

高等学校试用教材

水泥工业窑热工标定

罗式辉 编著
陈红军



武汉工业大学出版社

高等学校试用教材

水泥工业窑热工标定

罗式辉 陈红军 编著

武汉工业大学出版社

鄂新登字13号

内容简介

本书对几种主要的水泥工业窑炉热工标定的全过程作了详细的论述，并附有标定计算实例和热工分析，指出了提高产、质量，降低料耗和节约能源消耗的途径。

本书的特色是以热工理论为基础，密切结合水泥生产实际，实用性强，使用面较广。

本书除作高等院校及中专、技校等各类学校水泥专业的通用教材外，也可供硅酸盐工程其它专业和有关研究、设计与生产技术人员参考。

高等学校试用教材

水泥工业窑热工标定

罗式辉 陈红军 编著

武汉工业大学出版社出版(武汉武昌珞狮路14号)

新华书店湖北发行所发行 各地新华书店经销

中南 309 印刷厂印刷

开本: 787×1092mm 1/16 印张: 13.125 插页: 1 字数: 232千字

1992 年12月第一版 1995 年7月第2次印刷

印数: 2501—5000 册

ISBN 7-5629-0687-4/TQ·59

定价: 10.50 元

前 言

长期以来, 武汉工业大学材料工程系热工教研室曾对全国各种类型的水泥工业窑炉进行过数10次热工标定, 积累了较丰富的实践经验和第一手资料。1990年初, 我们编写了一套《水泥工业窑热工标定》讲义(共二册), 供武汉工业大学材料工程系水泥专业学生使用, 已连续使用了三届, 效果较好; 同时, 还供给一些工厂作参考书, 均得到好评。

鉴于目前尚缺乏有关热工标定方面的实用性较强的指导书, 为满足教学和社会需要, 我们在《水泥工业窑热工标定》讲义的基础上, 对其内容作了许多重要的修改补充, 编写成这本书。

本书除详尽地介绍了水泥工业窑炉热工标定的全过程(包括热工标定的目的意义、热平衡体系的确定、热工标定方案和测定点的选择、单项标定方法和计算、热平衡和物料平衡计算、综合分析等)之外, 还简要地介绍了部分有关热工仪表的工作原理和操作使用方法, 以便于在热工标定中应用。同时, 书中还附有标定计算实例数套, 对具体的水泥窑炉进行全面的热工标定计算和热工分析, 指出了提高产量质量、降低料耗与节约能源消耗的途径, 供参考。

以热工理论为基础, 密切结合水泥生产实际, 实用性强, 使用面较广, 是这本书的一个特色。

书中采用国际单位制(SI), 所有符号和各种参数的选定, 均符合国家有关标准的规定。

本书由武汉工业大学罗式辉主编。第二章《普通回转窑的热工标定》由武汉工业大学陈红军编写; 其它各章由罗式辉编写。

武汉工业大学王忠林编写热工测量仪表部分。

本书由上海建材学院孙晋涛和武汉工业大学李应开主审。

在编写本书的过程中, 曾得到国家建材局教材办公室范令惠和武汉工业大学教务处钱芝宇的大力支持; 武汉工业大学何仁德给予了热情的帮助。在此谨向他们表示衷心的感谢!

限于编者水平, 书中缺点错误在所难免, 恳请广大师生和读者给予批评指正。

编者

1992年7月1日

目 录

第一章 绪论	1
第一节 热工标定的目的和意义	1
第二节 热工标定的步骤	1
一、选择热平衡的对象	1
二、明确热平衡的体系	1
三、进行热平衡测试	1
四、数据整理	1
五、各项经济技术指标的计算	2
六、综合分析	2
第三节 热平衡体系的确定	2
一、热平衡概念	2
二、热平衡体系的确定原则	3
三、热平衡体系的具体划分	3
第四节 热工标定方案	4
一、热工标定测定点的选择原则	4
二、普通回转窑标定方案	4
三、立波尔窑标定方案	6
四、带旋风预热器、分解炉回转窑的标定方案	7
五、带立筒预热器回转窑的标定方案	8
六、机械化水泥立窑的标定方案	10
第五节 标定前的准备工作	12
一、准备工作	12
二、注意事项	12
第二章 普通回转窑的热工标定	13
第一节 单项标定与计算	13
一、物料量标定与计算	13
二、气流量标定与计算	18
三、温度标定和散热计算	33
四、其它项目的标定与计算	48
第二节 两大平衡计算	61
一、物料平衡	61
二、热量平衡	63
第三节 热工标定实例	68

一、数据汇总表	68
二、单项标定与计算	72
三、两大平衡计算	82
第四节 综合分析	87
一、回转窑的热工分析	88
二、降低热耗、提高热效率的途径	89
第三章 立波尔窑的热工标定	92
第一节 单项标定与计算	92
一、熟料产量	92
二、料耗	92
三、煤耗与热耗	93
四、风量、风温、静压等的标定	94
五、加热机系统的漏风量的测量与计算	94
六、表面散热损失的测量与计算	97
第二节 物料平衡	98
一、收入物料	98
二、支出物料	99
三、列出物料平衡表	100
第三节 热量平衡	100
一、收入热量	100
二、支出热量	101
三、列出热量平衡表	104
四、窑的热效率计算	104
第四节 立波尔窑热工标定实例	104
一、数据汇总表	105
二、单项测量与计算	112
三、物料平衡计算	130
四、热量平衡计算	131
五、窑的热效率计算	135
六、综合分析	135
第四章 水泥立窑的热工标定	136
第一节 单项标定与计算	136
一、熟料产量	136
二、煤耗(干实物)与热耗	136
三、料耗	137
四、窑罩门漏入风量	137
五、其它项目	138
第二节 物料平衡	138

一、收入物料量	138
二、支出物料量	139
三、物料平衡计算结果	139
第三节 热量平衡	140
一、收入热量	140
二、支出热量	141
三、热平衡计算结果	144
第四节 水泥立窑热工标定实例	144
一、标定数据汇总	144
二、煤的工业分析结果(%)和发热量(kJ/kg)	146
三、生料、熟料及煤灰的化学成分(%)	146
四、物料平衡表	146
五、热量平衡表	147
六、单项测定与计算	147
七、物料平衡	157
八、热量平衡	159
九、综合分析	163
主要参考文献	164
附录	165
附表一、各种气体的常数	165
附表二、各种气体的平均比热	166
附表三、燃料的平均比热	167
附表四、物料成分的平均比热	168
附表五、熟料矿物成分的平均比热	169
附表六、熟料与窑灰的平均比热	170
附表七、工业分析直接计算煤的低(位)发热量	170
附表八、水在不同温度下的汽化热	173
附表九、不同温差与不同风速的散热系数(转动设备)	173
附表十、不同温差与不同风速的散热系数(不动设备)	175
附表十一、铂铑-铂热电偶分度表	177
附表十二、铂铑-铂铑热电偶分度表	182
附表十三、镍铬-镍硅(镍铬-镍铝)热电偶分度表	187
附表十四、镍铬-考铜热电偶分度表	192
附图、湿空气的 $I-x$ 图	195

第一章 绪 论

第一节 热工标定的目的意义

开展热工标定工作是企业实行科学管理的重要环节。

对于正在运行中的水泥窑炉，除了日常由窑头控制室根据热工仪表指示的热工参数控制窑炉的正常运转外，尚需定期对窑炉进行全面的热工标定。其目的是：根据实际标定数据编制窑炉的物料平衡和热量平衡。通过平衡数据的综合分析，考察窑炉的热工制度和窑的结构是否合理，了解企业的耗能状况和用能水平，找出存在的问题，为进一步建立合理的热工制度、改进窑炉结构、制定节能措施提供必要的科学依据，以实现窑炉生产的优质、高产、低消耗和文明、科学、安全生产的综合经济效益。

当改变生产的水泥品种时，窑炉的热工制度也需要作相应的适当调整，以满足新情况下生产工艺的要求。此时，应当预先对窑炉进行热工标定，掌握必要的有关资料，以便确定在新情况下的热工参数和提出切实有效的技术措施。

由于水泥窑炉是一个较为复杂的热工设备，许多参数尚不可能完全进行理论计算，因此，在设计新型窑炉时，还必须参考运行窑炉的实际生产数据。为此，也需要对生产中的窑炉进行热工标定。

总之，对水泥窑炉进行热工标定，是企业一项必不可少的工作。国家主管部门要求有关企业必须定期对窑炉进行热工标定。因此，从事水泥生产和管理工作的工程技术人员，应当熟悉并掌握热工标定技术。

第二节 热工标定的步骤

水泥窑炉的热工标定全过程，可分为若干步骤，其中主要步骤如下：

一、选择热平衡的对象

根据节能工作的要求和各企业的具体条件，选择热平衡的对象。一般来讲，首先应选择节能潜力大、用能多的设备作为热平衡对象。在水泥工厂中，水泥窑炉就属于这种类型。

二、明确热平衡的体系

“热平衡体系”即热平衡所要研究的范围（又称“热平衡区域”）。可以用热平衡模型来表示，并逐项标出收入、支出、损耗和重复利用的能量，不应发生漏计、重计和错计。

三、进行热平衡测试

根据热工标定的目的，制定出测试方案、选择测点、安装仪表、进行预测和正式测试。

注意测试工作状况（简称工况）一定要有代表性，测试要在稳定工况下进行，并且持续一定的时间。水泥窑炉的热工标定一般要求持续时间不少于6~8小时。

四、数据整理

对各测点测试所得到的数据进行单项计算，进而完成物料平衡和热量平衡计算，编制出物料平衡表和热量平衡表。

五、各项技术经济指标的计算

其中包括：产量、热耗、煤耗、料耗、窑的单位面积和单位容积产量等等。

六、综合分析

对水泥窑炉进行热工标定，相当于对窑炉进行一次较全面的“体格检查”。从而对主要的热工设备的状况有一个全面的了解，并通过热工标定进行分析、研究、对比，找到“病根”之所在，为实现高产、优质、低消耗提出合理的、科学的改进技术措施。

对热工标定的结果进行综合分析，主要应包括下列内容：对各项技术经济指标进行对比分析，研究能源损失原因，提出降低料耗、热耗、提高热效率、增加余热回收利用等节能措施和应采取的步骤等。

第三节 热平衡体系的确定

一、热平衡概念

热平衡是对生产过程中输入热量与输出热量在数量上的平衡关系进行考察和分析。它的理论依据是能量守恒定律。

所谓“体系”，又叫做“系统”，是指进行热平衡的对象和范围。在热工标定过程中，首先要把研究的对象与周围物体分别开来，故研究对象应有明确的边界线，以确定研究的具体范围。在热工标定中，具有明确边界线的“体系”就是进行热平衡的对象和范围。

体系之外的物体称为外界(或环境)。对外界不予过多研究，仅考虑系统与外界间的物质的及能量的交换。

二、热平衡体系的确定原则

水泥窑炉的热平衡体系，可以有几种不同的划分方法。不同类型的窑炉，划分范围不一样。即使是同一类型的窑炉，也可根据具体情况划出不同的体系。

窑炉热平衡体系的确定，一般来讲，可以在包括窑体本身在内的前提下任意选定。但必须根据工厂的具体条件和标定需要，以测量方便、计算容易、能正确反映窑炉的实际情况并有利于测量结果的分析为基本原则。

三、热平衡体系的具体划分

(一) 回转窑

水泥回转窑的物料和热平衡体系，主要可用下列方法来划分：

1. 以窑、冷却机加预热器和分解炉作为平衡体系，如图1-1图所示。即平衡范围是从冷却机熟料出口到预热器废气出口，并考虑了窑灰回窑和燃料制备与窑按闭路循环操作的情况(国家标准《GB 4179—84》推荐这种划分方法)。

这种划分方法，由于平衡范围大，出入口物料、气体温度比较低，数据容易取得，但往往数据较多，计算内容较繁琐。

2. 以窑加冷却机作为平衡体系，如图1-2所示。这种划分方法，其平衡范围也较大，出入口物料与气体温度较低，比较容易标定。普通回转窑采用这种划分方法较好。

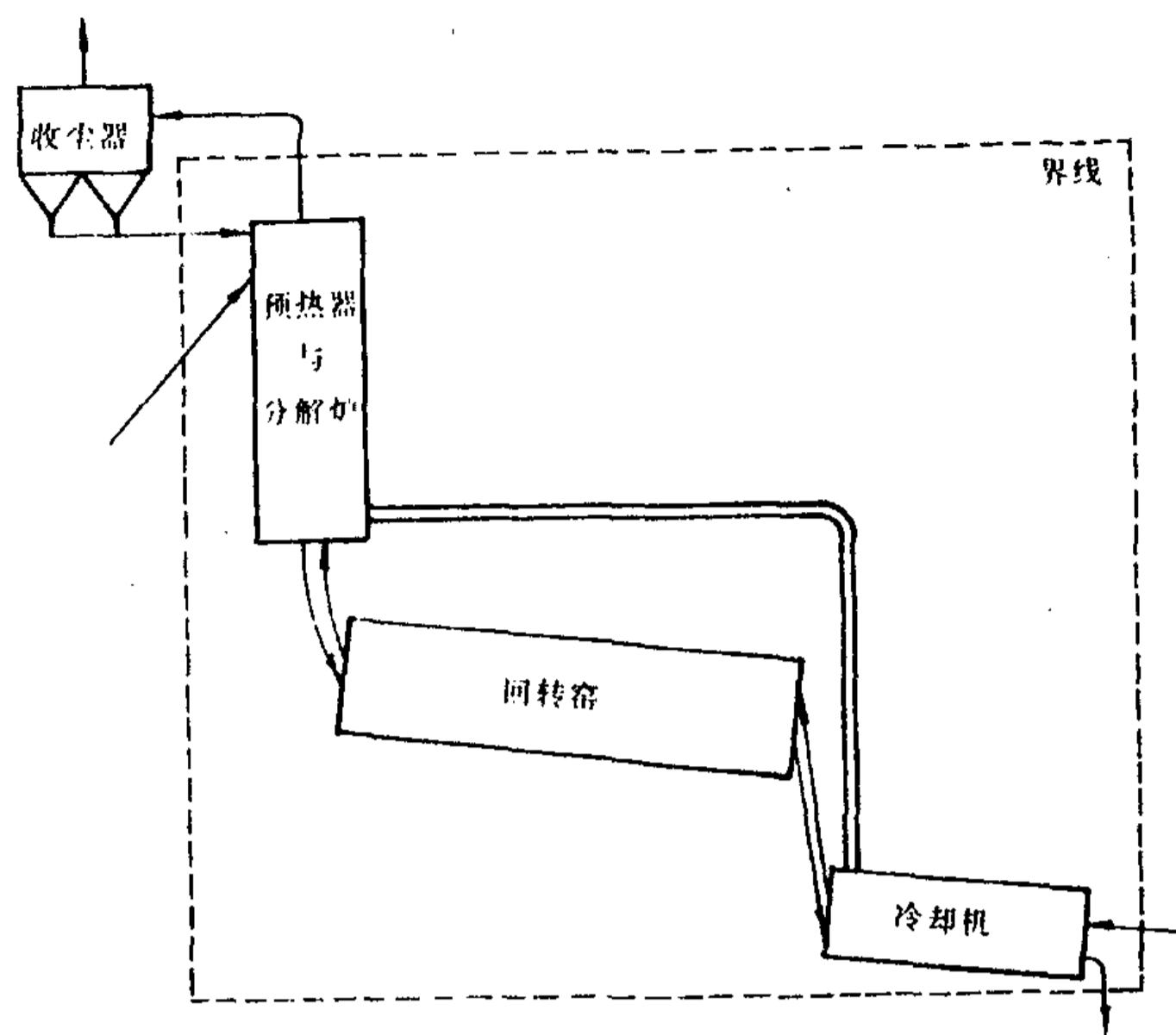


图1-1 带预热器、分解炉回转窑热平衡体系划分

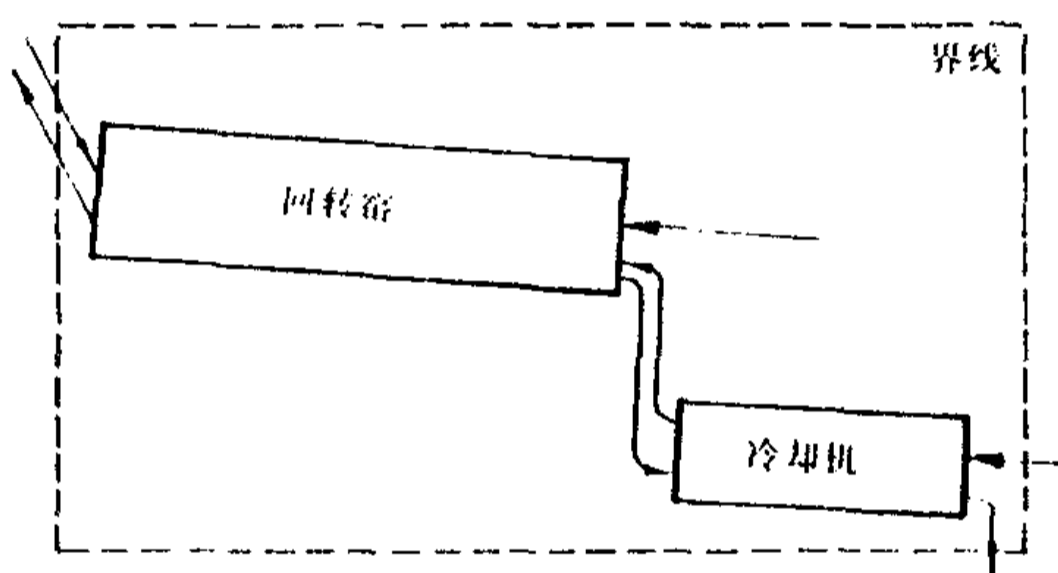


图1-2 窑加冷却机热平衡体系划分

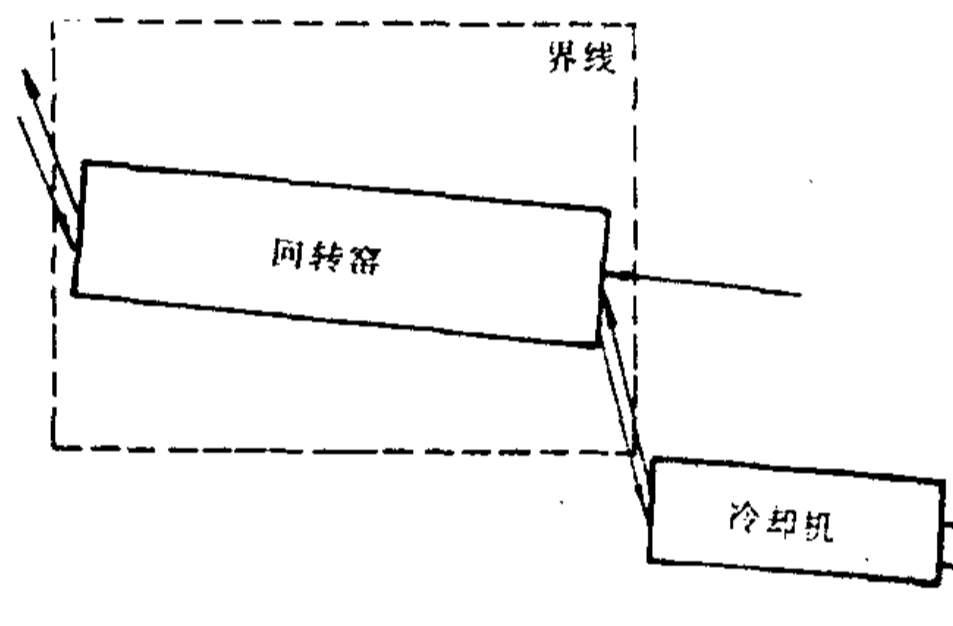


图1-3 单独回转窑热平衡体系划分

3. 以单独的回转窑作为平衡体系，如图1-3所示。冷却机、立波尔加热机和预热器（或分解炉）等可以单独进行热工测量和单项计算，而不作为热平衡项目。这种划分方法，突出了窑体的测量，测量项目较少，计算也较方便；同时，亦可求得冷却机、预热器等的热效率，基本上能反映出回转窑的技术水平。但由于温度较高，出入物料和气体均较难测量准确，因此误差较大。

（二）立窑

机械化水泥立窑的平衡体系是从卸料器熟料出口至烟囱测孔，如图1-4所示，即I-I~II-II面作为平衡体系。

另外，也可以从卸料器熟料出口至窑面作为平衡体系，即I-I~III-III面作为平衡体系。

由于窑面废气的取样不易取准，且计算过程比较复杂，并考虑到测量结果的可比性，国家标准《GB4413

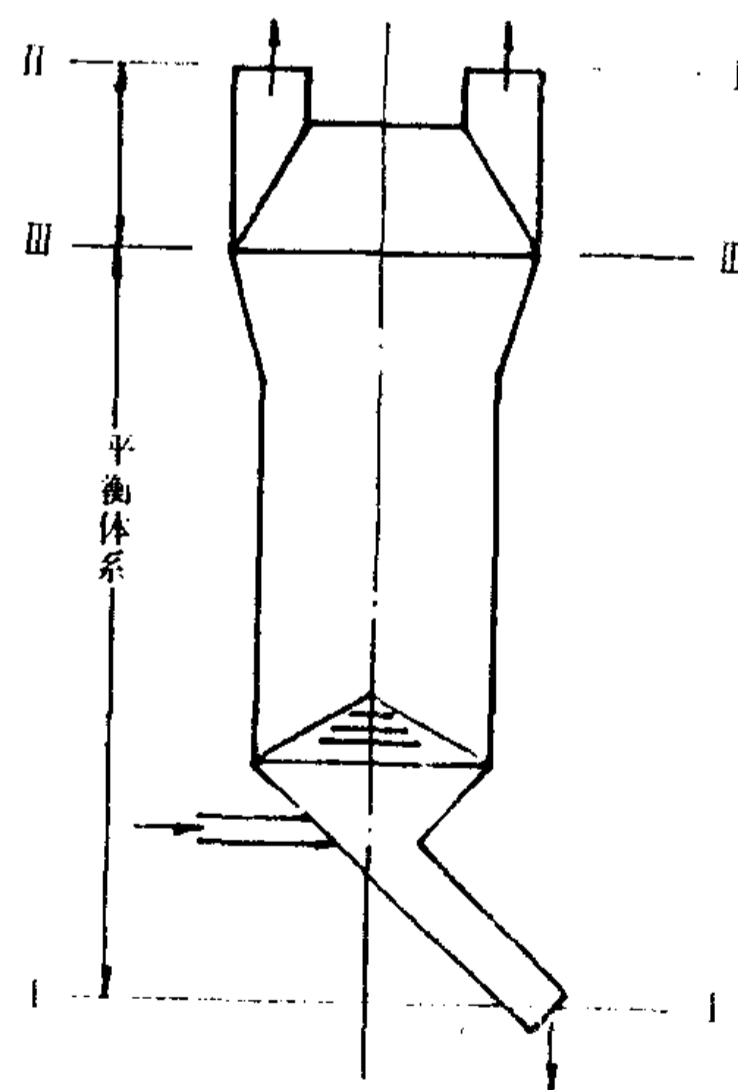


图1-4 立窑热平衡体系划分

—84》规定统一以 I - I ~ II - II 断面作为平衡体系。

普通水泥立窑的平衡体系可参照上述方法进行划分。

第四节 热工标定方案

一、热工标定测定点的选择原则

为了测定水泥窑炉的各有关参数，需要在窑炉系统的适当位置设立测定点。不仅在平衡体系内应设立必要的测定点，在平衡体系之外也要适当设立测定点，以满足平衡计算的需要。

设立测定点的原则是：

(一) 根据两大平衡(物料平衡和热量平衡)的需要，设立测定点。编制两大平衡时需要哪些参数，就在体系内相应的位置上设立测定点。

(二) 根据计算窑、预热装置、冷却装置等设备的各项参数的需要，在体系外设立必要的测定点。

(三) 要全面考虑设立测定点的必要性、可能性和方便性。使设立的测定点既不影响窑炉的正常生产又要便于测定；既要满足热工标定计算的需要，又尽量避免设立不必要的测定点。

二、普通回转窑标定方案

(一) 测点示意图

不带预热器、分解炉的普通回转窑的测定点如图1-5所示。整个回转窑系统包括了燃料的计量和喷射；回转窑本体；熟料冷却机；生产计量及喂料；烟道除尘及排风、烟囱等装置。

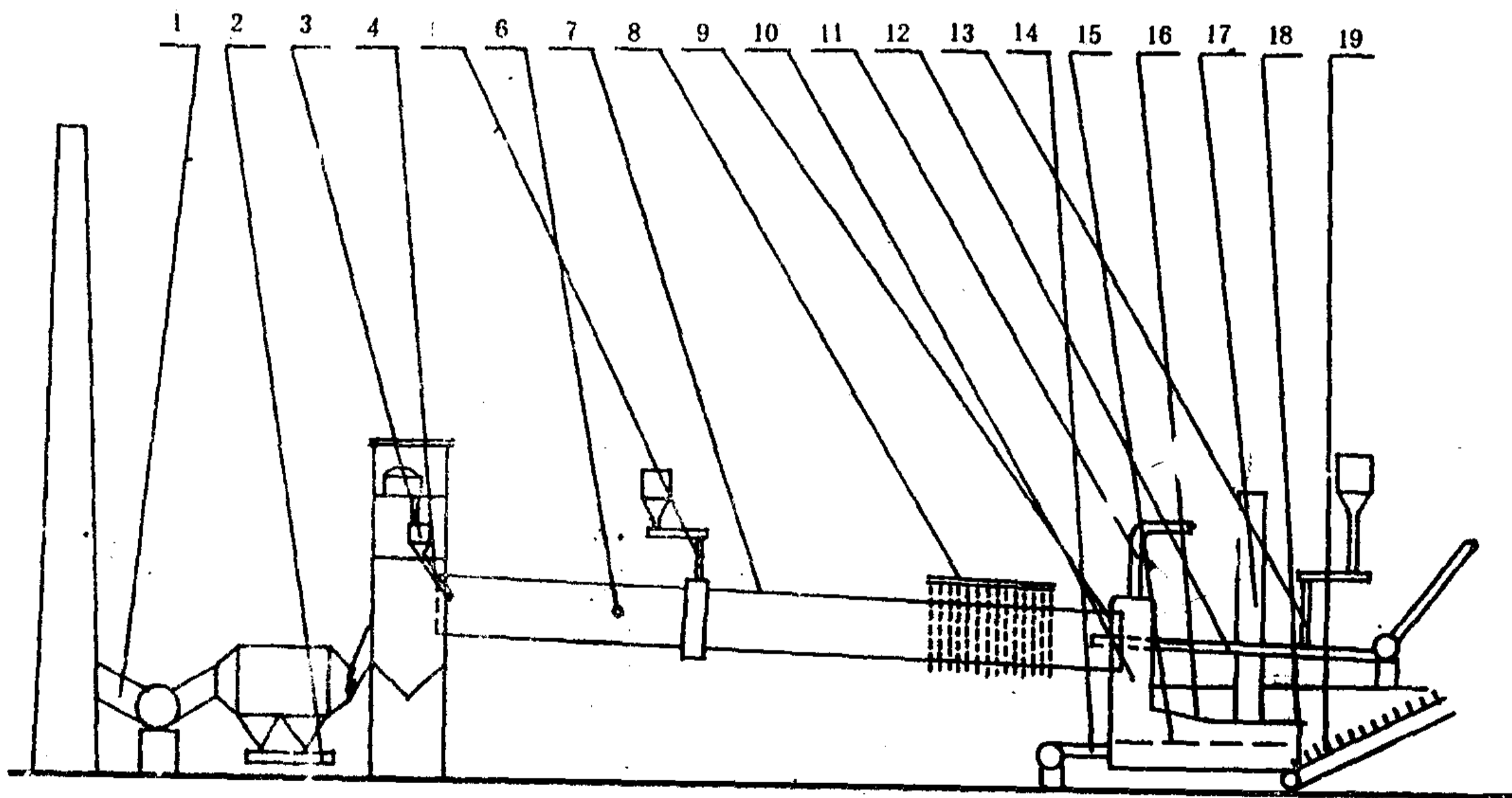


图1-5 普通回转窑测点示意图

(二) 测点位置、测量项目及主要测量仪表，如表1-1所列。

普通回转窑热工标定方案

表1-1

序号	测点位置	测量项目	测量仪表及用具
1	排风机出口 (或大烟囱中部)	废气温度、静压、废气量、湿含量、 气体成分、含尘量、飞灰成分	200℃温度计、防堵皮托管、微压计、 干湿球温度计、抽气泵、奥氏气体分 析仪、含尘测定仪
2	电收尘器底部	收灰量、窑灰温度、窑灰成分分析	200℃温度计、取样桶、磅秤
3	料浆小库	料浆量、料球温度、料浆水分、生 料全分析	秒表、100℃温度计、取样器
4	窑尾口端 (冷烟室)	出窑废气温度、静压、气体成分	镍铬-镍硅热电偶、电位差计、取压 管、微压计、取样器、奥氏气体分析 仪
5	窑中喂料口 (回灰)	喂灰量、灰温、灰的化学全分析、 进风量、风温	200℃温度计、防堵皮托管、微压计、 取样器、磅秤
6	链条带取样点	物料温度、水分、烧失量、成球率	取样筒、300℃温度计、电位差计
7	窑体外表面	表面温度、风温(环境温度)、风向、 风速	表面温度计或红外测温仪、100℃温度 计、气象风速仪、卷尺
8	冷却水带	冷却水量、水温(初温与终温)	水表、100℃温度计
9	全窑各漏气点	漏风量、风温	风速仪、100℃温度计、卷尺
10	窑出口	出窑熟料温度、二次风温、静压	光学温度计、抽气热电偶、电位差计、 取压管、微压计
11	热抽风管道	风量、风温、静压	防堵皮托管、微压计、500℃温度计。
12	一次风管 (煤粉管前)	一次风量、风温、静压、湿含量、 含煤粉量(煤磨余风)	防堵皮托管、U形压力计、200℃温度 计、干湿球温度计、含尘测定仪
13	喂煤机出口 (入喷煤管前)	煤粉计量、煤粉温度、细度、工业 分析成分	转速表、秒表、100℃温度计、取样器
14	冷却机鼓风管道 (包括高压和中 压风管)	进风量、静压、风温	皮托管、倾斜微压计、100℃温度计
15	冷却机各漏风点 (包括出料口)	漏风量、风温	风速仪、100℃温度计、卷尺
16	冷却机表面	表面温度、环境温度、风速、风向	表面温度计或红外测温仪、100℃温度 计、气象风速仪、卷尺
17	冷却机烟囱	废气量、废气温度、静压、含尘量	防堵皮托管、倾斜微压力、200℃水银 温度计、含尘测定仪
18	冷却机出口	出冷却机熟料温度	红外测温仪(200℃)或半导体点温计 或200℃水银温度计、取样桶
19	熟料输送机	熟料产量、化学全分析、物理强度	地磅、取样器

三、立波尔窑标定方案

(一) 测点示意图

带有炉篦式加热机的半干法生产的立波尔窑，其热工标定测点位置如图1-6所示，由于回转窑本体部分及冷却机与普通回转窑基本相同，故在图中未画出。图中所示仅为加热机部分。

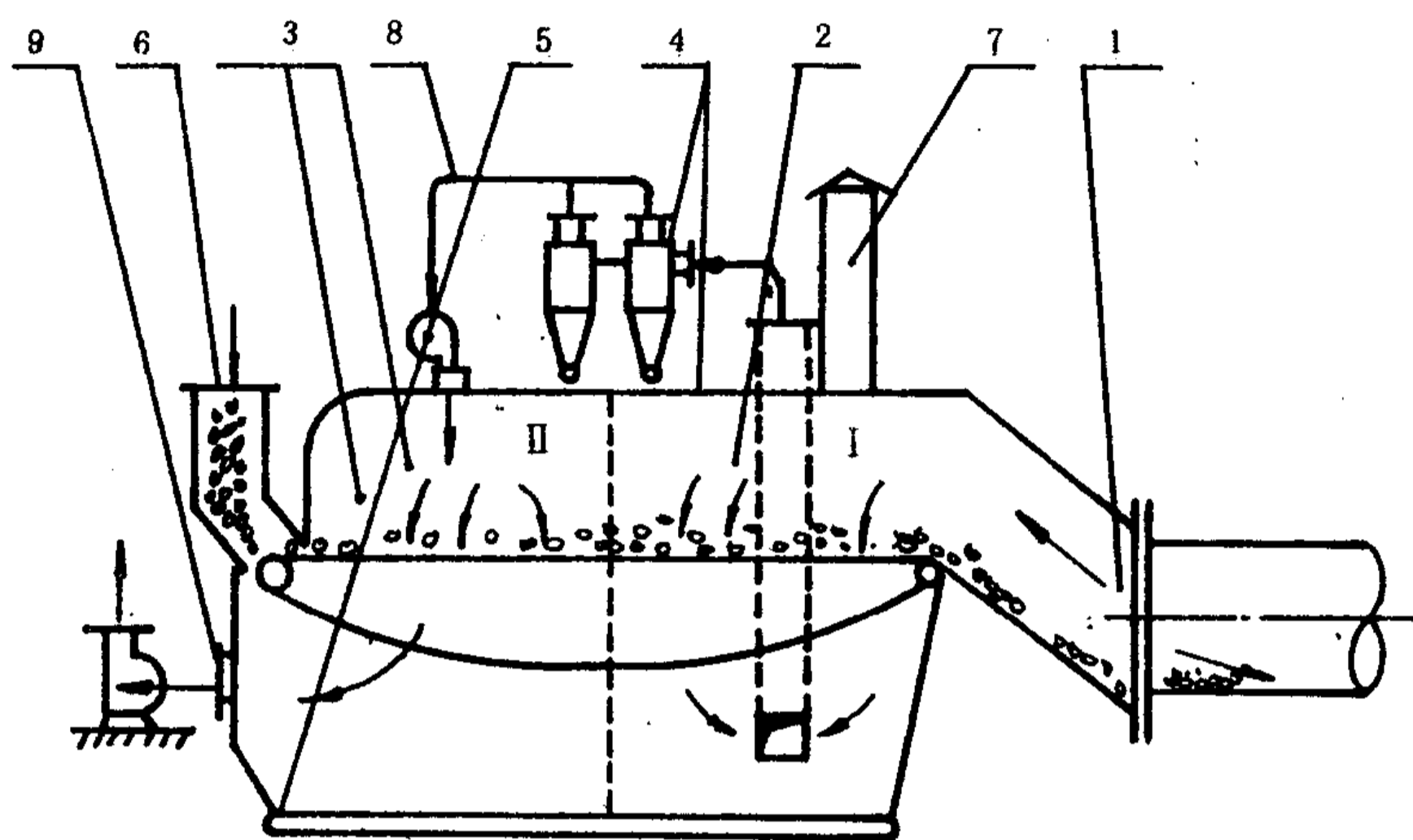


图1-6 立波尔窑加热炉测点示意图

(二) 测点位置、测量项目及主要测量仪表，如表1-2所列。

立波尔窑加热机热工标定方案

表1-2

序号	测点位置	测量项目	测量仪表及用具
1	窑尾 (后窑口)	气流温度、成分、入窑物料温度、 分解率、破损率、漏入风量、风温	镍铬-镍硅热电偶、电位差计、奥氏 气体分析仪、风速计、100℃温度计、 卷尺、取样器
2	加热机I室 (上、下)	气体静压、温度	镍铬-镍硅热电偶、电位差计、取压 管、微压计
3	加热机II室 (上、下)	气体静压、温度	镍铬-镍硅热电偶、电位差计、取压 管、微压计
4	加热机表面	表面温度、环境温度、风速	表面温度计或半导体点温计、风速仪、 100℃温度计、卷尺
5	回灰输送机	回灰量、温度、化学分析成分	磅秤、200℃温度计、取样器
6	生料加料口	生料量、温度、水分、化学分析成 分料球粒度、强度	磅秤、取样器、100℃温度计、水分测 定仪、分析筛、强度测定仪
7	加热机辅助烟囱	风量、风温、静压、废气成分	带水冷却套防堵皮托管、微压计、镍 铬-镍硅热电偶、电位差计、奥氏气 体分析仪

续表1-2

序号	测点位置	测量项目	测量仪表及用具
8	加热机风机管道	风量、风温、静压、废气成分	防堵皮托管、倾斜微压计、500℃温度计、奥氏气体分析仪
9	废气出口 (或废气排风机管道)	同普通回转窑	同普通回转窑
其它	成球盘水箱、窑尾、加料机料层	水量、进出水温、入窑物料温度、料层厚度	水表、100℃温度计、镍铬-镍硅热电偶、卷尺

四、带旋风预热器、分解炉回转窑的标定方案

(一) 测点示意图

带有预热器及分解炉的干法生产回转窑系统，其热工标定测点位置如图1-7所示。该系统包括四级旋风预热器、分解炉、回转窑本体和冷却机等。

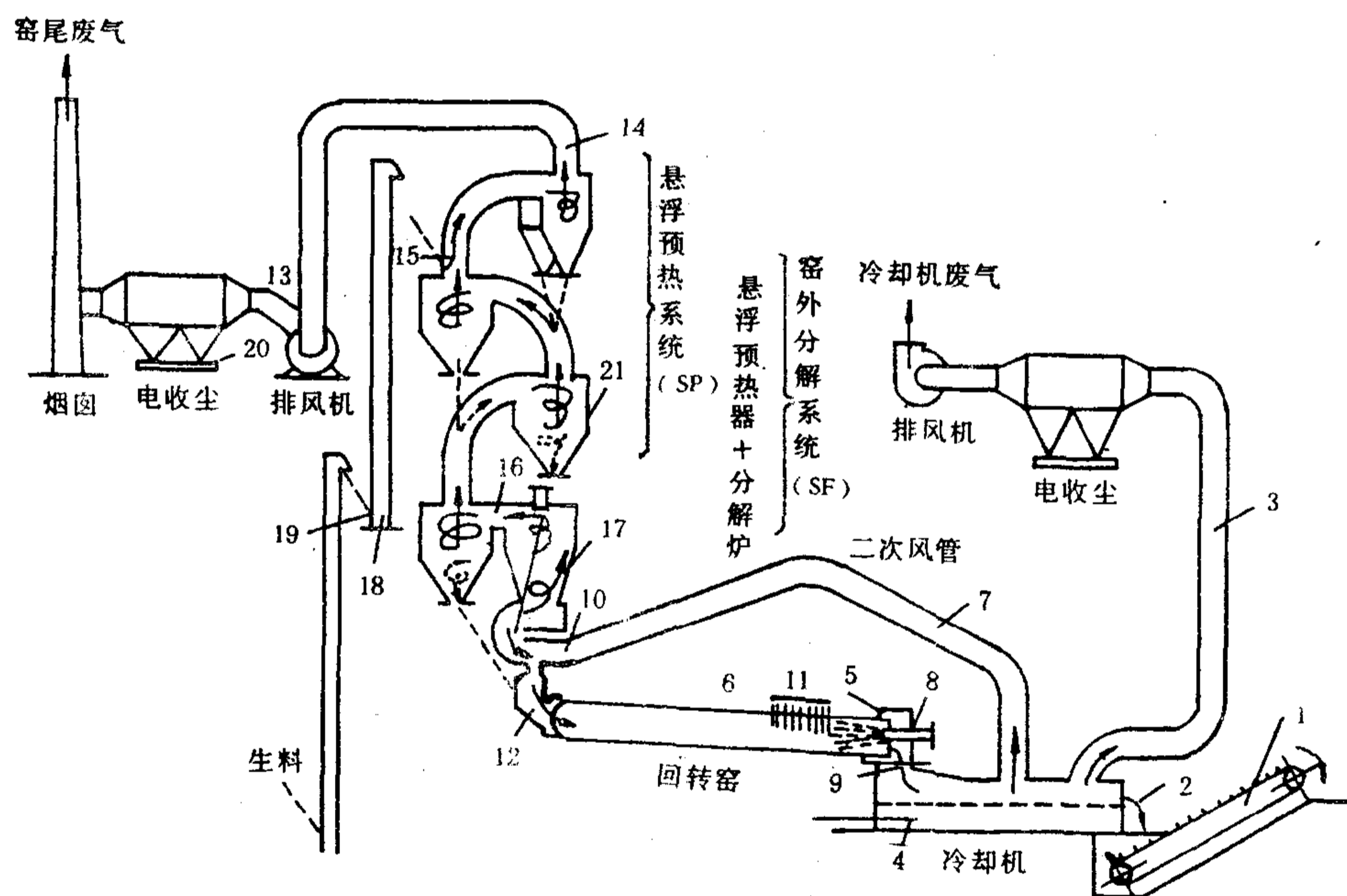


图1-7 带旋风预热器、分解炉回转窑测点示意图

(二) 测点位置、测量项目及测量仪表，如表1-3所列。

带旋风预热器、分解炉回转窑热工标定方案

表1-3

序号	测点位置	测量项目	测量仪表及用具
1	熟料输送机	熟料产量、化学全分析、物理强度	磅秤、取样桶
2	冷却机出口	熟料温度	红外测温仪(200℃)或半导体点温计
3	冷却机烟囱	排出废气量、温度、静压、含尘量	防堵皮托管、微压计、200℃温度计、含尘测定仪

续表1-3

序号	测点位置	测量项目	测量仪表及用具
4	冷却机鼓风管道 (高、中压风)	进风量、静压、风温	皮托管、微压计、100℃温度计
5	窑和冷却机漏风点	漏风量、风温、面积	风速仪、100℃温度计、卷尺
6	窑和冷却机表面	表面温度、环境温度、风速、风向、 表面积	表面温度计、100℃温度计、风速仪、 卷尺
7	二次风抽风管 (从冷却机抽出)	送分解炉二次风量、温度、静压	防堵皮托管、微压计、抽气热电偶、 电位差计
8	窑喷油管	油温、油压、油量	油流量计、压力表、100℃温度计
9	窑出口	出窑熟料温度、二次风温、静压	光学高温计、抽气热电偶、电位差计、 取压管、微压计
10	分解炉二次风进 口	风温、静压	抽气热电偶、电位差计、取压管、微 压计
11	冷却水(窑头和 窑身冷却水)	冷却水量、水温	水表、100℃温度计
12	回转窑尾	出窑废气温度、静压、废气成分、 物料温度、分解率	镍铬-镍硅热电偶、电位差计、取压 管、微压计、取样器、奥氏气体分析 仪
13	排风机出口	废气量、温度、静压、湿含量、废 气成分、含尘量、飞灰成分	200℃温度计、防堵皮托管、微压计、 干湿球温度计、抽气泵、奥氏气体分 析仪、含尘测定仪
14	I级预热器出口	废气量、废气温度、废气成分、湿 含量、含尘量、飞灰成分、静压	防堵皮托管、微压计、600℃温度计、 奥氏气体分析仪、干湿球温度计、含 尘测定仪
15	I级预热器进口	气体温度、静压	电阻温度计、取压管、微压计
16	分解炉出口	气体温度、静压、物料分解率	电阻温度计、取压管、微压计、取样 器
17	分解炉喷油管	油量、油温、油压	油流量计、压力表、100℃温度计
18	提升泵进风口	风量、风温、静压	皮托管、微压计、100℃温度计
19	振动筛出口	生料量、生料温度、生料化学成分	磅秤、100℃温度计、取样器
20	电收尘器卸料口	收尘量、灰温、化学分析	磅秤、200℃温度计、取样器
21	预热器和分解炉 表面	表面温度、环境温度、环境风速、 风向、表面积	表面温度计、100℃温度计、风速仪

五、带立筒预热器回转窑的标定方案

(一) 测点示意图

带立筒预热器的干法生产回转窑系统，其热工标定测点位置如图1-8所示。该系统包括回转窑、冷却机、立筒、二级旋风筒等设备。

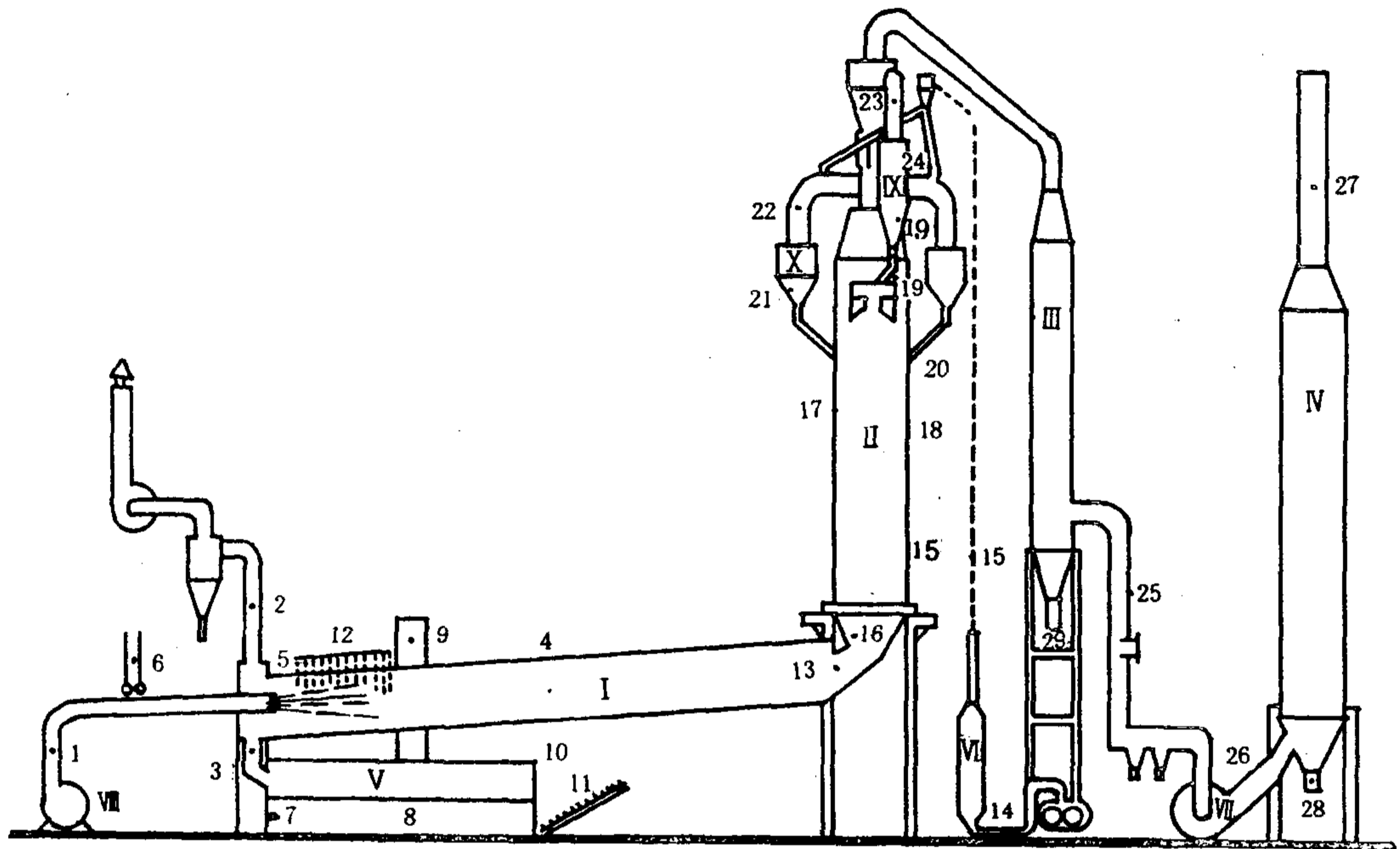


图1-8 带立筒预热器回转窑测点示意图

I—回转窑； II—立筒； III—增湿塔； IV—电收尘； V—冷却机； VI—气力提升泵； VII—排风机； VIII—一次风机； IX—一级旋风筒； X—二级旋风筒

(二) 测点位置、测量项目

带立筒预热器的回转窑热工标定方案如表1-4所列。所使用的测量仪表，可参考前面所述各种窑型的测量仪表，表中不再列出。

带立筒预热器回转窑热工标定方案

表1-4

序号	测点位置	测量项目	备注
1	一次风管	风量、风温、静压、湿含量风速	
2	窑头热抽风管	风量、风温、静压	
3	窑出口	出窑熟料温度、二次空气温度	
4	窑体外表面	表面温度、环境温度、大气风速、风向	分区多点测量
5	全系统(窑、冷却机、立筒和旋风筒)漏风点	漏风量、风温	多点测量
6	喂煤机出口 (入喷煤管前)	喂煤粉量、煤粉温度、煤粉细度、煤工业分析成分	
7	冷却机鼓风管道 (高、中压风)	进风量、风温、静压	

序号	测点位置	测量项目	备注
8	冷却机外表面	表面温度、环境温度、风速、风向、表面积	分区多点测量
9	冷却机烟囱	风量、风温、静压	
10	冷却机出口	出冷却机熟料温度	
11	熟料输送机	熟料产量、化学全分析、物理强度	
12	窑头冷却水	耗水量、水温	
13	窑尾斜坡	废气温度、静压、废气成分、预热料温度、全分析、飞灰温度及全分析	
14	气力提升泵前管道	气体温度、风量、静压	
15	提升泵送料管	生料喂入量、温度、生料全分析	
16	立筒下料锥体	气体成分、生料温度	
17	立筒各钵	气体温度、物料温度、烧失量、分解率、物料分散情况	
18	立筒外壁	表面温度、环境温度、风速、风向	分区多点测量
19	立筒出口	气体温度、成分、静压	
20	二级旋风筒下料管	物料温度、烧失量	
21	二级旋风筒外壁	表面温度、环境温度、风速、风向	分区多点测量
22	出二级管旋风筒管道	气体温度、静压、成分	
23	出一级管旋风筒管道	气体温度、静压、风量、气体成分、含尘量、飞灰全分析、湿含量	
24	一级旋风筒外壁	表面温度、环境温度、风速、风向	
25	进冷风门前	气体温度、静压、气体成分	
26	电收尘器进口	气体温度、静压、气体成分	
27	电收尘器出口	气体成分、温度、风量、静压、含尘量	
28	电收尘器卸料处	收尘量、全分析	
29	增湿塔卸料处	收尘量	

六、机械化水泥立窑的标定方案

(一) 测点示意图

机械化水泥立窑系统的热工标定测点位置如图1-9所示。平衡体系为：卸料器熟料出口至烟囱测孔。

(二) 测点位置、测量项目及测量仪表如表1-5所列。