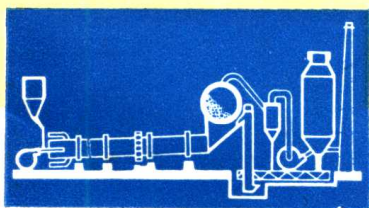


水泥工人技术丛书

带料浆蒸发器回转窑



06

4

中国建筑工业出版社

水 泥 工 人 技 术 丛 书

带料浆蒸发器回转窑

中 国 水 泥 厂

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书主要介绍带料浆蒸发器回转窑的基本知识和使用、维护经验。内容包括卧式、立式料浆蒸发器的构造、工作原理和带料浆蒸发器回转窑的构造、操作、维护的方法。同时还对带料浆蒸发器回转窑机械的磨损和润滑、热损伤和热膨胀、窑体窜动和托轮调整作了简要的叙述。

本书主要供水泥厂工人阅读，也可供技术人员参考。

本书经洛阳、江南水泥厂，张店铝厂三分厂和南京化工学院有关人员“三结合”审查。

水泥工人技术丛书
带料浆蒸发器回转窑
中国水泥厂

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：3 3/16 字数：71 千字

1977年8月第一版 1977年8月第一次印刷

印数：1—4,680册 定价：0.22元

统一书号：15040·3382

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地
建设社会主义。

我们的方针要放在什么基点上？放
在自己力量的基点上，叫做自力更生。

在某种意义上来说，最聪明、最有
才能的，是最有实践经验的战士。

TK172-01
Z 594

出版说明

无产阶级文化大革命以来，我国水泥工业有了很大的发展，水泥厂不断增加，职工队伍迅速扩大，群众性技术革新、技术改造活动蓬勃开展。为总结交流水泥生产的技术经验，促进水泥生产水平的提高，我们组织编写了这套《水泥工人技术丛书》，供水泥厂岗位工人和维修工人阅读参考。

这套丛书着重总结水泥工人在生产工艺和设备操作、维修等方面的实践经验，同时介绍有关的技术革新成果，以及设备的构造、工作原理等基本知识。为便于岗位工人阅读，这套丛书将分册陆续出版。

这套丛书是由工人、干部和技术人员“三结合”编写组编写的，书稿写成后，又进行了“三结合”审查。编审人员在书稿的编审过程中以马列主义、毛泽东思想为指导，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，贯彻执行党的方针、政策，力求理论与实践相结合，使丛书内容实用、通俗易懂，切合广大水泥工人的需要。

组织编写这套丛书，得到了国家建筑材料工业总局和各省、市、自治区有关主管部门的大力支持；有关工厂、设计单位、学校为本丛书提供了技术资料和宝贵意见。

中国建筑工业出版社编辑部

一九七六年五月

目 录

第一章 概述	1
第二章 料浆蒸发器	4
第一节 卧式料浆蒸发机的构造和工作原理	4
第二节 立式料浆蒸发机的构造和工作原理	22
第三章 带料浆蒸发器回转窑	35
第一节 带卧式料浆蒸发器回转窑的规格及其产量的计算	35
第二节 回转窑的构造	39
第四章 带料浆蒸发器回转窑的操作和维护	64
第一节 料浆蒸发机的操作	64
第二节 回转窑的操作和维护	71
第三节 机械的磨损和润滑	74
第四节 润滑剂和润滑方式的选择	76
第五节 机械的热损伤和热膨胀	86
第六节 窑体的纵向窜动和托轮的调整	89

第一章 概 述

回转窑是将生料煅烧成熟料的热工设备。按水泥生产方式，分为湿法、干法和半干法回转窑。而湿法回转窑的长度与直径之比，一般35~40为长窑 20~25则为短窑。为了提高回转窑的热利用率，在湿法短窑窑尾，加装了料浆蒸发器，利用从窑内出来的热气体，干燥料浆，起到了湿法窑窑尾挂链条的作用，这种回转窑称做带料浆蒸发器回转窑。

根据生产经验，湿法短窑窑尾增加料浆蒸发器，可增产熟料15~20%，降低热耗10~25%。这种窑型与湿法长窑比较起来，虽然多加一套设备，使管理、操作、维护复杂化，而且料浆蒸发器周围的漏风量大，回灰循环负荷高，但在生产场地不宽敞的企业，为了增加生产，降低热耗，在湿法短窑窑尾增加料浆蒸发器，还是可以考虑的。

带料浆蒸发器回转窑的生产流程，与一般湿法回转窑相似。这里以某厂的卧式料浆蒸发器回转窑为例，介绍其生产流程（图1-1）。

入窑煅烧的料浆，由料浆输送泵送到蒸发机的喂料槽，槽下面安装一排若干个喂料嘴（为使料浆均匀分布，喂料嘴数量根据设备规格大小而定），料浆通过喂料嘴进入料浆蒸发器，利用回转窑的热气体进行干燥。三眼圈是热交换体，在蒸发器内，料浆粘附在三眼圈上逐渐被烘干，水分降低到2~10%就脱离三眼圈，经斜溜槽进入回转窑。

另外，由旋风收尘器和电收尘器所回收的窑灰，经螺旋

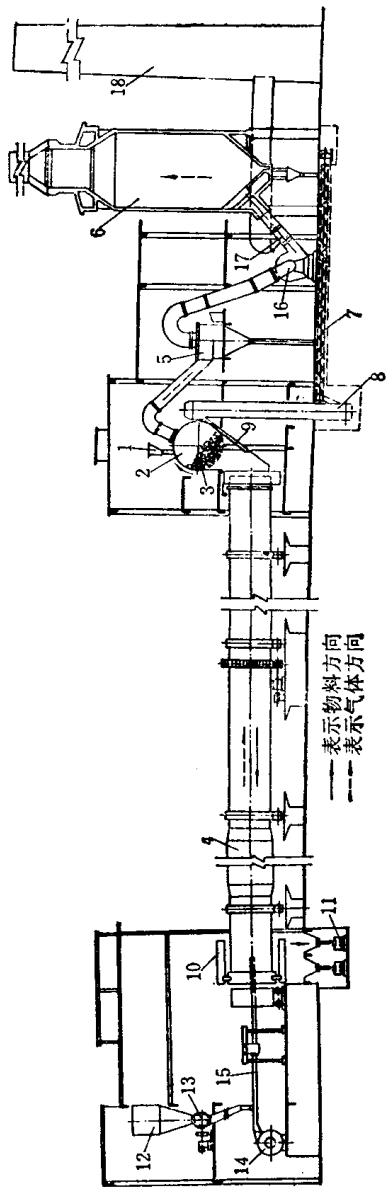


图 1-1 带料浆蒸发器回转窑的生产流程

1—喂料槽；2—卧式料浆蒸发器；3—三眼圈；4—回转窑；5—旋风收尘器；6—立式电收尘器；7—回灰螺旋输送机；8—回灰提升机；9—回灰入窑管；10—熟料多筒式冷却机；11—熟料链式输送机；12—煤粉贮库；13—分格轮喂煤机；14—鼓风机；15—喷煤管；16—排风机；17—三通阀门；18—烟囱

输送机、斗式提升机、回灰入窑管而进入回转窑。蒸发器及回灰入窑管下来的料和回灰，相互混合，在窑内进行煅烧，发生复杂的物理化学反应，将生料烧成熟料，经冷却机进行冷却，再由熟料输送机送进贮库，以待磨制水泥。

回转窑内的热量，由煤粉燃烧而产生。煤粉是由煤粉磨制备，输送到煤粉贮库，通过喂煤机被鼓风机吹送到喷煤管入窑燃烧。煤粉燃烧及物料反应所产生的气体，一并由窑尾排风机排出。废气中的灰尘，被旋风收尘器及电收尘器收集。

当电收尘器发生故障、检修或开窑点火时，可用三通阀门（图 1-1 中 17）关上电收尘器通路，打开烟道通路，气体就由烟囱排出。这样可维持生产，但此时只有旋风收尘器收尘，飞灰就要增加。必须指出，有的厂在料浆蒸发器下部，回灰入窑管处，增设蒸发器保护闸板及直通烟囱的烟道，当料浆蒸发器或排风机停止运转时，可打开保护闸板，让窑内的气体经烟道由烟囱排出，使料浆蒸发器免受高温气体的影响和损伤。

第二章 料浆蒸发器

目前料浆蒸发机的型式，有卧式和立式两种。由于结构不同，各有特点。卧式料浆蒸发机的热交换体为三眼圈，它在机内不停地翻滚，能起到良好的热交换作用，传热效率较高，被烘干的物料水分也较均匀。立式料浆蒸发机的热交换体为链条，料浆顺着垂挂的链条自上而下地流动，上部链条难免被料浆沾满，热交换作用降低，只靠下部链条（占链条全长的三分之一）进行热交换，蒸发器内链条虽然不少，但热交换效率却不足一半。因此烘干的物料水分不均匀，热损失较大。

立式料浆蒸发器与卧式料浆蒸发器相比，体积较大，投资多，更换补充链条化费时间长，劳动强度大。而卧式料浆蒸发器更换补充三眼圈比较方便，维修简单，但三眼圈的磨损较大。

第一节 卧式料浆蒸发机的构造和工作原理

在卧式料浆蒸发器内，料浆是由上而下地流动，而窑内出来的热气体是由下而上地流动，料浆与热气体的流动方向相反，其过程是连续进行的。

含水分32~40%的料浆，进入蒸发器，在数分钟内，料浆水分一般可降低为2~10%。由于水分的下降，具有流动性的料浆，大部分变成颗粒，少量成粉状，靠三眼圈相互振

动和料粒自重脱离蒸发器，落在倾斜的溜槽后入窑。料浆进入蒸发器时，温度一般略高于常温，离开时就升高到 100°C 以上。出窑热气体进入蒸发器的温度约为 $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，出蒸发器时就下降到 $100\sim 160^{\circ}\text{C}$ 。因此，在蒸发器内，料浆与热气体进行着热交换，也就是热的传递。热量传递的基本方式，有传导、对流和辐射三种（详见三眼圈部分）。

卧式料浆蒸发器，系由主梁和篦条组成一圆筒形的笼状体。两侧复以铸钢端盖，并以空心轴支承于滑动轴承上。笼形转筒由空心轴法兰边缘的大齿轮传动，作回转运动。转筒内充填占容积 $40\sim 60\%$ 的三眼圈，转筒外部加以密闭，上部设有喂料机构，下部设有下料溜槽，端盖内壁镶以耐磨的衬板。其构造如图2-1。

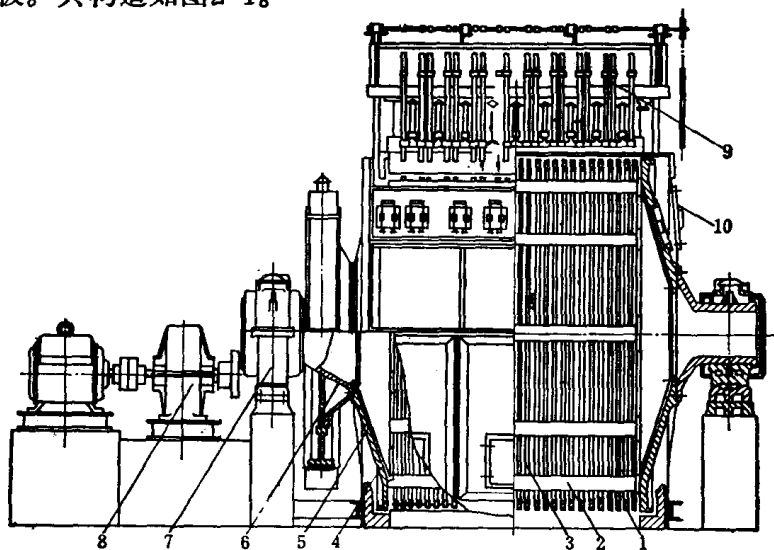


图 2-1 卧式料浆蒸机构造

- 1—篦条，2—主梁，3—三眼圈，4—端盖，5—衬板，6—空心轴，
7—滑动轴承，8—传动系统，9—喂料系统，10—外壳

一、主梁、篦条和压板

卧式料浆蒸发器这一笼形转筒，在其圆周方向每隔一定距离配置一根主梁，其根数随蒸发器规格及强度需要而定。主梁两端凸台分别与转筒两侧的端盖牢固连接，篦条两端镶入主梁凹槽内，上以压板覆盖固定，这样圆周面上即成一笼状。篦条间留有70~80毫米的缝，使三眼圈只在笼形转筒内翻滚。

蒸发器内腔由于有500~700°C的高温气体通过，主梁的材质必须为耐热铸钢（ZGCr₉Si₂），其断面形状如图2-2，主梁由于承受三眼圈和料浆的重量，又不易更换，所以必须牢固，不允许有裂纹及其它影响强度的缺陷存在。主梁两端面分别铸有可供安紧固螺丝的凸面，所有主梁的端面c应一次夹持同时加工，以保证所有主梁与端盖法兰平面紧密结合。即使不能同时一次加工，亦必须按图所标的公差严格要求，

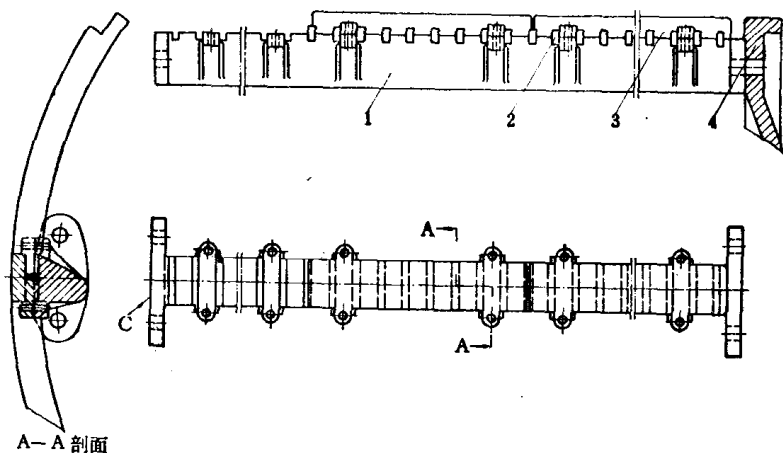


图 2-2 主梁、篦条和压板的组合

1—主梁；2—篦条；3—压板；4—端盖

使主梁端面 c 的不平行度不能大于 0.23 毫米/米。为使主梁在安装中既能保证端面 c 与端盖法兰紧密结合，又能使主梁沿转筒圆周均匀定位，且能承受剪切应力，主梁和端盖的连接螺栓，应该在安装时进行配铰。主梁下部（即笼形内壁）经常受到三眼圈的冲刷，须铸成圆弧形，因锐角易使三眼圈和主梁相互受到损害。主梁上部的凹槽和压板下部的凹槽要对装，以便装置篦条。篦条侧面与凹槽间隙总和为 2 毫米，所以篦条的松动现象，在任何方向一律不得大于此数值。压板与主梁的接触面既要保持紧密，又要有凸肩，以承受大部分切向力，防止篦条与压板运转后产生的切向力，造成压板固定螺丝的剪断。

二、三眼圈

为了增加料浆与热气体的热交换，在蒸发器内装载三眼圈。为使热气体顺利通过，圆环侧面一般开三个孔，故习惯称为三眼圈。三眼圈的直径与长度不宜过小，过小会增加气体阻力，影响通风，又容易卡死在篦条缝中，所以一般较篦条缝大 40 毫米左右。目前，使用的三眼圈直径与长度均为 120 毫米，壁厚 12 毫米，每个约重 3 公斤左右（图 2-3）。

三眼圈的材质必须耐高温、耐磨、耐冲击。一般选用马铁铸成，效果较好，不易变形，磨损周期能满足要求。部分

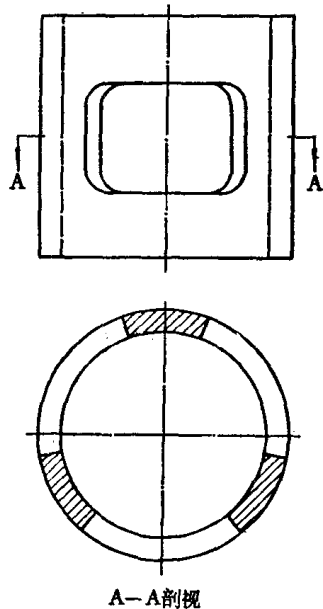


图 2-3 三眼圈

损耗可通过零星检修加以补充。

在料浆蒸发器中，料浆、三眼圈、热气体之间进行热的传递时，三眼圈是热交换体，它以蓄热和放热的方式同料浆进行着热交换。热气体通过对流和辐射，将热量传给料浆和三眼圈。三眼圈得到热量后，通过传导方式将热量传给料浆，这种传递过程直到料浆脱离三眼圈为止。料浆落在三眼圈上，一方面吸收热量，水分被蒸发，塑性降低；另一方面由于蒸发机的旋转，三眼圈之间相互碰撞摩擦，使被干燥的物料脱离三眼圈。蒸发机的转速一般为1.0~1.6转/分，由料浆性能、蒸发器规格和生产要求来选择。

在料浆蒸发器中，传导、对流、辐射三种传热方式都存在。但各种方式的传热量是不相等的，经过试验，热气体以对流方式传给三眼圈及附着的料浆的热量占40%，以对流传给颗粒物料的热量占50%，以辐射传给三眼圈及料浆、料块的热量占10%。从这些比例数看出，蒸发器内热的传递是以对流方式为主的。

根据回转窑的生产能力，计算三眼圈的表面积和料浆蒸发机的规格，可按传热学公式，气体传给料浆的热量，是与三眼圈的总表面积和气体与物料之间的对数平均温度差有关，从而可列出料浆蒸发机的热传导方程式：

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{物}}^{\text{总}} &= \alpha_0 \cdot F_{\text{圈}} \cdot \Delta t_{\text{气-物}} \\
 &= \alpha_0 \cdot F_{\text{圈}} \cdot \frac{(t_{\text{气}}^{\text{进}} - t_{\text{物}}^{\text{出}}) - (t_{\text{气}}^{\text{出}} - t_{\text{物}}^{\text{进}})}{2.3 \log \frac{t_{\text{气}}^{\text{进}} - t_{\text{物}}^{\text{出}}}{t_{\text{气}}^{\text{出}} - t_{\text{物}}^{\text{进}}}} \quad (2-1)
 \end{aligned}$$

式中 $Q_{\text{物}}^{\text{总}}$ ——热气体传给物料的总热量（千卡/时）；
 α_0 ——总的传热系数（千卡/米²·时·度）；
 $F_{\text{圈}}$ ——三眼圈的总表面积（米²）；

$\Delta t_{\text{气-物}}$ ——气体与物料之间的对数平均温度差 ($^{\circ}\text{C}$)；

$t_{\text{气}}^{\text{进}}$ ——进蒸发机的气体温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

$t_{\text{气}}^{\text{出}}$ ——出蒸发机的气体温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

$t_{\text{物}}^{\text{进}}$ ——进蒸发机的物料温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

$t_{\text{物}}^{\text{出}}$ ——出蒸发机的物料温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

由于蒸发机内的热交换过程是以对流方式为主，我国的水泥科学研究工作者，曾在工厂中，通过试验得出 α_0 的数值，其公式如下：

$$\alpha_0 = 0.353 \cdot W^{0.77} \cdot t^{0.82} \quad (2-2)$$

式中 α_0 ——总的传热系数 (千卡/米²·时·度)；

W ——标准状态下气体通过蒸发机最大断面的流速 (米/秒)；

t ——气体进和出蒸发机的算术平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

$$t = \frac{t_{\text{气}}^{\text{进}} + t_{\text{气}}^{\text{出}}}{2} \quad (2-3)$$

由式 (2-2) 得知，理论上增加气体流速和提高气体温度，都能够增加传热量。但实际上气体流速和温度的提高是有一定限度的，它要与回转窑的整个机组的热工制度相平衡。

三、端盖及支承部分

(一) 端盖、空心轴

料浆蒸发机的主体为一笼形转筒，该转筒借两端的端盖和空心轴支承于滑动轴承上。端盖和空心轴以往是浇铸成整体的，如图 2-4。这种一体式的端盖，浇铸的废品率较高，特别是随着生产的发展，蒸发机的直径越来越大，这种端盖与空心轴相连处的圆角过渡区，铸造质量不易保证。而这个部位又是端盖承受“交变应力”最大和“应力集中”最敏感

的地方，所以不允许有任何影响机械强度的铸造缺陷存在。鉴于这种情况，现在最常用的是将端盖与空心轴颈分体铸造加工后，用铰孔螺栓联在一起的结构（图2-5）。这样使圆角过渡区上端盖平展面较小，质量较前一种结构容易保证。

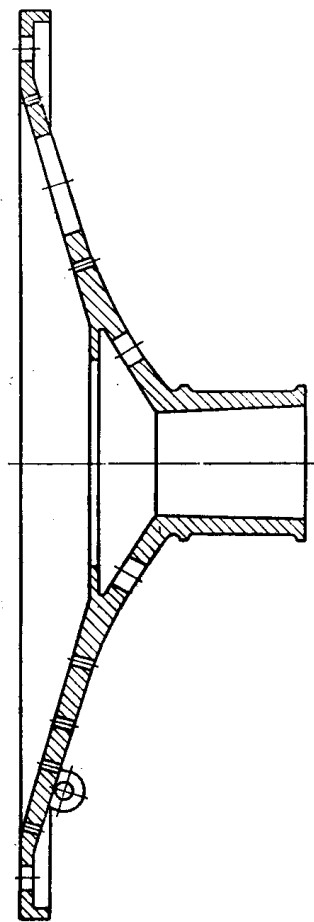


图 2-4 端盖和空心轴一体图

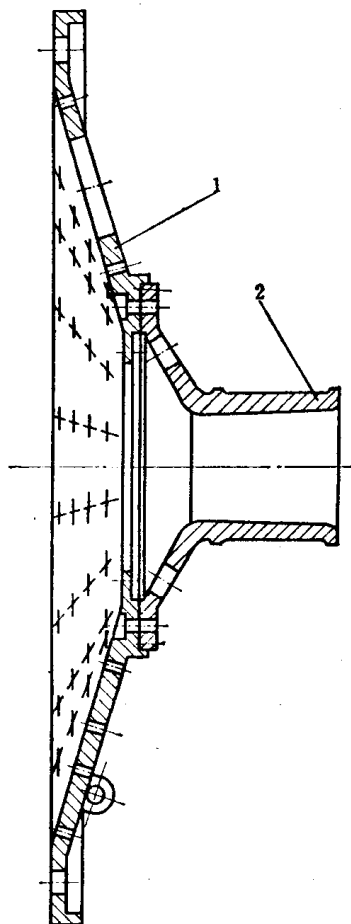


图 2-5 端盖和空心轴分体图

1—端盖；2—空心轴

一般材质采用 ZG35，也可以采用与铸钢大齿轮同型号的 ZG45。该部分为支承整个笼形转筒的主要零件，长期运转无需更换检修。所以选用这种铸钢，既能满足所需强度要求，又经济，制造加工方面也是能够达到的。

蒸发器两侧的空心轴结构略有区别，靠传动部位那一侧的空心轴，设有固定大齿轮的凸缘法兰；而另一侧的空心轴，与轴瓦接触的轴颈留出主梁高温温差所造成的伸缩量，使轴瓦端部不至于因高温膨胀出现发热和卡死现象。其温度差伸缩量的计算如下：

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad (2-4)$$

式中 ΔL_1 ——膨胀量（毫米）；

ΔL_2 ——收缩量（毫米）。

$$\Delta L_1 = \alpha \cdot (t_1 - t_2) \cdot L_k \quad (2-5)$$

$$\Delta L_2 = \alpha \cdot (t_3 - t_4) \cdot L_k \quad (2-6)$$

式中 α ——钢的线膨胀系数（0.000012 1/°C）；

t_1 ——蒸发器运转时主梁等有关零件可能达到的最高温度（°C）；

t_2 ——冬季安装时周围环境温度（°C）；

t_3 ——夏季安装时周围环境温度（°C）；

t_4 ——蒸发器停机后可能遇到的最低环境温度（°C）；

L_k ——两主轴瓦中心线之间的距离（毫米）。

（二）端盖衬板

端盖衬板，就是装在端盖内壁上的衬板，因端盖在蒸发器正常运转中不时遭到三眼圈和料浆（或物料）的研磨、冲击，为了保护端盖内壁不受磨损，必须在端盖内壁铺以衬板，并周期性地更换被磨损的衬板，所以衬板构造和材质的设计、选择相当重要，其合理性对设备的运转周期和金属消