. Я. Пильский,

И. Г. Шенкелев

МАШИНЫ И АППАРАТЫ

КОКСОХИМИЧЕСКОГО

ПРОИЗВОДСТВА

Металлургиздат (Москва 1955)

煉焦化學生產的機械與設備（上冊）

— * —

冶金工業出版社出版（北京市紅市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

— * —

1959年10月第1版

1959年10月北京第1次印刷

印數4,010冊

開本 850×1168· $\frac{1}{16}$ •440,000字•印張16 $\frac{12}{16}$ •插頁10

— * —

統一書號：15062·1695 定價：2.10元

目 录

序言	7	第 8 节 运输设备	30
緒論	8	§ 23 皮带运输机	30
第一部分 煤及其炼焦	10	§ 24 皮带运输机的计算	33
第一章 煤	10	§ 25 皮带运输机的装煤和卸料装置	34
第 1 节 煤的起源	10	§ 26 平板运输机	37
第 2 节 煤——炼焦原料	10	§ 27 刮板运输机	38
§ 1 煤的組成部分	10	§ 28 提升机	38
§ 2 煤的有害杂质	11	§ 29 提升机的计算	39
§ 3 炼焦用煤的試驗	12	§ 30 单斗提升机	40
§ 4 煤貯存时的氧化	12	§ 31 单斗提升机的计算	40
§ 5 煤的分类	13	第 9 节 閘門与閘板	40
§ 6 主要煤产地的煤的技术性能	13	第 10 节 給料器	43
第二章 煤的炼焦过程和焦炭的质量	15	§ 32 皮带给料器	43
第 3 节 煤的炼焦过程	15	§ 33 平板式給料器	43
§ 7 煤的干餾	15	§ 34 摆动式給料器	43
§ 8 炼焦的挥发产品	15	§ 35 摆动式給料器的计算	44
§ 9 炼焦的固体产品	15	§ 36 轉筒式給料器	45
§ 10 煤在炼焦过程中的胶质状态	16	§ 37 配煤盘	46
§ 11 煤在炼焦过程中的膨胀压力和收缩	16	§ 38 配煤盘的计算	49
§ 12 炼焦煤料的配制	16	第五章 炼焦用煤的准备	50
第 4 节 焦炭质量	17	第 11 节 篩分	50
§ 13 焦炭的化学性質	17	§ 39 固定条篩	50
§ 14 焦炭的物理—机械性質	18	§ 40 平摆篩	51
第二部分 受煤与貯煤	20	§ 41 振动篩	57
第三章 焦化廠中的受煤与貯煤	20	§ 42 轉筒篩	60
第 5 节 受煤坑	20	§ 43 轉筒篩的计算	61
第 6 节 露天式与封閉式貯煤場	20	§ 44 輥动篩	62
第四章 运输与起重设备	22	§ 45 輥动篩的计算	62
第 7 节 起重机械	22	§ 46 篩子的工作面	64
§ 15 装卸煤用的抓斗起重机	22	§ 47 篩分过程的檢查	65
§ 16 桥式装卸机的计算	22	第 12 节 破碎	65
§ 17 堆煤机	22	§ 48 粗碎机	66
§ 18 槽式装煤机	24	§ 49 中碎机及細碎机	69
§ 19 固定式轉籠翻車机	26	§ 50 預碎机及选碎机	72
§ 20 翻車机的计算	29	§ 51 混合机	74
§ 21 手动桥式起重吊車	29	第六章 煤的洗選	75
§ 22 铁路行駛起重机	29	第 13 节 煤可洗性的基本原理及选煤方法	75
		§ 52 煤的可洗性	75
		§ 53 可洗性曲綫	75

第14节	洗选的方法	76	第28节	近代炼焦爐	112
§ 54	手选	76	第29节	近代炼焦爐的设备(建筑部分)	116
§ 55	摩擦选煤	76	第30节	炼焦爐的加热设备	123
§ 56	重力选煤	77	§ 81	加热煤气管	123
§ 57	物体在水中的沉降定律	77	§ 82	加热爐子用的配件	123
§ 58	等速降落系数	78	§ 83	炼焦爐的調溫机械	126
§ 59	煤的湿选法	79	§ 84	換向机	128
第15节	跳汰洗煤机	81	§ 85	換向机的計算	128
§ 60	活塞式跳汰机	81	§ 86	除石墨机	130
§ 61	活塞式跳汰机的計算	82	§ 87	除石墨机的計算	130
§ 62	无活塞跳汰机	83	第31节	炼焦爐的密封设备和爐門	131
§ 63	无活塞跳汰机的計算	84	第32节	揮发产品的导出设备	133
第16节	流洗槽选煤	85	第33节	炼焦車間的控制測量仪表	138
第17节	淘汰盘	87	第34节	煤塔	139
第18节	重液选煤	88	第35节	炼焦爐的計算	141
第19节	空气选煤	89	§ 88	炼焦爐生产能力的計算	141
第20节	浮选法	91	§ 89	炼焦爐物料平衡的編制	141
第21节	其它选煤法	92	§ 90	炼焦爐的热工計算	142
第七章	备煤的輔助过程	94	§ 91	炼焦爐的热平衡	142
第22节	煤中杂物的排除。磁力吸鉄器	94	§ 92	实例計算	144
第23节	煤的除尘与煤尘的回收	94	§ 93	炼焦爐的热工评价	147
§ 64	离心除尘器	94	§ 94	蓄热室計算	148
§ 65	振动式、脈动式与串联式除尘器	96	§ 95	炼焦爐加热系統的阻力計算和炼焦爐的压力制度	150
§ 66	旋风捕尘器	97	第九章	炼焦爐的机械和机构	155
§ 67	布袋除尘器	97	第36节	炼焦机械的总布置	155
§ 68	电捕尘器	99	第37节	装煤車	155
第24节	煤的脱水	99	§ 96	装煤車机架	155
§ 69	脱水提升机	99	§ 97	煤斗	155
§ 70	脱水篩	99	§ 98	装煤車的移动机械	155
§ 71	脱水槽	99	§ 99	套筒封	159
§ 72	洗选产品离心脱水机	99	§ 100	閘板的开启机械	159
§ 73	煤的干燥与解冻	100	§ 101	清理上昇管的机械	159
第25节	煤泥的濃縮与脱水	101	§ 102	司机室	160
§ 74	錐形濃縮器	102	§ 103	煤斗下煤机械	160
§ 75	水旋濃縮器	102	§ 104	称量煤斗的机械和煤車磅	162
§ 76	輻射式濃縮器	103	§ 105	装煤車的輔助机械	164
§ 77	濃縮漏斗	103	§ 106	装煤車的工作順序	164
§ 78	轉鼓式真空过滤器	103	§ 107	装煤車的計算	165
§ 79	圆盘式真空过滤器	106	第38节	推焦机	168
§ 80	真空过滤器的計算	108	§ 108	推焦机的骨架和司机室	168
第三部分	煤煉焦	109	§ 109	使推焦机沿爐前行走的移动机械	169
第八章	炼焦爐	109	§ 110	从炭化室推焦的机械	171
第26节	近代炼焦爐的概述	109			
第27节	炼焦爐按加热系統的分类	111			

§ 111 平煤机械.....	173	第47节 炼焦机械上使用的联鎖装置和信号装置.....	219
§ 112 机則的摘門設備.....	176	第48节 修理—安装用設備.....	222
§ 113 提升爐門的机械.....	177	§ 145 炼焦爐爐門修理站.....	222
§ 114 摘爐門設備的移动机械.....	177	§ 146 推焦桿更換修理站.....	224
§ 115 輔助机械.....	178	§ 147 摘爐門机和导焦棚修理庫.....	224
§ 116 除石墨裝置.....	178	第十章 熄焦与篩焦	225
§ 117 压缩空气机与空气罐.....	180	第49节 湿法熄焦.....	225
§ 118 承受平出余煤的裝置.....	180	§ 148 消火塔.....	225
§ 119 安装和拆卸机械的設備.....	180	§ 149 消火塔噴洒系統的自动开閉裝置.....	225
§ 120 电气設備和操縱机械的設備.....	180	第50节 干法熄焦.....	228
§ 121 今后改进推焦机的基本方向.....	180	第51节 焦台.....	230
第39节 推焦机的計算.....	181	第52节 篩焦站.....	231
§ 122 推焦机移动机械的計算.....	181	第十一章 炼焦車間和备煤車間的安全技术	232
§ 123 推焦桿的計算.....	181	第53节 备煤車間的安全技术.....	232
§ 124 推焦桿移动机械的計算.....	188	第54节 炼焦車間的安全技术.....	232
§ 125 平煤机械的計算.....	189	第四部分 修理工作和設備維護	234
§ 126 摘爐門裝置的計算.....	192	第十二章 工廠修理部的組織	234
§ 127 除石墨裝置的計算.....	194	第55节 計劃預修及其組織.....	234
第40节 摘爐門机和导焦棚.....	195	§ 150 設備的班維護.....	234
§ 128 摘爐門机.....	195	§ 151 週期檢查.....	235
§ 129 焦側的摘爐門裝置.....	198	§ 152 小修.....	235
§ 130 摘爐門机和导焦棚的移动机械.....	198	§ 153 中修.....	235
§ 131 車架和导焦棚.....	199	§ 154 大修.....	235
§ 132 导焦棚的移动机械.....	200	第56节 备品庫.....	235
§ 133 摘爐門机和导焦棚的計算.....	201	第十三章 設備的拆卸和安装	237
§ 134 导焦棚移动机械的計算.....	203	第57节 修理时物件的提升和移动.....	237
第41节 消火車.....	203	第58节 軸承的安装和拆卸.....	238
第42节 电机車.....	205	第59节 傳动齒輪的修理.....	239
第43节 炼焦机械用的軌道.....	205	第60节 联軸节的装配和拆卸.....	239
§ 135 推焦机軌道.....	205	第61节 定心.....	240
§ 136 装煤車軌道.....	208	第62节 轉子的找平.....	240
§ 137 消火車軌道.....	209	第63节 运输机皮带的更換.....	244
§ 138 摘爐門机和导焦棚的軌道.....	209	第十四章 零件耐磨性的恢复和提高	246
第44节 服务于炼焦爐爐門的輔助机械和設備.....	209	第64节 机器的磨損.....	246
§ 139 机械化自动梯.....	210	第65节 修理时金屬的焊接和切割.....	247
第45节 炼焦爐的推焦順序、各机械的操作循环和操作表.....	212	第66节 零件的噴鍍金屬.....	250
§ 140 炼焦爐的推焦順序.....	212	第67节 零件用硬合金的鑲焊.....	250
§ 141 操作机械的理論工作循环表.....	213	第68节 高頻率淬火.....	251
§ 142 机械的实际工作循环.....	213	第69节 用乙炔氧焰的表面淬火.....	252
§ 143 机械的工作表.....	216	第70节 运输机皮带的熔接.....	253
§ 144 推焦图表.....	216	第71节 金屬表面的衬里.....	254
第46节 操作机械必需数量的選擇.....	219	第十五章 工廠的修理器材	256

第72节	車間修理房	256	第78节	潤滑油和燃料油的中央倉庫和車 間倉庫	263
第73节	中央修理場	256	第十七章	修理工作的安全技术	265
第十六章	工廠的潤滑設備	258	第79节	檢查号牌制	265
第74节	選擇潤滑材料时应考虑的机械工 作条件	258	第80节	安全技术的主要規定	265
第75节	摩擦表面的潤滑方法	259	§ 157	装配和修理工作	265
§ 155	稀油潤滑方式	259	§ 158	气割和气焊	265
§ 156	干油潤滑方式	260	§ 159	电焊	266
第76节	潤滑材料的選擇和潤滑週期	261	§ 160	熔接工作	266
第77节	廢油的利用	262	参考文献		267

序 言

苏联焦化工业的迅速发展，与冶金生产的增长是有密切关系的。随着生产的发展，服务于焦化厂各车间（煤准备、炼焦、化工）的许多机械和设备也不断地改进。焦化厂中的很多机械有其独特的结构特点，而区别于其他工厂使用的机械结构。

本教科书是为培养焦化厂机械工程师给高等专科学校的学生编著的。本书适用于在莫斯科化工机械制造学院讲授的“焦化厂的机械和设备”教学大纲。

焦化厂的设备分为两类：1) 各部门通用的机械和设备，如皮带运输机、电动机、等等；2) 仅在焦化厂使用的机械和设备，如推焦机、装煤车、消火车、等等。对第一类机械和设备，仅叙述了其生产能力的计算和根据焦化生产的特征选择它们的方法。对第二类机械和设备，则引述了为进行其验算所必需的、整套机械和设备及其部

件的计算基础。

由于这是一门新的课程，可能有考虑不周之处，著者将对读者对本书指出的缺点致以深忱的谢意。

本书的绪言和第一部分的第一章是苏联科学院通讯院士 H. M. 卡拉瓦耶夫教授写的；第一部分的第二章和第二及第三部分是技术科学硕士 И. Я. 毕利斯基讲师写的；第四部分是 И. Г. 舍别列夫工程师写的。

著者对在审阅本书手稿时付出很多劳动并作了许多修改的 Г. К. 诺戈尔斯基工程师和德聶伯罗彼得罗夫斯克化学工艺学院的科学工作者们——B. И. 达尔教授、A. B. 彼特罗夫斯基讲师、M. A. 巴比罗讲师、K. H. 什什金讲师和 M. И. 罗科申主任教师，表示感谢。

著 者

緒 論

焦化工业是从煤中制取焦炭、煤气及焦油的国民經济部門。这三种产品都广泛地利用于国民經济中。

焦炭，其产率平均在78%左右，它在黑色和有色冶金工业中起的作用很大，在鑄造工业和化学工业中起的作用也不小。在炼鉄过程中，焦炭同时作燃料又作鉄的还原剂使用。在化学工业中，用焦炭来制取水煤气和氨，以及用来生产碳化鈣；碳化鈣同水作用生成乙炔，乙炔则用来制取醋酸、人造橡胶和其他許多重要的有机合成产品。

炼焦煤气，其产率为干煤重的15至18%，它的用途也很广。炼焦煤气，經初步加工，可以获得：

1) 粗苯，其产率为0.6~1.2%，它是由一些芳香族碳氢化合物（主要是苯、甲苯和二甲苯）、氮化物（主要是吡啶）和氧化物（各种酚）組成的。这些化合物是苯胺染料、葯剂、人造纖維、炸葯、杀虫剂、菌剂、等等的原料。

2) 氨，其产率为0.15~0.35%，它一般是呈硫酸形式提取的，在农业中用作肥料。由煤气中与氨同时还提取吡啶盐基。

3) 硫或硫酸，它是在煤气脱硫化氢时获得的；硫化氢是煤气中的有害杂质之一。此产品的产率随煤的含硫量而变。

脱去了这些物质的煤气称为回爐煤气，即自回收車間返回的煤气。回爐煤气的总产率，在換算为4000仟卡/标准公尺³的热值时，为310~330公尺³/噸干煤。炼焦煤气的特点是它的热值高（达4200~4500仟卡/标准公尺³）和含氢量高（按体积計在50%以上），因此，煤气的重度低——0.4~0.6公斤/标准公尺³（通常为0.45公斤/标准公尺³）。

在冶金工业和机器制造业中，回爐煤气成功地用作炼鋼爐的燃料。由于其热值高，則广泛地为市民日常生活使用。

煤气中所含大量的氢以純态提取並用于下列各种氢化过程，这从經济上来看是合适的，例如用于氨的合成、煤的氢化、石油的氢化、以及用于人造液体燃料和甲醇的制造、等等。

焦油，其产率为干煤重的3~4.5%，它含有

很多为工业有机合成所需要的各种物质，用别的方法制取这些物质需要很大的花费。焦油的加工产品也广泛地用于电气技术和筑路工程，用来炼制电极焦和制做屋面材料，以及其他用途。

仅是这些不完全的、炼焦化学产品用途的例举，即已說明了焦化工业在国民經济中的重大意义。由此可見，煤在焦化厂中高温分解的結果，不但能得到供冶金工业和化学工业用的焦炭，而且还能达到煤的合理利用，从中提取許多貴重的产品。

炼焦生产首先起源于英国。由于其冶金工业的迅速发展，需要大量的木炭用于高爐和炼鋼爐，因而产生了森林将会伐尽的危險。此外，使用木炭也限制了高爐的高度，因为木炭承受不住上层物料的压力。

唯一的出路是利用矿物燃料，首先是煤。起初，煤是以天然形态使用的，以后才开始象燒炼木炭一样，来炼制木炭的代用品——焦炭。焦炭到现在为止一直还是炼鉄的主要燃料。

有关炼制焦炭的初次报道是在十六世紀末叶，而在高爐中使用焦炭的初次試驗則在十八世紀初叶。在十八世紀下半紀，首次出現了帶回收焦油的炼焦爐；煤焦油很快地就作了木焦油的代用品，来浸漬造船木料、繩索、等等。

在十九世紀，炼焦工艺不断改进，在該世紀末叶焦化厂的設備基本上已具备了現代的型式。在二十世紀，又进一步改进了和改造了設備結構和操作过程。

我国向来是富有森林的国家，炼鉄工业在以前都集中在森林区，因而沒有象西欧那样感到过木炭的缺乏。然而，由于在頓巴斯发现了煤和在克里沃罗格发现了鉄矿，同时，又因这两个地区离俄国的工业中心較近和对金属的需要量增大，于是在頓巴斯以焦炭生产为基础发展了炼鉄工业。

在前一世紀八十年代末，开始在沙烏姆堡式爐中用頓涅茨煤炼焦；揮发产品完全被燒掉。最初，利用頓涅茨煤炼焦用于炼鉄的試企，是没有什么工业意义的。

进行回收炼焦揮发产品的第一个工厂，是在1889年于謝尔比諾夫卡兴建的。

帝俄时期，南方焦化工业发展得很慢。

虽然頓涅茨煤田煤的埋藏量非常丰富，但1913年焦炭的产量仅为451.6万吨。用于炼焦的煤仅有55%是在回收化学产品的炼焦爐中加工的。第一个粗苯精餾車間是在战争时期条件下，于1916年才建立在卡吉耶夫卡工厂的，以便供給炸藥工厂以甲苯。

在第一次世界大战和外国武装干涉以后，苏联政权在南方接收的工厂已完全被破坏，在这些工厂沒有留下熟練的工程技术人員。在1923和24年間，焦炭的产量仅为80万吨，也就是，为1913年产量的18%。

留下来的为数不多的工长和工人，在参与恢复焦化工业的学者、工程师和技术員的协助下，以忘我的劳动克服了最初几年的困难；在1927和28年間，焦炭的产量已达到了1913年的水平。沒有工厂生产經驗的苏联专家們，在这恢复時間就已运用了許多独創的技术改进。由炼焦煤气中循环提氨法就是其中的一个例子。

胜利地恢复了並組織和掌握了新的复杂的生产，是說明在社会主义經濟条件下有可能迅速地解决困难的生产任务的实例。

很快地又提出了进一步扩大焦炭生产，建筑新焦化厂的任务。

苏联政权解放了頓涅茨盆地之后，立刻就建立了炼焦化学科学研究基地——“炼焦煤”托拉斯中央試驗室。为了建設新工厂，建立了国立焦化工业設計院。对所有操作过程和设备都进行了批判地研究和檢查，而使得能够設計出許多独創的机械和设备結構，和拟定出新的並合理的操作

过程。葛蘆姆·葛尔日馬依罗設計的焦爐是循环加热式炼焦爐的原形；H. H. 奇热夫斯基和A. B. 諾戈爾斯基設計的焦爐是这种爐子进一步改进的型式。H. E. 科罗布恰恩斯基为提氨工段推荐了在压力下操作的高效率的解离器。

国立焦化工业設計院設計了完善的焦爐結構。科学研究部門創立了一些新的並合理的炼焦化学产品回收及精制工艺过程，制定了比較完善的煤的研究方法和炼焦煤的測定方法，創立了配煤原則（世界首創）；根据完成的科学研究工作，有可能科学地論証焦炭和化学产品的各种質量指标。

苏联机器制造业为焦化工业制造愈益完善的机器和设备，这些机器和设备成功地使用在焦化厂中。

由于掌握了近代的安装、操作和修理方法，焦化工业的机器和设备的寿命得以显著地延长。

成立了高等和中等学校，来培养熟練的焦化工作人員；各厂也都广泛地建立訓練班，来培养熟練的工人和工长。

現今，在苏联每年有数千万吨煤用于炼焦。

焦化生产，也同所有社会主义工业一样，在建設时应周密地考虑所有新的科学和技术成就，並尽可能使所有操作过程都全盘机械化和自动化。在改进焦化生产的机器和设备方面已作了很多工作，但还有許多工作需要去作。例如，近代炼焦爐还是間歇式的，創造連續式炼焦爐是焦化生产工作者們的重要发展任务。

机器結構的深入研究和改进，是焦化生产中采用近代科学和技术成就的必要条件。

第一部分 煤及其炼焦

第一章 煤

第1節 煤的起源

关于煤的起源問題我們知道的还很少，还不能說明煤的性質和成分的变化規律。为了解决这个重大問題，地質学家、化学家和生物学家們正在进行着研究工作。根据岩石学和化学研究已知，所有矿物煤都是由大量的植物——水生和陆生植物殘骸形成的，这些植物殘骸主要是屬於石炭紀的，也有屬於其他地質年代的。

当研究煤的起源問題时，需要分清：

1) 煤层和煤田的形成（形成条件和地質情况）；

2) 煤的生成，即死亡的植物轉变成煤的过程。

第一种現象——煤层的形成条件和地質情况——已研究得比較深刻。已知，所有矿物煤都是由沉积物形成的；这些沉积物在第一阶段是在地面水池（湖、海）中进行聚集的，与現代的泥煤沼相似。形成的泥煤层沉于水下並为矿物沉积层所复盖，在矿物层上又沉积一层死亡的植物，如此一层一层地堆积起来。这就是所謂的原地產地的形成程序。

有些煤产地是由于植物殘骸被水流带入水池中，在这里沉积形成煤层而产生的。这样的产地称之为異地产地。

也与矿岩层一样，煤层之間的夹层厚度是不同的（自几公分起到几十公尺）。

在已开采的产地中，上面复盖的沉积岩层的厚度自几十公尺到一公里之間。复盖岩层的最大厚度，譬如在頓巴斯，在古老的地質时期可达几十公里。

植物殘骸轉变成煤的过程还没有完全搞清。目前，M. B. 罗莫諾索夫首創的学說应用得最为广泛。根据这个学說，植物殘骸轉变成煤的过程是按一定的遺傳順序进行的：泥煤→褐煤→煙煤→无煙煤。

煤产地各形成阶段的地質条件是不同的。在第一阶段——泥煤阶段，煤层的性質和組成決定于气候条件、浸水程度、水的成分、植物的种类和微組合（микрoфлора）。当泥煤被冲积层或沉积层复盖之后，进一步进行泥煤轉变为褐煤的过程。再繼續下去，随着复盖层厚度的增大开始有新的因素发生作用：压力和較高的溫度，在它們的作用下褐煤逐漸轉变成煙煤。

矿物性質在压力和溫度作用下的改变，在地質学中称为变質。煤性質的改变，即較高或較低的变質程度，一般是符合煤在較高或較低的压力和溫度作用下的形成条件的。

在形成煤的泥煤阶段中，必須有足够的浸水度：植物的轉变应在进入氧量很少或沒有氧的条件下进行，否則，植物会被显微有机質完全破坏而成为最終的氧化产物——二氧化碳和水。

在进入氧量很少的条件下，显微有机質为了生存吸收植物組成內的氧，将植物中的物質部分地当作食物来消化；因此，在以后的轉变阶段中呈現煤中含炭量的逐漸增加和含氧量的逐漸減少。氮含量的变化很小，只有在高炭量的煙煤中和无煙煤中才急剧下降。

第2节 煤——炼焦原料

在炼焦化學生產中用作原料的是煙煤阶段的 礦物燃料。

§ 1. 煤的組成部分

煤是一种深灰色到黑色的矿物燃料，它有或多或少的色泽，其成分不均一，並含有或多或少的无机質。

从煤层的剖面上可看到光泽不同（从类似玻璃的强烈光泽起到无光泽）的条紋和夹层；此外还可以見到絲狀、纖維狀和沒有光泽的类似木炭的夹杂物。

有光泽的玻璃状物質称为鏡煤，无光泽的称

为暗煤，纖維状的称为絲炭；按光泽度在鏡煤和暗煤之間的类型称为亮煤（鏡煤——玻璃状，暗煤——坚硬，絲炭——纖維状，亮煤——有光泽）。

在显微镜下用透明的薄片可按下列特征来鑑別煤构造上的这些类别：

1) 鏡煤——沒有杂質的黄色至深褐色的透明質；

2) 暗煤——被腐植質所粘合的各种类型的植物殘骸的聚合物；

3) 絲炭——相当于木材的格子結構的結構单元，是一种类似从格中取出含有物的已炭化了的木材格子壁；

4) 亮煤——透明質，其中分散着相当于暗煤类型的植物殘骸；它是鏡煤和暗煤質的混合物，因此，其光泽也就在鏡煤和暗煤之間。

这些按岩相[●]区分的煤的类型，对焦炭生产來說，其价值是不同的，这是因为它們的結焦性不同，也就是，在炼焦时促使得出足够坚固的焦炭的性能不同。

通常，鏡煤和亮煤（有光泽的类型）具有很高的粘結性，能够得出所需質量和必要强度的焦炭；暗煤的粘結性要小得多，而絲炭則根本不結焦。

因此，在最近几年来人們試圖研究出所謂岩相选煤法，即将有光泽的类型与无光泽的类型及絲炭分开。

也与其他任何一种矿物燃料一样，煤是由有机質、无机質和水分所組成的。

有机質是煤的有益部分。在炼焦时，有机質分解而形成焦炭和貴重的揮发产品。

在炼焦化学生产中，煤的水分不是无用的累贅物。虽然炼焦时为使水分蒸发需要消耗相当的热，而使加热焦爐用的煤气耗量增大，但与此同时，有了水蒸汽就可以保証炭化室頂部空間溫度降低，就能使煤的气体分解产物的体积增大，从而保証了气体产物停留在爐頂空間里的時間縮短。因此就防止了煤分解产物的过热，而分解产物过热对焦油和粗苯的質量影响很坏并能使氨遭到破坏。

当使用湿煤时，可以大大地減少由于装爐时煤尘飞散所造成的煤的损失，并使焦爐操作人員

的卫生条件得到改善。

煤中含有少量的水分，其益处要大于为节省使其水蒸发所消耗的热量的益处。因此，炼焦煤的水分应保持在6~8%；当煤的水分很大时，会使煤在下文（第23节）研討的設備中的除尘发生困难，同时，在冬季貯存和运输时，会使煤发生冻结。

煤的无机質可能含有比例不同的各种物質：矽酸盐矿物、氧化矽、碳酸鈣、碳酸亞鉄、硫酸盐（石膏）、黄鉄矿、氧化鉄、氧化鋁，等等，这些物質都是些沉积物。煤的灰分——煤在坩堝中于800°(±25°)燃燒至恒重时的殘留物——与无机質的实际含量不相符。在加热时无机質的含量会改变：失去了結構水、碳酸（碳酸盐）、硫（黄鉄矿变为氧化鉄）和其他。通常灰分的重量为无机質重量的85~90%。

通常把灰分来代表煤中无机質含量，这对实践來說已足够准确的了。

煤中无机杂質被区分为：

1. 煤的內在灰分：

① 結構灰分（原生灰分），它是在形成煤时由植物殘骸中轉入煤中的，並有机地与煤相結合；其含量在1至2%之間；

② 冲集灰分（后来灰分），它是被水帶入形成煤的水池中的；其含量的波动范围很大。

2. 煤的外在灰分：

① 与煤同时採掘出来的夹矽；

② 在採煤时由煤层頂板和底板滲入煤中的矽石。

§ 2. 煤的有害杂質

实际上，在炼焦时煤的灰分完全轉入焦炭中。焦炭的灰分不但是減少可燃部分的累贅物，而且为使它在高爐和塔鉄爐中渣化，需要增加助熔剂（主要是石灰石）的耗量。而这就会引起焦炭單位耗量的增大和爐子生产能力的降低，因为爐子的一部分容积被补加的助熔剂所佔用。

为降低煤的灰分有各种不同的选煤方法。但可惜的是，采用从經濟上合适的选煤方法，不能把煤中化学結合的和机械結合的灰分完全提取出去。煤中夹杂的矽石較容易并几乎可以完全除掉。

苏联战后 1946~1950 年的五年发展計劃中規定：用于炼焦的煤其灰分在7%以上者（按干煤計）都应进行选別。

● 岩相学是研究一般由几种有机質組成的可燃矿物的科学。

炼焦煤中最有害的杂质是硫和磷，它们会使生铁变得热脆（硫）或冷脆（磷）。

苏联的煤就其含硫量来说是多种多样的：自含硫量很低（0.5~1.0%）[●]的庫茲涅茨煤起到含硫量很高（3.5~9.4%）的基泽尔煤止。

通常，在炼焦过程中可从煤中挥发 15~20% 的硫，其余的硫转入焦炭中。

焦炭中的硫对高炉和熔铁炉的害处比灰分更大：随着焦炭含硫量的增大，高炉生产能力下降得特别剧烈，而且焦炭和助熔剂的耗量亦随之增大。同时还应考虑到，当助熔剂耗量大时，就必须使用很坚固的焦炭来操作。

铸造焦含硫量不应大于 1%，而当制作重要铸件时，不应大于 0.5~0.8%。

含在煤中的硫是各种硫类的化合物，在拟定除硫方法时，应考虑到这一点。因此，煤中的硫一般区分为以下几种：

1) 有机硫。它含在煤的有机质内，在选煤时不能被除掉；

2) 黄铁矿硫 (FeS_2)。它在煤中或呈粗粒存在或呈细散状态分布于煤中；在选煤时，只有较粗粒的黄铁矿容易和矸石一起从煤中分离出来；

3) 硫酸硫。它的数量一般为 0.1~0.2%，呈硫酸钙形态（石膏）存在于煤中；氧化的煤中常含有硫酸亚铁，它是在黄铁矿氧化时形成的。

磷呈有机质和磷钙土形态存在于煤中。在炼焦时它完全转入焦炭中，以后也完全转入生铁中。煤中的含磷量一般是不大的——0.01~0.10%。当熔炼酸性转炉炼钢生铁时，焦炭中的含磷量不应大于 0.015%。

§ 3. 炼焦用煤的试验

用于炼焦的煤需要经过试验，以鉴定其质量。必须按标准方法来测定：煤的水分、灰分、硫分、含磷量、挥发份、残留物（焦炭）的特征、胶质层厚度和收缩度。

在鉴定煤时，最重要的一个工序是正确的取样和平均试样的处理。取样和准备试样的方法应完全符合标准规定。

当测定煤的水分时，应区分开以下几种水分：

1) 工作水分或全水分：煤于 100~105° 下

● 这里以及下面的含硫量都是按干煤计的。

加热至恒重时，从煤中蒸出的水量；

2) 外在水分或机械水分：煤在常温下干燥至恒重时，从煤中除去的水量；这样干燥的煤称为空气干燥煤；

3) 吸湿水分：被煤所吸收了的、在除去了外在水分后所剩下的水量；此水分是将空气干燥的煤于 100~105° 下干燥后测定出来的。

煤的灰分是煤在坩埚中于 800° ($\pm 25^\circ$) 下燃烧和灼烧至恒重时，根据其残留物的相对量（以百分数计）测定出来的。

根据含硫量，将炼焦煤分为以下几组：

含硫量	≤1.5	1.6~2.5	2.6~3.5	≥3.6
煤 组	低硫煤	中硫煤	高硫煤	特高硫煤

照例，含硫量大于 4% 的煤不应用来炼焦。

挥发份按以下方法测定：将煤装入带有磨口盖的瓷坩埚中，于 850° ($\pm 25^\circ$) 下在管式电炉中加热 7 分钟。根据减少的煤的重量可以大致地判断出焦炭产量，而根据坩埚中残留物（焦炭）的形状和性质，可以判断能得出的焦炭的性质。

结焦煤应当炼出熔融良好、质密、坚硬的银灰色焦炭。通常，用焦煤或用于炼焦而配合的混合煤（用各种牌号的煤配制的煤料）可以炼出这样的焦炭。

§ 4. 煤贮存时的氧化

当煤长期地在露天下存放时，在氧和雨水的作用下，它要风化和氧化，因而其性质就发生了变化。在此情况下，煤首先要失去粘结性，即，煤的胶质层厚度减小，收缩度增大。

各种煤易于氧化的程度是不同的：照例，挥发份和氧含量愈高，煤就愈容易氧化。由于煤氧化时要散发出热来，所以在长期存放时，煤堆中进入空气而发生局部的温度升高现象。如果温度的升高达不到 70~80°，自热过程就会停止而开始煤的冷却。如果煤堆任何一点的温度超过 70~80°，则氧化过程通常会急速发展，温度升高，结果发生煤的自燃。在此情况下，应将温度升高的煤自煤堆中取出，用于其他用途（不用来炼焦）。

在焦化厂中炼焦煤的贮存期限不应超过两个月，并且煤的自热不允许超过 50°。因为，超过这个温度时，煤的粘结性会降低而不能用来炼焦（应将其用于动力用途）。

甚至氧化程度不大也时常会明显地降低煤的粘結性。因此，应将炼焦煤堆放得尽可能地密实，以减少进入煤堆内的空气量：将煤一层一层地撒放在堆上，使其均匀分布于堆面上，并用重滚子压实。对易于氧化的煤来说，这样作尤为必要。

§ 5. 煤的分类

制定煤的分类，也就是，根据与煤的性质和用途有关的某些共同特征来划分煤，是有很多困难的，因为各产地的煤是多种多样的。根据某一煤田的煤的研究所制定的分类，常常不能适用于另一煤田的煤。

现今，人们将煤的分类划分为：

1) 用来确定和计算各煤田和煤产地埋藏量的煤的分类；

2) 按用途制定的煤的分类，其指标决定于根据煤的利用方法对煤所提出的要求。

列尼欧制定的（1837年）和由格留涅尔加以扩大的（1873年）煤的分类（对法国北部煤制定的），是最早的和大家最熟悉的分类之一。以后的许多分类就是以这个分类为依据的。在这个分类中煤是按以下指标来分组的：元素组成——含碳量（75~95%）、含氢量（4.0~5.8%）和含氧量（3~19.5%）；O/H 比值（1~4）；比重（1.25~1.40）；焦炭产率（50~90%）；以及在测定挥发份时所得的焦炭特征。

给顿涅茨煤所规定的工商业分类包括有两个指标：按可燃基计的挥发份和焦炭的特征（表1）。

表 1

顿涅茨煤的分类

煤 种	牌 号	挥发份, %	焦 炭 特 征
长 焰 煤	Д	>42	不粘結——粉状或胶合状
氣 煤	Г	35~44	粘結、熔融，有时膨胀（疏松）
肥 煤	ДЖ	26~35	粘結、熔融，密实或稍密实
焦 煤	Ж	18~26	同 上
瘦 煤	ПЖ	12~18	粘結或熔融——自密实至稍密实
貧 煤	Т	<17	不粘結——粉状或胶合状

但是，按这个分类来选择煤料时，时常会发生许多困难，因为某些挥发份相同的煤具有不同的粘結性。

因此，对在焦炭生产中使用的煤制定了工艺

分类（按用途的分类），其中考虑了一个与煤的利用特点有关的补加指标——胶质层厚度（表2）。对庫茲涅茨、卡拉岡达和基泽尔煤田的煤来说，这个分类是标准的。

表 2

炼焦煤的工艺分类

商品牌号	煤 组	煤组标号	胶质层厚度 Y, 公厘	挥发份*, %
頓 涅 茨 煤				
Г	氣煤 I 組	Г1	16和>16	35~44
Г	氣煤 II 組	Г2	9~15	35~44
ДЖ	氣肥煤	ДЖ1	12~20	26~35
ДЖ	肥煤 I 組	ДЖ1	21~29	26~35
ДЖ	肥煤 II 組	ДЖ2	30和>30	26~35
Ж	焦肥煤	ЖЖ	21和>21	18~26
Ж	焦 煤	Ж	15~20	18~26
ПЖ	瘦煤 I 組	ПЖ1	8~14	12~26
ПЖ	瘦煤 II 組	ПЖ2	7和<7	12~18
庫 茲 涅 茨 煤				
—	氣煤 I 組	Г1	17~25	>37
—	氣煤 II 組	Г2	13~16	>37
—	肥煤 I 組	ДЖ1	>25	<33
—	肥煤 II 組	ДЖ2	>25	33~38
—	焦肥煤	ЖЖ	14~25	24.5~28
—	焦肥煤 I 組	ЖЖ1	14~25	28~31
—	焦肥煤 II 組	ЖЖ2	12~24	22~25
—	焦 煤	Ж	13和>13	19~25
—	焦煤 I 組	Ж1	10~12	17~21
—	焦煤 II 組	Ж2	7~9	17~21
—	粘結性貧煤	ТЖ	6~9	<17
卡 拉 岡 达 煤				
—	肥 煤	ДЖ	20和>20	—
—	焦煤 I 組	Ж1	12~19	—
—	焦煤 II 組	Ж2	8~11	—
基 澤 尔 煤				
—	氣煤 I 組	Г1	11~13	—
—	氣煤 II 組	Г2	8~10	—
—	肥煤 I 組	ДЖ1	19和>19	—
—	肥煤 II 組	ДЖ2	14~18	—

* 按可燃基計。

从表2中可以看出，同一类型的但不同煤田的煤，其胶质层的厚度是不同的；为所有各产地的煤制定出一个统一的煤的分类，其困难就在于此。

§ 6. 主要煤产地的煤的技术性能

顿涅茨煤田约有200个煤层，其中可采层（厚度大于0.5公尺）只有50个。该煤田的地质埋藏量约为900亿吨，其中适于炼焦的可采层的煤量有25.7亿吨（其中：肥煤9.8亿吨、焦煤4亿吨、瘦煤4.9亿吨、气煤7亿吨）。

顿涅茨炼焦煤的主要技术性能载于表3。

庫茲涅茨煤田的煤层其特点是厚度大，达14公尺；一半的煤层是可采层。此煤田的地质埋藏量为4500亿吨以上。大部分煤都适于炼焦，其煤的主要性能如表3所示。

表 3

炼焦煤大致技术性能

煤田名称	灰 分	水 分	含 量		挥发份*, %
			硫	磷	
頓涅茨	8.5~20	1~6	1.5~4.5	0.012~0.020	13~39
庫茲涅茨	7~16	4~8	0.5~1.0	0.020~0.080	15.5~44
基澤尔	15~30	5.5	3.5~9.4	—	41
卡拉岡达	8~30	2.1	0.8	—	29

* 按干燥計。

基澤尔煤田煤的地質埋藏量約为 30 亿吨。所有煤都粘結得很好，但灰分和硫分太高（表 3）。

卡拉岡达煤田煤的地質埋藏量約为 600 亿吨。由于灰分高（見表 3），許多煤层的煤均需选別后才能用来炼焦。

在彼乔拉和苏昌以及其他煤田也同样开采炼焦煤。

第二章 煤的煉焦過程和焦炭的質量

第3节 煤的煉焦过程

§ 7. 煤的干餾

煤的有机質是高分子化合物。这样的化合物在干餾时不能不分解：它在 300° 以上开始分解而形成气态和液态(冷却后)产物，以及固态殘留物。

分解产物的数量和質量取决于原料煤的成分、溫度及其产物处于高溫下的時間。

以最終加热溫度为轉移，煤的干餾（与空气隔絕）分为以下几个过程：

加热溫度($^{\circ}\text{C}$)	150~250	500~600	700~800	900~1000
过程	干燥	低温煉焦	中溫煉焦	煉焦

由此可見，煉焦是把煤与空气隔絕在 $900\sim 1000^{\circ}$ 下进行加工的一个过程，以获得焦炭、焦油和高热值的煤气。

煉焦过程中有下列几个主要阶段：

- 1) 在 100° 以上时水的分离阶段；
- 2) 分解出分解水、焦油和气体的煤的初始分解阶段——在 $300\sim 350^{\circ}$ 範圍內；
- 3) 伴随着煤的軟化成胶質状而后又凝固的强烈的分解阶段——在 $350\sim 500^{\circ}$ 的範圍內；
- 4) 半焦的形成阶段，最終溫度为 600° ；
- 5) 再进一步加热，气体从半焦中析出，同时固体殘留物逐漸轉变为焦炭的阶段，最終溫度为 $900\sim 1000^{\circ}$ 。

§ 8. 煉焦的揮发產品

煤在煉焦时分解出煤气与蒸汽混合物，其質量和数量取决于加热溫度及其混合物处于該溫度下的時間。

从炭化室入上昇管时，煤气和蒸汽溫度应为 $700\sim 750^{\circ}$ 。在此条件下，可以得出質量很高的煤气、焦油和粗苯，並能保証正常的粗苯产率。

当溫度較高时，煤气的产量增加，但焦油的产量要減少；在加热到 900° 以下时，粗苯的产量会增加，但如繼續提高溫度也会同样开始減少。

在較高的溫度下，各揮发产品的質量变化情

況如下：

1) 煤气中重碳氮化合物、甲烷及其同系物的含量減少，一氧化碳和氮的含量增加，結果，煤气的热值和密度降低；

2) 粗苯中苯含量增加，而甲苯和二甲苯含量減少；

3) 焦油中游离碳和萘含量增多，瀝青产量增大，而酚的含量減少，結果，焦油比重稍有增大^①。

§ 9. 煉焦的固体產品

煤在煉焦时所得焦炭（固体殘留物）的性質不仅取决于按煉焦煤标准所測定的煤的性質，而且也取决于煉焦条件和煤的准备。

为了完成煉焦过程，装入被加热的赤热炭化室中的粉碎煤料，必須在这里保持这样一段時間，使得距赤热室炭化室牆最远的装爐煤中部被加热到 $900\sim 1000^{\circ}$ 。以炭化室寬度、火道溫度、炭化室砌体耐火材料的性質、煤料水分和其他因素为轉移，煉焦週期的变动範圍是很大的。

煤料在炭化室中的加热速度能影响焦炭質量，因此应根据相应的試驗，对不同的煤料規定一定的加热速度。有些煤料只有在快速加热时，才能煉得令人滿意的焦炭，而另一些煤料在加热速度較慢时，才能煉出良好的焦炭。

焦炭的質量与煤的准备（破碎、混合和压实）关系很大。

因为，一般煉焦用的煤料是由性質及成分不同的一些煤配制而成的，所以，煤粉碎得愈細，混合得愈好，則得出的煤料就愈均一，因而得出的焦炭也就愈均一。均一性是優質焦炭的主要指标之一。

压实制备好的煤料会使其单位体积重量增大，並由于顆粒互相靠近，使焦炭气孔率減小，結果得出的焦炭比較堅固。煤料中加入 $0.1\sim 0.3\%$ （按煤料重量計）煤油和煤餾油（按苏联科学院动力研究所的方法），也可以达到使煤料单位体积重量增大的密实效果。用机械搗固法可使煤料单位体积重量增加 $25\sim 30\%$ 。

① 高溫分解之揮发产品的特徵将于下册叙述。

采用压实或捣固煤料的方法，可用于在一般条件下不能炼出令人满意的焦炭的煤料，以便炼出冶金焦。用这种方法可以扩大炼焦原料基地，使用目前用于动力的煤来炼焦。

但是，当用捣固法炼焦时，装炉煤的最终收缩度会减小，而此收缩度是必需具备的，以便使焦饼能容易从炭化室中推出。因此，只有在炼焦时体积减小（收缩）很大的那些煤才可以捣固得很密实。

§ 10. 煤在炼焦过程中的胶质状态

胶质层的厚度和收缩度是炼焦煤的重要特性之一。炼焦的煤或煤料在 $350\sim 450^{\circ}$ 时转为胶质状态，形成胶质层并同时变为流动性或大或小的半液体状。与此同时，煤的有机质开始强烈分解，而形成气体、蒸汽、焦油和固体残留物。 500° 以上时，胶质层硬化而变成半焦；当加热到 $900\sim 1000^{\circ}$ 时，变为焦炭。

根据胶质层厚度（ y 公厘，见第2节）和性质，并按照收缩度（ x 公厘）测定的煤料硬化后的体积变化和说明装炉煤在炼焦过程中体积变化情况的胶质层曲线形状，可以确定此煤是否可以用来炼焦（确定出煤的粘结性）。

为研究煤的胶质状态和胶质体的性质，曾作过很多试验，并设计出了各种各样的试验仪器。利用这些仪器可以查明胶质状态的各种性质，其中有：煤由固体变为胶质体而后再硬化的温度范围、胶质体的粘度、透气性、胶质层中的压力、胶质层的流动性。

由于煤在胶质状态的特性的作用很大，在炼焦煤标准中对这些特性已作了规定；此标准中规

定了用 A. M. 隆保什尼科夫胶质层测定仪器（图1）测出的必需的胶质层厚度（表2）。此仪器中也和焦炉中相仿，煤料3的加热（到 730° ）只从一面（由铜筒1的底部）进行；胶质层的上限和下限是定期地用探针5（胶质层测量针）来测量的；装入煤体积变化曲线（胶质层曲线）是用笔尖8在转鼓9上绘出的。

§ 11. 煤在炼焦过程中的膨胀压力和收缩

当装入煤被加热时，煤中形成胶质层，它随着加热的程度由加热墙移向装入煤中心。在胶质状态时，产生煤的急剧分解而析出气体产物。然而，胶质体两侧具有透气性小的两个层：一侧是温度较低的逐渐被胶质质浸透的煤层；另一侧是硬化的胶质层。这两个层对气体从胶质层中逸出的阻力都很大。

因此，当炼制胶质体粘度很大的煤时，在胶质层中可能产生对炭化室墙有危害的很大的膨胀压力（试验表明， 0.1 公斤/公分² 的膨胀压力对炉墙已有危害）。

当煤经过胶质状态和硬化阶段之后，焦饼就进行收缩而形成裂纹。

当焦饼收缩正常时，为了推焦（出炉）只克服焦饼与炉底的摩擦阻力就可以了。而当收缩度小时，焦饼紧靠于炭化室墙上，这将引起推焦的困难，而有时甚至不能单靠推焦杆的力将焦饼推出（第38节）。

§ 12. 炼焦煤料的配制

当选择用于配煤的煤种时，必须考虑到：

- 1) 煤中有害杂质的含量和选煤的合理性；
- 2) 胶质层指数及煤的粘结性；
- 3) 煤料的膨胀压力；
- 4) 炼焦产品的产率。

也同样应当进行技术经济指标的计算，要考虑到煤料各组分的运费、稀缺性、选煤的可能性、等等。

当配制煤料时，应注意到煤料的所需粉碎度。现今，煤料的细度为 $0\sim 3$ 公厘级占总量的 $95\sim 96\%$ 或更多。

最好的炼焦煤是焦煤——K煤，由这种煤能得出良好的焦炭，同时能得出数量和数量足够的挥发产品。但是，这种煤的收缩度常常是不够的。

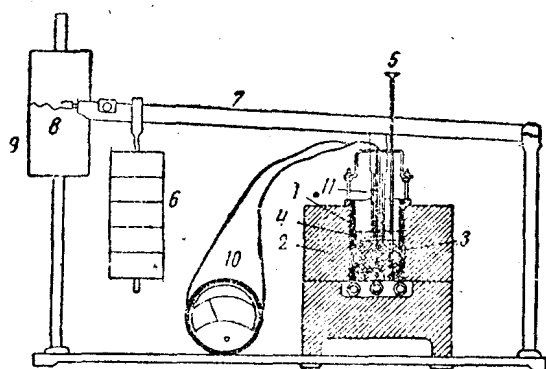


图1 A. M. 隆保什尼科夫胶质层测定器

1—铜筒；2—爐体；3—装入煤；4—活塞；5—探针（胶质层测量针）；6—重量；7—杠杆；8—自写笔尖；9—转鼓；10—微伏计；11—热电偶