

焦 熄 法 干

.5

36

冶 金 工 业 出 版 社

焦 熄 法 干

[苏] M. Γ. 捷波里特斯基 等 著

李哲浩 虞继舜 何中虹 译

陶 著 校

208236
冶金工业出版社

内 容 提 要

本书根据1971年苏联冶金出版社出版的 M. Г. 捷波里特斯基等著《Сухое тушение кокса》一书译出。书中研究讨论了干熄焦的方法；阐述了苏联及其他国家的干熄焦装置的结构及其操作经验；讨论了已投产的干熄焦装置的设计、基建投资、特殊的安全技术和劳动保护问题；列举了干熄焦装置的操作和计算资料。书中着重介绍了干熄焦的经济效果，并给出了干熄焦时焦化生产的燃料动力平衡的分析数据。此外，对干熄焦炭和湿熄焦炭的质量及其在高炉冶炼中的对比试验结果，也作了较详细的说明。

本书可供有关熄焦装置的设计、研究、施工和操作人员参考。

干 法 熄 焦

〔苏〕M. Г. 捷波里特斯基 等 著

李哲浩 虞继舜 何中虹 译

陶 著 校

*

冶金工业出版社出版

（北京灯市口74号）

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 1 1/4 字 191千字

1981年12月第一版 1981年12月第一次印刷

印数00,001~1,200册

统一书号：15062·3675 定价0.73元

序 言

在苏联焦化工业的发展中，主要任务是提高冶金焦的质量，改善焦炭生产的技术经济指标。完成上述任务的途径之一，是采用干法熄焦这种新的先进的方法。干法熄焦不仅能把红热焦炭的物理热用于获得动力用蒸汽，而且还能大大地改善焦炭质量、提高高炉冶炼和焦化企业的技术经济指标，并可改善炼焦车间的劳动条件。因此，苏联所有新建的焦炉组都有干熄焦装置。在工业中采用干熄焦方法，主要是用循环气体把红热焦炭冷却，然后把热气体的热量用于锅炉装置。

干法熄焦出现在二十世纪初期。在一些国家里，如瑞士、德国、法国和英国已相当广泛地使用干熄焦装置。这些装置的结构形式很多，但大多数都不适合于现代化设备的生产要求。

1937年，苏联刻尔钦斯克焦化厂首次投产了一套地下型的干熄焦装置。后来，在战争时期内，这套装置被完全破坏了。1960年，第二个干熄焦工业试验装置（布置在地面上）在切列波维茨冶金厂投产，这套装置是按照苏联国立焦化设计院和乌克兰动力热能研究所的设计建造的。这种装置的建成，可以认为是苏联在焦化工业中广泛使用干法熄焦的起点。由于这种装置的投产运行，解决了改善焦炭质量的方法和技术上的可能性问题，对于现有的干熄焦装置的规模，这些要求具有重要意义。此外，还回收了大量废热。总结切列波维茨冶金厂和其他干熄焦装置的操作经验，可以有足够的根据认为干熄焦装置的技术经济指标是先进的。在利用二次动力资源方面，干法熄焦是最有前途的方法之一。

作者编写本书的目的，就是向读者介绍干熄焦装置的操作经验和所得的研究数据。因此，书中着重讨论工艺过程和热工技术问题。

许多焦化厂在建造或者准备建造新的工业装置时，都研究了切列波维茨冶金厂的干熄焦装置的操作经验。

目 录

第一章	湿法熄焦	1
第二章	干熄焦方法	6
第一节	干熄焦原理	6
第二节	多室式干熄焦装置	7
第三节	罐式干熄焦装置	8
第四节	槽型室式干熄焦装置	13
第五节	地上槽型室式干熄焦装置	14
第六节	地下槽型室式干熄焦装置	20
第七节	同时进行焦炭脱硫的焦炉煤气干熄焦装置	24
第八节	发生炉煤气干熄焦装置	25
第三章	现代干熄焦装置	26
第一节	干熄焦方法的选择	26
第二节	干熄焦工业试验装置	31
第三节	干熄焦工业装置	39
第四章	干熄焦装置的调整和操作	52
第一节	干熄焦工业试验装置的投产调整和试验	52
第二节	干熄焦工业装置的调整和试验	58
第三节	循环气体的含尘量、除尘器的工作效率、熄焦 装置的侵蚀性磨损	64
第四节	气密性和爆炸危险性	69
第五节	干熄焦装置的操作	74
第六节	干熄焦装置各个结构单元的操作分析	83
第五章	热工和流体力学的计算	101
第一节	循环气体的生成和组分	101
第二节	熄焦过程的热工平衡	105
第三节	干熄焦装置的流体动力学	121
第四节	干熄焦室的传热	131

第五节	循环气体的含尘量和净化	142
第六章	干熄焦装置操作中的劳动保护和安全技术	150
第一节	概述	150
第二节	干熄焦装置工伤事故的特点	151
第三节	熄焦气体的爆炸性和毒性	155
第七章	红焦热量利用的途径	159
第一节	热量利用方法的比较	159
第二节	热量的动力利用和动力工艺利用	163
第八章	干熄焦炭和湿熄焦炭质量的比较	168
第一节	焦炭质量指标的评价	168
第二节	现代高炉对焦炭质量的要求	177
第三节	干熄和湿熄焦炭质量的研究	180
第四节	干熄焦炭在高炉中的性状	190
第九章	干法熄焦的技术经济指标	203
第一节	采用干法和湿法熄焦时焦化生产的燃料动力平衡	203
第二节	干法熄焦的经济效果	210
参考文献		222

第一章 湿法熄焦

当炼焦温度达到 $950\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 时，把焦炭从焦炉内推出，就结束了焦炭生产的工艺过程。为了避免推出的红热焦炭燃烧，并使焦炭适宜于用皮带运输和便于贮存，必须使焦炭的温度降到 $250\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。在这样的温度下，焦炭就不能自燃和阴燃。

所有现代的焦化厂和煤气厂，几乎都采用湿法熄焦。湿熄焦装置由熄焦塔和澄清熄焦水的沉淀池组成。在熄焦塔的圆顶或顶棚下面，建有喷洒装置。上部设有排气筒，以引出在熄焦时产生的水蒸气。

用生产能力大的水泵，把澄清水从集合池打到喷洒装置去熄焦，或者用能力小的泵把水打到高位槽，然后经过快速闸门进入喷洒装置。用于熄焦的循环水量，由焦炭的温度和当地的条件来决定。一般来说，每吨焦的平均循环水用量为 $4\sim 5\text{米}^3$ ，其中 $10\sim 15\%$ 在熄焦过程中蒸发掉；一部分水则保留在焦炭中。这就使得焦炭的水分平均增高到 $3\sim 5\%$ ，而焦炭的热量被水吸收后都全部浪费了。此外，大量的水进行循环流动，这部分水在熄焦过程中被焦粉弄脏，要进入专门的沉淀池内澄清后才能重新用于熄焦。为了补充熄焦水的消耗，把新鲜水加进澄清水内。沉淀池内的焦粉，定期用抓斗清除。图1为湿法熄焦的流程。

湿法熄焦的主要缺点是热量浪费相当大：每生产一吨焦炭耗热800000千卡，而熄灭一吨红热焦炭时，被熄焦水吸收的热量大致为350000 $\sim$ 400000千卡。因此，几乎占炼焦耗热量一半的热量消耗于熄焦水的汽化，约4%的热量存留在焦炭内，随后散失到大气中。采用湿法熄焦时，由于在焦炭内部产生热应力，造成焦炭产生裂纹和破裂。而且，这种现象由于焦炭裂缝里含水的急剧蒸发而加剧。这种焦炭，在以后用到高炉冶炼时，还会有很多的破碎。结果焦炭到达高炉风口区时产生大量的粉尘，导致高炉炉

况恶化。

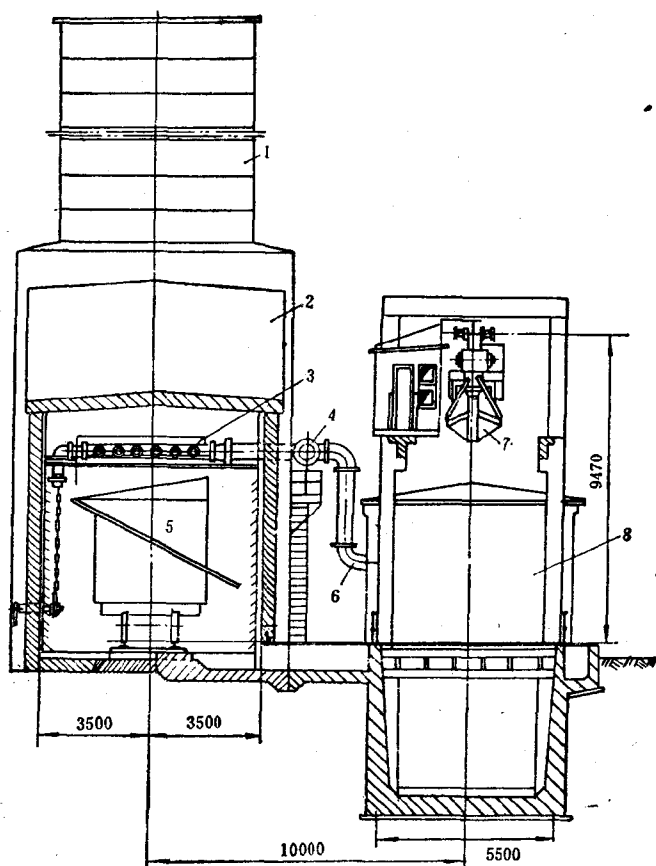


图1 湿法熄焦的流程

- 1—排气筒，2—熄焦塔，3—喷洒装置，4—快速阀，5—熄焦车，
6—输水管道，7—抓斗，8—水泵站

美国的一个煤气厂曾进行过一些试验，其目的是要确定熄焦方法对焦炭的物理机械性能的影响〔1〕。试验的方法是：把一般湿熄焦炭放入一个干熄焦的槽内，但不进行惰性气体处理；另一批焦炭采用干熄焦处理。这样，使两批焦炭都经受同样的机械作

用。试验结果表明，干熄焦炭有较高的强度。根据切列波维茨冶金厂研究所得的数据（见第八章），对于干熄焦和湿熄焦的强度进行比较：干熄焦炭的大转鼓内的残余量比湿熄焦炭高 11 公斤，M40 指数大 5 %。应该着重指出，经筛分后，湿熄焦炭的块焦率经常较高，这是因为粉末沾在湿焦炭的表面和藏在焦炭裂缝内所致，其结果使得高炉炉况恶化。

此外，煤中的硫在炼焦过程中部分脱除，残留在焦炭中的硫在湿熄焦时与水反应，产生硫化氢和二氧化硫，这些有害气体与水蒸气一起排到大气中污染环境。

大家知道，用于熄焦的水是由化学车间的热交换设备送来的，其中含有大量的酚。熄焦时，这种水的蒸汽散布得很远，因而造成空气和水域污染。表 1 示出了在工厂不同距离内空气中有有害物质的含量。从表中可以看出，某些有害物质的含量超过允许标准好几倍。

表 1 高散落物发源地不同距离处空气中有害物质的含量

有害物质	卫生标准 毫克/米 ³	高散落物发源地不同距离处的有害物质的实际 含量，毫克/米 ³		
		500 米	3000 米	5000 米
灰尘	0.5	0.83	1.04	1.10
氧化氮	0.085	3.84	0.80	0.66
一氧化碳	3.0	25.20	22.40	16.80
硫化氢	0.008	0.12	0.25	0.06
含硫气体	0.5	0.83	2.10	2.78
酚	0.01	0.06	0.03	0.06

湿法熄焦后，焦炭的水分为 2 ~ 10 %。如果焦炭的水分为 5 %，则在高炉内要加热和蒸发这些水分就得耗费焦炭热量约 0.5 %。铸造车间的试验工作表明，使用湿熄焦炭时，化铁炉的操作恶化，并且降低了生产能力。计算表明，高炉焦中所含水分，不影响其燃烧热，因为焦炭在进入反应区前，水分来得及蒸

发掉。但是有些作者认为这种见解是错误的，并且断言，这些水分使高炉焦的燃烧热降低了〔2〕。此外，水蒸气的分解还要消耗大量的热能。必须指出，湿熄焦还有下列缺点：

从湿法熄焦所得到的焦粉，一般的粒度为1~15毫米，有些甚至为0~20毫米。因为，在焦炭的筛分机上要精确分离0~6毫米级粒度的焦粉是不可能的。所以，供烧结用的焦粉必须预先进行破碎。

此外，当运送湿熄焦炭时，焦炭中的水分使运费增加。

采用湿法熄焦时，压送熄焦水的费用，也使支出的项目增加。同时，熄焦车车厢损坏也很快，这是由于含硫化合物的强烈腐蚀作用引起的。以致使熄焦车车厢的使用期限一般不超过1.5~2年。

湿法熄焦虽然有上述缺点，但到目前为止，它仍然是主要的熄焦方法，因为它有结构简单、投资和操作费用都较少的优点。

干法熄焦的主要优点，是能利用红热焦炭的热量和改善焦炭的质量（机械强度提高、块度均匀、焦炭与粉尘容易分离、粉焦质量比较好）。干法熄焦能利用从焦炉推出的红热焦炭热量的80%，干熄每吨焦炭能获得400~450公斤的动力用蒸汽。

由于干熄焦炭具有较高的强度，焦炭在高炉冶炼过程中不易破碎，所以高炉炉尘较少，高炉的送风压力降低，结果使冶炼条件得到改善，同时也提高了高炉的生产能力和降低了焦比。

在切列波维茨冶金厂的高炉冶炼中，使用干熄焦使焦比降低2%，生产能力提高1%。高炉车间焦炭的筛出物大约减少2.6%〔3〕。

英国杰根赫姆厂的高炉，从1934年起就开始使用干熄焦炭。从某种程度上来说，与英国其他同样的高炉相比，技术经济指标有所改善（提高了有效容积利用系数和降低了焦比）〔1〕。在法国的柯姆库尔厂，高炉改用干熄焦炭后，悬料次数减少了，焦比也降低了。但是，生铁的质量，特别是含硫量没有改变。

虽然干法熄焦在技术和经济上有许多优点，但它的应用暂时

还受到限制，因为建设干熄焦装置比建设湿熄焦装置需要较大的投资。

此外，刚出现的干熄焦装置在结构上还存在下列缺点：不能保证连续供应蒸汽，而且焦炭破碎严重。后来改进的干熄焦装置，克服了这些缺点。

切列波维茨冶金厂和另外一些工厂的干熄焦工业装置的良好操作经验，使得干熄焦装置目前在苏联被广泛地采用。

第二章 干熄焦方法

第一节 干熄焦原理

在干熄焦过程中，红热焦炭的热量传给气体载热体，然后由气体载热体把热量又传给热交换设备的加热面。能利用二次热量的热交换设备，包括蒸汽锅炉、空气或者气体预热器，以及各种热利用设备和动力装置的联合系统（图2）。

在熄焦周期内，在送风机（排烟风机）的压送下，气体在熄焦系统内不断循环。此时，熄焦室内的红热焦炭被冷却，循环气体被加热。在热交换器的表面上，气体的热量传给了二次载热体。气体的热量传给了二次载热体。焦炭的冷却过程是缓慢而均匀地进行的，因此不会使焦炭产生新的裂纹。循环气体连续地通过焦炭层后，被加热到 $600\sim 800^{\circ}\text{C}$ ；而焦炭的温度则从装料段的 $950\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 降到卸焦段的 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。

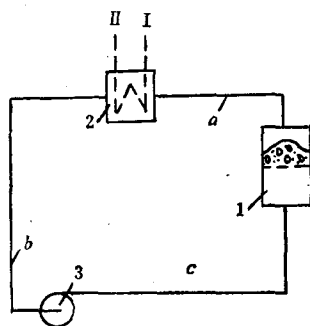


图2 干熄焦的流程

1—熄焦室；2—热交换器；3—鼓风机
(abc—一次载热体的运动路线；I—
II—二次载热体的运动路线)

干熄焦装置的结构形式，可分为下列四种基本类型：

- (1) 多室式干熄焦装置，其中每个小干熄焦室能处理 $2\sim 4$ 炉焦炭；
- (2) 桶式干熄焦装置，把焦炭送入特制的桶内进行熄焦；
- (3) 苏联国立焦化设计院设计的具有红热焦炭预贮室的槽型室式干熄焦装置；
- (4) 设在地下或地上的槽型室式干熄焦装置。

第二节 多室式干熄焦装置

在这种装置中，焦炭是在许多小室内进行熄焦的。其中每个

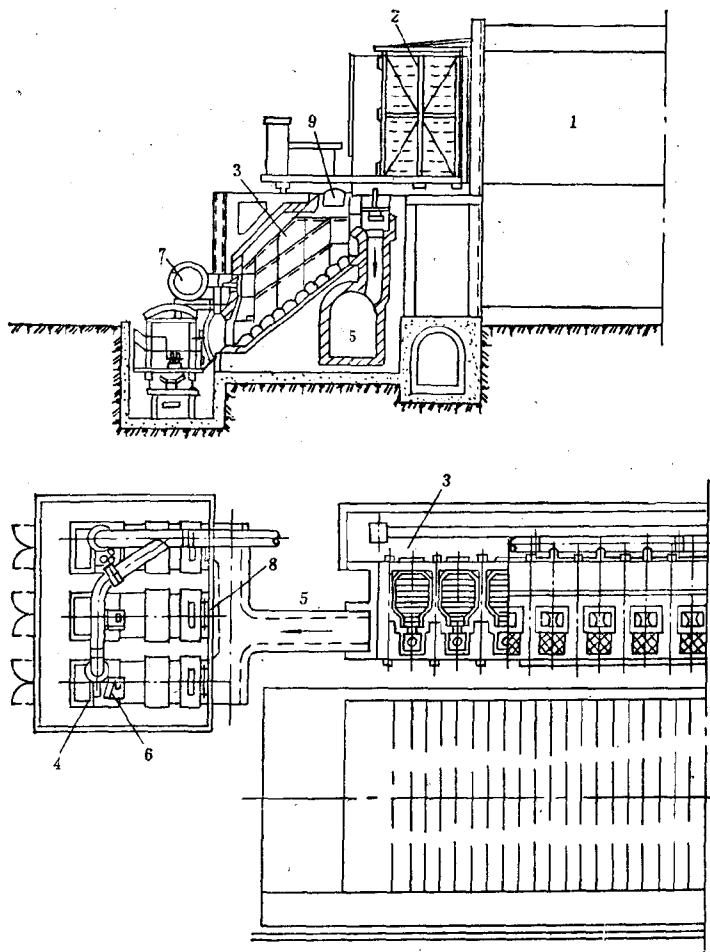


图 3 多室式干熄焦装置的全貌

1—焦炉，2—导焦装置，3—熄焦室，4—废热锅炉，5—烟道，6—排烟风机，
7—锅炉排气管，8—换向闸门，9—装料闸门

熄焦室按能接收2~4炉焦炭的容积设计。熄焦室直接与焦炉相连(图3),用专门的导焦装置把从焦炉推出的焦炭导入熄焦室内。此时几个熄焦室是合用一台中心锅炉装置和排烟风机。锅炉机组与各熄焦室的气体排出管和气体输入管相连,以构成干熄焦气体的闭路循环系统。干熄焦装置通常是沿着焦炉组的纵向布置的。最初的这种方法是由德国的“科林”公司提出的。1940年以前,英国的史特里利波立德斯煤气厂和德国的基列煤气厂,以及南非(阿扎尼亚)的波列多尼焦化厂都采用过“科林”式干熄焦装置⁽¹⁾。

东德的一个工厂,曾建成了用褐煤制型焦的多室式干熄焦试验装置⁽⁵⁾。必须指出,用褐煤制取冶金焦时,是完全不能使用湿法熄焦的,因为湿熄会使焦炭过湿和降低焦炭的强度。用褐煤制取的型焦,其特点是具有较高的反应性能。因此,必须严格限制红热焦炭与外界空气接触。这种焦炭必须冷却到不高于110°C的温度。多室式干熄焦装置能满足这些要求。东德类似的试验装置,属于多室类干熄焦装置。这种类型的装置在苏联也采用。

在东德的斯瓦尔茨-普姆恩,建成了具有焦炉和多室式熄焦装置的大型焦化厂⁽⁵⁾。

必须指出,“科林”式干熄焦装置的主要缺点是:当熄焦室因事故停工时,焦炉也得停止出焦。另一缺点是在地下烟道分叉处大量地漏入冷空气,因而损失了热量(造成热气体的温度不超过500~600°C)。此外,在熄焦过程中还使焦炭燃烧,因为熄焦气体中含有氧和一氧化碳。如果向热熄焦气体的集管中输入一定量的空气来烧掉一氧化碳,则这种方法的本身就是不正确的。

对于具有竖式炭化室的大型焦炉组来说,这种方法是不合理的。因此多室式干熄焦装置一般限制使用。

第三节 罐式干熄焦装置

图4所示是罐式干熄焦装置。

从焦炉推出的焦炭落入一特制的罐车1内,再把罐车运到熄

焦室 2。熄焦室借助于连锁机械在整个熄焦周期内都是严密关闭的。熄焦室的侧墙上装有蒸汽锅炉的沸水管。排烟风机 3 是用来使循环气体在闭路系统内循环。

传给蒸汽锅炉沸水管的热量，一部分是由红热焦炭直接辐射传热，另一部分则由热气体冲刷沸水管产生对流传热。随后，气体进入余热锅炉 4，再经吸气管进入排烟风机。在一些装置内，于熄焦室的出口处安装管束，于是由蒸汽锅炉获得的饱和蒸汽经过这组管束后成为过热蒸汽。

图 5 所示是“祖利采尔”公司的罐式干熄焦装置的流程。其工作步骤是：把红热焦炭从焦炉中推出，落到罐车内，罐车随即开往熄焦室，并自动地把罐引入

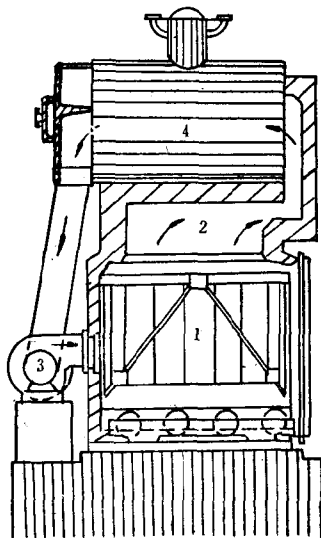


图 4 罐式干熄焦装置的工作原理

熄焦室内。为了保证有足够的气密性，使用具有液压或气压传动装置的特制门来关闭熄焦室。然后开动排烟风机使冷却气体循环，此时是利用冷却焦炭的热量来生产蒸汽的。熄焦时间约 50 分钟（时间长短主要是取决于生产条件），熄灭后的焦炭与桶一起送往筛焦站。

法国阿利福尔特维尔煤气厂所采用的罐式干熄焦装置，具有较大的生产能力⁽⁴⁾，它能供 5 座焦炉使用。每座焦炉由 15 孔装煤量为 15 吨的“考贝斯”炭化室组成（图 6）。每组干熄焦装置有两个熄焦室，每个熄焦室能供三个炭化室使用。熄焦室 3 是用耐火材料砌筑的，垂直升降的闸门用隔热材料作内衬。每个熄焦室的底部装有两列滑轮导轨，以使装有焦炭的罐 2 能沿此导轨翻转。

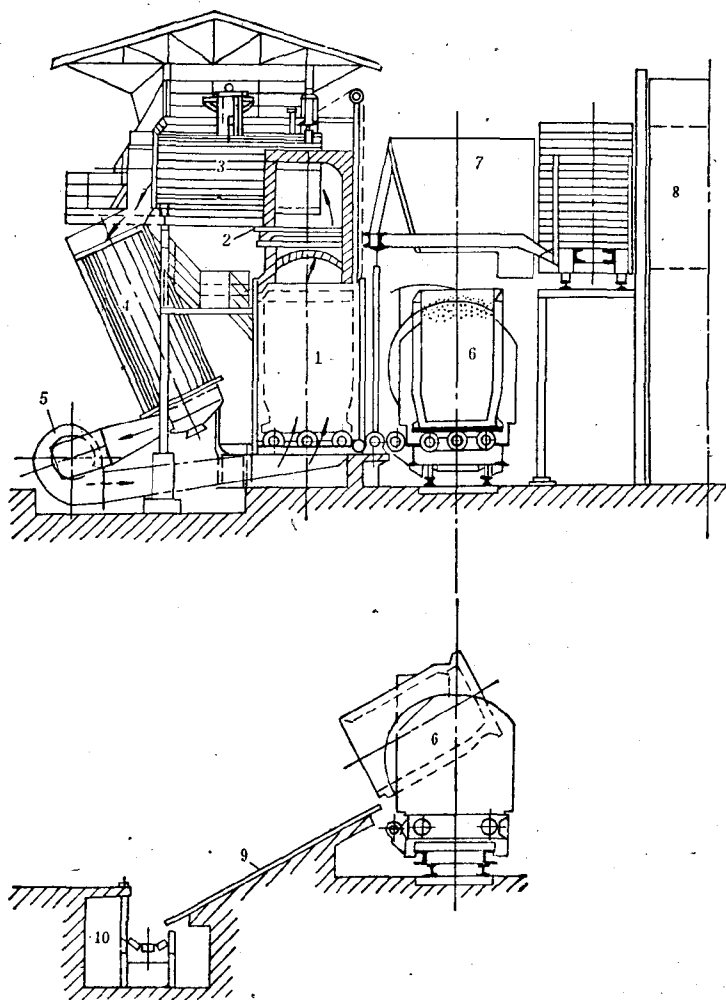


图5 “祖利采尔”公司的罐式干熄焦装置

1—熄焦室；2—蒸汽过热器；3—蒸汽锅炉；4—水省煤器；5—排烟风机；
6—运焦罐车；7—导焦装置；8—焦炉；9—卸焦台；10—往筛焦站供焦的带运机

冷的惰性气体沿着导管7通过炉篦条从下部进入熄焦室，热的气体则从熄焦室的顶部导出。熄焦室的外边，安装带有蒸汽过热