

绪 论

纸和纸板是人类文化与信息的载体，也是工业、农业、科学、生活等方面的重要材料。1997年全世界纸和纸板产量 29904.4 万 t 消费量为 29684.7 万 t 人均 50.8kg。纸和纸板是自然界易于再生的绿色材料产品^[1~3]。

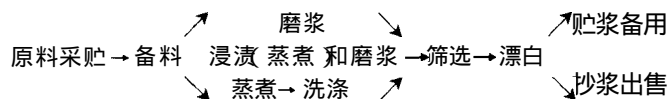
古代在纸发明以前 我国曾结绳记事 后在骨、石、木、竹上刻字或漆字 到了春秋末年 又在缣帛书写；埃及人则用尼罗河畔的纸草，印度人用树叶，巴比伦人用泥砖，希腊人用陶器等作为书写材料。到我国东汉和帝时，蔡伦总结了前人的经验，于公元 105 年 提出用树皮、麻头、破布和鱼网作为原料制浆造纸，是世界上公认的第一个造纸术的发明者。^[4]。

纸和纸板是以纸浆为主造成的，现代制浆造纸的原料，以植物纤维为主，1997 年全世界共生产新纸浆 19820.2 万 t 其中木浆占 90% 以上，而阔叶材和速生材浆所占比例日见增长；但木材资源不足的国家，则较多地利用本国的非木材植物纤维原料。1997 年亚洲纸浆产量中 非木材浆占 36.68%；与木材原料相比，非木材植物纤维原料在加工过程和成品质量方面，有更多的问题等待解决。二次纤维（废纸回用）已日益引起重视 1997 年全世界废纸回收 1 2639 万 t，为当年纸和纸板消费量的 42.58%；回用 12789 万 t，为当年纸和纸板产量的 42.72%。

我国的制浆原料，尚以草类等非木材原料为主，逐步增加木材比重是我国造纸工业的原料方针。1997 年我国生产新纸浆 1738 万 t 其中非木材浆占 70.40%。废纸回收 876 万 t 为当年纸和纸板消费量的 27.73%；废纸回用 1037.5 万 t，为当年纸和纸板产量的 37.08%^[1~3]。

一、制浆的概念和现代制浆的基本过程

制浆，就是利用化学或机械的方法，或两者结合的方法，使植物纤维原料离解，变成本色纸浆（未漂浆）或漂白纸浆的生产过程。它包括下列基本过程：



除了上述基本过程外，还包括一些辅助过程，如：蒸煮液的制备和漂液的制备，蒸煮废气和废液中化学药品的回收与综合利用和热能的回收等。此外，还包括废纸制浆^[4]。这些将在以后各章节中给以介绍。

制浆工程主要考虑下列各点：1. 纤维原料，2. 成品浆的用途，3. 工艺方法，4. 设备的使用和控制，5. 节料、节能与经济效益，6. 环境保护^[5]。

二、制浆方法的分类和纸浆品种的名称

制浆方法可分为：化学法和机械法以及处于两者之间的化学机械法、半化学法。它们还可以进一步细分如下：

化学法：

(1) 碱法 包括烧碱法(苛性钠法)、硫酸盐法、预水解碱法、石灰法。

(2) 亚硫酸盐法：包括用不同 pH值、不同盐基(钙、镁、钠、铵)的方法。

机械法：有原木磨木法(磨石磨木法 SGW 和 PGP)、木片磨木法(RMP 和 TMP)。

化学机械法(CMP)：化学热磨法(CTMP)、磺化机械浆(SCMP)、碱性过氧化氢化机浆(APMP)半化学法。

各种制浆方法的应用范围大致如下：

烧碱法和硫酸盐法主要用于蒸煮各种植物纤维原料，以生产各种用途的化学浆、半化学浆和化学机械浆。

预水解碱法(或硫酸盐法)主要用于木材或草类原料生产人纤浆粕和其他可溶性浆粕以及高级纸张用纸浆。

石灰法主要是用来蒸煮稻、麦草生产半化学草浆制造黄板纸或瓦楞原纸，也可用来蒸煮破布浆配抄打字纸或其他高级纸张。

亚硫酸盐法可根据不同的原料、以不同 pH值、不同盐基(钙、镁、钠、铵)制备不同用途的化学浆、半化学浆和化学机械浆。

原木磨木法是生产磨木浆的主要方法。

木片磨木法，特别是预热机械法(TMP)、化学热磨法(CTMP)和化学机械法(CMP)已经得到很广泛的应用。

非木材纤维原料，也可以用化学机械法制浆。

纸浆的命名，是根据所用的原料和制浆方法，如漂白烧碱法草浆、未漂硫酸盐针叶木浆、磨石磨木浆等。不同原料，用不同的制浆方法制得的浆，其白度相差很大，根据成品的要求，有些纸浆不需进行漂白，即可用于造纸，如用磨木浆和亚硫酸盐木浆造新闻纸；用本色硫酸盐浆造水泥袋纸、电缆纸、电容器纸等；用本色浆造板纸和一般包装纸；有些纸张则需用半漂或全漂浆制造，如一般文化用纸和卫生纸。经过精制的浆则供溶解或其他加工用。

三、制浆领域中的进展和趋向^[1,4~6]

由于全世界科学技术发展的加快，知识更新的周期越来越短，制浆造纸工业已越来越注意利用不同学科技术的进展，来改进制浆造纸技术：生物技术已全面应用，例如，在植物原料的育种、栽培与储存；酶促制浆、漂白、脱墨、消除树脂障碍、废水的最终净化、电子计算机对生产过程进行全面控制，以减少波动和保证最优化，甚至通过国际互联网实现跨国检测、优化和调节。

扩大原料的利用：增加使用阔叶材、热带森林和混合材种，利用制材厂和林区剩余物，全树采伐制备木片，利用非木材植物纤维，如稻麦草、芦苇、荻、甘蔗渣、竹子、红麻、棉短绒、破布、马尼拉麻和亚麻秆等。提高制浆的得率，增加半化学浆和机械浆的产量，以及增加和改善废纸回收制取二次纤维等。

备料：采用了洗涤木片设备，采用了从木片中除去碎屑的筛选设备，采用在全树切片系统中使树皮和木片分离的设备；解决非木材植物纤维的收集、运输、贮存和湿法备料存在的问题。继续改进料片质量。

制浆方法：1997年全世界浆产量中，化学木浆占 70.18%，机械浆占 19.91%，草浆和其他浆占 9.91%。化学木浆中，硫酸盐法浆占 88.94%，亚硫酸盐浆占 4.56%，半化学浆占

5.91%。今后这个格局仍将保持。国内外非木材浆的生产也以碱法(包括硫酸盐法)为主。

近年来,碱性和中性亚硫酸钠加蒽醌的方法引起了人们的注意,主要是由于该法较硫酸盐法制浆得率高、白度好、泡沫少、易洗、易漂、易抄,但亚硫酸钠的回收仍需解决。

中性亚硫酸钠法也变得多样化,以更有效地利用木材和非木材资源和满足市场中对不同特种纸浆的需要。

硫酸盐法添加多硫化物制浆,可保护碳水化合物和提高得率,已被欧、美和日本的一些工厂采用。

碱-蒽醌制浆法,已在工业上广泛应用,此法的优点在于能提高纸浆得率和强度。

无硫制浆法(例如碳酸钠法或氧碱法),已进行了研究和建厂。此法主要是为了保护环境。

预热机械法制浆(TMP)和盘磨机械法制浆(RMP)用的是木片,在供应和处理上都具有明显的优点。它们所磨成的机械浆,能代替或掺用于化学浆。CTMP和CMP正在大力发展。这是因为除制浆得率高之外,该法的污染问题也比半化学浆轻。

在生产化学浆方面,趋向于制造深度脱木素的纸浆,以减轻后续工序的污染。

纸浆的漂白方法,虽然含氯漂剂仍是目前制浆厂的重要方法,但从环境保护考虑,越来越多地采用无元素氯(ECF)、全无氯(TCF)漂白和采用含氧漂剂。

其他无污染或少污染的清洁制浆方法,仍在进行大量的试验研究工作,如溶剂法(采用甲醇、乙醇、乙酸乙酯等有机溶剂)。微生物法研究工作做得较多,在酶促脱墨和酶促漂白方面有了可喜的进展。这些方法一旦达到了工业化的技术指标和经济指标,将使制浆方法开辟新的途径。

连续蒸煮法:

(1)卡米尔立式连续蒸煮器采用了带有冷喷放和罐内洗浆等设备,正朝向采用改良的工艺(M.C.C和E.M.C.C、Lo-solids cooking)生产深度脱木素的化学浆。

(2)其他不同用途的连续蒸煮器,如横管式潘迪亚连续蒸煮器(半化学浆及非木材纤维原料制浆);向下流动的汽相蒸煮连续蒸煮器(主要用于半化学浆)。带有浸泡原料的斜管式的连续蒸煮器主要用于锯木屑制浆。

连续蒸煮器的优点为能耗低,对环境保护有利(控制蒸煮废气);间歇式蒸煮器的优点是较大的生产灵活性,产量稳定,松节油得率高,维修费用低。至于纸浆的质量和均一性、化学药品和职工人数的需要量,以及投资成本方面,两种方法之间,各有可能占优越地位之处,取决于具体条件。现在碱法浆向连续蒸煮发展的增长趋势已趋缓和。在间歇蒸煮方面,已有一些工厂采用快速热置换制浆法(R.D.H)。

使用新的检测方法和新的仪器,改进制浆的控制,但尚需改进对原料的干度及水分和料片的尺寸等的检测。

制取二次纤维纸浆,由于现代特殊用途的纸张中用了胶粘添加剂,造成了回用的困难,但是由于分散、盘磨、筛选、净化纸浆等方法的改进以及浮选脱墨设备的采用,已减少了这方面的困难。现在,新闻纸和废瓦楞纸板的回用,已达到很高的程度。

环境保护:为降低硫酸盐浆厂中的臭味,采用蒸煮放气收集、黑液氧化以及黑液在燃烧前用间接加热蒸发等方法,也改进了化学回收的效果。采用无硫蒸煮。流化床引入造纸工业,用于半化学法和亚硫酸盐法的化学药品回收,有助于消除含有亚硫酸盐的排放物。亚硫酸盐法制浆使用可溶性盐基,使得回收化学药品成为可能。附设二次处理废水的车间,以降

低废水生物耗氧量，从技术上利用生成的淤泥状固体废物。草浆废液的提取与回收问题尚待解决。

制浆厂及造纸工厂趋向封闭用水系统。纸浆的逆流式的漂浆洗涤系统，最终洗涤液送到黑液回收系统进行燃烧。研究引起腐蚀的问题。

降低能耗：增加能源的利用效率。使用备料废料作燃料。间歇蒸煮采用间接蒸汽加热法，喷放和闪急蒸发的热回收，冷凝水回收，降低蒸煮液比。R. D. H 法制浆可相对节能。洗浆循环用水，溢流水回用，采用扩散法洗浆。在回收车间，控制好各段蒸发及煮洗除垢以提高真空蒸发的效率。间接加热黑液，黑液降粘，控制黑液送燃烧炉前的固体物含量，防止降温，废热利用。在苛化段，进行热回收，降低用水量及石灰窑使用最低限度的燃料。

其他动向：纸浆厂的经济规模，已达到日产 1000t。发展有助于降低成本的产品专业化。把机械浆掺用于化学浆，合并一些操作，采用封闭循环系统，采用无污染制浆法。现在新建厂用于环境保护所需费用，高达总投资额的 10%~15%。研究制浆副产品的综合利用。

参 考 文 献

1. PPI. 1998(7)
2. 潘蓓蕾. 纸和造纸. 1998(4): 5~6
3. 中国造纸年鉴. 北京: 中国轻工业出版社, 1996
4. 陈嘉翔主编. 制浆原理与工程. 第一版. 北京: 轻工业出版社, 1990
5. J. P. Casey. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Tecchnology. Third Edition/ Vol. I. New York. A Wiley Interscience Publication.
6. 陈嘉翔编著. 高效清洁制浆漂白新技术. 第一版. 北京: 中国轻工业出版社, 1996

第一章 备料

造纸植物纤维原料在化学蒸煮或机械磨解之前需进行必要的处理，以除去树皮、树节、穗、鞘、髓、尘土和砂石等杂质，并将原料按要求切成一定的规格。因此，备料就是为满足生产需要对贮存的原料进行加工处理的生产过程。

备料的基本过程大致分三步：原料的贮存；原料的处理；处理后料片的输送和贮存备用^[1,2]。我国是植物纤维原料多样化的国家，原料种类不同，其备料过程也不同。

第一节 原料的贮存

一、原料贮存的目的和原料场的要求

（一）原料贮存的目的

1. 维持正常的连续生产

制浆造纸厂属于连续化大规模生产的企业，即使以草类原料为主的制浆造纸厂，其规模一般也在 2 万 t 以上，并向 5 万 t 甚至更大的规模发展。因此，贮存一定数量的原料是维持正常的连续生产所必需的。对草类原料，无论是麦草、芦苇还是蔗渣，其收购都有一定的季节性，一般收购期约 4 至 6 个月，集中在每年秋后 11 月份至次年 3 月份左右，故草类原料的贮存期一般为 6 个月以上。以木材为原料的制浆造纸厂，不易受季节限制，但运输周转需留有一定的余地，故木材原料也需有一定的贮存量，一般贮存期 3 至 6 个月。

2. 改进原料质量

原料在贮存过程中，经风化、自然发酵等作用，可减少原料水分与均匀水分，降低树脂等有害成分的含量，稳定原料质量，使原料变得适于制浆，并可节省蒸煮药品。例如，马尾松经过一定时期的贮存风化，使松节油挥发，树脂氧化变性并发生部分分解，从而有利于减少“树脂障碍”问题。草类原料贮存 4 至 6 个月后，由于原料中的果胶、淀粉、蛋白质和脂肪等的自然发酵，在蒸煮时碱液的浸透和脱木素较新草容易，故可降低碱耗。又如蔗渣经贮存 3 个月，可使水分降到 25% 以下，糖分也由 3% 降到 0.05% 左右。

（二）原料场的基本需求

原料场是制浆造纸厂的重要组成部分。根据原料贮存期的需要，原料场的占地面积往往等于或大于生产区的占地面积。原料场分为厂内原料场和厂外原料场。某些小厂可只设厂内原料场，而大中型厂，由于场地面积受限和原料用量大，除设厂内原料场外，一般需在厂外原料产地收购点附近设一个或多个厂外原料场。

一般原料场应符合以下基本要求。

1. 防火与安全要求

植物纤维原料，特别是草类纤维原料很易着火，从而造成不必要的经济损失，甚至人员伤亡。失火的原因有：

（1）自然失火 原料含水量较高，堆放时发酵强烈，产生的热量使温度很快升高，如果通

风不良，就极易引起自燃。为了避免自燃现象的发生，必须控制原料堆垛的水分。如水分太高（超过 20%）必须在预留场地上翻晒后再堆垛。如堆垛后发现温度过高 则必须拆垛以避免自燃。

(2) 雷击失火 雨季雷击也可能引起失火，因此原料场必须有避雷设施。

(3) 事故失火 如吸烟和照明线路维护不当等安全事故引起的失火。

为避免原料场发生火灾而造成的损失，原料场的设置应遵循以下三条原则：

(1) 原料场与生产区、福利住宅区之间必须设置足够宽的防火带。防火带的宽度视原料种类和贮存量以及主导风向和风速而定。国内大中型草类原料场与生产区的防火带宽度为 100~200m 小型厂为 50m 原木可采用 25m。草类原料场与住宅区的防火带宽度应在 200m 以上，如因场地限制至少也不应低于 100m。原木贮存场与住宅区的防火带宽度不应低于 50m。

(2) 原料场应设置在生产区的下风向，或与生产区平行且靠近备料工段。

(3) 必须设置消防设施。

2. 运输要求

生产 1t 纸，进出原料场的原料各有 2~3t(木材约 3~6m³)，因此原料场的运输量是相当大的，大约为全厂总运输量的 50% 以上。进出场原料的运输必须畅通、方便，尽量避免交叉，运输工具应注意现代化。

运输设备的种类很多，选择何种运输方式和运输设备应根据原料的种类和原料场的规模而定。

(1) 大型贮木场 大都采用龙门吊车或桥式吊车拆垛，拉木机水平运输。木片贮存场则用气流输送或胶带输送机输送。

(2) 小型贮木场 贮存的原料多为短圆木、枝桠材、板皮、锯材废料和梢头木等。故采用机械化运输方式不多。

(3) 大型草类原料场 一般采用有轨车辆运输。原料自火车、船只卸下后用有轨平车装运，柴油机车牵引，运至原料场堆垛。有的厂也用胶带输送机送到原料场堆垛。原料拆垛后送到备料工段也可采用同样的运输方式。草类原料的特点是体积大、重量轻、车辆装载量低，因而大型原料场用有轨运输工具可节省动力，提高运输效率。

(4) 中小型草类原料场 一般不选用有轨运输，宜采用无轨运输，即胶带平板车或斗车装运，拖拉机牵引或人力牵引。

(5) 竹子、蔗渣等原料场 运输方式基本上与草类原料相同。

3. 排水要求

原料场地面排水要畅通，避免积水，否则影响原料垛基稳定性或使低层原料霉烂变质。要做到排水畅通，必须注意垛基的建造。

图 1-1 是垛基的构造情况。一般要求垛基高于周围地面 300~500mm 以免雨季积水。垛基表面应有 0.3%~0.5% 的坡度，而垛基边与周围

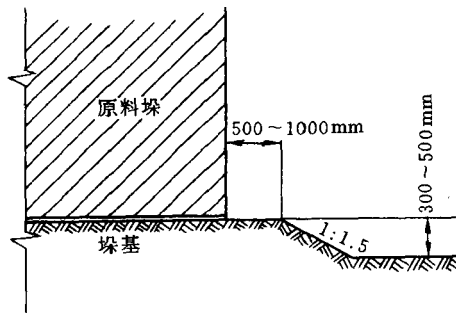


图 1-1 垛基高度及结构形式

地面应有 1:1.5 的坡度，以使排水畅通。

垛基的类型有：土垛基；炉渣垛基；毛石垛基；三合土垛基；条石垛基；

原木垛基；⑦混凝土垛基等。一般草类原料常用土垛基、炉渣垛基或毛石垛基。蔗渣原料常用三合土垛基或混凝土垛基。原木常用原木垛基或条石垛基等。

4. 通风要求

通风条件好是原料保存好的重要条件之一。草类原料在贮存过程中有降低水分、均匀水分等作用，但达到此目的要求有良好的通风条件，否则会引起原料自燃，导致火灾，或使原料腐烂变质。因此，料垛内必须设置纵向的或横向的通风道，垛间要保持足够的距离。另外垛的长度方向与常年主导风向应成 45° 角，便于照顾各垛的通风条件。否则，若主导风向与垛的长度方向垂直，则不但会造成前排垛挡风，还有使垛檐口被掀开的危险。

5. 照明要求

原料场夜间工作和安全保卫工作都需要良好的照明。原料场内部不宜架设照明线路，以免引起火灾，故最好采用照明灯塔，埋设电缆。如一定要采用移动线路或架空明线时，则应注意安全保护措施。

二、原木的贮存

原木的贮存，有水上贮存和地面贮存两种方式。我国南方气候温暖、潮湿，木材易腐烂，原木的贮存可采用水上贮存，而北方气候干燥，木材不易腐烂，大都采用地面贮存。

(一) 原木的水上贮存

原木水上贮存，一般是利用湖泊或河湾作水上贮木场，也可利用天然谷地修筑堤坝形成人工湖作水上贮木场。在通航的河流上不许也不易设大面积的贮木场，则应考虑部分的或分散的水上贮木。

水上贮存可以省去繁重的搬运操作，提高劳动生产率，同时能均匀水分，防止木材腐烂。但也存在原木树脂不易降低，原木沉底沾带污泥和溶出物污染水体的缺点。原木的水上贮存已不再像过去那样受人欢迎。

(二) 原木的地面贮存

地面贮存具有降低原木水分和有害树脂含量的作用。在制浆前的贮存期间，通过风干和老化可使制浆造纸厂的树脂障碍减至最低程度或将其排除^[3]。这一点对生产酸性亚硫酸盐浆具有重要意义。但我国南方使用的马尾松等树种，由于夏季气温高天气潮湿，地面贮存往往会造成腐烂或产生严重的蓝变现象。

原木地面贮存一般要建立贮木场，并需进行堆垛。由于造纸用木材规格较多，如长原木、短原木、枯朽木、枝桠材、梢头木和板皮等需分别堆存。

1. 堆垛方法

堆垛方法分层叠法、平列法和散堆法，见图1-2。

(1) 层叠法 原木纵横交错上堆成垛，适合于长原木的堆垛 见图1-2(1)。这种垛的通

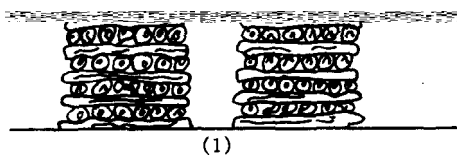


图 1-2 木材的堆垛方法

风情况良好，因为不管从哪个方向来的风均能使原木干燥。但这种堆垛方法的堆积密度系数（又称实积系数 指单位堆积体积中原木的实积数 以小数或百分数表示）小 仅 0.46~0.52。原木的直径变小或长度增加均会降低堆积密度系数。

(2) 平列法 原木顺堆成垛，适合于长原木或短原木的堆垛，见图 1-2(2)。这种垛的通风情况不如层叠法 但堆积密度系数较大 达 0.6~0.7。为了使垛的两端稳固，可以在垛的两端采取层叠法堆垛，中间则用平列法堆垛。这种堆垛方法用得比较普遍。

(3) 散堆法 自然堆放成垛，适合于板皮等杂乱的木材以及短原木的堆垛，见图 1-2(3)。该法堆垛比较省力，但堆积密度系数小(0.4~0.5) 内部通风条件差。

2. 堆垛规格与堆垛间距

(1) 垛的长度 长原木垛的长度一般不超过 300m 如人工堆垛应小于 100m。短原木、枝桠材和板皮等垛的长度一般不超过 30m。

(2) 垛的宽度 长原木 3~6m, 短原木一般在 3m 以下 板皮 6~8m。

(3) 垛的高度 人工堆垛一般为 2~4m 机械堆垛可达 8m。

(4) 堆垛间距 垛间距(垛与垛之间的距离)一般为 1~3m 至少不小于 0.5m。垛组(若干垛以一定间距形成一组即为垛组)距一般为 10~15m 不应低于 10m。垛区(若干垛组以一定间距形成一个垛区)距一般为 15~25m。

三、木片的贮存

20世纪 50 年代以来，国外不少造纸厂将木材剩余物木片作为制浆木片的主要来源。因此，原木贮存场改为木片贮存场。新建厂的木片贮存场大都是按购进木片的要求设计的，通常都为室外贮存。我国已有一些厂部分使用外购木片。

木片经船运或车运进场后一般通过气流输送或运输带输送成堆，木片堆的大小范围很广 底部可达 1hm² 多(国外) 高度一般为 15~20m。木片堆应尽量压实，这样一方面可增加单位面积的贮存量；另一方面，可使木片堆表面的碎木屑不致被风吹散，影响附近环境卫生。

使用外购木片代替原木有下列优点：

(1) 节约原料堆场 由于木片堆的高度比原木垛高，且不需设置起重机械活动空地，故单位面积的堆存量，木片堆比原木堆大得多。

(2) 节省劳动力和减少备料费用。

(3) 不同材种的木片易于分开堆放。

(4) 木片堆较散堆的原木易于计量。

(5) 贮存木片，可不致因备料发生事故而影响生产。

(6) 多树脂的原木削片后贮存有利于树脂含量的降低。

(7) 新伐原木在林场就地剥皮和削片，较原木运厂后剥皮和削片损失小。

但是，使用外购木片也有如下缺点：

(1) 木片易于受到污染 投入生产前需经适当处理(一般需经洗涤)。

(2) 刮风时会造成周围环境的污染。

(3) 贮存过程中，木片的变质较原木更为迅速，并容易出现发黑的木片甚至引起燃烧，因而对纸浆的质量和得率有一定的影响。

国内外购木片量较少，很少有大型的木片贮存场，因而木片贮存中的质变问题不很突出。但国外大型木片贮存场的情况就不同了。在某些情况下，由于较强烈的热解作用，温度会持

续升高，使木片烧焦变黑甚至着火。木片堆热的产生主要是生物和生物化学的作用，包括：木片中活细胞的呼吸^[4]；由霉菌和细菌作用引起的木材物质的生物降解^[5]。木材中某些物质，主要是抽提物的放热氧化作用^[6]。上述作用因木片比原木有更大的比表面积而显得更为突出。

完全防止木片的发热和变质是不可能的，但可通过采取适当的措施加以控制。例如：在堆垛过程中用化学药品（如稀绿液和硼砂）处理木片；避免产生比表面积较大的木片碎末；先进场的木片先用，这样所有的木片都会以大约同样长的时间贮存，避免出现由于贮存时间过长而剧烈降解了的木片；尽量降低木片堆的高度；用几个较小的木片堆代替一个大的木片堆。

四、非木材原料的贮存

非木材原料的种类很多 常见的如稻麦草、芦苇、蔗渣、芒秆、竹子、龙须草、红麻秆、棉秆和棉短绒等，其贮存方法因原料的不同而异。我国蔗渣造纸一般均选择糖纸结合的形式，其贮存方法更具特点。

（一）打包与打捆

除长原竹外，上述非木材原料一般均需打包或打捆进行贮存。但蔗渣原料有趋向采用不打包散堆湿法贮存的方式，例如广西南宁糖纸厂就是采用湿法散堆的方式。几种原料的打包或打捆规格见表 1-1。

表 1-1 几种非木材原料的打包与打捆规格

原料种类	打包打捆规格/mm	每包(捆)质量/kg	打包打捆方式	水分/%
稻麦草	1000×600×400	35~40	机械	15左右
稻麦草	1000×350×350	25	机械	15左右
芦苇	φ400×(2500~2600)	35~40	机械	20左右
脱青竹片	φ300×1400	25~30	人工	12~15
蔗渣	330×330×750	25~30	机械	50左右
蔗渣	500×500×1000	80	机械	50左右

（二）堆垛与贮存

稻麦草、芦苇等草类原料，一般堆成尖顶草房形垛贮存。蔗渣包则堆成金字塔形垛贮存。堆垛规格见表 1-2。

表 1-2 几种非木材原料的堆垛规格

原料种类	垛长/m	垛宽/m	垛身高/m	垛顶高/m
稻麦草	20~40	8~12	4~6	5~7
芦苇	40~60	12~15	6	6~7
蔗渣	25~50	10~20	0~2	10~20
小杂竹和脱青竹片	50	15	5.5	8

对于毛竹和白夹竹，因竹子较长，一般采用竖放立堆和卧放横堆两种方式。所谓竖放立堆，即沿纵向设有原木或毛竹制的坚实格架，将竹子竖立堆放于格架两侧，倾斜度约 10°~15° 垛长 60m 垛宽 20m。所谓卧放横堆 即在垛基两端分别竖立木桩或竹桩 然后在其间卧放原竹 垛长一般为 100~150m，垛宽按原竹长度，一般为 8~12m 堆积高度可根据堆垛机械的能力来决定。人工堆垛时也可达到 6m 高。

草类原料的堆垛一般采用人工堆垛。为了减轻劳动强度，一些厂采用可移动式倾斜胶带运输机堆垛或拆垛，也有的厂自制塔式堆垛机等堆垛机械进行堆垛。

上述原料堆垛时应注意下列事项：

1) 必须注意原料的水分和通风问题。稻麦草的水分含量不宜超过 15% 芦苇不宜超过 20%，否则会发生霉变现象。蔗渣初榨水分在 50% 左右，打包堆垛时应特别注意通风问题。草垛水分高引起发热自燃时，垛顶部外观会发生塌陷、变形现象，清晨垛顶会有雾气升起。应及时测垛温或拆垛投入生产。拆垛时要配有消防监护，不能在大风天拆垛，以免发生事故。

2) 原料垛应堆得平整结实，逐步收缩成尖顶。

3) 封苫垛顶要严密，防止雨水漏入。垛堆成后，用草被、草帘、苇苫等将垛顶封盖苫好，再用绳网罩上，四周用绳挂重钩坠住固定，以防风吹掀开。

4) 为了防火与通风的需要，以及运输和管理方便，应有适当的堆垛间距。如每垛贮草 300t，垛间距 4~5m，垛组距 15~20m。贮草 500t，垛间距 10~15m，垛组距 30~40m。

第二节 备料过程及其质量控制

由于木材和非木材原料的备料过程差别很大，必须分别介绍。

一、木材原料的备料

造纸用的木材原料除原木外，还有制材废料、枝桠材、梢头木等。木材原料的备料过程包括锯断、剥皮、除节、劈开、削片和筛选等工序。应根据浆种、原料种类、生产规模等合理确定备料过程。如生产磨石磨木浆，原木仅需经过锯断、剥皮等工序，而生产漂白硫酸盐浆则需经过上述所有过程。若不用原木，用板皮生产硫酸盐浆，只需经过削片和筛选两道工序。

(一) 原木的锯断

来厂的原木一般比较长，为了适应生产的需要，需对原木进行锯断。通常磨木机要求原木长度为 0.6m 或 1.2m，普通削片机要求原木长度为 2.0~2.5m。

原木的锯断可采用单圆锯或多圆锯。

单圆锯一般用于中小型厂和原木长度变动较大的场合，所锯原木直径限制在 400mm 以内。单圆锯有立式和卧式之分，由于卧式圆锯使用方便，在国内应用较多。

多圆锯一般用于大型厂，以锯断长度大致相等的，直径小于 300mm 的原木。多圆锯又叫排锯，由多个普通圆锯盘组成。圆锯盘前后交叉地配置在倾斜的拉木机上，各锯片之间的距离相等，这个距离应与所需木段的长度一致。

不管是单圆锯还是多圆锯，一般锯盘直径 700~1500mm，锯片厚度 3~5mm，锯缝宽度为锯盘厚度的 1.5 倍。圆锯的圆周速度一般不超过 60m/s。圆锯的生产能力可根据锯片的直径、转速及供木机构而定，一般单圆锯生产能力为 15~50m³/h。

对于大直径长原木可用带锯机纵向锯开，国内有 MJ3210 和 MJ3212 等型号的跑车带锯机。

(二) 原木的剥皮

树皮在制浆造纸厂是极不受欢迎的。它的存在会给制浆造纸过程带来许多不利影响，如降低蒸煮器的效率，增加制浆药品的消耗，纸浆得率低、质量差等。因此，通常情况下原木都要进行剥皮。

最早的剥皮方法是人工剥皮。人工剥皮剥得干净，损失小，并可只剥去外皮而将内皮留下。但人工剥皮劳动强度大，劳动生产率低，因此现在一般都采用机械剥皮。

1) 圆筒剥皮机 又称鼓式剥皮机或摩擦式剥皮机，是常用的剥皮设备。原木进入转鼓内，转动的圆鼓使原木滚动并互相摩擦而使树皮剥下。鼓内有均匀分布的喷射器冲洗松散的树皮，使其通过鼓侧面的孔眼排出。由于树皮的除掉只靠原木之间的摩擦来完成，圆筒剥皮机最适合于小径的、短的而且直的原木的剥皮，对弯曲状的原木以及原木上树节周围的树皮往往去除不彻底。

圆筒剥皮机有间歇式和连续式两种。间歇式由于生产能力低，操作麻烦，已逐步为连续式圆筒剥皮机所取代。连续式圆筒剥皮机又有短原木的和长原木的两种。短原木圆筒剥皮机主要处理长度较短（小于圆鼓直径）、形状复杂和弯曲度比较大的原木。这种剥皮机，原木在筒内无规则地滚动，但总是自一端移向另一端。国内使用的 $\phi 2352\text{mm} \times 9000\text{mm}$ 连续式短原木圆筒剥皮机，圆筒转速 8r/min 额定生产能力阔叶木 $4 \sim 7\text{m}^3/\text{h}$ 针叶木 $9 \sim 12\text{m}^3/\text{h}$ 用于马尾松实际能力为 $18 \sim 32\text{m}^3/\text{h}$ 。长原木圆筒剥皮机所处理原木的长度较长，直径较大。原木按圆鼓轴向平行排列，转动时相互摩擦而剥皮。长原木圆筒剥皮机比短原木圆筒剥皮机生产能力高 30% 以上，且原木的损伤和损耗少。

2) 环式剥皮机 在环式剥皮机中原木的剥皮是逐根进行的，原木从水平方向喂入，垂直方向安装着环形空心转子，在它的内圆周上安装着一组剥皮刀。剥皮刀随着空心转子一起旋转，并紧压在原木上，这样就以机械刮剥的方式将树皮去掉。剥皮刀的形式有多种，如卡头形的、链条式的和爪形的等。由于这种剥皮机每次只能操纵 1 根原木，它通常用于大直径原木的剥皮，而且较长的原木及弯曲的原木一般不成问题，因为其刮刀能调节以适应原木直径及形状的变化。环式剥皮机最大的缺点是，它对原木的表面造成一定的损伤，使形成层和内皮发生刨削及脱掉现象。

3) 滚刀式剥皮机 其工作原理是，将原木放在楞架上，利用转动的滚刀沿原木轴向削除一道树皮，然后把原木翻转一个角度，再削去一道树皮，直至整根原木的树皮被削干净为止。有的厂将刀辊固定不动，而让翻木机构移动而达到剥皮的目的。滚刀式剥皮机适应直径 700mm 以下的原木 不分材种、形状 弯曲度大的、具有大包节、大枝桠的原木都可适应。因此，对于摩擦剥皮有困难的原木，使用滚刀式剥皮机是很有效的。滚刀式剥皮机在我国东北一些造纸厂应用较多，它具有结构简单、操作维修方便、适应性强等优点。但也存在剥皮损失率大（约 3%~4%）劳动生产率低、劳动强度大等缺点。

还有其他形式的剥皮机，如水力剥皮机等，这里不再介绍。

（三）原木的除节和劈木

为了满足磨木浆质量的要求和维护磨石，送磨木机的木段如果带有节子，必须先除节才能使用。对于直径过大的原木，必须劈开后方能送磨木机或削片机。

原木的除节一般是用电钻除节或用类似钻床的除节机来除节。对小树节可将钻头直接对准树节钻除。对大树节，则先沿树节周围钻孔，最后将整个树节敲掉。也有利用小圆锯除节的。

劈木要用劈木机，有立式和卧式两种。立式劈木机又分为单斧式和双斧式。卧式劈木机则有固定斧子移动原木的和固定原木移动斧子的两种。目前采用的劈木机仍以立式为主。

（四）原木和板皮的削片

用木材生产化学浆、化学机械浆和木片机械浆，需要将原木、枝桠材和板皮等削成木片。

削出的木片要求尺寸规格均一，尽量减少大片和碎末。木片的规格一般为：长 15~25mm，厚 3~7mm 宽 5~20mm 木片合格率在 90% 以上。

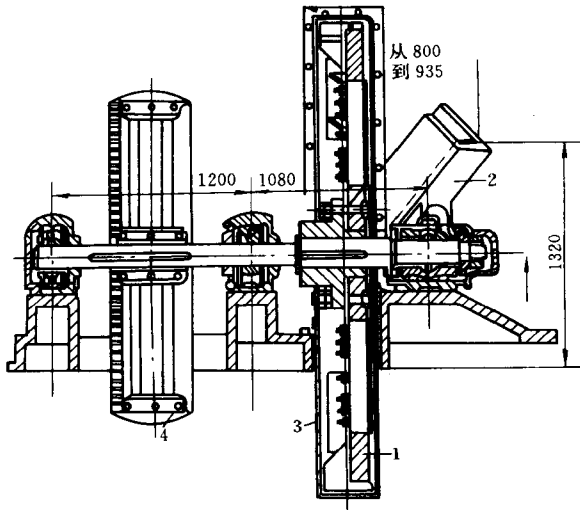


图 1-3 斜口喂料普通圆盘削片机结构示意图 (单位: mm)

1—刀盘 2—进料管 3—外壳 4—皮带轮

距离叫刀高，一般为 18~20mm。刀片在刀盘上的安装情况见图 1-4。

下面简要介绍一下圆盘削片机的削片原理。

1) 刀片切入原木和木片的形成 削片刀切入原木的情况见图 1-5。可以想象，假如削片刀很薄，或者没有刀牙或刀盘的阻碍，原木削片时切削出来的将是一个椭圆形的木饼，而不是木片。由于削片刀刀刃有一定的角度，切削下来的木饼在通过刀缝时受到刀片切削面对原木纵向的作用分力（剪切力），以及由于刀牙或刀盘的阻碍，木饼才不断地沿木纹分裂成木片。

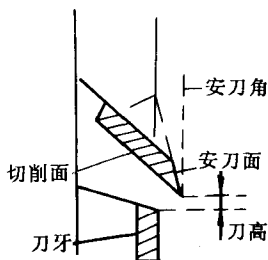


图 1-4 刀片在刀盘上的安装情况

大多数削片机都属于圆盘削片机。根据圆盘上刀片的数量不同，圆盘削片机又分为普通圆盘削片机（4~6 把刀）和多刀圆盘削片机（8~16 把刀）。圆盘削片机的喂料方式分为水平喂料（或平口喂料）和倾斜喂料（或斜口喂料）见图 1-3 两种。圆盘削片机的圆盘直径为 1~4m，厚度为 50~150mm。圆盘上的飞刀片厚 20~25mm，宽不小于 200mm，长度视削片机的直径而定。刀片的刀刃角一般为 34~42°。刀刃起切削原木作用的面叫切削面，其背面叫安刀面，安刀面与刀盘平行面间的夹角叫安刀角（ α ）刀刃凸出刀盘的距离叫刀距，一般为 11~14mm，刀刃与刀牙间的垂直

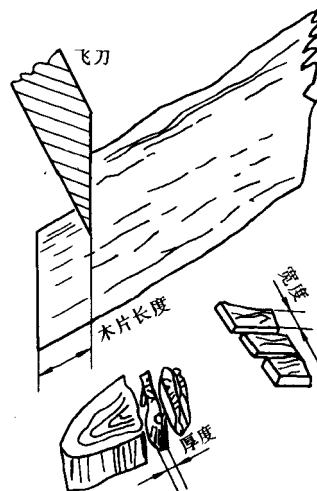


图 1-5 刀片切入原木和形成木片的情况

2) 削片刀与安刀角的作用 削片刀切入原木时有两个作用，一是切削木片，二是牵引原木沿削片刀的安刀面向刀盘移动。第一个作用在上面已经介绍过了。第二个作用主要是由于安刀角的存在而产生的。假如安刀角 $\alpha=0^\circ$ ，则原木在喂料槽完全依靠自身的重力移向刀

盘。显然 移动的距离大小(至多 2mm), 不符合削片要求。有了安刀角, 刀片切入原木时就 把原木拉向刀盘。安刀角愈大, 拉力愈大, 原木移向刀盘的速度愈大。但过大的安刀角也是 不相宜的, 因为原木过早到达圆盘面将会引起碰击而跳回。最好的安刀角是正好使原木在第二 把刀切入时刚到圆盘面。普通削片机虽然也可使安刀角达到上述要求, 但由于刀数少, 刀 间距大, 原木经第一把刀切削后, 在进入第二把刀切削前有一短暂的时间没有接触到刀片。 因此, 原木会在喂料槽中跳动, 影响削片质量。而多刀削片机就解决了这一问题。因为多刀 削片机的第二把刀切入原木时, 第一把刀尚未离开原木, 这样就实现了连续切削。为了达到 2 把刀同时切入原木, 就要求相邻两刀间的距离必须小于原木可能存在的最小直径, 即:

$$\frac{2\pi R}{N} \leq \frac{D}{\sin \epsilon}$$

式中 R ——切削半径, mm

N ——刀片数, 个

D ——原木直径, mm

ϵ ——投木角, 水平喂料 $\epsilon = 90^\circ$

但是, 安装在刀盘上的刀片是呈放射状的, 即愈近圆盘中心轴处, 两把刀片间的距离愈小, 愈 远离圆盘中心轴处, 则两把刀片间的距离愈大。这样, 在安刀角相同时, 若靠近圆盘中心的原 木刚好在第二把刀切入时到达圆盘面, 则远离圆盘中心轴的原木, 早在第二把刀切入前就已 到达圆盘面, 这势必引起原木跳回。因此, 新设计的圆盘削片机将刀盘面做成螺旋面, 使安刀 角自靠近圆盘中心轴到远离圆盘中心轴逐渐变小(如由 4° 变到 2°) 这样就克服了上述缺点。 同时, 木片受刀盘纵向压缩减小, 木片质量可以提高。国产 ZMX4 型 10 刀削片机和 LX- 950 型 6 刀枝桠材削片机就是采用了螺旋面的刀盘。

3) 木片长度的决定 木片的长度, 在具有适当的安刀角的前提下, 主要是由刀距、投木 角和投木偏角来决定的, 其关系式如下:

$$L = \frac{B}{\sin \epsilon \cos \theta}$$

式中 L ——木片长度, mm

B ——刀距, mm, 一般为 11~14mm

θ ——投木偏角 与投木角 ϵ 均是在削片机设计时确定的

由于 ϵ 和 θ 平时不能变动, 因此只有通过刀距 B 来调节木片的长度。在实际生产中, 由于原 木在切削时尾端会翘起, 这等于缩小了投木角 ϵ 结果是木片增长了。所以, 一般所采取的刀 距比计算出来的数值小 2mm 左右。

4) 木片厚度的决定 因为削片机的结构一般是不能随便变动的, 因此, 木片的厚度主要 由刀高来控制, 其关系式为:

$$T = kH$$

式中 T ——木片厚度, mm

H ——刀高, mm, 一般为 18~20mm

k ——经验常数, 一般为 0.2~0.3 左右

5) 木片斜度的决定 木片的斜度取决于投木角 ϵ 和投木偏角 θ 即

$$\sin \omega = \sin \epsilon \cos \theta$$

式中 ω 为木片斜角。可见, ϵ 和 θ 都一定的削片机, 削出来的木片斜角是一定的。

6) 决定木片合格率的因素

A. 刀距、刀高和安刀角 它们的任何变动都将影响木片的大小或形状，当然也就影响木片合格率的大小。

B. 刀刃角 刀刃角的大小对木片的厚度有影响。若其他条件不变，加大刀刃角就会使木片变薄，但过大的刀刃角不但切削阻力大，而且易使木片变碎和使木片受到损伤。反之，缩小刀刃角会使木片变厚，但过小的刀刃角不但容易损坏刀刃，而且使木片厚度不合格甚至使木饼不易分离成木片。刀刃角一般为 $34^{\circ}\sim 42^{\circ}$ 。

刀刃角一定后，还要经常保持锋利状态。刀片应定期更换，一旦发现刀刃卷曲或崩口应随时更换。

C. 虎口间隙 即削片刀与底刀间的间距。这个间距不能过大，若间距过大，容易使原木外部切不断，形成长片，影响木片的合格率。虎口间隙一般为 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ 。

D. 原木的质量和水分 大小、优劣不同的原木应搭配使用，否则易造成合格率下降。原木不宜太短，否则削出的三角块增多。原料水分过低，木材发脆，削片时碎片较多，因此水分不易过低。但北方寒冷地区，冬季水分过大易冰冻硬脆，削片时产生较多碎末，水分以 $25\%\sim 35\%$ 为宜，其他情况下水分应高些。

除圆盘削片机外，用于原木削片的还有鼓式削片机和螺旋式削片机等，因应用不广，不作详细介绍。

(五) 木片的筛选和质量控制

对木片质量而言，尺寸的大小与分布情况是最重要的一项技术指标，对某些小厂可能是唯一的一项技术指标^[7]。从削片机出来的木片 往往带有粗大片、长条、三角木、木节和木屑等。因此，必须通过筛选将过大或过小的木片分离出来。过大木片通常需要再削片或再碎，以充分利用木材。碎片作为废料处理掉或作其他用途。此外，有些木片往往混有相当数量的树皮，因此，为了保证木片质量还需要从木片中除去树皮。

1. 木片的筛选

木片的筛选最早多用圆筛和高频振框平筛，后来逐步采用摇摆式筛片机，再后来又出现了多边形筛片机和盘式筛片机。

摇摆式筛片机是平筛的一种，国内有定型产品，有不少厂家采用。该筛具有三层筛板，并作 $3^{\circ}\sim 4^{\circ}$ 的倾斜。木片经分配器均匀地分配到筛体上层。不能通过筛板从上层出来的为大木片，通过第三层筛孔出来的为木屑，其余的为合格木片。

多边形筛片机是一种周边喂料的筛片机。筛子被分成若干三角形（扇形）。木片从筛板喂料边，即三角形的底边进入，逐渐移向三角形的顶部，即向中心移动而进行筛选。分离后合格木片、大片和碎屑分别由底部的 3 个出口排出。

盘式筛片机是由美国 Rader 公司创制的。它由许多同向回转的平行轴组成，轴上装有许多圆盘片，轴与轴靠拢后圆盘片互相交叉在一起，但可根据筛选对象及筛选要求调整轴与圆盘之间的间隙，以便使木屑与合格木片分离。盘式筛片机有两种，一种是平型筛，其圆盘轴在同一水平面排列，向同一方向回转，料片从一端加入，大片则从另一端排出。另一种是 V 型筛 其圆盘轴从侧面看呈 V 字形排列，轴中心线均向一侧倾斜约 $10^{\circ}\sim 11^{\circ}$ ，料片由高的一端加入 木屑向筛下面掉落 大片则由另一端排出 见图 1-6。平型筛和 V 型筛可以组合成一套木片筛选系统 先由平型筛除去大片 再由 V 型筛分离出木屑。

2. 粗大木片的再碎

木片再碎所采用的设备有再碎机和小型削片机。目前再碎机的应用仍较普遍，但小型削片机是发展的趋势，因其处理效果比较好。

再碎机的作用主要是沿着木片纵向将大片撕裂，长度方向的切断作用较小，因而往往木片长度不符合制浆要求。但该设备结构紧凑、体积小，便于安排和布置，因而仍有较多应用。再碎机的种类有荡锤式、斜刀式等。

小型削片机一般是具有转鼓和转子的刀式削片机，刀片安装在转鼓上，转子以较高于转鼓的转速把大木片推向削刀片进行木片再削。

3. 木片的去皮

习惯上原木都是先剥皮再削片，这样带树皮的木片一般都很少。但随着全树制浆的出现，树皮的去除就不像原木那样容易了。例如，小的枝桠材和弯曲的原木等去皮率会大大降低。

从木片中分离树皮尚未有高效而完善的方法。已提出的方法有浮选法、沉降法和挤压法等。无论哪种方法，往往都不是单一的一段处理，而是采用两段或多段处理才能达到较好的效果。但段数越多，木片的损失也越大，必须综合考虑。

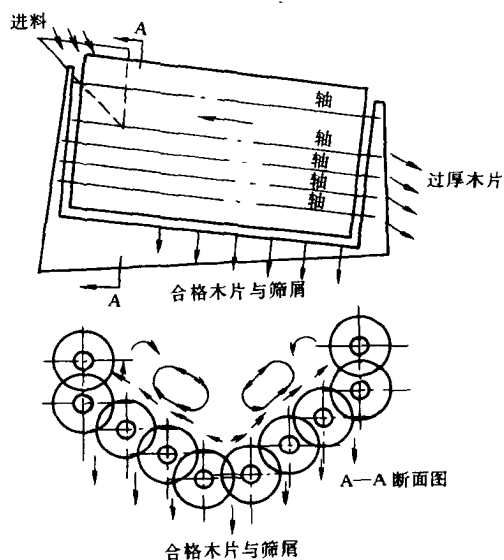


图 1-6 V 型盘式筛片机示意图

二、非木材原料的备料

非木材原料种类很多，原料的性质和特点差别较大，因此需分类介绍。

(一) 稻草原料的备料

稻草原料的备料主要是切断和净化。备料工艺分为干法备料、全湿法备料和干湿结合法备料三种。

1. 干法备料

干法备料在我国应用相当普遍，常见的工艺流程见图 1-7。

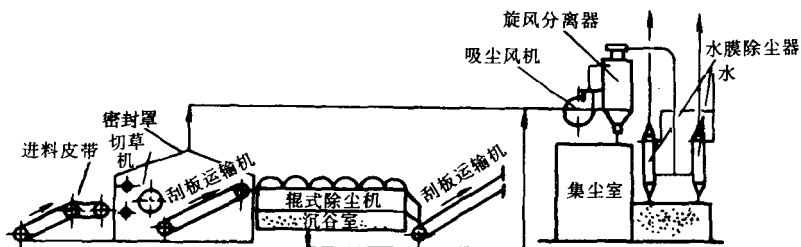


图 1-7 稻草干法备料流程

(1) 切料 切料的主要设备是刀辊切草机，见图 1-8。它由喂料、切草和草片输送三部分组成。喂料部分包括喂料胶带和 2 个喂料压辊，一般安装在可移动的钢架上。切草部分包括飞刀辊和底刀板，飞刀辊上安有 3 把飞刀，刀片安装时与刀辊母线呈 $4^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 角，其目的在于

使飞刀与底刀的接触是渐进的，这样可避免出现瞬时动力负荷高峰。飞刀的刀刃角一般为

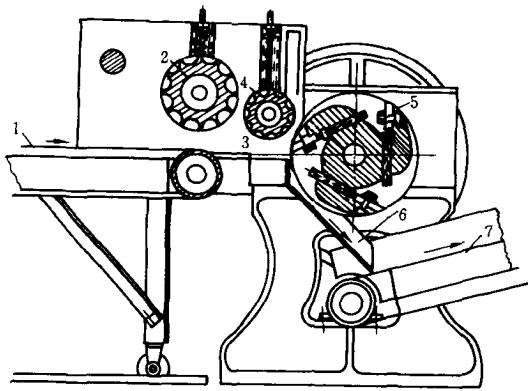


图 1-8 刀辊切草机

1—喂料带 2、4—喂料压辊 3—底刀
5—飞刀辊 6—挡板 7—出料带

$30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 底刀较厚 其刀刃角为 $80^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 。刀片使用一段时间后会变钝，应定期更换。切断的草片由底部的出料输送带送至筛选除尘系统。目前使用的切草机有 3t/h 、 5t/h 、 8t/h 和新研制的 12t/h ^[8] 四种规格。

通常出切草机的草片长度规定为 $20 \sim 40\text{mm}$ 合格率 85% 以上。为了提高切草合格率 切草时必须注意：

A. 开机前必须对好刀口，飞刀和底刀的间隙一般需保持在 $0.3 \sim 0.5\text{mm}$ 刀的全宽应具有相同的间隙。

B. 飞刀和底刀的刀刃必须保持锋利。

C. 喂料辊的转速必须与飞刀辊的转

速相配合，因为它们决定草片长度。其计算公式如下：

$$L = \frac{v}{N \cdot R} \times 1000(\text{mm})$$

式中 L —— 草片长度 ,mm
 v —— 喂料辊线速 ,m/min
 N —— 飞刀刀片数
 R —— 飞刀辊转速 ,r/min

可见，通过调节喂料辊线速 v 和飞刀辊转速 R 可获得所需要的草片长度。若同时增加 v 和 R 可在保持草片长度不变的情况下提高生产能力。切草机的能力可由下式计算：

$$Q = 60KBHv\rho(\text{kg/h})$$

式中 Q —— 切草机的切草量 ,kg/h
 K —— 喂料不平衡系数，一般取 0.8
 B —— 喂料辊宽度 ,m
 H —— 喂料层堆积厚度 ,m
 v —— 喂料速度 ,m/min
 ρ —— 原料的堆积密度 kg/m^3 稻草 $55 \sim 65$ 麦草 $65 \sim 75$ 芦苇、芒秆 $70 \sim 75$

D. 喂料时尽量避免斜放或横放，同时喂料层应厚薄均匀。

E. 刀床距离（飞刀刀刃与第二喂料辊外缘的距离）不能太大，否则压紧了的草料又会松散开；影响切草的长度。

F. 原料水分应尽量小些，以利于切断。

(2) 筛选与除尘 原料经切断后送入筛选与除尘系统，以分离出草片中夹带的谷粒、尘土及部分草叶、草节等杂质。

辊式除尘器（俗称羊角除尘器）是切草机配套的筛选、除尘设备，有四辊和六辊两种。目前大都用六辊除尘器。草片由进料口进入，受到转辊上“羊角”的拨动，在筛板上曲折和翻腾向前运动。运动过程中，谷粒、尘土等杂质落入筛板下面的坑中而得以分开。坑中的谷粒、尘土等或在停机时由人工掏出，或者由风机连续抽送到旋风分离器。

上述传统的辊式除尘器由于筛体固定不振动，当风机风量大时草片会贴在筛板上，堵塞筛孔，影响除尘。为此，国内新设计了一种振动筛辊式除尘器。由于筛板是振动的，因此可提高筛选、除尘效率，对草片中的尘土采用轻尘、重尘上下分离的方式，轻尘从上面由风机抽走，重尘落入筛板下由螺旋输送机排出。此外，新型 12t/h 切草除尘机组将切草机出料口与除尘器进料口设计成密封联接，从而减少了飞尘污染^[8]。

另一种较理想的筛选、除尘设备是双锥草片除尘器，它由两个锥形筛鼓串联或并联而成。草片由筛鼓的小端进入，经螺旋叶片搅动草片，使其中尘土和谷粒等杂质与草片分离，再经下面筛网落入灰斗后排出。该设备筛孔堵塞现象少，除尘效果较好。

由风机抽走的含尘空气经旋风分离器分离后，一般都要再送到集尘室，使灰尘自然沉降。没有沉降的细小灰尘则随空气送到水膜除尘器或水帘除尘室，使排出的尾气尽量少带灰尘。

水膜除尘器或水帘除尘室的作用原理是将清水喷散成膜状、雾状或帘状，以增大与带尘空气的接触面，从而把空气中的灰尘凝集起来随水排走。凝集的尘土愈多，排出的尾气中尘土就愈少。这些设备的结构因厂而异，有些厂用空心塔或旋风分离器在周围壁上喷水形成水膜，有的则在空心塔中竖立许多管子以增加水膜面积，也有的利用有孔隔板形成水帘，等等。在我国北方，因冬天结冰，会影响这种设备的使用。

2. 全湿法备料

瑞典顺智 Sunds 公司设计的 NACO 法备料工艺是全湿法备料的代表，其流程见图 1-9。整捆草料由传送带送入水力破碎机。处理条件：草料浓度 5%~6%，NaOH 用量 1% (对草)，40℃，15min。破碎机是一个球形壳体，底部安装有叶轮和筛板，见图 1-10。在破碎机底刀和涡流作用下草捆被打散、撕裂和切断，草片长度约 30mm。切碎的草片穿过筛孔由破碎机底部泵送至螺旋脱水机脱水。不能通过筛孔的重杂质，由破碎机底部的排渣机连续排出。

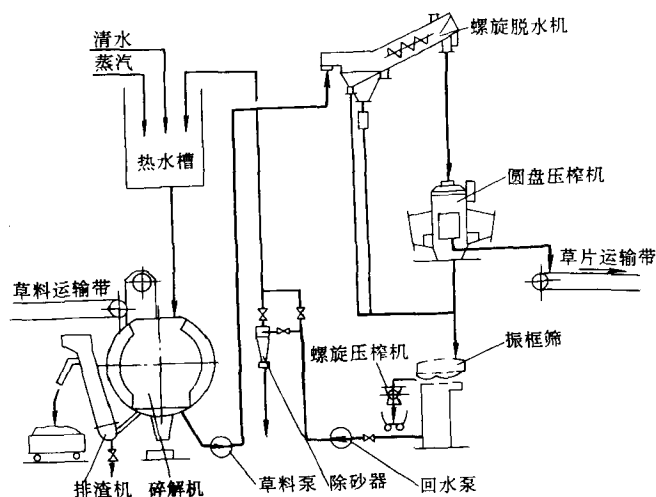


图 1-9 麦草全湿法备料工艺流程

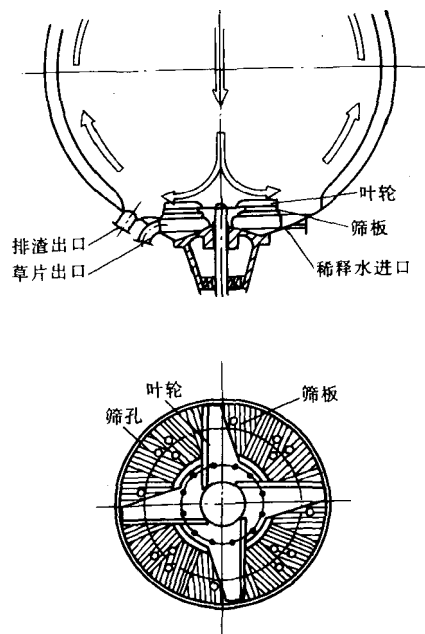


图 1-10 破碎机底部叶轮和筛板示意图