

第一章 预精整加工工艺

第一节 预精整区工艺概述

一、预精整区工艺过程简介

钢管经过张减机后进入冷床冷却，冷却后温度小于 100℃。钢管经冷床下料装置实现管排收集和向两条锯切线平辊辊道送料，平辊辊道将收集成排后的钢管送至 4 台管排锯分别进行切头、切尾和切定尺，锯切后的钢管经链式横移装置分别进入三台矫直机进行矫直，矫直后的钢管由吹吸灰装置除掉钢管内氧化铁皮，吹灰后钢管在链式横移台架上进行人工检查，人工检查后钢管由 V 型辊道送至涡流探伤装置进行钢管的表面缺陷检查，探伤合格后的钢管由喷印装置进行喷标，然后钢管拨入收集料筐并由天车吊运至中间仓库存放。同时完成每炉钢管的取样和缺陷管的修磨。

二、精整区工艺流程图（如图 1.1）

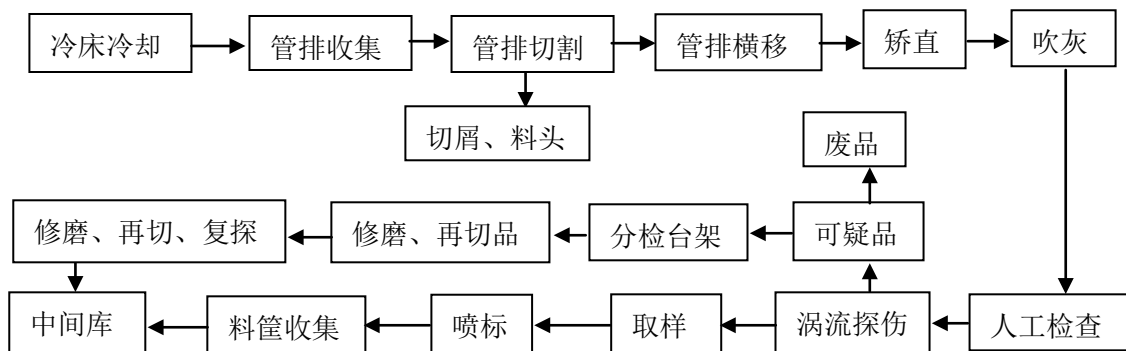


图 1.1 精整区工艺流程图

第二节 冷床下料装置

冷床为步进梁式，宽 100 米，长 27 米；137 个齿距，齿间距 200 毫米，齿高 42 毫米，动、静梁错齿距 40 毫米。钢管的滚动侧斜度为 16°。冷床最大承载能力 270 吨。

冷床下料装置包括接料臂、翻板、集料台架和两组回转臂，实现管排收集和向两条锯切线送料。每排钢管数根据来料外径确定，Φ168.3mm 外径钢管每排 5 根，Φ48 外径钢管每排 17 根，每排钢管最大宽度 864mm。（冷床下料装置示意图见图 1.2 所示）

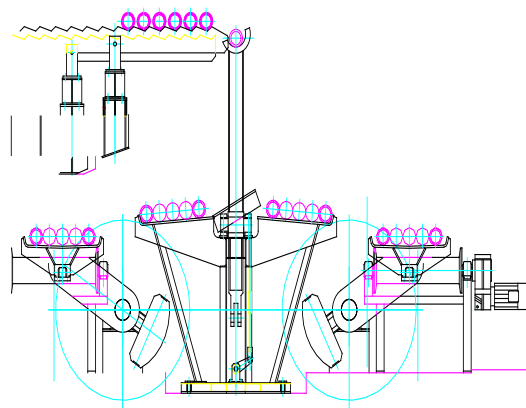


图 1.2 冷床下料装置示意图

接料臂由液压缸控制，长 1.78 米，接料臂头为圆弧形，可更换，内侧圆弧半径 150mm。翻板由液压缸控制，可实现向两侧集料台架分料，翻板倾斜度为 25°。

集料台架宽 960mm，倾斜度 5°，靠翻板侧镶有 300mm 可更换的耐磨衬板。集料台架下面装有手动控制的副翻板。（用于推动不能自行滚动的弯管）

锯切线辊道为平辊，方便管排运输，冷床下方辊道分为两段控制，以实现冷床双排布料方式时管排的运输。辊道间距 1.5 米，辊道宽 1060 毫米，两条锯切线辊道中心距 4660mm。辊道超出冷床东侧 1.5 米，为接料臂放下钢管留出空间。辊道速度 0.5~2.5 米/秒。

第三节 管排锯

管排锯型号为 HK1500L—132 型，是功率的立式冷圆盘锯。钢管收集成排后，由辊道送至四台圆盘冷锯机进行切头、切尾和切定尺。热轧区生产的钢管较长（可达 100m），需要切成 6~15 米定尺长的钢管，并切除钢管的头尾，以满足用户的需要。工艺顺序：1#、2#锯切头和切倍尺，3#、4#锯切定尺、切尾（可视生产情况进行调整）。

一、管排锯工艺参数

1. 锯切钢管的范围：

外径	32~180mm
壁厚	2.5~25mm
单倍尺切断长度	6~30m（3#、4#锯 6~15m）
年产量	45 万吨

2. 对来料的要求：

弯曲度	<7mm/m（管体）、管端<30 mm/m
外径公差	<±1%
多倍尺管	100m

3. 管排锯技术数据：

工件尺寸：排宽	最大 1.000m
外径：	Φ200mm
锯片直径：	1400mm
锯片齿数：	160 和 200 个两种（根据钢管壁厚选择齿数，壁厚≥10mm 选用 160 齿，壁厚<10mm 选用 200 齿。）
锯片宽度：	8.5mm
法兰直径：	550mm（8 个螺栓）
主驱动电机：	132KW
芯轴旋转无级变速：	16—38（70）RPM
进给交流电机：	14.1KW
无级变速进给：	至 1200mm/min
快速返回恒定值：	最大 6000mm/min

4. 测长挡料器往返驱动装置技术参数：

主驱动交流伺服电机额定功率：	14.1KW
输送速度：	直到 60m/min
系统定位精度：	±1mm
切断定尺长度公差：	0—+10mm

5. 管排锯切削参数：（见表 1.1）

表 1.1

材料组别	材料钢级	切削速度 m/min /切削厚度 mm	大约寿命 m ²
第一组	C10、C20	150/0.10	8-10
第二组	12CrMoV、16Mn3、N80、L80、J55、X42、E75	130/0.10	10-12
第三组	27SiMn、13Cr3、C45、C90、G105、20CrMo4、37Mn3、30CrMo4、X80、X95、Q125、P110	120/0.09	10-12
第四组	34CrMo4、35CrMo4、40CrMo4、40Cr、45Mn2、34MnV4、S135、V150、20G、30MnCrSi6、12Cr1MoVTiB、L80-13Cr	100/0.08	8-10
第五组	90MnV8	90/0.07	8-10

二、设备组成及特点

1. 带有切头移送的入口挡板和出口挡板

在锯床入口和出口安装了可移动挡板，能够将切头移送到输出辊道台架区域。它们的最大切头长度为 2500mm。

2. 主机设备

管排锯主机由锯床底座、管排夹紧装置、锯传动装置、锯片减振装置、锯屑刷扫装置、锯片喷雾润滑装置、锯片冷却装置和中心润滑系统组成。

2. 1 锯床底座

锯床底座设计成整体无张力退火的焊接结构。为了附加的张力减振，中空的结构填有特殊的混凝土。锯床边上锯传动装置的主导向由淬火和磨光及预应力导轨组成，锯传动装置的进给驱动，安装在锯床底座顶部。锯床底座前边安装管排夹紧装置。在锯床垂直方向设有用于调整锯机高度的部件。

2. 2 管排夹紧装置

为了管排的夹紧，在管排锯入口和出口都有一套水平和垂直夹紧装置。

水平夹紧装置制成中央对中机构，有一个集成测量系统，使确定管排宽度和钢管外径成为可能，这些数据为控制服务，且绘出图形，以确定锯切过程的开始和结束。水平夹紧装置使钢管在大约 120mm 长度上得到压力，这种方式使薄壁管也能理想的夹紧，不会变形。

垂直夹紧装置有一个新的专利导向系统，可以由液压缸调节。主导向由一个预应力导轨完成，附加的滑道只在锯切过程中起作用，是附加的导向，传递切削力。导向部件是淬火、磨光且免维护的。

水平夹紧装置的夹具头和垂直夹紧装置的夹紧架都是淬火件，水平和垂直的夹紧压力已预调整，控制系统根据钢管尺寸的指示值（外径—壁厚）通过压力调整伺服阀自动提供适当的压力。

2. 3 锯传动装置

锯传动装置设计成带有淬火和磨光的齿轮的焊接结构，由三相电机和齿带驱动。其导向是预夹紧的，没有间隙，附加的主导向滑道（减振）只在锯切期间起作用，在快速返回期间不起作用，确保高的使用寿命。导向元件由中心润滑系统提供润滑，所有的导向元件将提供特殊的刮垢器，以确保导轨的较好清洁。

锯传动装置的进给驱动，通过无间隙行星齿轮由交流伺服电机驱动。

2. 4 锯片减振装置

锯片减振由三个固定在锯传动装置上的减振轮组成，避免锯片轴向的摆动。减振动作没有接

触，减振轮和锯片间可见间隙，前面的减振元件导向有可移动的推杆。此移动对于启动借助于锯片移动的减振是必需的（大约 3mm）。更换锯片时，减振器摆到前面，一个双面的闭锁装置固定现存的状态。

2. 5 锯屑刷扫装置

在锯片的底部安装有一个驱动刷装置，此刷扫装置确保锯齿间的切屑为最好的清扫，且不会损坏锯齿的质量。

2. 6 锯片喷雾润滑装置

为了提高锯片寿命，提供了喷雾润滑，润滑剂液体由空气雾化，少量附着在锯齿上，没有残留的液体。

2. 7 锯片冷却装置

锯片的冷却是通过一个特殊的喷嘴喷出冷却空气，冷却空气大约-5 度。此冷空气由扇形喷嘴浇注到锯片上。

2. 8 中心润滑系统

用来给导向和特殊轴承杆的螺母提供润滑，根据设备设定参数给润滑点提供润滑。

3. 长度测量挡料器（定尺挡板）

每台锯一个长度测量挡料器，用来调整钢管定尺长度。

4. 液压单元

每台锯一个液压机组。

5. 管头收集装置

根据初步设计，管头坑长 20 米，宽 1.9 米，比 0 米平台低 1 米，内放管头收集箱。锯床切完管头后，由挡板将管头移送到输出辊道台架区域，输出辊道台架区域有一个由液压缸控制的管头清除翻板，翻板倾斜使管头沿滑道进入管头收集箱。管头收集箱装满后，由叉车将装满管头的收集箱运出车间。车间外设有管头处理站，配有葫芦吊，将管头收集箱内管头倒入管头专用运输车，由运输车将管头运到公司废钢处进行再利用。管头收集箱仍由叉车运回车间循环使用。

6. 锯片更换装置

锯片更换装置包括一台悬臂吊（悬臂吊上装有两个电葫芦）、固定在主机顶部的滑道及可在滑道上移动的一个可悬挂锯片法兰盘的电葫芦组成。更换锯片时，首先将锯片打到工具更换位，断开安全开关并用锁锁上，打开锯床的安全门，将锯屑刷装置移开，锯片减振装置摆到前面，然后用气动扳手将锯片固定螺栓卸掉，用主机上部的电葫芦将锯片法兰盘吊起并移到主机外侧，再用悬臂吊内侧的电葫芦将旧锯片吊起并移到悬臂吊内侧，然后用悬臂吊外侧的电葫芦吊上新锯片装到主机上，装上法兰盘并用螺栓固定，调整好锯屑刷、锯片润滑及锯片冷却装置后，关上锯床安全门，将旧锯片放到地面上，确认锯床附近无人后，打开安全开关然后进行锯床的操作。利用操作间隙将旧锯片放到旧锯片收集箱，然后将一张新锯片放到锯床附近，为锯床备好新锯片，以备下一次更换锯片时使用。

7. 锯切机组生产能力计算

在计算管排锯的生产能力时，需考虑切断时间和总间隙时间。总间隙时间包括管排运输时间（辊道运输速度 2m/s 时间间隙时间为 30 秒）和锯切间隙时间（指水平、垂直夹具的夹紧和打开，锯片的预切和打开时间等，20 秒。）。

下面根据以上间隙时间，计算锯切以下规格钢管时锯切机组的生产能力。计算结果见下表 1.2:

表 1.2

序号	钢管 外径 mm	钢管 壁厚 mm	来料 长度 m	定尺 长度 m	锯切 次数	每排 根数	锯切周期		PQF 机组 生产能 力 根/小时	四台锯 生产能 力 根/小时
							纯切时 间 min	间 隙 时间 s		
1	48	3.2	80	10.83	8	17	0.285	50	145	454
2	60	6.5	80	10.97	8	14	0.73	50	145	268
3	73	7	67.4	10.85	7	11	0.42	50	147	263
4	89	6.5	52.6	10.22	6	9	0.6	50	144	251
5	108	6	43.3	10.56	5	7	0.45	50	145	218
6	114.3	6.88	38.2	9.31	5	7	0.49	50	143	211
7	127	7.52	34.8	11.35	4	6	0.48	50	145	274
8	133	8	31.2	10.19	4	6	0.51	50	147	267
9	139.7	9.17	28.4	9.25	4	6	0.69	50	132	236
10	159	8	24.6	12	3	5	0.94	50	145	169
11	168	7	24.6	12	3	5	0.8	50	145	183

以上计算是以四台锯的加工能力进行计算的，并根据初步设计和管排锯 100%加工能力参数表采取了相关数据。

根据上表计算结果可知，锯切机组生产能力能够满足热轧 PQF 机组生产节奏要求。

8. 锯床进给速度的计算：

$$\text{锯切速度 } V_1 = \frac{\pi Dn}{1000} \text{ m/min}$$

式中： D—锯片直径 mm

n—锯片转速 rpm

$$\text{进给速度 } V = \frac{1000(S/Z) \cdot V_1}{T} = (S/Z) \cdot Z \cdot n$$

式中： S/Z—每齿切削量 mm

Z—齿数

T—齿节数

由上式可知进给速度：进给速度与每齿切削量（S/Z）成正比。

在锯切时，根据钢管材质和钢级来选择合适的锯切速度与每齿切削量。

第四节 锯后管排运输装置

锯床后辊道标高为 3525 毫米，矫直机标高为 1050 毫米（指被矫钢管的底部）。锯后管排通过两组回转臂、管排运输链、辊道及拨料器来实现向矫直机逐支送料。

回转臂旋转半径 1370 毫米。管排运输链上设有盛放管排的托架，托架宽度略小于平辊辊面宽度。运输链下有两条管排运输辊道，辊道为平辊，设计为可升降式，方便实现两条锯切线向三台矫直机分配送料。正常生产时 4#管排锯后的钢管送向 1#和 2#矫直机，每三排钢管中两排送向 1#矫直机，一排送向 2#矫直机；3#管排锯后的钢管送向 3#和 2#矫直机，每三排钢管中两排送向 3#矫直机，一排送向 2#矫直机。如相关设备出现故障时，可根据生产实际情况进行调整。图 1.3 为本装置平面示意图。

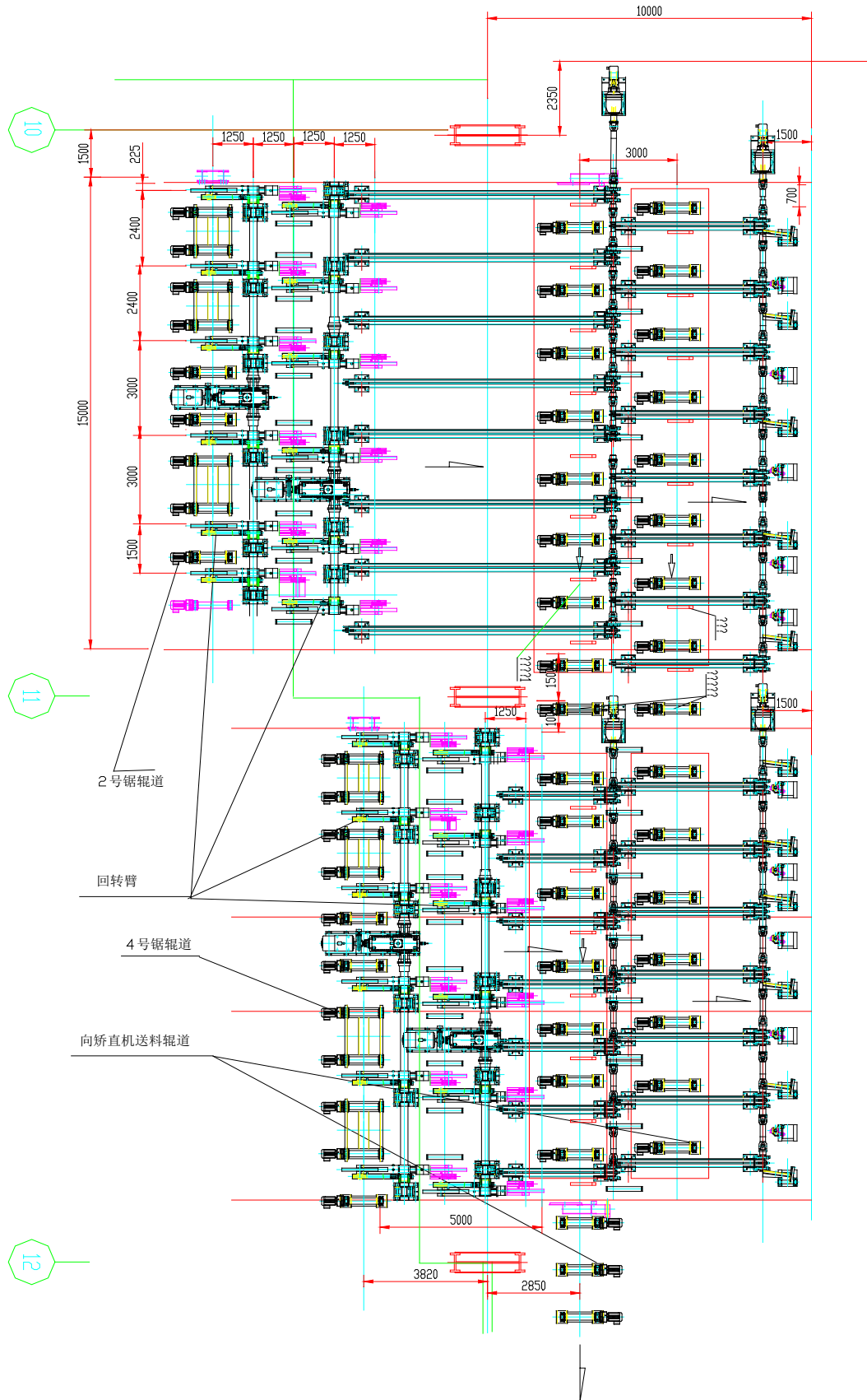


图 1.3 管排横移运输平面示意图

第五节 矫直机

矫直机型式：JGL-168，是斜辊立式 2-2-2 六辊冷矫矫直机，辊子布置形式为上下各 3 辊成对布置，共三台。矫直机进料方式为侧进料。

矫直工序的任务是消除轧制、运送、热处理和冷却过程中钢管产生的弯曲，使钢管的弯曲度达到产品标准的要求，同时矫直工序还有一定的消除钢管椭圆度的作用。

一、矫直原理：

矫直作用主要是通过一对向上调节的中间辊来得到的，由此产生钢管的纵向反复弯曲，与此同时，每对矫直辊还对钢管施加一定的压力，使钢管横截面发生椭圆变形；这种椭圆变形、弯曲变形叠加，促使钢管在变形过程中有一个拉得比较开的塑性变形范围。矫直过程中，钢管的每个横截面在这一塑性范围内连续多次地横向来回弯曲，同时弯曲变形逐渐减小，达到钢管被矫直的效果。

冷矫矫直机采用冷变形工艺，冷变形过程中软化过程小，硬化是很强的变形过程。

冷变形的温度范围是其熔点绝对温度的 0.25 倍以下，基本是在室温下完成的。由于温度低于 $0.25T_{\text{熔}}$ 时发生恢复很小，硬化在整个塑性变形过程中起主导作用，因而冷变形时金属抗力指标随着所承受的变形程度的增加而持续上升。塑性指标则随着变形程度增加而逐渐下降，表现出明显的硬化现象，当积累的冷变形量过大时，在金属达到所要求的形状和尺寸以前，将因塑性变形能力的“耗尽”而产生破断。因此，材料的冷变形工作一般要进行多次，每次只能根据材料本身的性质及具体的工艺条件完成一定数值的总变形量，而且各次冷变形中间，需要将硬化了的、不能继续变形的坯料进行退火以恢复塑性。

冷变形的优点是所得到的制品表面光洁、尺寸精确、形状规整。恰当选择冷变形—退火循环时，可以得出具有任意硬度的产品。这是热变形很难实现的。

矫直过程中，钢管压扁会在钢管中产生交变的切向应力，由于包辛格效应和残余应力的作用，会使钢管强度降低。因此，矫直时要严格控制钢管压扁量。

关于包辛格效应：

多晶体金属在受到反复交变的载荷作用时，出现塑性变形抗力降低的现象，称包辛格效应。

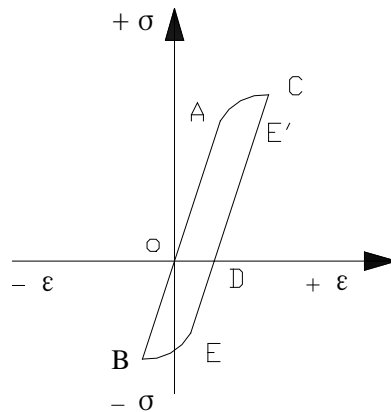


图 1.4 包辛格效应

如图 1.4，显示包辛格效应时，所得到的应力变形曲线的例子。拉伸时材料的原始屈服应力在 A 点，若对此材料进行压缩时，其屈服应力也与它相近（在点线的 B 点），以同样的试样使其受载荷超过 A 点而至 C 点，卸载后将沿 CD 线返回至 D，若在此时对它施以压缩负荷，则开始塑性变形将在 E 点，E 点的应力明显地比原来受压缩材料在 B 点的屈服应力低，这个效应是可逆的，若原试样经塑性压缩再拉伸时，同样发生屈服应力降低的现象。

实际上，当连续变形是以异号应力来交替进行时，可降低金属的变形抗力，用同一符号的应力而有间隙地连续变形时，则变形抗力连续地增加。

(包辛格效应仅在塑性变形不太大时才出现。如黄铜是在给予 4% 以下的塑性变形时才出现明显的包辛格效应，对于硬铝则小于 0.7%。)

在钢管矫直的过程中，它的变形有轴向变形和径向变形，但是它的变形是复杂的。

1. 纵向弯曲分析：

纵向弯曲矫直是使钢管产生与弯曲相反方向的塑性变形来达到矫直弯曲的目的，而不弯曲的管子断面只产生弹性变形，塑性变形区占支撑距的 40% 长度，如图 1.5 所示。

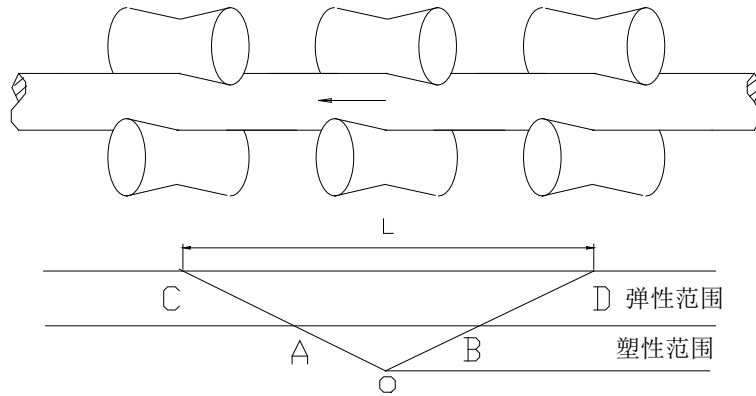


图 1.5 矫直原理图

对于对向布置的六辊矫直机它除利用弯曲矫直（通过提高中间下辊高度）外，在上下两个矫直辊之间还给予一个径向压力。如果设两端矫直辊的距离为 L ，则在 L 的范围内，包括弹性变形区和塑性变形区两部分。一般情况下，塑性变形区为 L 的 40%，即钢管沿 COD 曲线弯曲。如图 1.5 所示。但是 CA 和 BD 部分的钢管处于弹性变形区，所以钢管没有得到任何矫直，只有在 AOB 范围内，钢管由于发生塑性变形而得到矫直，而在 O 点的变形量最大，应该在此点（即中间辊）给钢管一个与它的原始曲率相同或稍大一点的弯曲曲率，使钢管得以矫直。

2. 横向压扁效应：

横向压扁是通过叠加椭圆压扁变形来达到矫直的目的。在矫直截面中产生如图 1.6 $BCDE$ 的塑性区。这对矫直效果是非常重要的，因为弯曲矫直不能使截面全部为塑性区，利用压扁变形来补偿。另外，对局部弯曲、管端弯曲、纵向弯曲矫直效果很差，必须是纵向弯曲和压扁的共同作用才能达到满意的矫直效果。（注：提高钢管壁厚精度可提高钢管的抗压溃性能，矫直时，钢管压扁会在钢管中产生交变的切向应力，由于包辛格效应和残余应力的作用而使钢管强度降低。因此钢管的矫直要严格控制钢管的压扁量。）

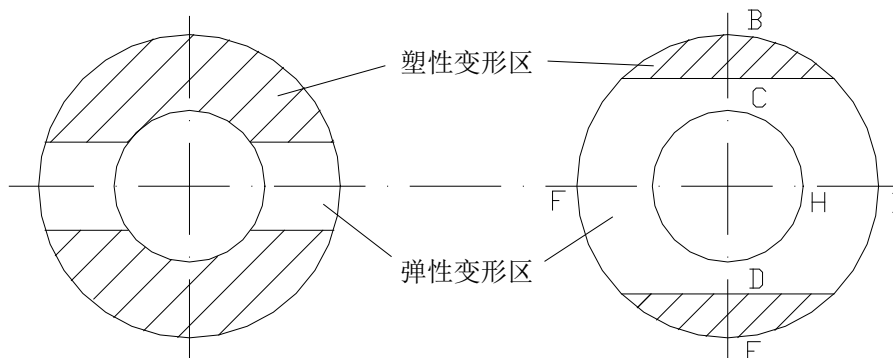


图 1.6 变形原理图

3. 螺旋接触带：

矫直时钢管螺旋前进，钢管与矫直辊的螺旋接触带必须沿钢管全长覆盖。如图 1.7 所示，必须使钢管每一断面均受到压扁产生椭圆变形，才能得到矫直效果。

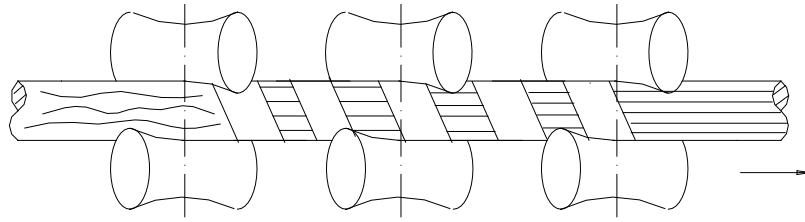


图 1.7 螺旋带分布图

4. 钢管塑性弯曲次数

经过塑性区钢管横截面的塑性弯曲次数可经过下式进行计算

$$n = \frac{2 \times 0.4 \times L}{d \times \pi \times \text{tg } \alpha}$$

钢管转动一周的前进距离:

$$S = \pi d \text{tg } \alpha$$

L—矫直辊支点距离;

d—钢管外径;

α —矫直辊与矫直中心线夹角。

显然, 钢管的横截面在塑性区的反复弯曲次数越多, 矫直的效果越好。如果矫直辊的有效长度为 L, 则钢管在矫直辊之间至少要旋转一周, 才能保证钢管每个横截面都得到一次反复弯曲和椭圆变形的叠加变形, 从而得到良好的矫直效果。

5. 根据下式计算矫直机压下量和挠度值

压下量计算公式:

$$C = \frac{D - S}{D} \times 100\%$$

C—压扁度, 一般取 $C = 0.5 \sim 1\%$;

D—钢管直径;

S—矫直时辊缝。

挠度计算公式:

$$f = \frac{\sigma_s \cdot L^2}{E \cdot D \cdot K}$$

f—挠度 (中间辊偏移量);

σ_s —钢管屈服强度;

L—矫直辊辊距;

E—钢管弹性模量;

D—钢管直径;

K—系数, 一般取 20~50 (随压扁度 C 变动)。

二、设备参数和主要技术性能:

钢管规格: 直径 $\Phi 32 - \Phi 168.3\text{mm}$

壁厚: 2.5—25mm

矫前状况: 钢管直径公差: $\leq \pm 1.5\%$

壁厚公差: $\pm 15\% - \pm 10\%$

钢管弯曲度: 管体 $< 20\text{mm}\%$

管端<30mm%

钢管允许有冷锯锯切毛刺
矫直温度： ≤150℃
最大屈服强度： 100Mpa
矫后状况：管体弯曲度： 0.5/1000mm 管端 1/1000mm（1米内）
全长弯曲度： ≤3mm
椭圆度： ≤0.3%
表面质量： 钢管表面无压痕
矫直速度： 1-3m/s（无级调速）
矫直间歇时间： ≤4秒
矫直辊调整数据精度： 升降≤0.1mm、转角≤0.1度
主电机功率： 250KW 两台（每台矫直机）、电压：440V
矫直辊尺寸： 辊长 530mm、辊径 420mm、重车量≥10mm
材质为高铬铸铁材质
辊型曲线为生产厂专利公式计算出的

三、设备组成及特点

1. 入口辊道：

速度 3.3m/s 变频无级调速、电机功率 2.2kw
长度 16 米（升降辊道）、辊距 2 米、辊数 9 个
最大转角 15 度
入口辊道内设置防甩尾装置（三套三辊式、斜向布置）
轴承座为点式干油润滑

2. 主机：

—机架采用液压予应力机架，确保机架刚性

—矫直机主动齿轮采用硬齿面齿轮，使用寿命长

—电机调整升降及转角，方便快捷。升降电机功率 4×1.5kw,转角电机功率 6×1.5kw

（注：在看设备图纸时发现，调整中间下辊角度时，挠度会相应改变。经与矫直机设计人员探讨，此问题无法解决，今后使用时需特别注意。）

—矫直机设有快开系统，上三辊具有快开功能，在矫直钢管端部时快速退让避开管端，以保证正常、稳定、有效的矫直。快退保护油缸采用专利技术，使十字梁的受力条件大大改善，并使保护油缸密封圈的更换简单方便。

—矫直辊转角及升降位置设有机械显示系统。

—设有换辊小车，方便换辊，换辊小车由电机带动。

—进口导槽开度可根据管材直径大小进行调整，并有位置检测装置。导槽开口度调整电机功率 1kw。

—矫直机设有氧化铁皮收集装置，小车由电机带动。

—矫直机标高为+1050mm（指被矫管底部）

3. 出口夹送辊

液压升降，夹送辊速度 3.6m/s,电机功率 7.5kw,~380v,单辊驱动，上下辊均为 V 形辊，钢管表面不能有压痕，上辊可升降。

4. 出口料槽

滑动式出料槽，设有铸铁衬板，台面可根据钢管直径横移调整。设有液压侧推装置，侧推油缸一个。

5. 液压系统

每台矫直机一个液压站，当矫直辊误操作或其他原因造成过载时，保护油缸可迅速卸荷抬起，避免损坏设备。快开油缸直径 450mm，系统压力 14Mpa。

6. 监控系统

—主机概要画面：主机及系统的主要参数。

—运行画面监控：模拟整台主机的运行，整个画面随机械的运行动态显示，包括拨料、入口辊道的升降动作、入口辊道盖板的开启、入口辊道的启停、导槽的闭合及打开位置、矫直机的运行、矫直辊的快开动作、出口夹送辊的升降、启停、出口槽的拨料、料管位置的动态显示。

—本机供电系统监控：完成本机低压供电系统的监控，能模拟显示本机电控系统中主要供电开关的开合、供电回路的通断状态。

—自动设定监控：完成主机调整参数的自动设定，用户只需输入料管管径、料管长度、料管材质、单根重量（0.0246615（D-S）S Kg/m）、炉号，本机即可完成矫直速度的自动设定、矫直辊转角自动调整、矫直辊辊缝自动调整、导槽开度自动调整、入口辊道速度自动设定等功能，调整完毕后才允许整机投入自动运行。

—液压系统监控：完成液压系统所有电磁阀的运行状态监视。

—矫直速度设定画面：完成矫直机速度的设定及显示、入口辊道速度设定及显示、单台直流电机速度修正、直流电机的电枢电流显示、直流电机的励磁电流显示、矫直机速度及电流的动态曲线显示。

—传动系统监控：完成直流装置的运行及故障状态模拟显示、变频器的运行及故障状态模拟显示。

—矫直辊转角修正：完成六个矫直辊的转角自动修正及显示。

—矫直辊辊缝修正：完成三对矫直辊的辊缝自动修正及显示。

—导槽开度修正：完成导槽开度的修正及显示。

—故障监控画面：入口辊道故障、角度调整故障、辊缝调整故障、转角极限报警、辊缝极限报警、拨料故障报警、导槽开度极限报警、出口夹送辊、出口料槽拨料故障等监控。

—日生产报表：每日产量的统计，包括料管的根数、管径、长度、材质、炉号、吨位。

—月生产报表：每月产量的统计，包括料管的根数、管径、长度、材质、炉号、吨位。

—季度报表：每季度产量的统计，包括料管的根数、管径、长度、材质、炉号、吨位。

—年度报表：每年度产量的统计，包括料管的根数、管径、长度、材质、炉号、吨位。

—管理报表具有自编辑功能。

7. 机旁操作点

可手持移动，在主操作台允许的情况下，可完成以下功能：矫直辊角度、辊缝的自动调整显示，导槽开度的自动调整及显示，导槽的打开、闭合控制及显示。

8. 矫直辊更换

矫直辊磨损到一定程度后会影响到矫直质量，必须进行换辊。矫直辊的更换是通过使用带有液压驱动的换辊小车来完成的。换辊时卸下矫直辊与万向接轴的联接螺栓，调整各矫直辊的角度至 90°，降低上辊高度至恰当位置，利用垫块和螺栓联接上下辊座，拆除下辊固定螺栓，调整上矫直辊到一定高度，此时下矫直辊及辊座一起提起，操作换辊小车使小车伸到下矫直辊辊座下方，然后将矫直辊放到小车上，固定后拆除上矫直辊固定螺栓，调整压下机构使辊座与机构脱开，然后操作拉出换辊小车，用天车将矫直辊吊走。用同样方法卸下其他两对矫直辊。新矫直辊的安装次序基本与拆卸次序相反。

四、矫直机小时产量

矫直机生产能力根据公式 $A=3600/T$ 计算：

式中：A 为生产能力

T 为生产每支管的实际周期时间； $0.8T$ =生产每支管的理论周期时间

理论周期时间= t_1+t_2

$t_1 = L$ (钢管长度) / V (矫直速度); t_2 为间隙时间

矫直间隙时间为 4 秒, 矫直速度至 3 米/秒。

因此矫直机生产能力为:

钢管长度为 6 米时生产能力为: $0.8 \times 3600 / (6/3 + 4) = 480$ 根/小时

钢管长度为 12 米时生产能力为: $0.8 \times 3600 / (12/3 + 4) = 360$ 根/小时

钢管长度为 15 米时生产能力为: $0.8 \times 3600 / (15/3 + 4) = 320$ 根/小时

以钢管长度 12 米、间隙时间 4 秒计算矫直机生产各规格钢管时的小时产量, 计算结果见表

1.3。

表 1.3

钢管直径 mm	长度 m	速度 m/s	根数/小时
48	12	2~3	288~360
55	12	2~3	288~360
60	12	2~3	288~360
65	12	2~3	288~360
70	12	2~3	288~360
75	12	2~3	288~360
80	12	2~3	288~360
85	12	1.5~2.5	240~327
90	12	1.5~2.5	240~327
95	12	1.5~2.5	240~327
100	12	1.5~2.5	240~327
105	12	1.5~2.5	240~327
110	12	1.5~2.5	240~327
115	12	1.5~2.5	240~327
120	12	1.5~2.5	240~327
125	12	1~2	180~288
130	12	1~2	180~288
135	12	1~2	180~288
140	12	1~2	180~288
145	12	1~2	180~288
150	12	1~2	180~288
155	12	1~2	180~288
160	12	1~2	180~288
168	12	1~2	180~288

从上表数据可知, 三台矫直机的生产能力能够满足热轧 PQF 机组生产节奏要求, 但矫直机负荷率较高。

五、生产周期表 (见表 1.4)

表 1.4

Pipe	L	V	V ₁	V ₂	T	T ₁	T ₂	t	Q _Z	Q _C
管径	长度	矫直速度	矫前速度	矫后速度	矫直时间	矫前时间	矫后时间	总时间	小时产量	纯产量
diameter	m	m/s	m/s	m/s	s	s	s	s	P/h	P/h
48	15	3	3.3	3.6	5.6	4.5	4.2	14.3	252	355
	11	3	3.3	3.6	4.3	3.3	3.1	10.7	338	474
168	9.6	3	3.3	3.6	3.8	2.9	2.7	2.4	384	537
48	15	2.6	2.86	3.12	6.5	5.2	4.8	16.5	218	308
	11	2.6	2.86	3.12	4.9	3.8	3.5	12.3	293	411
168	9.6	2.6	2.86	3.12	4.4	3.4	3.1	10.8	333	465
48	15	2	2.2	2.4	8.4	6.8	6.3	21.5	168	237
	11	2	2.2	2.4	6.4	5.0	4.6	16.0	225	316
168	9.6	2	2.2	2.4	5.7	4.4	4.0	14.1	256	358
48	15	1.5	1.65	1.8	11.2	9.1	8.3	28.6	126	177
	11	1.5	1.65	1.8	8.5	6.7	6.1	21.3	169	237
168	9.6	1.5	1.65	1.8	7.6	5.8	5.3	18.8	192	268
48	15	1	1.1	1.2	16.8	13.6	12.5	42.9	84	118
	11	1	1.1	1.2	12.8	10	9.2	32.0	113	158
168	9.6	1	1.1	1.2	11.4	8.7	8.0	28.1	128	179

第六节 吹吸灰装置

张减径机组的终轧温度在 850~920℃，然后经冷床冷却，这样钢管内外表面会生成一定的氧化铁皮。钢管经过矫直后，外表面的氧化铁皮大部分已剥落，但内表面的氧化铁皮虽然脱离了钢管的表面，但还是存在于钢管的内孔之中，为了保证钢管的洁净，满足探伤与检查等工序的工艺要求，采用吹吸灰装置将钢管内孔的氧化铁皮清除干净，并搜集除尘。

矫直后钢管从矫直机出口料槽推出，经辊道对齐后进入吹吸灰装置。

一、吹吸灰装置技术参数

钢管规格：Φ168×22~Φ32×3mm
 钢管长度：6000~15000mm
 吹吸风速：15m/s
 吹吸循环周期：5~8 秒无级可调（星形架转动 60° 约 2 秒，吹吸时间约 1~2 秒）
 总功率：~20kw

二、对外部设施要求

- (1) 整机布局按北钢院车间总体设计为依据
- (2) 车间提供≥5m³/min, 0.4~0.6mpa 的压缩空气到指定供气点
- (3) 380V 和 220V 电源及照明

三、吹吸灰装置的构成

图 1.8 为本装置的构成框图。

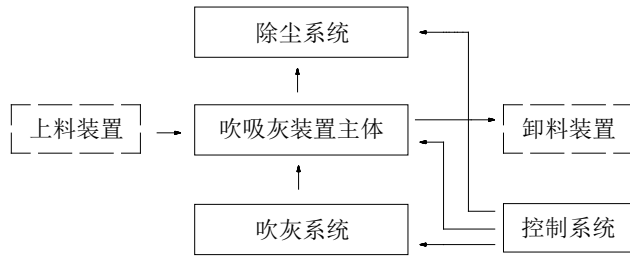


图 1.8 装置构成图

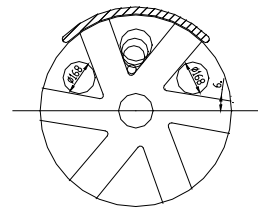


图 1.9 星形架

1. 吹吸灰装置主体

由可转动的星形架、顶盖、支架、顶梁和驱动部分组成。星形架分成 6 个隔仓（如图 1.9），每个隔仓转到顶部时，与顶盖共同形成相对密闭的除尘室。除尘室左右两侧的隔仓分别为进料仓和出料仓。隔仓内装有可更换的衬板。顶盖吊挂在顶梁上，高度可调。星形架两端为各带 6 个孔的花盘。该孔对准隔仓，作为吹吸灰的通道。

星形架由一台变频调速电机、行星减速器驱动，按 60 度转角断续旋转。自带制动器的电机出轴处另设一制动器，尾部装有编码器。

星形架下的遗留灰，由裙板导至地面，方便人工定时清扫。

2. 吹灰系统

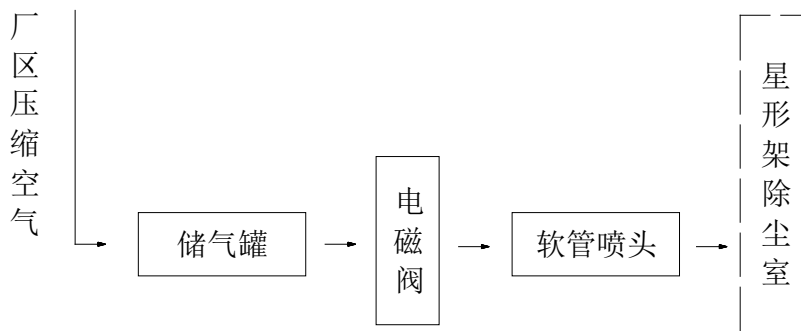


图 1.10 吹灰系统框图

系统框图见图 1.10，喷嘴根据钢管规格大致分为 3~4 档。喷嘴高度采用人工手轮调节，并带标示。喷嘴可方便更换，以适应不同直径钢管。喷嘴喷出的气流正对内孔，将灰吹出。钢管内处于正压状态。系统断续喷吹。

3. 除尘系统

系统框图如图 1.11，沉降箱可以除去 70% 灰尘。除尘器灰斗底部设有行星排灰阀，连续向外排灰，系统连续工作，吹灰时，星形架除尘室呈负压状态。

排灰阀排出的灰，卸入积灰斗，积灰斗由吊车吊走。

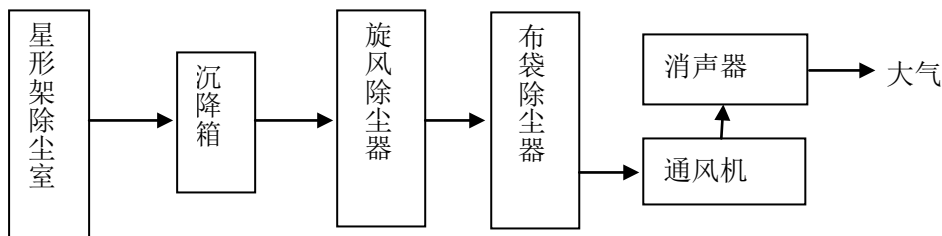


图 1.11 除尘系统框图

4. 控制系统

本装置采用 PLC（S7-300）控制，可实现自动和手动操作。自动控制时，手动优先，星形架

手控转动时有可逆向转动的功能。

5. 过程描述

钢管管端在上料台架上按吸灰端对齐，上料装置把钢管拨入星形架的进料仓内，星形架随即转动 60°，到达吹灰位置停止。吹灰系统的喷嘴对准钢管内孔瞬时喷入压缩空气进行吹灰，除尘系统则从另一端将灰吸出并作除尘处理。与次同时，下一个星形架隔仓内拨入另一根钢管。当星形架在转 60° 时，已除灰的钢管从卸料侧卸出。重复以上过程，连续不断地工作，实现本工序的功能。

四、生产能力

因为吹吸灰循环周期为 5~8 秒无级可调，所以吹吸灰装置生产能力为：

$0.8 \times 3600 \div 8 \sim 0.8 \times 3600 \div 5$ 根/小时，即 360~576 根/小时。

根据以上计算，以三台吹吸灰装置的生产能力能够满足 PQF 机组生产节奏要求。

五、吹灰后钢管运输装置

吹灰后钢管由拨料器拨到横移运输链，使钢管边前进边旋转，方便进行人工检查钢管质量。人工检查后的钢管由拨料器拨入探伤 V 型辊道，实现为探伤送料。

第七节 涡流探伤

一、无损检测概论

顾名思义，所谓无损检测就是在材料、设备、结构等不被破坏的前提下，利用材料的物理性能随缺陷而改变的特性来检测缺陷是否存在及缺陷的形状、大小、位置以及发展趋势的检测方法（或过程）被称为无损检测。

缺陷是指材料性能在连续性、纯洁度均匀性方面的不足，或总称为不连续性。而狭义上的伤是指几何上的不连续性，是缺陷上的一种，一般把伤和缺陷混在一起。

材料上的不连续性包括：

1. 几何上的不连续性：裂纹、缩孔、针孔、分层、气孔、尺寸公差等；
2. 物理上的不连续性：应力集中、组织不均匀等；
3. 化学上的不连续性：化学成分的偏析。

钢铁在生产过程中容易产生多种缺陷，比如在进行压力加工时锻造会产生表面开裂、内裂、直横、脱碳、白点；轧制过程中会产生尺寸公差、形状不规范，以及在热处理过程中产生的热处理应力及热处理裂纹等。

在生产线上，采用无损探伤快速对产品进行监控、检测并进行分类。几种常用的缺陷检测方法，针对表面缺陷有涡流、漏磁、磁粉、渗透和目测等，可以使用超声、射线等方式进行内部探伤，最新还有声发射、声全息、远红外、中子射线、核磁共振和电磁超声等多种方式。根据涉及到的物理性能基本可以分成几种，通过射线照射下的物理性能的方式称为射线检测（简称：RT）；采用弹性波方式的成为超声检测（简称：UT）包括声全息等；利用钢铁的电磁特性的电磁检测包括磁粉（简称：MT）、涡流（简称：ET）；利用金属表面特性的渗透检测（简称：PT）；除以上五大常规检测手段外还有利用产品热学性质的热成像、红外线检测……

根据生产需要，在预精整经过初步整理的钢管需要经过涡流探伤工序进行检测，为了安全快速的进行无损检测，要进入探伤设备准备进行检测的钢管应为经过锯切、矫直整理并吹灰后的平头钢管，要在保证钢管直度的同时尽可能去除钢管表面的氧化铁皮和钢管内部的灰尘等干扰物质。以下针对涡流探伤设备进行一下详细的介绍。

二、涡流检测工序

1. 涡流（简称：ET）探伤原理简介：

电磁感应原理是涡流检测的物理基础，涡流探伤适用于导电材料。交变电磁场在导电材料中感应出涡流，由于材料自身因素（电磁性能、缺陷、尺寸）的变化都会引起涡流的变化。所以涡流检测适用于检测导电材料的不连续性（裂纹、夹杂、材质不均匀等）；电导率变化（化学成分、

硬度、应力、温度、热处理状态)；磁导率变化；试件几何尺寸；被检件与检测线圈间的距离等。

涡流探伤仪的种类很多，电路形式也各不一样，但它们的工作原理基本相同。即信号发生电路产生交变电流供给检测线圈，线圈的交变磁场在检测对象中感生涡流，由于对象自身因素引起涡流变化反过来作用于线圈；通过信号处理电路消除线圈变化中的干扰因素而鉴别缺陷效应；最后显示出探伤结果。(下图 1.12 为涡流探伤仪的工作原理框图)

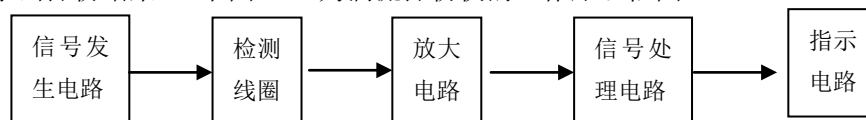


图 1.12 涡流探伤工作原理框图

涡流探伤与试件不接触，不要耦合剂，表面探测灵敏度高，影响涡流的因素很多所以被测对象也很多，涡流可以在高温下检测，并且检测结果以电信号显示，方便存储、再现及进行数据的比较和处理。但是涡流检测的对象必须是导电材料，由于涡流存在趋肤深度制约了所能检测的深度，同时涡流检测还处于当量比较检测阶段，定量分析还有待提高。

导体中形成涡流的同时，涡流产生的焦耳热又使电磁场的能量不断损耗。因此在导体内部的磁场是逐渐衰减的，表面的磁场强度大于深层的磁场强度，也就导致了涡流随着深度的增加而衰减，且明显集中于导体表面，这种现象被称为趋肤效应。把磁场强度和涡流密度只有导体表面处的 $1/e$ (约 36.7%) 处称为渗透深度，在渗透深度处的涡流和磁场的相位较表面处的相位滞后了 1 个弧度或 57.3° 。

在生产过程中，矫直工件时所引起的不均匀内应力容易改变材料的磁特性，尤其对材料的起始磁导率有影响，从而使钢管上每段的相对磁导率都不相同，所以铁磁性材料不能在弱磁场下进行检测，必须先进行磁饱和。

2. 设备及工艺简介

涡流检测是预精整生产线的主要工序，负责初步对铁磁性或非铁磁性热轧无缝平头钢管的缺陷进行检测和评价。为了涡流设备可以可靠的检测出缺陷，钢管内、外表面必须没有脏物，去除污垢，锈和毛刺以保证得到信噪比为三比一的钢管条件。

涡流设备主体由磁饱和线圈和探头组成，磁饱和线圈起探头支架的作用，对钢管进行饱和磁化。主体设备、进给单元 (B-140)、退磁和喷标系统在同一平台上，由编码器控制其高度，整体调整以保证同心度。

钢管由吹灰装置中出来进入横移台架然后拨入探伤前辊道，辊道以 3m/s 速度经过探伤设备，由接近开关控制进给单元的闭合以保证钢管在检测线圈内的稳定运行。退磁系统采用交流和直流复合式退磁方式以保证能彻底退磁，对经过涡流设备的钢管进行退磁，退磁结果如果用霍尔高斯仪检查应该不超过 30 高斯。退磁的目的就是将钢管表面上残留的磁场降低，避免影响后面的工序，比如造成倒棱机刀的偏移。喷标系统由程序控制在管体发现缺陷的位置喷涂标记更加有利操作人员确认缺陷的位置和程度，并根据缺陷的程度喷涂不同的颜色。

探头检测钢管表面，接收器板接收检测信号，根据探伤原理分析整理数据然后显示在显示器上并在打印机上打印出来作为记录保存。包括下表 1.5 涵盖所有规格的 17 种探头：

表 1.5

规格	规格	规格
32mm	88.9mm	133.0mm
48.3—50.8mm	95mm	139.7mm
57.0—60.3mm	101.6—102mm	159.0mm
63.5mm	108mm	168.3mm
73.0—76.0mm	119.3mm	177.8mm
83.0mm	127.0mm	

三、设备主要技术参数如下：

可检测最小外径	32.0mm (1.26in.)
可检测最大外径	180.0mm (7+in.)
最小壁厚	2.5mm
最大壁厚	12.0mm
探伤速度 (最快)	600feet/min. (3.048m/s)
盲区	≤150mm
钢管外径变化	<±1%
钢管壁厚变化	符合 API 5CT 的要求
钢管直度	1.5mm/m, 总长不超过 9mm
管端偏移	<5mm/m
管端	平头管 (锯切后应平滑)
管长	最小: 6m; 最大: 15m
最大管体温度为	180°F (82°C)
电源要求	380V 交流, 3 相, 10KW
压缩气源	6kg/cm ²

因为设备生产工作模式为不间断式, 涡流设备持续通电, 由于电磁的转化涡流线圈会产生大量的焦耳热, 对钢管检测和设备的使用寿命造成影响, 为避免由于过热而产生的故障此套设备配备了冷却单元, 采用清洁的循环水冷却。对冷却磁化线圈的水源要求:

清洁的循环水

压力: 2—2.6bar.

流量: 80l/s

压缩空气, 压力为 6kg/cm², 使用 1 英寸管线

四、涡流机组生产能力:

涡流机组长度为 5 米, 机组前辊道长度为 20.4 米, 进给单元 B—140 允许钢管的探伤速度至 3 米/秒。因吹吸灰装置为吸端对齐, 最长钢管长度 15 米, 所以涡流探伤间隙时间为 (5.4+5)/3=3.5 秒。又因为理论周期时间为实际周期时间的 0.8 倍。

因此为: 涡流机组生产能力

钢管长度为 6 米时生产能力为: $0.8 \times 3600 / (6/3 + 3.5) = 523$ 根/小时

钢管长度为 12 米时生产能力为: $0.8 \times 3600 / (12/3 + 3.5) = 384$ 根/小时

钢管长度为 15 米时生产能力为: $0.8 \times 3600 / (15/3 + 3.5) = 338$ 根/小时

根据以上计算, 涡流机组生产能力能够满足热轧 PQF 机组生产节奏要求。

第八节 喷印装置

喷印装置能进行自动喷印的生产过程控制, 由计算机控制完成给料、对齐、喷印标记等工序。主控计算机以屏显方式给出喷印工位上的钢管分布状态, 并将相应信息按国际标准喷印在相应钢管上。

喷印装置能够对产品的生产状况进行记录、存储和统计, 并可根据要求打印输出各种报表。并具有以下功能:

—人工预设定及修改项目参数

—可根据需要对存储数据进行人工修改

—自动存储、显示、统计、打印

—自动、手动操作

—喷头自动清洗和定期清洗

- 系统自检和故障报警
- 正、反向交替喷印
- 100 个特殊字符（含汉字）

一、主要技术参数

1. 主要技术规范

执行规范为 API SPEC 5CT

2. 钢管规格

钢管外径： $\Phi 48(32) \sim \Phi 168.3\text{mm}$
 钢管重量： 20kg~1000kg
 钢管长度： 6~15m

3. 喷标

标号方式： 喷标 点阵式 10×8、12×8、14×10、16×12 等 10 多种
 标号高度：(mm) 10~50 等 10 多种
 喷点直径：(mm) 约 1~2
 标号速度： 0~120m/min
 标记介质： 白色涂料
 喷印字符种类： 计算机能编辑的任意字符和图形
 耗漆量： 约 0.01 升/1000 个字符
 生产能力： 430 根/小时，可连续作业
 小于等于 1000 个字符时，最大喷印范围 4800mm

4. 能源要求

供电要求： 380V±10%；50HZ
 220V±10%；50HZ
 装机容量： 约 5kw
 供气要求： 0.4~0.6Mpa;1m³/h
 环境温度： 1℃~40℃（如在 1℃~10℃之间出现喷标不清晰，由设备制造方免费提供加热装置以达到正常使用）

二、生产工艺

钢管经过拨料机构横向进入台架—喷头下降—加速—调整—均速—调整—减速—喷头升起—钢管进入输出链。

三、设备说明

1. 喷印过程

喷印装置由喷印小车横移机构、喷印小车下降机构、喷头、液动及气动装置、控制系统、计算机解码、软件系统等组成。喷印装置整体结构如图 1.12 所示。

喷印小车横移机构由横梁、齿条、轨道、伺服电机及其控制驱动部分、位置检测系统组成。喷印小车升降部分包括升降气缸、位置检测机构组成；喷头由 16 个或 14、10 个喷管组成；系统由 16 个高速气动阀等组成；液动系统由涂料泵、液压阀等组成；控制器由 PLC、驱动电源、伺服电机驱动模块、数据采集卡及相应的软件系统等组成。

喷号的工作过程如下：当钢管到达指定的工位后，喷印装置的横移机构和升降机构到达钢管的相应位置，然后气动机构开始工作，同时液压系统靠涂料泵供涂料，开始喷印，喷印根据喷头的设计可为多种形式的点阵；待一批钢管喷印结束，喷头升起，退回初始位置，清洗泵启动，开始对喷头进行冲洗，以防堵塞。

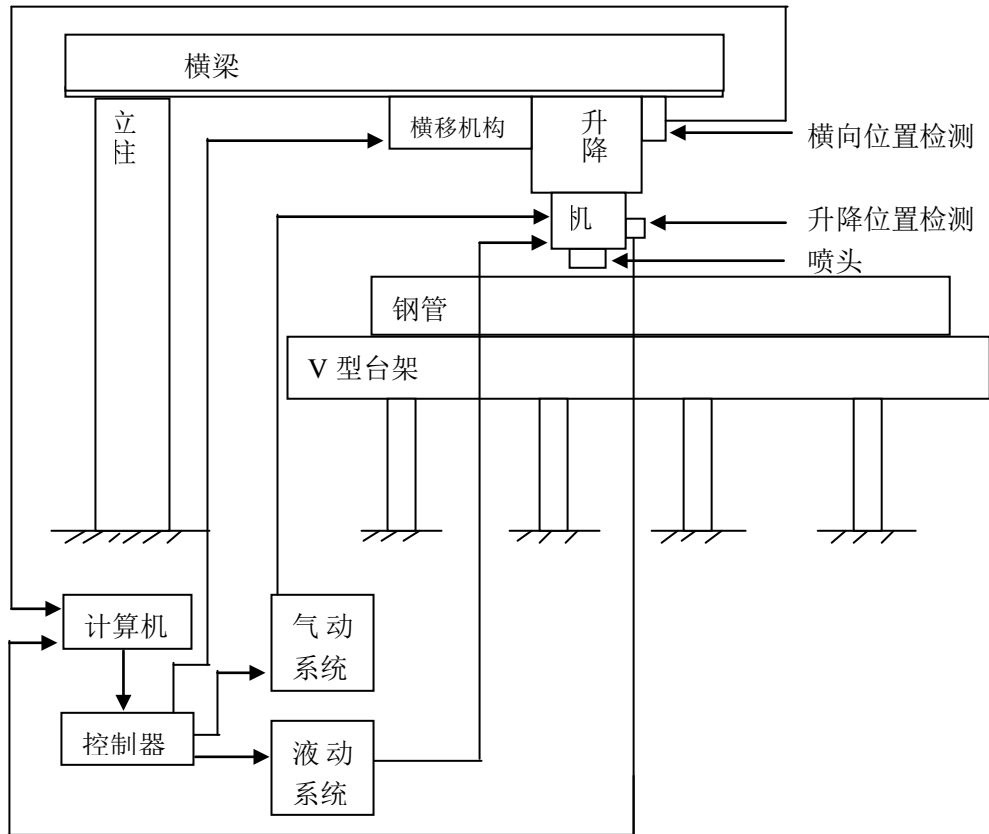


图 1.13 喷印装置系统组成图

2. 控制系统

电控系统实现工件的跟踪、数据显示、数据管理，通过数据总线方式将数据通讯模块、数据采集、PLC 工控机等工作连接起来，组成一个层次分明的系统。考虑工作现场的需要，分为手动和自动工作模式。

控制系统配置采用集、散型控制结构，将喷标、传动机构、传感器、控制器、驱动器、管理系统等控制功能全部集中在计算机上，实现了管理、驱动、信号采集、故障诊断等多种功能的综合自动化。

控制系统的典型特征是分散化、智能化、网络化，是一种分散式智能控制系统。其基本特征是：

- (1) 强调控制和智能的全分散化，各个设备是具有自治功能的智能主体，相互之间高内聚，松耦合。某些局部协调通过 PLC 机自动完成，而上层的主机实现大范围的协调等高级控制功能。
- (2) 信息处理、决策控制等工作分散于生产控制的各个环节，在层次上出现的是一种纵向的递阶结构，但其功能出现了前端化、局部集中化，全局分散化。对主机的性能要求不高，但系统有较强的稳定性。
- (3) 为工厂 ERP 留有接口和网络接口。
- (4) 通讯采用 RS232 和 485 口，既灵活又可靠；通讯介质为屏蔽双绞线。

3. 软件部分：

在系统主控界面中显示不同的操作按钮：自动喷号、设置、统计查询和人员管理、状态等。点击不同的按钮，分别进入自动喷号、编号、打印、参数设置、统计查询、人员管理等操作。系统能自动生成和保存喷印和打印的模板，为工作人员提供了极大方便。

软件可以自动监视系统喷印工位的工作状态。

软件可自动实现喷标的故障诊断和报警。

可对统计查询的方式进行设定：按照时间（分别是年、月、日和班）统计、和按编号、类别等多种形式进行统计；

管理分为系统管理，人员管理、密码管理，保证了系统的可靠性。

统计结果可以按照柱状图、折线图显示，也可以按照工厂要求，打印、存储为相应的表格或 Excel 文件。

软件系统工作环境：Windows NT 或 Windows 98；

系统开发环境：Delphi 6.0

为了检验轧制出钢管的性能，要求在钢管上切取环状试样。取样由再切锯完成，钢管的再切改尺也由再切锯来完成。

钢管的修磨在修磨台架上进行。

钢管的取样、再切和修磨的详细过程请详见第五章中的介绍。

第二章 精整线加工工艺

第一节 光管线（精整线）概述

精整线在厂房的位置是：与管坯库在同一跨，即 C-D 跨；在 13 号柱到 16 号柱；17 号到 20 号柱内，全长 384 米，跨度 30 米，柱距 18 米，共分两条线。其设备包括：复合式探伤设备、管端探伤机组、倒棱机组、一台水压机组、测长—称重—打印—喷标机组、涂层机组、一台打捆成型机组。这两条线加工的产品有：管线管、光套管、结构管、液压支柱管、低中压锅炉管、高压锅炉管、流体管、气瓶管等主要品种。切削加工产生的铁屑，采用冷却液（乳化液）冲走的方式，集中收集处理。

（一）光管线产品大纲：

光管线来料钢管的直径有 26 种，最小直径 $\Phi 48$ ，最大直径 $\Phi 168$ ；壁厚有 34 种，最小壁厚 3.2，最大壁厚 25。按品种分类下表 2.1 所示：

表 2.1

序号	品种	产品规格 D×S (mm)	钢号或钢级	执行标准
1	半成品套管料	114.3~139.7× 5.21~22.23	J55,N80,L80-Cr13, C90,P110,Q125	API5CT
2	半成品油管料	48.3~114.3× 3.68~15.49	J55,N80,C90,P110	API5CT、API5L
3	半成品钻杆料	60.3~139.7× 6.65~24.7	E75,X95,C105,Si35	API5D
4	高压锅炉管	48~168× 3.5~25	20G, 12CrMoVTiB	GB5310-1995
5	低中压锅炉管	48~168× 3.5~25	10,20	GB3087-1999
6	管线管	60.3~168.3× 3.9~22	B,×42-×80	API5L
7	流体管	50~168× 3.5~25	10,20,16Mn	GB8163-1999
8	结构管	50~168× 3.5~20	20,45, 27SiMn5	GB8162-1999
9	支架管	83~127×8~12	27SiMn5	GB/T17396-1998
10	气瓶管	101.6~168.3× 3.9~10	37Mn,30CrMo, 34Mn2V	GB18248-2000

（二）光管线主要对 10 种钢管进行加工，而这 10 个产品所走的加工工艺又有所不同（如下表 2.2 所示），在光管线上进行的主要加工是：复合探伤、管端探伤、铣端面、倒棱、测长、称重、打印、喷标、水压实验、等。

表 2.2 年产量分配表及各机组加工量的百分比

产品类型	执行标准	管端探伤	倒棱	水压实验	复合式探伤	测长、称重、打印、喷标	涂层、涂层干燥工序
半成品套管	API SPEC5CT	100%	平端面、去毛刺	100%	100%	100%	100%
半成品油管	API SPEC5CT	100%	平端面、去毛刺	100%	100%	100%	100%
半成品钻杆料	API SPEC5D	100%	平端面、去毛刺	100%	100%	100%	100%
高锅管	GB5310-1995	100%	平端面、去毛刺	100%	100%	100%	执行用户要求
低中锅管	GB3087-1999	20%	平端面、去毛刺	100%	100%	100%	执行用户要求
管线管	API SPEC5L	100%	API5L管端要求	100%	100%	100%	执行用户要求
结构管	GB8162-1999	/	平端面、去毛刺	/	执行用户要求	100%	执行用户要求
支架管	GB/T17396-1998	/	平端面、去毛刺	/	/	100%	执行用户要求
气瓶管	GB18248-2000	100%	平端面、去毛刺	执行用户要求	100%	100%	执行用户要求
流体管	GB8163-1999	/	平端面、去毛刺	执行用户要求	执行用户要求	100%	执行用户要求
石油裂化管	GB9948-88	100%	平端面、去毛刺	100%	100%	100%	执行用户要求
高压化肥管	GB6479-2000	100%	平端面、去毛刺	100%	100%	100%	执行用户要求

(三) 生产能力

对于我们的两条生产线，生产能力即生产率从实践经验来看，决定生产能力高低主要由水压机能力及倒棱机的生产能力来决定。总结公式如下：

$$\text{pcs/H} = \frac{\text{pcs/Y}}{\text{pcc/Y} \times 0.8 + \text{水压机或倒棱机的实际产量}}$$

注：pcs/H—小时根数；pcs/Y—年根数

故从上式可以看出，加工大口径钢管时，生产线上的瓶颈是水压机；而在加工厚壁钢管且倒坡口时（19 mm、20 mm、21 mm、22 mm），生产线上的瓶颈将是倒棱机。若只要求打压的品种，则可从水压机前台架上料，经水压工序完成工艺要求后，从收集料筐吊走转至下道工序，从而解决瓶颈问题。

下表为水压机和倒棱机的生产能力表（表 2.3 和 2.4）：

表 2.3 水压机生产能力表

序号	产品规格			年产量 t/a	每支重量 kg	年产支数	设计生产率 p/min	设计年生产小时数
	外径mm	壁厚mm	长度 m					
1	48	3.5	10.00	1000	38.4	26042	5	87
2	60.3	4.83	10.00	3000	66	45455	5	152
3	60.3	6.45	10.00	4500	85.7	52509	5	175
4	60.3	7.11	10.00	4500	93.2	48283	5	161
5	73.0	5.51	10.00	3000	91.7	32716	5	109
6	73.0	7.00	10.00	4500	113.9	39509	5	132
7	73.0	14.00	10.00	9000	203.7	44183	5	147
8	89.0	7.10	10.00	7500	143.4	52302	5	174
9	89.0	15.20	10.00	7500	276.6	27115	5	90
10	114.3	6.35	10.00	6000	169	35503	4	148
11	114.3	8.56	10.00	10500	223.2	47043	4	196
12	114.3	13.50	10.00	18000	335.6	53635	4	224
13	114.3	17.10	10.00	9000	409.9	21957	4	92
14	141.3	7.90	10.00	7500	259.9	28857	4	120
15	141.3	12.7	10.00	18000	402.8	44687	4	186
16	141.3	19.10	10.00	13500	575.6	23454	4	98
17	168.3	12.70	10.00	10500	487.3	21547	4	90
18	168.3	21.90	10.00	13500	790.7	17074	4	71
合计				150000		661871		2452

表 2.4 $\Phi 168$ 钢管倒棱机生产能力表

序号	钢管类型	直径	壁厚	重量	生产率	定尺长度	热轧轧制时间	热轧小时定尺根数	精整定尺总根数	总时间
		mm	mm	Kg	根/分	m	h	pcs/h	pcs	h
1	气缸管	101.6	3.90	376.0	5.5	10.0	36.8	600	22098	66.96
2	气缸管	110.8	4.10	323.7	5.5	10.0	34.4	450	15497	46.96
3	气缸管	165.0	5.10	402.2	4.5	10.0	17.0	300	5114	18.94
4	气缸管	114.0	6.00	479.4	4.5	10.0	29.6	450	13322	49.34
5	气缸管	168.0	10.00	906.6	2.0	11.6	19.4	256	4966	41.38
6	流体管	50.0	3.50	280.7	7.0	10.0	26.8	1050	28125	66.96
7	流体管	108.0	5.00	381.0	5.0	10.0	19.7	450	8882	29.61
8	流体管	89.0	5.00	518.0	6.0	10.0	14.4	750	10817	30.05
9	流体管	127.0	6.00	537.0	4.5	10.0	13.9	450	6250	23.15
10	流体管	133.0	6.00	563.7	4.5	10.0	13.2	450	5956	22.06
11	流体管	63.5	5.00	504.7	7.0	10.0	29.6	1050	13086	74.01
12	流体管	50.0	5.00	388.5	7.0	10.0	30.1	1050	31641	75.34
13	流体管	60.0	5.00	474.6	7.0	10.0	15.8	1050	16637	39.61
14	流体管	108.0	6.00	603.6	4.5	10.0	12.4	600	7418	27.47
15	流体管	83.0	6.00	569.5	5.0	10.0	19.9	750	14890	49.63

16	流体管	76.0	6.00	621.6	6.0	10.0	24.2	900	21774	60.48
17	流体管	76.0	6.50	668.4	6.0	10.0	45.0	900	40500	112.50
18	流体管	57.0	6.00	528.5	6.0	10.0	21.4	1050	22429	62.30
19	流体管	108.0	7.50	743.6	4.0	10.0	20.5	592	12109	50.45
20	流体管	168.0	7.00	555.8	3.5	10.0	13.6	300	4066	19.36
21	流体管	60.0	6.50	600.6	6.0	10.0	25.0	1050	26250	72.92
22	流体管	73.0	7.00	683.4	6.0	10.0	21.8	900	19660	54.61
23	流体管	89.0	8.00	639.2	4.0	10.0	17.6	600	10547	43.95
24	流体管	133.0	8.00	739.8	3.5	10.0	20.3	450	9122	43.44
25	流体管	102.0	8.00	741.6	4.0	10.0	20.3	600	12162	50.68
26	流体管	140.0	8.00	520.8	3.5	10.0	21.6	300	6490	30.90
27	流体管	159.0	8.00	595.8	3.0	10.0	12.6	300	3792	21.07
28	流体管	50.0	7.00	519.4	6.0	10.0	36.1	1050	37861	105.17
29	流体管	168.0	8.00	631.4	3.0	10.0	17.8	300	5329	29.61
30	流体管	60.0	7.50	679.7	6.0	10.0	11.0	1050	11581	32.17
31	流体管	133.0	10.00	606.6	2.5	10.0	18.5	300	5563	37.09
32	流体管	127.0	10.00	865.5	2.5	10.0	19.4	402	7797	51.98
33	流体管	95.0	10.00	838.4	3.0	10.0	19.6	548	10722	59.57
34	流体管	108.0	10.00	725.1	3.0	10.0	10.03	450	4644	25.80
35	流体管	159.0	10.00	734.8	2.5	10.0	15.3	300	4602	30.68
36	流体管	83.0	10.00	720.0	3.0	10.0	20.8	600	12500	69.44
37	流体管	140.0	12.00	757.6	2.0	10.0	9.9	300	2961	24.68
38	流体管	127.0	12.00	680.6	2.0	10.0	11.0	300	3309	27.58
39	流体管	159.0	12.00	870.0	2.0	10.0	14.5	266	3870	32.25
40	流体管	168.0	12.00	923.4	2.0	10.0	9.8	250	2446	20.38
41	流体管	159.0	14.00	500.6	2.0	10.0	15.0	150	2250	18.75
42	流体管	73.0	14.00	814.8	3.0	10.0	10.0	556	5535	30.75
43	结构管	50.0	3.50	280.7	7.0	10.0	13.4	1050	14063	33.48
44	结构管	63.5	4.00	352.2	7.0	10.0	21.2	900	19104	45.49
45	结构管	108.0	5.00	381.0	5.0	10.0	19.7	450	8882	29.61
46	结构管	127.0	6.00	537.0	4.5	10.0	13.9	450	6250	23.15
47	结构管	133.0	6.00	563.7	4.5	10.0	13.2	450	5956	22.06
48	结构管	63.5	5.00	504.7	7.0	10.0	22.2	1050	23314	55.51
49	结构管	55.0	5.00	388.5	7.0	9.1	29.1	1050	30550	72.74
50	结构管	108.0	6.00	603.6	4.5	10.0	18.5	600	11126	41.21
51	结构管	83.0	6.00	569.5	5.0	10.0	13.2	750	9926	33.09
52	结构管	76.0	6.00	621.6	6.0	10.0	18.1	900	16331	45.36
53	结构管	89.0	6.50	661.0	5.0	10.0	11.4	745	8466	28.22
54	结构管	76.0	6.50	668.4	6.0	10.0	16.9	900	15188	42.19
55	结构管	57.0	6.00	528.5	6.0	10.0	21.4	1050	22429	62.30
56	结构管	60.0	6.00	559.3	6.0	10.0	13.4	1050	14063	39.06
57	结构管	108.0	7.50	743.6	4.0	10.0	20.5	592	12109	50.45
58	结构管	168.0	7.00	555.8	3.5	10.0	13.6	300	4066	19.36

59	结构管	60.0	6.50	600.6	6.0	10.0	12.5	1050	13125	36.46
60	结构管	73.0	7.00	683.4	6.0	10.0	16.4	900	14745	40.96
61	结构管	89.0	8.00	639.2	4.0	10.0	17.6	600	10547	43.95
62	结构管	133.0	8.00	739.8	3.5	10.0	15.2	450	6841	32.58
63	结构管	102.0	8.00	741.6	4.0	10.0	20.3	600	12162	50.68
64	结构管	114.0	8.00	627.3	4.0	10.0	23.9	450	10771	44.88
65	结构管	140.0	8.00	520.8	3.5	10.0	14.4	300	4327	20.60
66	结构管	159.0	8.00	595.8	3.0	10.0	12.6	300	3792	21.07
67	结构管	50.0	7.00	519.4	6.5	10.0	36.1	1050	37861	105.17
68	结构管	168.0	8.00	631.4	3.0	10.0	17.8	300	5329	29.61
69	结构管	60.0	7.50	679.7	6.0	10.0	16.5	1050	17371	48.25
70	结构管	133.0	10.00	606.6	2.5	10.0	12.4	300	3709	24.73
71	结构管	127.0	10.00	865.5	2.5	10.0	14.5	402	5848	38.99
72	结构管	95.0	10.00	838.4	3.0	10.0	19.6	548	10722	59.57
73	结构管	108.0	10.00	725.1	3.0	10.0	10.3	450	4644	25.80
74	结构管	159.0	10.00	734.8	2.5	10.0	10.2	300	3068	20.45
75	结构管	83.0	10.00	720.0	3.0	10.0	15.6	600	9375	52.08
76	结构管	140.0	12.00	757.6	2.0	10.0	14.8	300	4441	37.01
77	结构管	127.0	12.00	680.6	2.0	10.0	11.0	300	3309	27.58
78	结构管	159.0	12.00	870.0	2.0	10.0	9.7	266	2580	21.50
79	结构管	168.0	12.00	923.4	2.0	10.0	4.9	250	1223	10.19
80	结构管	159.0	14.00	500.6	2.0	10.0	7.5	150	1125	9.38
81	结构管	73.0	14.00	814.8	3.0	10.0	10.0	556	5535	30.75
82	中低压锅炉管	48.0	3.50	268.8	7.0	10.0	70.3	1050	73828	175.78
83	中低压锅炉管	63.5	4.00	352.2	7.0	10.0	84.9	900	76415	181.94
84	中低压锅炉管	108.0	5.00	381.0	5.0	10.0	29.6	450	13322	44.41
85	中低压锅炉管	48.0	4.00	303.8	7.0	10.0	61.1	1050	64198	125.85
86	中低压锅炉管	89.0	5.00	518.0	6.0	10.0	21.6	750	16226	45.07
87	中低压锅炉管	57.0	4.50	408.1	7.0	10.0	46.1	1050	48412	115.27
88	中低压锅炉管	76.0	5.00	525.0	6.0	10.0	35.6	900	32041	89.00
89	中低压锅炉管	127.0	5.59	502.2	4.5	10.0	37.5	450	16875	62.50
90	中低压锅炉管	133.0	6.00	563.7	4.5	10.0	21.6	450	9736	36.06
91	中低压锅炉管	63.5	5.00	504.7	7.0	10.0	32.6	1050	34239	21.52
92	中低压锅炉管	48.0	5.00	371.0	7.0	10.0	54.7	1050	57422	136.72
93	中低压锅炉管	60.0	5.00	474.6	7.0	10.0	23.8	1050	24956	59.42
94	中低压锅炉管	108.0	6.00	603.6	4.5	10.0	27.1	600	16265	60.24
95	中低压锅炉管	83.0	6.00	569.5	5.0	10.0	39.7	750	29779	99.26
96	中低压锅炉管	89.0	6.50	661.0	5.0	10.0	28.4	745	21165	70.55
97	中低压锅炉管	57.0	6.00	528.5	6.0	10.0	21.4	1050	22429	62.30
98	中低压锅炉管	60.0	6.00	559.3	6.0	10.0	40.2	1050	42188	117.19
99	中低压锅炉管	108.0	7.50	743.6	4.0	10.0	15.3	592	9082	37.84
100	中低压锅炉管	168.0	7.00	555.8	3.5	10.0	13.6	300	4066	19.36
101	中低压锅炉管	89.0	8.00	639.2	4.0	10.0	29.3	600	17578	73.24

102	中低压锅炉管	133.0	8.00	739.8	3.5	10.0	15.2	450	6841	32.58
103	中低压锅炉管	114.0	8.00	627.3	4.0	10.0	35.9	450	16157	67.32
104	中低压锅炉管	168.0	8.00	631.4	3.0	10.0	17.8	300	5329	29.61
105	中低压锅炉管	133.0	10.00	606.6	2.5	10.0	30.9	300	9272	61.81
106	中低压锅炉管	108.0	10.00	725.1	3.0	10.0	25.8	450	11611	64.51
107	中低压锅炉管	159.0	10.00	734.8	2.5	10.0	25.6	300	7470	51.13
108	中低压锅炉管	159.0	12.00	870.0	2.0	10.0	19.4	266	5159	42.99
109	中低压锅炉管	168.0	12.00	923.4	2.0	10.0	21.2	250	5299	44.16
110	高压锅炉管	48.0	4.00	303.8	7.0	10.0	24.5	1050	25679	61.14
111	高压锅炉管	57.0	4.50	408.1	7.0	10.0	18.4	1050	19365	46.11
112	高压锅炉管	76.0	5.00	525.0	6.0	10.0	14.2	900	12816	35.60
113	高压锅炉管	48.0	4.50	338.1	7.0	10.0	11.0	1050	11581	27.57
114	高压锅炉管	60.0	5.00	474.6	7.0	10.0	19.4	1050	20366	48.49
115	高压锅炉管	83.0	6.00	569.5	5.0	10.0	13.2	750	9926	33.09
116	高压锅炉管	76.0	6.00	621.6	6.0	10.0	6.0	900	5444	15.12
117	高压锅炉管	89.0	6.50	661.0	5.0	10.0	11.4	745	8466	28.22
118	高压锅炉管	76.0	6.50	668.4	6.0	10.0	5.6	900	5063	14.06
119	高压锅炉管	57.0	6.00	528.5	6.0	10.0	7.1	1050	7476	20.77
120	高压锅炉管	60.0	6.00	559.3	6.0	10.0	13.4	1050	14063	39.06
121	高压锅炉管	108.0	7.50	743.6	4.0	10.0	5.1	592	3027	12.61
122	高压锅炉管	168.0	7.00	555.8	3.5	10.0	13.6	300	4066	19.36
123	高压锅炉管	60.0	6.50	600.6	6.0	10.0	6.3	1050	6563	18.23
124	高压锅炉管	89.0	8.00	639.2	4.0	10.0	5.9	600	3516	14.65
125	高压锅炉管	168.0	8.00	631.4	3.0	10.0	7.9	300	2368	13.16
126	高压锅炉管	60.0	7.50	679.7	6.0	10.0	5.5	1050	5790	16.08
127	高压锅炉管	133.0	10.00	606.6	2.5	10.0	12.4	300	3709	24.73
128	高压锅炉管	108.0	10.00	725.1	3.0	10.0	10.3	450	4644	25.80
129	高压锅炉管	159.0	12.00	870.0	2.0	10.0	9.7	266	2580	21.50
130	高压锅炉管	168.0	12.00	923.4	2.0	10.0	4.9	250	1223	10.19
131	高压锅炉管	159.0	14.00	500.6	2.0	10.0	7.5	150	1125	9.38
132	液压支柱管	127.0	6.00	537.0	4.5	10.0	20.8	450	9375	34.72
133	液压支柱管	102.0	8.00	741.6	4.0	10.0	20.3	600	12162	50.68
134	液压支柱管	127.0	10.00	865.5	2.5	10.0	9.7	402	3899	25.99
135	液压支柱管	114.3	10.00	775.6	3.0	10.0	14.7	447	6559	36.44
136	液压支柱管	83.0	10.00	720.0	3.0	10.0	31.3	600	18750	104.17
137	液压支柱管	127.0	12.00	680.6	2.0	10.0	16.5	300	4963	41.36
138	液压支柱管	168.3	18.00	667.2	1.5	10.0	11.3	150	1688	18.76
139	液压支柱管	159.0	20.00	685.6	1.0	10.0	12.7	150	1911	31.85
140	液压支柱管	139.7	22.00	638.6	1.0	10.0	23.4	150	3516	58.60
141	管线管	60.3	4.83	462.7	7.0	10.0	30.8	1050	32363	77.05
142	管线管	73.0	5.51	550.2	6.0	10.0	32.0	900	28764	79.90
143	管线管	114.3	6.35	507.0	4.5	10.0	37.0	450	16653	61.68
144	管线管	89.0	7.10	717.0	5.0	10.0	62.5	750	46875	156.25

145	管线管	60.3	6.45	599.2	6.0	10.0	43.8	1050	45938	127.61
146	管线管	73.0	7.00	683.4	6.0	10.0	54.6	900	49150	136.53
147	管线管	141.3	7.90	519.8	3.5	10.0	43.3	300	12981	61.81
148	管线管	114.3	8.56	669.6	4.0	10.0	45.0	450	20250	84.38
149	管线管	60.3	7.11	653.1	6.0	10.0	57.4	1050	60268	167.41
150	管线管	141.3	12.70	805.6	2.0	10.0	39.1	286	11191	93.26
151	管线管	168.0	12.00	923.4	2.0	10.0	29.3	236	6926	57.72
152	管线管	114.3	13.50	671.2	2.0	10.0	55.7	300	16708	139.23
153	管线管	73.0	14.00	814.8	3.0	10.0	34.8	556	19374	107.63
154	管线管	89.0	15.20	829.8	3.0	10.0	29.9	408	12186	67.70
155	管线管	114.3	17.10	819.8	2.0	10.0	24.7	278	6859	57.16
156	管线管	141.3	19.10	575.6	1.5	10.0	26.2	150	3924	43.60
157	管线管	168.3	21.90	790.7	1.0	10.0	18.1	144	2605	43.42
							3444	610	2279097	7989.97
							总计	(平均)	总计	
		直径	壁厚	重量	根数	定尺长度	热轧 年轧 制时间	小时 定尺根数	定尺 总根数	
序号	钢管类型	mm	mm	Kg	No	m	h	Pcs/h	Pcs	

(四) 设备明细表 (表 2.5)

表 2.5

设备名称	台(套)数	长×宽×高(m)	重量 (吨)	产地
倒棱机组	2套、4端	21×3×108	10	西安
水压机组	1套	23×14×6.5		西安
测量点(测长、称重、涂色环、喷标)	2套	/	/	杭州
涂漆机组	2套	1.5×1×1	/	北京
打捆成型机组(进口)	1套	/	48	意大利

第二节 工艺流程及工艺参数

一、光管线（精整线）工艺流程图（见图 2.1）：

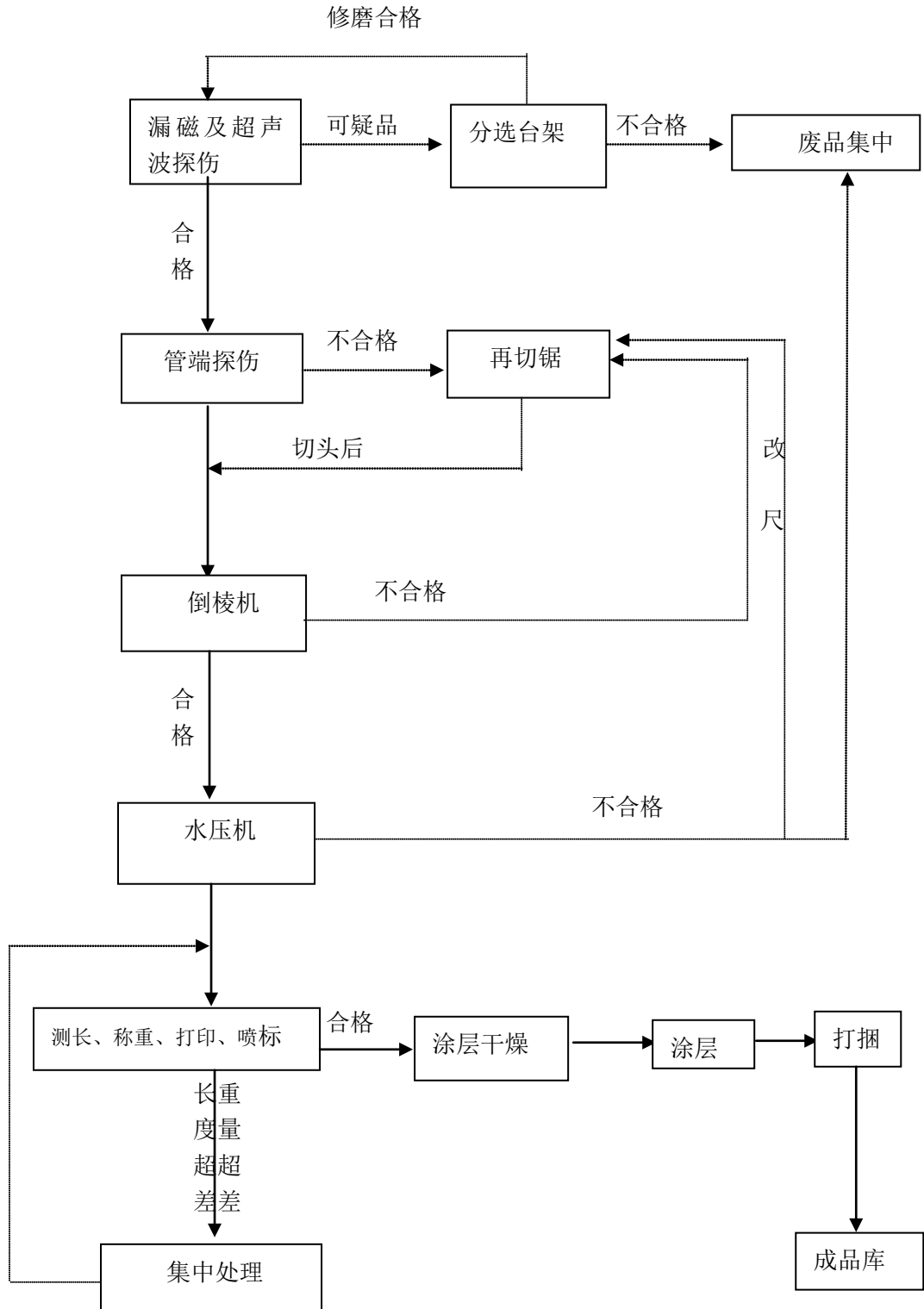


图 2.1 精整线工艺流程图

注：虚线箭头所指工序为离线设备，执行相关工艺要求后，集中或组批上线处理。

精整线的工艺流程描述：

列于产品方案中的光管在这两条线上加工，类型不同的光管，其生产工艺各异。然而从产品加工百分比构成可以看出大部分产品加工工艺是基本相同的，这就是各种类型的钢管可以在这两条线

上加工的原因。所以本生产工艺仅以一条生产线为例加以描述。

第三节 复合探伤

一、复合探伤各工序原理简介：

1. 漏磁（简称：EMI）探伤原理简介

如果将铁磁介质放置在磁场中，由于磁场的特性在铁磁介质中便将均匀布满磁力线，由于磁力线的连续性如果遇到阻碍磁力线将会绕行，在介质表面形成磁力线突起，通常称这个突起为磁桥。而根据电磁感应原理，闭和的线圈切割磁力线时，在闭和的线圈内部将会产生一感应电动势。

漏磁探伤就是利用这个原理；小直径 AMALOG（以下简称 STA）载入稳定的直流电源，设备中产生一恒定磁场，磁力线的方向固定，当铁磁性无缝钢管进入设备中，磁力线在钢管管壁沿周向均匀分布（见下图 2.2）。

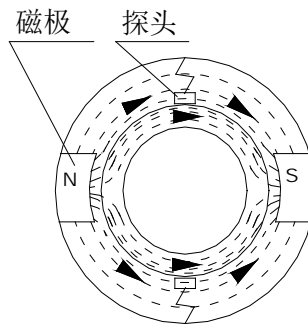


图 2.2: STA 工作原理示意图

如果钢管管体有纵向缺陷会对磁力线的传播造成阻碍，由于磁力线的连续性，磁力线将绕过形成障碍的缺陷在钢管表面形成磁桥。STA 的两个探头跟随设备一同绕钢管旋转，每个探头中的线圈平行于钢管表面，一旦有缺陷存在线圈切割磁桥，在线圈中便产生感应电动势。这个感应电动势的大小取决于线圈切割磁桥处的磁通量，即由缺陷的大小决定。外表面缺陷会产生比较突兀的磁桥而产生较高的感应电动势频率，内表面形成的磁桥还要经过管壁所以在表面处生成的磁桥比较平缓感生出的感应电动势频率较低（见下图 2.3）。图中 1：磁场；2：探头；3：缺陷。与涡流探伤类似，探头检测出的电信号经过放大和信号处理，根据感应电动势频率的高低可以分辨并确认缺陷是内伤或是外伤然后在显示器上显示出来并可配合声音，同时可以转化为模拟数字量打印出来便于操作人员核查。

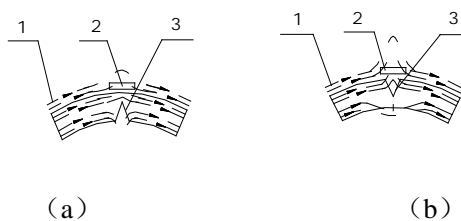


图 2.3: 缺陷及磁桥示意图

2. 超声（简称：UT）探伤原理简介：

人可以听见的声音频率在 20~2 万 Hz 之间，将大于 2 万赫兹的波称为超声波，根据波动的传播方向分为纵波、横波和表面波。超声波的波长 λ 、频率 f 和传播速度 C 之间的关系是：

$$\lambda = C/f$$

超声波具有以下特性：

- A. 超声波的方向性好：超声波象光波一样具有良好的方向性，可以定向发射，犹如一束手电筒灯光可以在黑暗中找到所需物品一样在被检材料中发现缺陷。

- B. 超声波能量高: 超声波的能量远大于声波的能量, 如 1MHz 的超声波的能量相当与 1kHz 的声波的 100 万倍。
- C. 能在界面上产生反射、折射和波型转换: 在超声波探伤中, 利用了超声波具有几何声学的一些特点, 如在介质中直线传播, 遇界面产生反射、折射和波型转换等。

超声波探伤原理是, 将超声波探伤仪产生的高频电脉冲加在探头上, 激励探头中的压电晶片振动, 使之产生超声波。超声波以一定的速度向工件中传播, 遇到缺陷时, 一部分声波被反射回来, 另一部分声波继续向前传播, 遇到工件底面后也反射回来。由缺陷及底面反射回来的声波达到探头时, 又通过压电晶片将振动变为电脉冲, 发射波 (T)、缺陷波 (F) 和底波 (B) 经过仪器放大后, 可以在仪器的荧光屏上显示出来, 如图 2.4 所示:

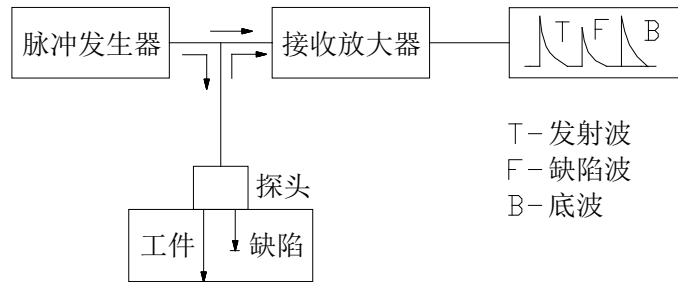


图 2.4

实际中最常用的超声波探伤方法是缺陷反射法和底面多次反射法。下图 1 是缺陷反射法的基本原理, 当试件完好时, 超声波可顺利传播到达底面, 在底面光滑且与探测面平行的条件下, 探伤图形中只有发射脉冲 T 及底面回波 B 两个信号, 如图 2.5 (a) 所示。若试件中存在缺陷, 在探伤图形中, 底面回波前有表示缺陷的反射波 F, 如图 2.5 (b) 所示。

图 2.6 是底面多次反射法的基本原理。在试件完好无缺陷的情况下, 超声波可在探测面与底面之间往复传播多次, 示波屏上出现幅度呈指数衰减的多次底波 B_1 、 B_2 、 B_3。如果试件存在缺陷, 则由于缺陷的反射以及散射而增加了声能的损耗, 底面回波减小, 甚至消失, 由此便可判断缺陷的存在及严重程度。

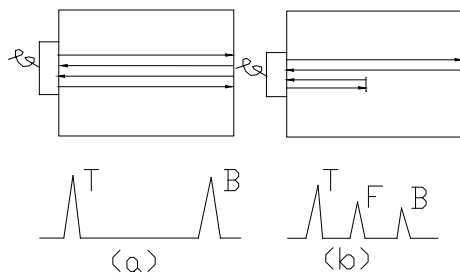


图 2.5

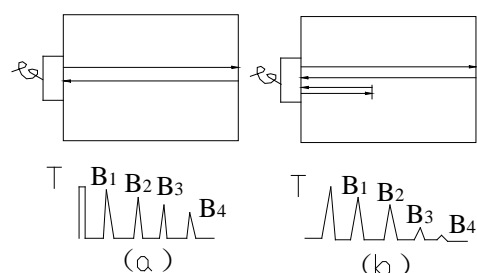


图 2.6

超声波探伤中, 可以根据需要, 采用不同的超声波波型进行探伤。

- 1) 纵波法: 使用直探头发射纵波进行探伤的方法, 称为纵波法。此法常将波束垂直入射至试件探测面, 以不变的波型和方向透入试件, 所以又称垂直入射法。如下图 2.7 所示。垂直法主要用于铸造、锻压、轧材及其制品的探伤, 该法对与探测面平行的缺陷检出效果最佳。
- 2) 横波法: 将纵波通过楔块倾斜入射至试件探测面, 利用波型转换得到横波进行探伤的方法, 称为横波法, 由于透入试件的横波束与探测面成锐角, 所以又称斜射法。如下图 2.8 所示。此法主要用于管材、焊接的探伤。
- 3) 表面波法: 使用表面波进行探伤的方法, 称为表面波法。如图 2.9 所示。这种方法主要

用于表面光滑的试件的探伤。

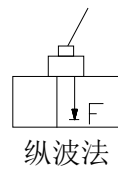


图 2.7

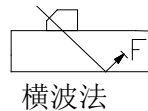


图 2.8

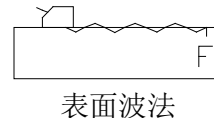


图 2.9

在超声波探伤中，超声波的产生和接收过程是一种能量转换过程，这种转换是通过探头实现的，探头的作用就是将电能转换为超声能（产生超声波）和将超声能转换为电能（接收超声波）。

某些晶体受到拉力或压力而产生变形时，在晶体界面上出现电荷的现象叫正压电效应。而在电场的作用下，晶体发生弹性形变的现象，称为逆压电效应。正压电效应和逆压电效应统称为压电效应。

超声波探伤是通过探头产生和接收超声波。探头的核心元件是薄片状压电晶片，通常称为压电晶片。探伤仪发射电路产生的高频电脉冲加于探头时，激励压电晶片发生高频振动，产生超声波。相反，当超声波传至探头而使晶片发生高频振动时，晶片便产生高频振荡，送至探伤仪。可以看出探头是利用压电晶片的逆压电效应产生超声波，同时利用压电晶片的正压电效应接收超声波的。

超声波探伤中常用的探头主要有直探头、斜探头、表面波探头、板波探头、双晶探头、水浸探头和聚焦探头等。

波束垂直于被探工件表面入射的探头称为直探头，它用来发射和接收纵波；利用透声楔块使声束倾斜于工件表面射入工件的探头称为斜探头，依入射角不同，可在工件中产生纵波、横波和表面波，也可以在薄板中产生板波。通常所说的斜探头系指横波斜探头；表面波探头和板波探头是斜探头的特例，它们与横波斜探头的结构完全相同，唯一的区别只是楔块入射角不同。由波型转换得到表面波或板波；双晶探头又称 TR 探头，这种探头含有两个压电晶片，一个晶片发射，另一个晶片接收。

通常探伤使用横波探头，因为横波在反射、折射等过程中主要是横波而只产生少量的纵波，而纵波在反射、折射等过程中会产生与纵波幅度相当的横波杂波，不利于接收和分检。

二、设备及工艺简介：

预精整车间整理并经过检定钢管成份，性能等皆符合要求，同时需要进行进一步探伤和加工的钢管，由中间库或直接由预精整调出放在探伤前台架顺序进入探伤前辊道，以稳定的速度依次通过漏磁和超声波探伤设备。

1. STA 使用漏磁原理对铁磁性平头无缝钢管进行缺陷的检测、评价和分类，STA 包含一台轨道轮和电机驱动式在线定位器控制 AMAMLOG 在线的高度调整和稳定；一套 AMALOG 的旋转速度控制电机控制旋转磁化器旋转。STA 拥有两个探头采用两通道信号发送装置，每个探头中有 16 个检测线圈，线圈检测出的信号经过滑环和碳刷传送到信号放大器，经分析电路转换将伤信号模拟显示在监视器上，并可转换为数字值打印出来作为记录保存。

小直径 AMALOG。含以下五种覆盖所有规格的磁极适配器：

- 1) 32—59mm
- 2) 60.0—88.8mm
- 3) 88.9—114.3mm
- 4) 114.3—127mm
- 5) 127—141.3mm

配合所有规格还有 6mm、2mm、1mm 等尺寸的垫片，使钢管外表面与磁极保持在标准间隙范围内以确保钢管附近的磁场为设备中磁通密度最大的区域和探伤的可靠性和灵敏度。

主要技术参数如下:

可检测最小外径	32.0mm (1.26in.)
可检测最大外径	140.0mm (5 1/2in.)
最小壁厚	2.5mm
最大壁厚	12.7mm
探伤速度 (最快)	350feet/min. (1.778m/s) * *
盲区	≤305mm
钢管外径变化	<±1%
钢管壁厚变化	符合 API 5CT 的要求
钢管直度	1.5mm/m, 总长不超过 10mm
管端偏移	<5mm/m
管端	平头管 (锯切后应平滑)
管长	最小: 5.5m; 最大: 15m
最大管体温度为	180°F (82°C)

* * 说明: 线速度应该保持误差小于±5%

二套使用的小型 AMALOG 设备基本与一套现有的一样, 只是个头稍小而已。还有一个不同之处就是除复合探伤整体设备之中的夹紧辊以外, 漏磁探伤设备另有一套辅助夹紧辊用于处理 32—141.3 毫米的管材, 以保证更准确的对中。

2. 漏磁后的 TRUSCOPE 超声波设备使用超声技术对平头钢管进行缺陷的检测、评价和分类, 并标识出壁厚变化超出允许值的情况。TRUSCOPE 包含一台轨道轮和电机驱动式在线定位器控制 TRUSCOPE 在线的高度调整和稳定; 一套 TRUSCOPE 的旋转速度控制电机控制旋转体旋转。TRUSCOPE 拥有四个探头采用四通道信号发送装置, 此外, TRUSCOPE 还有一套带附加功能固定探头板, 用来检测 45 度角的斜伤。

超声波旋转探伤单元安装在定位器上, 定位器使探头等主体设备绕管材旋转, 并且向钢管表面喷水, 以保证超声波传感器有良好的耦合。滑环在超声波仪器和计算机控制台之间提供双向通信的通道, 使用的是局域网原理。其它的滑环用于传送动力和经过选择的模拟超声波信号。定位器安装在滑车上, 滑车带有轨道轮, 轨道轮由电机驱动, 这样定位器就可以进出探伤生产线了。滑车还装有高度调节系统, 可以升降滑车的高度, 使其能够适合于不同的钢管直径, 同时方便设备的尺寸更换、系统标定和日常维护。

TRUSCOPE 超声波探伤系统装备有四支超声波探头, 安装在定位器的旋转探头中。每个探头中有 10 个传感器, 其中 8 只固定角度的剪切波传感器用来检测横向缺陷和纵向缺陷、2 只压缩波传感器用于管体测厚。不同的传感器配置、不同的覆盖率和探伤的线速度所使用的传感器的数量是不一样的。探头中的传感器布置及声波发射方向见下图 2.10 所示。最多每只探头可以配置 10 只超声波传感器。它们安装在充满液体的模型探鞋中。这些探鞋向钢管表面喷水成为耦合。所以一共可以有 40 个超声波通道。

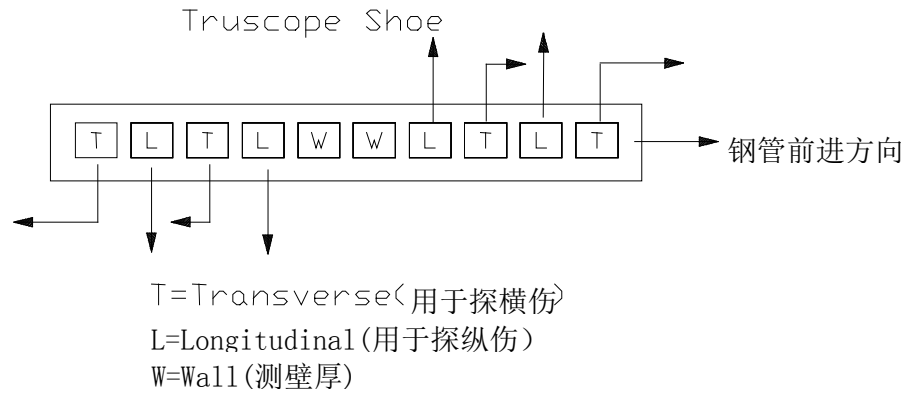


图 2.10: 超声波探头布置及声波发射方向

在定位器中安装有四台超声波仪器，与探头一起旋转，每台仪器处理来自一个探头的缺陷和壁厚信号。而每台超声波仪器都具有处理多达 10 个超声波通道的能力，每个仪器中的 5 个两通道板能够处理来自传感器的数字和模拟信号。除了两通道板外，超声波仪器中还有一个控制和命令处理器，用于执行配置和操作命令。这些命令控制仪器中的门控值和传感器信号处理的状态。超声波仪器将从传感器得到的信号以数字的形式从定位器传送到超声波数据处理器（UDP.在计算机控制台中）。

探伤时，每个超声波通道都有两个门限，分别用于内壁和外壁缺陷的检测和报警，以及增益的补偿。壁厚测量的电子电路对壁厚进行动态测量。同时，每个壁厚通道的电路都具有检测耦合缺失的能力。

定位器与计算机控制台之间的通信有几种方式的连接。超声波仪器将数字缺陷和壁厚信号通过局域网滑环送到超声波数据处理器中（UDP）。UDP 与超声波仪器的处理器之间的命令通过相同的滑环传递。选定的模拟信号也通过滑环传送到计算机控制台中。

设备的主要参数如下：

可检测最小外径	60.0mm (2 ³ / ₈ in.)
可检测最大外径	180.0mm (7in.)
最小壁厚	4.5mm
最大壁厚	25.0mm ※
探伤速度（最快）	236feet/min. (1.2m/s) **
盲区	≤305mm
钢管外径变化	< ±1%
钢管壁厚变化	符合 API 5CT 的要求
钢管直度	1.5mm/m, 总长不超过 9mm
管端偏移	<5mm/m
管端	平头管（锯切后应平滑）
管长	最小：5.5m；最大：15m
最大管体温度为	180°F (82°C)
电源要求	380V 交流，3 相，10KW

※ 说明：对于超声探伤设备来讲，当壁厚超过 12 毫米后，钢管内径与外径的比应满足：
反正弦（钢管内径/钢管外径）≥40°

换算一下即：壁厚/外径≥0.2

** 说明：线速度应该保持误差小于 ±5%

A) >100%覆盖率：在 236 英尺/分钟 (1.2m/s) 的速度下，使用传感器 100%的有效声束宽，可以可靠地检测符合 API 标准的人工伤。

B) 如果探一个 45 度角的斜伤，超声波设备的探伤速度会减低约 50%

超声探伤的最大速度为 1.2m/s，在需要探斜伤的情况下，最大速度只能为 0.6m/s。

钢管在台架上被摆放平整后，顺序进入探伤前辊道，由光电开关控制随着钢管的进入，前两个夹紧辊夹紧，纵向前辅助夹紧辊、纵向探头、后辅助夹紧辊闭和，第三夹紧辊夹紧，超声波探头闭和，第四、五夹紧辊夹紧，喷标记，钢管被送出主机设备。

进入精整生产线的钢管都经过予精整生产线的涡流检测没有十分明显的缺陷，而且漏磁和涡流探伤均属于电磁检测的范畴，如果没有特殊要求可以不经漏磁检测。超声波（Truscope）除了有检测横、纵向缺陷外还有监测壁厚变化的功能。经复合探伤设备检测出带缺陷的钢管被剔除到出口辊道旁的废料台架上，操作人员应及时确认钢管缺陷，如果发现是由于设备误报原因引起的剔除管是无缺陷的钢管应及时调整设备参数重新校验，复探剔除管及时拯救其中合格的钢管；当发现缺陷可以修磨或在可再切的范围内时，应修磨挽救或及时联系当班班长再切处理后复探以拯救可以跟队的钢管；对缺陷在管体并不可修复的钢管应做好废品标记，避免和再切的钢管混淆。原则上壁厚超薄的钢管作为废品处理。

三、复合探伤所需样管：

校验复合探伤设备所用样管根据 API 标准制作，样管上的人工刻槽缺陷基本可以有三种：N5、N10、N12.5。其中数值代表公称壁厚的百分比，比如 N5 代表公称壁厚的 5%。数值越小即探伤标准越严格。除了按照 API 标准规定对不同的管材进行探伤外，通常根据用户要求选用样管的标准。

为适应国际标准规范的要求，样管材料应该是从我厂自己轧制的钢管未经过加工自然合格的铁磁性钢管中挑选出来的，选出来制作样管的材料要详细记录其出处，比如：炉号、钢种、钢级、规格和批号等，特殊钢种的钢管由于电导率和磁导率的差异会需要专门另外制作样管。经过加工制作好的样管要由具有计量资格的第三方测量合格后出据合格证书，每根样管都有自己的名称标注出样管的规格和刻槽标准等要素，样管需要定期由第三方检查并剔除人工缺陷超标的样管以保证校验设备的准确性和可信性。

样管按规格存放在样管架上，应该在样管边缘明显的地方标明名称、规格和刻槽标准便于操作人员查找使用，应避免使用油漆或标签在管体标注同时应密封样管两端（如果条件有限也应该密封样管入口处）防止样管内部进水，因为超声波对夹层非常敏感会产生误报。样管架应尽量放置在探伤生产线附近避免远距离吊运可能会造成的事故并方便及时使用，同时样管架应该放置于干燥、干净的场所避免样管被污染生锈或内部积存铁屑等杂物影响校验效果。

探伤操作人员应精心使用样管，保证样管的使用寿命。操作人员一旦发现样管有异常情况应立即通知有关人员及时补充避免影响正常生产。

四、复合探伤（AMALOG+TRUSCOPE）生产能力：

复合探伤工序可实现三种探伤方式，即复合式探伤、超声波探伤和漏磁探伤。复合探伤机组长度为 4 米，机组前辊道长度为 15+8.2 米。复合探伤工序前台架的上料要求钢管靠近探伤机组放置，实现单根上料，优化传感器配置，以加快生产节奏。

1. 复合式探伤生产能力：

复合式探伤速度至 1 米/秒，所以探伤间隙时间为 $(8.2+4) / 1$ 秒。而理论周期时间为实际周期时间的 0.8 倍，因此复合式探伤机组生产能力为：

钢管长度为 6 米时生产能力为： $0.8 \times 3600 / (6/1 + 12.2) = 157$ 根/小时

钢管长度为 12 米时生产能力为： $0.8 \times 3600 / (12/1 + 12.2) = 118$ 根/小时

钢管长度为 15 米时生产能力为： $0.8 \times 3600 / (15/1 + 12.2) = 105$ 根/小时

2. 超声波探伤（TRUSCOPE）生产能力：

超声波探伤速度至 1.2 米/秒，所以探伤间隙时间为 $(8.2+4) / 1.2$ 秒。而理论周期时间为实际周期时间的 0.8 倍，因此超声波探伤机组生产能力为：

钢管长度为 6 米时生产能力为： $0.8 \times 3600 / (6/1.2 + 10.1) = 190$ 根/小时
 钢管长度为 12 米时生产能力为： $0.8 \times 3600 / (12/1.2 + 10.1) = 143$ 根/小时
 钢管长度为 15 米时生产能力为： $0.8 \times 3600 / (15/1.2 + 10.1) = 127$ 根/小时

3. 漏磁探伤 (AMALOG) 生产能力:

漏磁探伤速度至 1.8 米/秒, 所以探伤间隙时间为 $(8.2 + 4) / 1.8$ 秒。而理论周期时间为实际周期时间的 0.8 倍, 因此超声波探伤机组生产能力为:

钢管长度为 6 米时生产能力为： $0.8 \times 3600 / (6/1.8 + 6.8) = 284$ 根/小时
 钢管长度为 12 米时生产能力为： $0.8 \times 3600 / (12/1.8 + 6.8) = 212$ 根/小时
 钢管长度为 15 米时生产能力为： $0.8 \times 3600 / (15/1.8 + 6.8) = 190$ 根/小时

第四节 电磁超声 (简称: EMA):

一、电磁超声探伤简介:

我们国家的电磁声技术是从二十世纪六十年代开始进行研究和开发的, 通过近 30 多年的不懈努力, 在电磁换能器的设计, 仪器与换能器的匹配等关键环节上都取得了重大突破。所谓 EMAT 技术, 实质上就是电磁超声换能器技术, 压电超声换能器是靠压电晶片的压电效应发射和接收超声波的, 而电磁换能器 (国际上通常用英文缩写 EMAT 称之) 则是靠电磁效应发射和接收超声波的, 由此可见要了解电磁声, 首先就要了解电磁声换能器 (EMAT), 这是掌握电磁声技术的关键环节。电磁声换能器的工作机制大致有三种, ①罗仑兹力机制; ②磁滞伸缩机制; ③磁性力机制。

罗仑兹力机制是指: 在金属表面电磁超声与传统的压电超声的本质区别是换能器不同, 趋肤深度层内感生涡流, 在外磁场作用下产生的罗仑兹力所激发的超声振动及其反过程。

磁滞伸缩力机制是指铁磁性材料在线圈的高频磁场及外磁场共同作用下产生的宏观形变所激发的超声振动及其反过程。

磁性力机制是指铁磁性材料中的磁偶极子在不均匀磁场中所受的磁性力 (如同磁粉在磁场中受到的磁性力一样) 所激发的超声振动及其反过程。

总之, 这三种力的机制都是微观的物理过程, 在宏观上可将之比喻为电动机——发电机的工作过程, 而 EMAT 的接收类似于发电机的工作过程。而实际使用中, 将这三种力的机制应用于 EMAT, 究竟哪个占优势, 则应由外磁场的大小, 外磁场与高频线圈的配置方式及频率等因素来决定。EMAT 的物理结构如下图所示。

EMAT 主要由三部分组成 (见下图 2.11): 1: 高频线圈, 用于产生高频感应磁场; 2: 磁铁, 用来提供外磁场, 可以是直流电磁铁、永久磁铁、交流电磁铁或脉冲电磁铁; 3: 工件, 它是 EMAT 的一部分, 这是与压电超声换能器的基本区别, 但工件必须是电导体或磁导体。

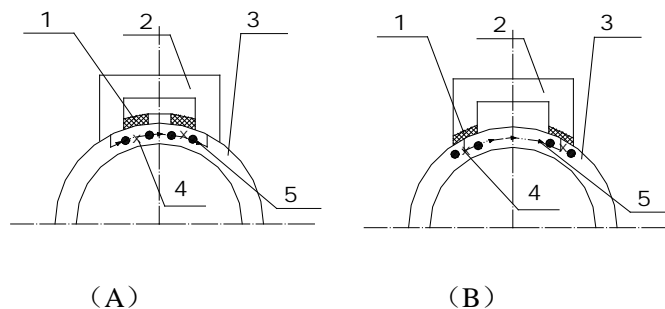


图 2.11

上图是 EMAT 中磁铁——高频线圈的两种常用的配置形式, 图 (A) 称作水平磁场形式, 图 (B) 称作垂直磁场形式。一般前者以罗仑兹力或磁性力机制为主, 后者以磁滞伸缩力机制为主。

EMAT 的工作过程可简述如下: 当置于电导体或磁导体上的高频线圈①通过高频电流时, 它要在工件③的趋肤层内产生涡流 (或高频感应磁场)。此涡流相当于电动机的转子, 涡流在磁场

(相当于电动机的定子磁场)作用下,也会象电动机那样受到机械力的作用,而产生高频振动,这就是超声振动源,因而可将趋肤层看成超声晶片,由于趋肤层是工件的表面层,所以 EMAT 所产生的超声就不需要耦合介质,这就避开了压电超声换能器的最大弊端。

EMAT 接收过程就象发电机的转子,在定子的磁场中旋转,会在转子中产生感生电流一样,当超声波射到 EMAT 的高频线圈下的工件表面上时,声振动也会在外磁场作用下,在高频线圈中感应出电势而被一起接收。

我们知道压电超声换能器是在晶片上进行的,因此它必须用传声流体作声耦合介质,才能将声波传入被检工件中,而 EMAT 则是电磁效应直接在被检工件表面的趋肤层内换能的,所以它不需要声耦合介质,也使 EMAT 具有一系列压电超声所无法取代的特点,EMAT 的主要特点(与压电超声相比较):

1. 由于声耦合介质在粗糙表面上难以实现均匀的声耦合层,带氧化皮工件的表面氧化皮传声很困难,因此必须清除氧化皮并打磨工件后,才能进行压电超声检测,而 EMAT 则不要求清理工件表面便可直接检测。
2. 在水浸压电超声检测中,作为耦合剂的水,常常含有尘埃和气泡,会严重干扰检测时的信噪比,在温度较低的环境中甚至无法实施检测而 EMAT 则无此弊端。
3. 在水浸压电超声检测设备中,被检工件例如在钢管中传播的声波很快被水衰减掉,所以必须旋转工件或探头,这就会使声耦合不稳定,介面波游动及产生电火花干扰等等。因此设备的稳定性和可靠性难以保证。而 EMAT 则可在管中很容易地激发出几周乃至几十周的声波,这就无需旋转管或探头即可实现稳定可靠的纵向检测。
4. 压电超声检测速度难以达到 20 米/分以上,其原因是声耦合在较高速度下不稳定,而 EMAT 则可在 20 米/分以上的速度下检测甚至可达到 40 米/分。

如此种种,压电超声在许多方面自受到限制,而 EMA 探伤则在各个方面弥补了压电超声的不足。可以预言,在不久的将来,EMA 探伤将逐步取代压电超声探伤,在无损伤检测的领域内占有一席之地。

二、设备及工艺简介:

管端电磁超声探伤设备是光管线第二道工序,在线检测的设备由于有延时等因素在检测的钢管端部都有一部分不能被稳定的检测。所以有必要再由管端电磁超声探伤设备对钢管端部详细检测。负责对平头无缝钢管管端部分的缺陷进行检测和评价,下面简述一下其工艺过程。

两台管端电磁超声探伤设备,分列在步进式台架两边,而每台管端电磁超声探伤设备上的两组探头(横向、纵向)在管端上部管体纵向依次布置,钢管在步进式台架上,按设定的间隔移动,进入管端探伤区。托辊按探伤工艺设定的速度驱动钢管原地回转,两探头同时移动,根据光电开关的指令,依次落下对管端的有效长度进行螺旋式扫查,并同时检测管端的情况,记录、分类、喷标记,探伤结束,探头依次抬起,并在原地等待,托辊落下。

钢管在步进式输送机构的托动下,移动一个工位进入对齐辊道。将钢管送到另一边对齐后,再移动一个工位进入另一端的探伤区,重复上述的探伤过程,即完成了钢管两端的检测。当另一根钢管又进入探伤区时,原地等待的探头同时落下,对管端的有效长度继续进行螺旋式扫查,扫查完成时,探头依次抬起,并回到起始位置等待,钢管在步进式输送机构的拖动下,进入下一个工位。如此循环即完成了钢管端部的连续检测。

根据现场使用人员的建议,采用双示波管同时将纵、横两方向的探伤波形显示在屏幕上,方便观察与调整。针对不同的管径对 EMAT 电磁声换能器配以相同曲率的保护体,使电磁铁能够可靠地与管体表面接触,配以相同曲率的探头,通过高弹性海绵体的作用使探头始终贴合在管体表面上以保证探伤灵敏度,且探头无需人工调整。每套换能器由纵向、横向两部分构成。其中探头上的耐磨块材质为 Cr12,保护体上的耐磨板材质为 65Mn。以下为换能器规格型号清单(表 2.6):

表 2.6

换能器规格型号	换能器规格型号	换能器规格型号
EMAT-48	EMAT-83	EMAT-127
EMAT-50	EMAT-89	EMAT-133
EMAT-57	EMAT-95	EMAT-140
EMAT-60	EMAT-102	EMAT-141.3
EMAT-63.5	EMAT-108	EMAT-159
EMAT-73	EMAT-110.8	EMAT-165
EMAT-76	EMAT-114.3	EMAT-168.3

信号发射接受装置主要由箱体、变压器、电子线路及元件等部分组成。可完成对探头能量的发射及将接收到的信号进行前级放大，并将放大后的信号送出。然后主要由工控机、打印机及相应的硬软件组成完成数据记录、存储、传输，并可根据需要对检测结果进行记录整理、打印。喷标机构可根据仪器的指令在钢管有伤处适时喷上标记。其中监控画面应能显示 PLC 程序并提供监控 PLC 程序光盘，原理框图如下（如图 2.12）：

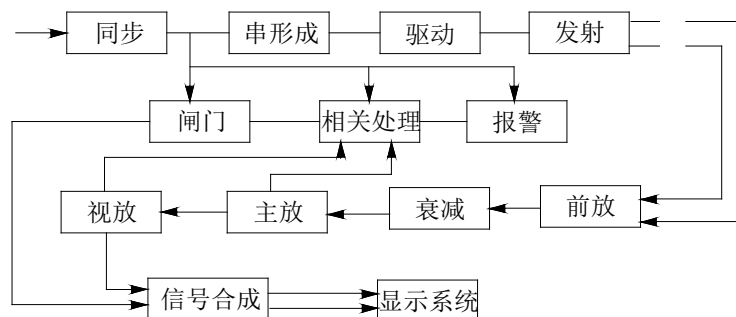


图 2.12

因为各种在线生产的探伤设备都会存在盲区（即钢管刚进入探伤设备内部由于磁场不稳定或探头落下的延时所造成的管端未检测区域），而且人工检测不会发现钢管壁厚内部的缺陷。故使用管端电磁超声专门检测钢管端部区域以保证下面的倒棱、接箍等工序。

管端探伤设备检测出带缺陷的钢管做好标记后被剔除到出口辊道旁的废料台架上，操作人员应及时确认钢管缺陷，如果发现是由于设备误报原因引起的剔除管是无缺陷的钢管应及时调整设备参数重新校验，复探剔除管及时拯救其中合格的钢管；当发现缺陷可以修磨或在可再切的范围内时，应修磨挽救或及时联系当班班长再切处理后复探以拯救可以跟队的钢管，对不能再切的钢管做好标记和记录与班长联系另做处理。

三、管端探伤所需样管：

校验管端探伤设备所用样管根据 API 标准制作，样管上的人工刻槽缺陷基本可以有三种：N5、N10、N12.5。其中数值代表公称壁厚的百分比，比如 N5 代表公称壁厚的 5%。数值越小即探伤标准越严格。除了按照 API 标准规定对不同的管材进行探伤外，通常根据用户要求选用样管的标准。但管端探伤所用的样管比较短在 1 米左右

为适应国际标准规范的要求，样管材料应该是我厂自己轧制的钢管未经过加工自然合格的铁磁性钢管中挑选出来的，选出来制作样管的材料要详细记录其出处，比如：炉号、钢种、钢级、规格和批号等，特殊钢种的钢管由于电导率和磁导率的差异会需要专门另外制作样管。经过加工制作好的样管要由具有计量资格的第三方测量合格后出据合格证书，每根样管都有自己的名称标注出样管的规格和刻槽标准等要素，样管需要定期由第三方检查并剔除人工缺陷超标的样管以保证校验设备的准确性和可信性。

样管按规格存放在样管架上，使用油漆或标签在样管边缘明显的地方标明名称、规格和刻槽

标准便于操作人员查找使用。样管架应尽量放置在探伤生产线附近避免远距离吊运可能会造成的事故并方便及时使用，同时样管架应该放置于干燥、干净的场所避免样管被污染生锈或内部积存铁屑等杂物影响校验效果。

探伤操作人员应精心使用样管，保证样管的使用寿命。操作人员一旦发现样管有异常情况应立即通知有关人员及时补充避免影响正常生产。

四、设备的主要参数如下：

1. 设备构成：

- (1) 二通道 EMA 电磁声探伤仪；
- (2) EMAT 电磁声换能器；
- (3) 探伤主机；
- (4) 磁化电源系统；
- (5) 电控系统（操作台、稳压电源）；
- (6) 气路系统；
- (7) 其它（易损件、备用探头等）
- (8) 辅助装置（步进式台架、回转托辊、直线 V 型辊道等）

2. 二通道 EMA 电磁声探伤仪主要指标：

- (1) 工作频率：300KHz—1.2MHz；
- (2) 重复频率：50Hz（单路）；
- (3) 发射脉冲串：1—9 个；
- (4) 前放增益：50dB；
- (5) 衰减器：90dB；
- (6) 高放增益：60dB；
- (7) 相关控制数：0—99；
- (8) 最大激磁电流：10A；
- (9) 使用电源：220V；
- (10) 扫描线性： $\leq \pm 1\%$ ；
- (11) 垂直线性：2%；
- (12) 动态范围：30dB；
- (13) 灵敏度余量：40dB；
- (14) 信噪比： $\geq 10\text{dB}$ ；
- (15) 整机功率： $< 2200\text{W}$ （包括激磁）。

3. 主要技术参数：

- 可检钢管外径： $\Phi 48.0$ （ $\Phi 32.0$ ）— $\Phi 168.3\text{mm}$ ；
- 可检钢管壁厚：3.2（2.5）—22.2mm；
- 钢管长度：6—15m；
- 最大钢管重量：950kg；
- 钢管直线度： $< 2.0/1000$ ；
- 钢管椭圆度： $\leq 1\%$ ；
- 钢管外径精度： $\pm 1\%$ ；
- 钢管温度：室温；
- 盲区：纵向无；横向 $\leq 5\text{mm}$ ；
- 剩磁： ≤ 5 高斯；
- 探伤最大钢管壁厚时的内外壁缺陷灵敏度差：当壁厚 $\leq 15\text{mm}$ 时， $\leq 4\text{dB}$ ；
当壁厚 $> 15\text{mm}$ 时， $\leq 6\text{dB}$ ；

探伤速度： $\leq 8\text{m/min}$ ，检测周期：每支 ≤ 8 秒；

生产能力： ≥ 278 支/小时。

管端电磁超声探伤主机主要有立柱、悬臂梁、直线往复驱动装置、探头起落装置、随动机构、拖链等部分组成。可根据电控系统的指令适时的抬起与落下探头，完成管端的定尺检测，可根据管径的变化快速的调整换能器与管体之间的相对位置，满足各种管端探伤需要。其中：

探头直线往复移动距离：0—1m；

移动速度：0—8m/min；

探头上下调整高度：150mm；

探头抬起高度： $\sim 50\text{mm}$ 。

设备结构示意图如下（如图 2.13 所示）：

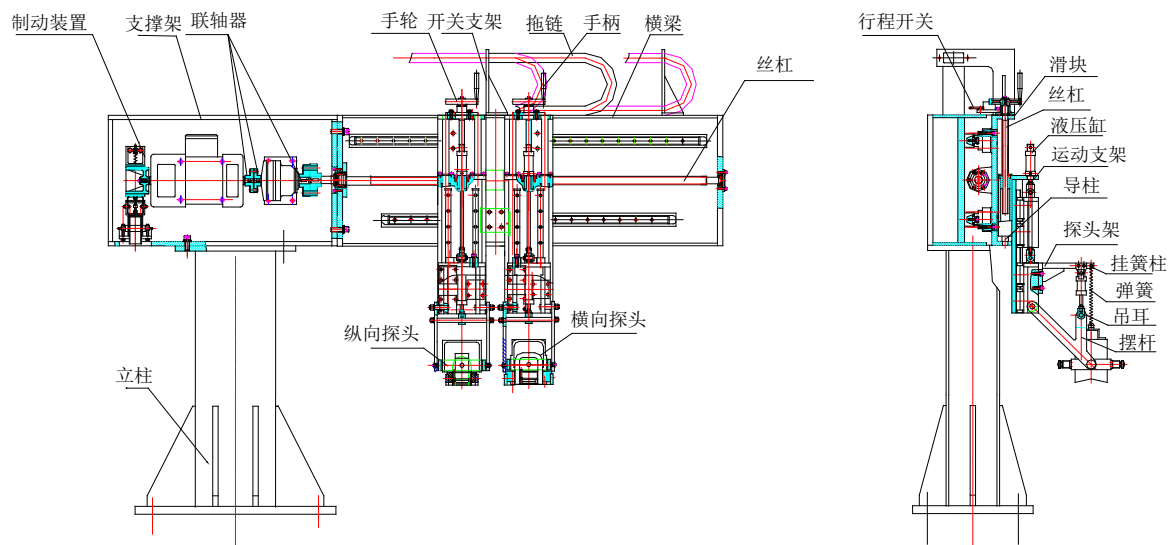


图 2.13 设备结构示意图

设备还配有离线校验装置：主要有升降机构、架体、V型辊、移动机构等部分组成。在标准样管上随时可满足仪器的指标设定。

探伤方法多种多样，但是宗旨都是检测并剔除缺陷产品以保证生产生活中的安全可靠。探伤人员需要有高度的责任心对其签发的探伤后的产品质量负责，对探伤的原始记录或探伤报告的完整性、准确性负责，同时还要对所用设备仪器的工作可靠性负责。NDT结果的可靠性是无损检测永恒的研究课题。

第五节 倒棱工序:

一、设备及工艺简介:

钢管的管体、管端探伤合格后(此部分工艺参见本教材其他章节),滚到铣面倒棱机的前台架,管子先碰到可调挡料器,此档料器要按照管子的外径事先调整好,以便倒棱机的步进梁每次单支取料。具体过程如下:

来料(前台架)→步进输送→粗定位→步进输送→精定位→夹紧管端→1#机头快进(刀盘旋转)→1#工进铣削→1#机头快退→松开夹紧→步进输送→反向输送→步进输送→粗定位→步进输送→精定位→夹紧管端→2#机头快进→2#工进铣削→2#机头快退→松开夹紧→步进输出

这样就完成了倒棱工序。精定位处,在管子轴向方向有六组升降辊道,对不同规格钢管中心进行调整,满足倒棱要求,辊道为单独传动,同步升降。

操作方式分为自动、程序动和单动。

1.单动:现场所有元件均可单动。该方式用于设备的调整、检修及寻找故障点。手动状态下不能倒棱/去毛刺,但是只有在手动状态下才能修改设备的加工参数;

2.程序动:分为主轴程序动、步进程序动、整机程序动、用于所有的设备加工参数设置完后,进行试机操作,以检查设备动作是否协调;

当进料台架上的传感器感应有管子时,“整机程序动不能启动”;

4. 自动:为设备的正常工作方式。当加工批号确定后,由操作员修改加工参数,确定无误后,按下“设备启动”钮,设备开始自动加工,直至再按下该钮或台架上管子加工完毕。

二、倒棱机设备主要参数:

能力: $\Phi 48$ ($\Phi 32$)— $\Phi 168$ mm

壁厚: 3.2 (2.5)—25.0 mm

钢管长度: 6—15m

生产能力: $\geq 278/H$, 与产品的品种及壁厚有着密切的关系,最大 7 根/分 $\times 0.8=5.6$ 根/分(壁厚 ≤ 5 mm);最小 1 根/分 $\times 0.8$ (壁厚 ≤ 20 mm)。实际周期时间 $\times 0.8$ =理论周期时间。

主轴传动: 1500rpm, 变频范围 5—100Hz

最大钢管重量: 950kg

钢管直线精度: $< 2/1000$

椭圆度: $\leq 1\%$, 钢管端面与轴线的垂直度小于管直径的 1/50

(1) 硬质合金工具

(1.1) 铣头刀刀座装配: $\Phi 48$ ($\Phi 32$) $\leq D \leq \Phi 89$ 一种, $\Phi 89 < D \leq \Phi 168$ 一种

(1.2) 外倒棱刀刀座装配: $\Phi 48$ ($\Phi 32$) $\leq D \leq \Phi 89$ 一种, $\Phi 89 < D \leq \Phi 168$ 一种

(1.3) 内倒棱刀刀座装配: $\Phi 48$ ($\Phi 32$) $\leq D \leq \Phi 89$ 一种, $\Phi 89 < D \leq \Phi 168$ 一种

(2) 耐用工具:

(2.1) 刀盘: $\Phi 48$ ($\Phi 32$) $\leq D \leq \Phi 89$: 4 个; $\Phi 89 < D \leq \Phi 168$: 4 个

(2.2) 刀座: 56 个

(2.3) 夹具: 16 套

(2.4) 液压和电气控制系统

(2.5) 压缩空气系统

(2.6) 冷却液喷射系统

(3) 各个液压缸行程

(3.1) 齐头(粗)液压缸行程: 50 mm、两个

(3.2) 精定位装置液压缸行程: 320 mm、两个

- (3.3) 夹紧液压缸行程: 100 mm、四个
- (3.4) 锁紧液压缸行程: 3 mm、八个
- (3.5) 升降辊道液压缸行程: 275 mm、两个

此液压缸驱动楔斜块实现辊道升降, 对不同规格的钢管中心进行调整, 满足倒棱要求。辊道为单独传动, 同步升降。楔斜块斜度为 17 度

(3.6) 夹紧装置:

包括固定夹紧、浮动夹紧、轴向锁紧和支座组成

夹紧块的移动和夹紧力是由液压缸控制。夹紧块合拢夹紧钢管后轴向锁紧缸锁紧, 浮动夹紧装置固定在平衡弹簧上, 并可偏移±2 mm, 保证管端弯曲的钢管能铣削。

第六节 水压工序:

一、设备及工艺简介:

需进行水压试验且满足管端外形要求的钢管, 经过辊道进入上料台位, 在此过程中完成预对齐。具体工艺过程如下:

步进上料→钢管升起→对齐、测长→旋转冲洗→送至试压中心→夹紧对中升起至试压中心→充水头、排气头前进到密封位→径向预密封→充水、排气→增压→保压 卸压→充水头、排气头退回→钢管下降→送至空水位空水→钢管送出→废料剔除

1. 上料、测长、对齐、冲洗

由步进梁把预对齐的钢管送到对齐、冲洗、测长工位, 满足钢管上料后由五组汽缸升起装置水平升至冲洗高度, 由测长送料液压马达驱动送料小车向机头方向送料对齐、液压马达的控制采用比例阀, 实现测长送料机构高速运行、低速接近、平稳停止的目的。五组液压马达驱动钢管旋转对钢管进行冲洗 (对于小口径管子可选用不旋转方式进行冲洗), 出水处设有收集槽, 收集氧化皮、铁屑, 并防止水外溅; 然后钢管落下待料, 测长机构自动返回。

冲洗喷嘴设计为两档, 按被试管大小可调换。冲洗对齐挡板设有轴向调整 and 高度调整装置, 可根据需要进行轴向调整。可满足把钢管内部冲洗干净, 为可靠试压创造条件。

冲洗完成第一支钢管后由一号步进装置将钢管送至一号送料位, 同时对齐、冲洗、测长工位对下一只钢管进行冲洗测长, 测量的钢管长度与一号待料位的钢管长度进行比较。若符合二支钢管同时试压条件 (两支钢管长度相差不超过 1000 mm), 则由一号步进装置将钢管送至一号待料位, 同时将一号待料位的钢管送至二号待料位; 若不符合二支钢管同时试压条件, 则由一号步进装置不动作。

2. 水压试验机由充水头、活动小车, 机架及升起对中装置几部分组成:

充水头由两套独立的充水阀、增压器、充水头预密封及充水头移动装置组成。充水阀采用锥阀口密封, 液压平衡力方式; 增压器密封采用专有技术密封; 充水头、充水模具、排气头及排气模具高压密封采用车氏密封; 两个充水头分别单独移动。

活动小车由车体、小车移动装置、排气阀、排气头驱动装置、排气模具及锁键定位装置组成。车体采用焊接结构, 内设两套轴向单独驱动, 调整范围在 1000 mm 的试压排气系统; 活动小车由液压马达驱动, 用齿轮齿条机构实现直线移动, 可根据测长数据实现 6000-15000 mm 范围内自动调整, 也可实现操作台人工调整; 排气阀采用锥阀密封, 液压平衡力方式; 两个排气头驱动方式采用防止密封与钢管轴向窜动的技术。位置移动根据光电编码器测长发讯自动进行调整, 可实现两支钢管在长度相差 1000 mm 时同时试压, 超过 1000 mm 时单支试压。用比例阀实现排气头运行的准确到位。排气小车行走装置、排气头行走装置和锁键装置均安装在小车上。

机架包括本体、操作维修平台、起吊装置、机罩和操作室。本体采用对称工字梁框架结构, 试压时受力中心在工字梁的对称中心; 在本体工字梁上设有 17 个调节孔位, 以满足钢管从 6 米到 15 米的范围内变化时的试压要求, 梁上设有导轨和齿条, 满足排气小车和排气头在其上运行。

梁的刚性满足在最大试验压力下密封与管体间无相对移动；由于需要试压的最大管材较长(15m)，在机架下方传递造成机架相应加长，本体中间下沉，在机架上设有斜拉装置，抵消机架中部的下沉量。

升起对中装置由升起装置和夹紧对中装置组成。升起装置由升起梁和升起步进系统组成。机架同步升起系统可保证管材在最长和最短范围内变化时能稳定的同步升起，能满足水压试验时管材送进的要求。夹紧对中装置可满足两支钢管从 48~168.3 mm 直径变化时均能顺利进入试压中心，并对管材进行夹紧（压力可调），保证钢管试压的安全要求；对夹紧中心的调整设有调整装置，钢管长度变化时夹紧装置的数量可自动增减，自动或手动调整，满足钢管长度变化的需要。

3. 具体打压过程如下：

当钢管进入试压中心时，充水头和排气头从两端分别套入管子。这时如果传感器未发讯号，就说明没有管子则停止试压；如果传感器发讯号，并且排气头在接到讯号后走到预定位置，则予密封增压器在液压阀的控制下增压。被增压的乳化液经高压过滤器分别通过充水头和排气头的梭阀进入两端的予压紧密封圈，使密封产生径向压缩力，而封紧管子周围为试压创造条件。

当予密封增压器增压到设定压力后：充水阀、排气阀被分别打开，乳化液进入被试管子内腔并把气体从排气阀出口排出，当管子内空气排干净后，排气阀、充水阀分别关闭，1、2号增压器前进向被试管内增压，当增压之压力大于予压紧密封之压力时予压紧密封环腔和钢管内同时开始升压，升压压力通过数字压力检测和控制。达到设定压力后进行保压，计时，到达设定之保压时间后卸压，在增压器控制腔设的比例溢流阀动作卸压，同时予密封增压器后退，卸到额定之压力后，增压器开始后退，同时卸压阀卸压梭阀把予压紧密封环形腔中的高压卸掉，密封在弹性的作用下胀开。

充水头和排气头分别在液压电磁阀，驱动充水头和排气头后退，充水头后退开关发讯后停止；排气头在后退时脉冲发生器计数。到第一设定值后钢管升起装置开始下降，到第二设定值后停止。被试钢管及充水、排气头内的乳化液经开口处自由流出。

在此过程中，若发现试验压力达不到设定值，或设定值压力在规定时间内保不住（稳压），或被试压钢管出现泄漏及渗漏，则该支钢管须判废或重新试压。

空水装置由多点支撑升起装置和吹水装置组成。钢管试压完毕后送到空水工位，由空水装置将两根钢管一端抬起进行空水，多点支撑升起装置可防止细长管和薄壁管因自重造成的中间弯曲现象。在管子抬起端设有吹水装置，用高压气流将滞留在管子内表面的水迅速吹出，实现快速排空。吹水装置高度可调，吹水嘴分为两档，可根据钢管大小进行调整。

操作方式分为点动、手动、半自动和自动方式。

二、水压机组设备主要参数：

试压模具：Φ48，Φ60.3，Φ73，Φ89，Φ114.3，Φ141，Φ168 共 7 种

钢管长度：6—15m

试验压力：MAX 50MPa=7260psi

保压时间：5—20s

最大钢管重量：950kg/根

生产能力：≥278 根/H，与产品的外径有着密切的关系，最大 5 根/分×0.8=4 根/分
(48 mm≤外径≤89 mm)；最小 4 根/分×0.8=3.2 根/分 (114.3 mm≤外径≤168.3 mm)。
实际周期时间×0.8=理论周期时间。

密封方式：大间隙密封（消耗品）

两支管同时试压：两支管长度彼此相差不能超过 1m

来料要求：弯曲度，≤1.5 mm/M

耐用工具：对应“钢管规格”都含有两个充水模具；两个排气模具共 4×7=28 套

各机构运行速度:

- 步进提升 升起: 275 mm/秒; 下降: 285 mm/秒。
- 步进平移 移料: 480 mm/秒; 返回: 250 mm/秒。
- 升起台架 上升: 275 mm/秒; 下降: 540 mm/秒。
- 七组夹紧机构 夹紧: 280 mm/秒; 松开: 200 mm/秒。
- 充水头移动 前进: 275 mm/秒; 返回: 540 mm/秒。
- 一、二号增压器 前进: 33 mm/秒; 返回: 67 mm/秒。
- 预密封增压器 前进: 160 mm/秒; 返回: 310 mm/秒。

该机组主要包括: 充水母端、排气母端、试压架和对中夹紧装置、测长系统及小车、冲水装置、空水系统、打压稳压系统、步进系统、液压系统、乳化液回收过滤系统、电器控制系统

第七节 测长、称重、涂色环、打印、喷标工序

一、设备及工艺简介:

水压合格的钢管, 若用户要求且在合同中注明, 要求打压且只打压的钢管, 可由天车吊运至过跨车, 进入成品库跨, 打捆入库。除此之外, 钢管则进入测长、称重、喷标工序。其工艺如下:

测长→称重→打标→涂色、烘干→喷标

1. 测长

当钢管由步进梁横移到测长工位后, 钢管的身长遮挡住对应的若干组光电管(光电管, 除在 对齐挡板 0.1 米处有一对光电管外, 每隔 0.4 米设有一组, 共有 36 对测长光电管)进行测长, 原理如下: 当油缸推动的钢管位不脱离被遮住的第一个光电传感器时, 光电传感器状态变化, 从 0 变为 1, PLC 计数器清零, 编码器开始计数; 紧接着在向东移动的过程中, 钢管西侧的光电传感器状态变化, 从 0 变为 1, PLC 计数器清零, 重新计数; 以此类推, 计数器重复清零, 直至东侧 挡板处的第一个光电传感器跃变, 计数器停止计数; PLC 将最后一个光电传感器的位置信号和 编码器的计数值传给工控机, 计算出钢管的长度。推移气缸继续行进, 挡板处的接近开关由 0 态变 为 1 态, 测长工作结束。然后由步进梁把该支钢管横移到称重工位。

2. 称重

当钢管到达指定工位后, 传感器将电信号传送到二次仪表, 进行信号放大和信号处理, 然后 再传到计算机接口, 由计算机实现数字信号采集和显示、打印等功能。称重系统由称重箱型梁、 称重模块及上支板构成。称重梁下设置 4 个称重模块, 组成支点, 其中 2 块为固定式, 另外 2 块 为半浮动和浮动式。该称重精度为 1/1000; 分辨率分两挡, $\pm 0.2\text{kg}$ 一档, 适用于 200kg 以下的 钢管。另一档为 $\pm 0.5\text{kg}$, 适用于 200kg 以上的钢管。

3. 打印

称重完成后, 步进梁把该支钢管运至打印工位, 检测元件感应到有管后, 气缸推动压紧头落 下, 压紧钢管; 打印头进行打标, 打印内容依据操作画面事先设定的内容进行。气动打标机在钢 管外表面按设定的程序, 打出所设定的字符。打印系统由支架、打标机架、气动打标机、丝杠等 组成, 具体过程如下: 计算机控制打印针按字符或图形笔画轨迹运动的同时, 打印针高频冲击钢 管表面, 从而形成由密集点阵组成的字符或图形。打印针能自动跟随钢管表面形状而动作, 而对 钢管表面平整度无要求。利用计算机键盘输入您需要打印的字符或图形, 启动打印过程即可。

4. 涂色环

打印完成后, (或管子不需要打印), 管子只在该工位停留, 由步进梁把该支钢管输送到涂色、 烘干工位。执行相应的工艺要求。涂色滚驱动电机为变频电机, 对应各种规格的钢管使用适当范 围的转速。旋转托辊径向可以调节, 以便适合钢管外径的变化。色环宽度 25mm, 间距 25mm, 在 同一支管上最多涂三种颜色的色环。涂色完成后, 用电热枪式烘干机进行烘干。烘干完毕后进入

喷印工位。

5. 喷标

当检测元件检测到钢管就位后，喷标机的横移机构和升降机构开始工作，同时液动系统靠涂料泵供涂料，开始喷标。喷标内容为操作画面喷印信息栏中设定的字符及图形。字符的大小由喷头的点阵形式决定。点阵式分为 10×8 、 12×8 、 14×10 、 16×12 等10几种。操作画面选择几号字，计算机则自动产生点阵方式。喷标小车横移结构由伺服电机、伺服电机模块、步轮齿条和滑道构成；喷标小车升降机构主要由升降气缸及连接件组成。喷标头有喷嘴及喷嘴辅助机构组成。气动及液动部分由高速强力气动阀、高速强力液动阀、涂料泵、管线及其它附件组成。

6. 步进梁

步进梁由底座、液压马达、链条、传动机构、步进机构等组成。由液压马达带动链轮旋转，通过链条、传动机构带动步进机构将钢管由一个工位送到另一个工位，实现钢管的入料、移位和出料。控制系统实现测长、称重、打标、涂色烘干、喷标、步进等各种功能的协调、工件的跟踪、产品是否合格的判断、各种工位信息的传输、数据显示、数据管理，通过数据总线方式将数据通讯模块、数据采集、PLC、工控机等工作连接起来，组成一个层次分明的系统。若长度、重量不符和工艺要求的钢管，则由在辊道处的翻板，将该支钢管翻至另一跨（成品库跨）的剔除台架。操作方式为手动、自动和急停方式。

二、测长、称重、涂色环、打印、喷标机组设备主要技术参数：

钢管规格： $\Phi 48$ — $\Phi 168$

壁厚：3.2（2.5）—25

钢管长度：6—15m

管端位置：测长对齐端

测长精度： ± 2 m

称重精度：1/100，分辨率 ± 0.2 Kg 和 ± 0.5 Kg

生产能力： ≥ 278 根/小时，最快1根/10秒 $\times 0.8$ 即360根/小时0.8；最慢0.77根/10秒 $\times 0.8$ 即278根/小时 $\times 0.8$ 。“0.8”为实际周期时间的倍数=理论周期时间即作业率。

喷标：喷标点阵式 10×8 、 12×8 、 14×10 、 16×12 等10多种，可喷印200个中英文字符等

标点高度（mm）：10—50等10多种

喷点直径（mm）：约1—2

标号速度：0—120m/min

喷印字符种类：计算机能编辑的任意字符和图形

打印：（单针式气动打印机，型号由CM4B改为TMP3100型，因无资料参数暂不列出。）

设备还包括：电气控制系统，压缩空气系统、气动式步进系统、枪式烘干系统、涂色环系统（3组）、液压系统

第八节 涂层工序

一、设备及工艺简介：

钢管在测量点完成各种工艺要求后，由该机组步进梁将钢管移至输出辊道，进入下一道工序即涂层和涂层干燥工序机组。若该批钢管需要涂层的话，就必须开启这两套机组，否则钢管可以旁路通过。待喷涂的钢管在辊道驱动下，以1.7m/s左右的线速度运动到喷涂工位。当钢管运行至喷涂工序前端时，被电子检测元件测得钢管端部到位信号，此信号经延时后，启动电磁阀，电磁阀分别接通气路。压缩空气驱动位于喷涂箱四周均匀分布的六只喷枪的气缸，气缸活塞拉动枪针喷出涂料。此时钢管前端已运行至喷涂箱内，并处于多支喷枪喷出的扇形漆雾流的包围之中，随着钢管的行进钢管外表面被涂以防锈涂料。当位于喷涂工位前端的检测元件，测得钢管尾端离去的信号后，经延时关闭电磁阀，于是喷枪关闭。

由于钢管喷涂受到钢管（圆管）几何形状的限制及喷涂管径小的制约，每只喷枪的喷出的扇形漆雾流，要有一定程度的过喷。为了减少过喷特设置了三只枪和六只枪开启按钮。三只枪用于 73.0mm 以下小规格的钢管喷涂，六只枪用于 73.0mm 以上大规格的钢管喷涂。这部分设备包括了涂料的收集、输送、三级过滤和混合（与新涂料）。

上面谈到的喷涂过程中的过喷涂料，经位于喷涂箱下端的收集器，收集初步过滤，积存到一定数量后，可自动开启回收泵（人工参数设定）或手动开启回收泵。泵吸入并过滤涂料后加压输送至压力过滤器，经精密过滤后流入储存箱，与新加入的涂料混合后备用。收集箱内的涂料接近底部后自动关闭回收泵（人工参数设定）。

为防止杂物或温度过低而阻塞喷枪、喷嘴，原桶涂料由位于 200 升桶上的涂料补充泵抽出，并压送至涂料储存箱。涂料由吸漆管吸入涂料输送泵，涂料在泵的不断运动中升至设定压力值，高压涂料液流首先流经涂料电加热器。涂料在此加热器中得到均加热，温度恒定于设定温度，然后被加热涂料经管道被输送到喷枪处。此时输送泵暂时自动停止运动。涂料在输送过程中得到三级过滤：第一级为喷枪输入端装有吸漆座，座中滤网过滤。第二级输送泵输出端装有蓄压过滤器，第三级为喷枪输入端装有枪用过滤器。打开涂料回流阀门，输送泵慢速工作，喷枪处涂料可在输送过程中得到循环保温。

喷涂完毕后，由链式运输机把钢管移出本工序，进入打捆工序，依照工艺要求进行打捆，打捆完毕后用天车吊入成品库储存或发运。

二、涂层干燥工序：（该机组选型和形式尚未确定，待确定后追加技术参数）

三、连续式涂层机组设备主要技术参数：

钢管直径：Φ48（Φ32）—Φ168

长度：6—15m

来料要求：钢管表面无锈蚀、油、水等

喷涂部位：外表面

喷涂速度：平均 1.7m/s，取决于辊道或拖链的速度。

喷涂形式：加热无气动自动喷涂

适用涂料：a.水溶性或溶剂型防腐透明漆，（硬模、C 型）

b.防锈油（软模、D 型）及其它液体涂料

粘度要求：13—40s，涂 4 杯（油，国标）

14—40s，涂 4 杯（漆）

涂层（干）：15—25 mm

涂料加热温度：40—60 度（可设定）

该机组还包括：过滤系统、环保系统、电控、气控系统、涂料加热及喷涂系统

第九节 精整生产线质量控制标准

一、管线管：

本厂光管线中管线管的生产符合 API SPEC 5L、ASTM A53 、 ASTM A106 的标准

1.管端探伤，要对整个外表面进行检查，检查纵向缺陷

2.管端倒棱：如图 2.14

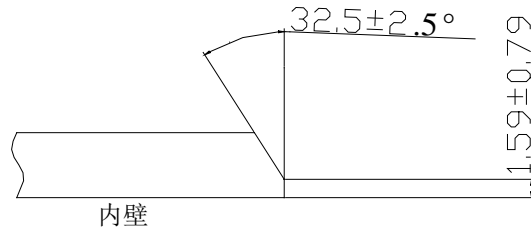


图 2.14

API SPEC 5L 管端要求:

除合同另有规定外,平端管的管端应有坡口和钝边。以钢管轴线的垂线为基准量坡口角为 30° ($+5^{\circ}$, -0°)。钝边按尺寸为 $1/16 \text{ in} \pm 1/32 \text{ in}$ ($1.59 \pm 0.79 \text{ mm}$),对需要加工内表面以保证钝边精度的无缝钢管,以纵向轴线为基准测得的内锥角应不大于下表(表 2.7)所列数值。

表 2.7

规定壁厚: in (mm)	最大内锥角 ($^{\circ}$)
$\leq 0.418''$ (10.6)	7°
$> 0.418''$ (10.6) $\sim 0.555''$ (14.1)	9.5°
$> 0.555''$ (14.1) $\sim 0.666''$ (16.9)	11°
$> 0.666''$ (16.9)	14°

外径 $< 2.375 \text{ in}$ (60.3 mm) 的管端状态应在订单中注明。

外径 $\geq 2.375 \text{ in}$ (60.3 mm) 的钢管,管端切斜不大于 $1/16 \text{ in}$ (1.69 mm)。管端加工机至少四小时检查一次。

3.水压试验:按 API5L 第 9 章、第 9.4.3 节的规定执行。

每根钢管进行水压试验且无渗漏现象,试验压力至少不小于 9.4.3 节的规定,对各种规格的无缝管,试验压力保压时间不小于 5s。

为保证每根钢管能达到要求的试验压力,每台试验机(除了用于连续焊管试验机外)应配备记录仪,以记录每根的试验压力和试验压力保持时间。或应配备某种自动或连锁的强制性装置,以保证试验压力和稳压时间达到要求的产品作为合格的产品。若购方有代表驻厂检查时,这些记录或图表应齐备,以供购方检查人员查询。试验压力测试装置每四个月应采用静重压力校验器或同等设备校验一次。检验记录的保存应符合相应的规定。

试验压力要求如下:最小试验压力应为标准试验压力,如合同中规定则可选用选择试验压力,如合同中没有限定,制造厂可以采用高于标准压力的试验压力(见注 1),对于表 2.8 中没有列出的钢级、外径、规定壁厚的最小试验压力应按注 2 中给出的公式计算,对于 A25 钢级外径 $< 5 \frac{9}{16} \text{ in}$ 的所有钢管和外径 $< 2 \frac{3}{8} \text{ in}$ 的所有规格 A、B 钢级、钢管试验压力已人为给定。中间壁厚钢管,其试验压力应等于相邻较大管壁所对应的试验压力,当计算的试验压力不是 10psi (100kpa) 的整数位时,应将其修约到最接近 10psi (100kpa) 的数值。

当订货合同规定的试验压力产生的环向应力大于规定最小屈服强度 90% 时,供需双方协议,试验压力按附录 K 决定。

注:1.这里所说的水压试验压力是指钢管检查时的试验压力,并非为管道设计提供依据,且不一定与工作压力有任何直接的关系。

2.表所列试验压力是用下式计算的,并修正到最邻近的 10psi (100kpa)

$$\text{英制公式 } P = \frac{2st}{D} \quad \text{米制公式 } P = \frac{2000st}{D}$$

式中：P—水压试验压力，Psi (KPa)

S—环向允许试验压力，Psi (KPa)：其数值等于各尺寸钢管的规定最小屈服强度乘以如下所示的百分数：

t—规定壁厚，in. (mm)

D—规定外径，in. (mm)

表 2.8

钢级	尺寸	规定最小屈服强度的百分数%	
		标准试验压力	选择试验压力
A25	$5 \frac{9}{16} a$	60	-
A	$D \geq 2 \frac{3}{8} b$	60	75
B	$D \geq 2 \frac{3}{8} b$	60	75
X42~X80	$D \leq 5 \frac{9}{16}$	60 ^c	75 ^d
	$5 \frac{9}{16} < D \leq 8 \frac{5}{8}$	75 ^c	75 ^d
	$8 \frac{5}{8} < D < 20$	85 ^c	85 ^d
	≥ 20	90 ^c	90 ^d

注：

- 试验压力限制到 2800psi (19.3MPa)，其他规格钢管的试验压力系人为给定；
- 对于外径 $\leq 3 \frac{1}{2}$ in. (88.9 mm) 的钢管试验压力限制到 2500PSi (17.2MPa)。对于外径 $> 3 \frac{1}{2}$ in. (88.9 mm) 钢管的试验压力限制到 2800 PSi (19.3MPa)，其他尺寸钢管的试验压力系人为给定。
- 对于 X42—X80 钢级的钢管，试验压力限制到 3000 PSi (20.7MPa) 并适应水压试验机的能力；
- 对于 X42—X80 钢级的钢管，外径 < 16 in. (406.4 mm) 的钢管，试验压力限制到 7260 PSi (50MPa)，外径 ≥ 16 in. (406.4 mm) 的钢管试验压力限制到 25MPa。

尺寸为 48.3~168.3 mm 平端管线管尺寸、单重和水压试验压力 (国际单位)

尺寸	规定 外径 D (mm)	规定 壁厚 t(mm)	平端管单 重 Wpe (kg/m)	计算 内径 *d (mm)	最小试验压力 ^b (Kpa×100) ^c											
					压力	钢级										
						A25	A	B	X42	X46	X52	X56	X60	X65	X70	X80
1.900	48.3	3.7	4.07	40.9	标准	69	83	90								
					选择	-	-	-								
1.900	48.3	5.1	5.43	38.1	标准	90	124	131								
					选择	-	-	-								
1.900	48.3	10.2	9.58	27.9	标准	96	152	158								
					选择	-	-	-								
$2 \frac{3}{8}^d$	60.3	2.1	3.01	56.1	标准	41	87	101	121	132	150	161	173	187	202	207
					选择	-	108	126	151	166	188	202	216	234	252	288
$2 \frac{3}{8}^d$	60.3	2.8	3.97	54.7	标准	55	115	134	162	177	200	207	207	207	207	207
					选择	-	144	168	202	221	250	269	288	312	336	384
$2 \frac{3}{8}^d$	60.3	3.2	4.51	53.9	标准	69	132	153	185	202	207	207	207	207	207	207

					选择	-	165	172	231	252	286	307	330	357	384	439
2 ^{3/8} ^d	60.3	3.6	5.03	53.1	标准	69	148	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	260	284	321	346	371	401	433	494
2 ^{3/8}	60.3	3.9	5.42	52.5	标准	69	161	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	281	308	348	374	402	435	469	500
2 ^{3/8}	60.3	4.4	6.07	51.5	标准	76	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	317	347	393	422	453	490	500	500
2 ^{3/8}	60.3	4.8	6.57	50.7	标准	83	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	346	379	429	461	494	500	500	500
2 ^{3/8}	60.3	5.5	7.43	49.3	标准	90	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	397	434	491	500	500	500	500	500
2 ^{3/8}	60.3	6.4	8.51	47.5	标准	96	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	462	500	500	500	500	500	500	500
2 ^{3/8}	60.3	7.1	9.31	46.1	标准	96	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	500	500	500	500	500	500	500	500
2 ^{3/8}	60.3	11.1	13.47	38.1	标准	96	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	500	500	500	500	500	500	500	500
2 ^{7/8} ^d	73.0	2.1	3.67	68.80	标准	41	71	83	100	109	124	133	143	155	167	191
					选择	-	89	104	125	137	155	167	179	193	208	238
2 ^{7/8} ^d	73.0	2.8	4.85	67.40	标准	55	95	111	133	146	165	178	191	206	207	207
					选择	-	119	139	167	182	207	222	238	258	278	318
2 ^{7/8} ^d	73.0	3.2	5.51	66.60	标准	69	109	127	153	167	189	203	207	207	207	207
					选择	-	136	158	191	208	236	254	272	295	318	363
2 ^{7/8} ^d	73.0	3.6	6.16	65.80	标准	69	122	143	172	188	207	207	207	207	207	207
					选择	-	153	172	215	234	266	286	306	331	357	408
2 ^{7/8}	73.0	4.0	6.81	65.00	标准	69	136	158	191	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	170	172	238	261	295	317	340	368	397	454
2 ^{7/8}	73.0	4.4	7.44	64.20	标准	69	150	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	262	287	325	349	374	405	437	499
2 ^{7/8}	73.0	4.8	8.07	63.40	标准	69	163	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	286	313	354	381	408	442	476	500
2 ^{7/8}	73.0	5.2	8.69	62.60	标准	69	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	310	339	384	412	442	479	500	500
2 ^{7/8}	73.0	5.5	9.16	62.00	标准	76	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	328	358	406	436	468	500	500	500
2 ^{7/8}	73.0	6.4	10.51	60.20	标准	83	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	381	417	472	500	500	500	500	500
2 ^{7/8}	73.0	7.0	11.39	59.00	标准	90	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	417	456	500	500	500	500	500	500
2 ^{7/8}	73.0	14.0	20.37	45.00	标准	96	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	500	500	500	500	500	500	500	500
3 ^{1/2} ^d	88.9	2.1	4.5	84.7	标准	41	59	68	82	90	102	109	117	127	137	156
					选择	-	73	85	103	112	127	137	147	159	171	196

3 ^{1/2} ^d	88.9	2.8	5.95	83.3	标准	55	78	91	110	120	136	146	156	169	183	207
					选择	-	98	114	137	150	170	182	196	212	228	261
3 ^{1/2} ^d	88.9	3.2	6.76	82.5	标准	69	89	104	125	137	155	167	179	194	207	207
					选择	-	112	130	157	171	194	208	224	242	261	298
3 ^{1/2} ^d	88.9	3.6	7.57	81.7	标准	69	101	117	141	154	174	188	201	207	207	207
					选择	-	126	146	176	193	218	234	251	272	293	335
3 ^{1/2} ^d	88.9	4.0	8.37	80.9	标准	69	112	130	157	171	194	207	207	207	207	207
					选择	-	140	163	196	214	242	261	279	302	326	373
3 ^{1/2}	88.9	4.4	9.17	80.1	标准	69	123	143	172	188	207	207	207	207	207	207
					选择	-	154	172	215	235	267	287	307	333	359	410
3 ^{1/2}	88.9	4.8	9.95	79.3	标准	69	134	156	188	205	207	207	207	207	207	207
					选择	-	168	172	235	257	291	313	335	363	391	447
3 ^{1/2}	88.9	5.5	11.31	77.9	标准	69	154	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	269	294	333	358	384	416	448	500
3 ^{1/2}	88.9	6.4	13.02	76.1	标准	-	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	313	342	388	417	447	484	500	500
3 ^{1/2}	88.9	7.1	14.32	74.7	标准	-	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	347	380	430	462	496	500	500	500
3 ^{1/2}	88.9	7.6	15.24	73.7	标准	90	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	372	407	460	495	500	500	500	500
3 ^{1/2}	88.9	15.2	27.63	58.5	标准	-	172	172	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	172	172	500	500	500	500	500	500	500	500
4 ^d	101.6	2.1	5.15	97.4	标准	-	51	60	72	79	89	96	103	111	120	137
					选择	-	64	75	90	98	111	120	128	139	150	171
4 ^d	101.6	2.8	6.82	96.0	标准	41	68	80	96	105	119	128	137	148	160	183
					选择	-	86	100	120	131	148	160	171	185	200	228
4 ^d	101.6	3.2	7.76	95.2	标准	-	78	91	110	120	136	146	156	169	183	207
					选择	-	98	114	137	150	170	182	196	212	228	261
4 ^d	101.6	3.6	8.70	94.4	标准	55	88	102	123	135	153	164	176	190	205	207
					选择	-	110	128	154	168	191	205	220	238	257	293
4 ^d	101.6	4.0	9.63	93.6	标准	-	98	114	137	150	170	182	196	207	207	207
					选择	-	122	142	171	187	212	228	244	265	285	326
4	101.6	4.4	10.55	92.8	标准	69	108	125	151	165	187	201	207	207	207	207
					选择	-	134	157	188	206	233	251	269	291	314	359
4	101.6	4.8	11.46	92.0	标准	83	117	137	164	180	204	207	207	207	207	207
					选择	-	147	171	206	225	254	274	293	317	342	391
4	101.6	5.7	13.48	90.2	标准	83	139	162	195	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	174	193	244	267	302	325	348	377	406	465
4	101.6	6.4	15.02	88.8	标准	-	156	182	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	274	300	339	365	391	423	456	500
4	101.6	7.1	16.55	87.4	标准	-	174	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	304	332	376	405	434	470	500	500
4	101.6	8.1	18.68	85.4	标准	117	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207

					选择	-	193	193	347	379	429	462	495	500	500	500
4 ^{1/2} ^d	114.3	2.1	5.81	110.1	标准	-	46	53	64	70	79	85	91	99	106	122
					选择	-	57	66	80	87	99	106	114	123	133	152
4 ^{1/2} ^d	114.3	3.2	8.77	107.9	标准	55	70	81	97	106	121	130	139	151	162	185
					选择	-	87	101	122	133	151	162	174	188	203	232
4 ^{1/2} ^d	114.3	3.6	9.83	107.1	标准	-	78	91	110	120	136	146	156	169	183	207
					选择	-	98	114	137	150	170	182	196	212	228	261
4 ^{1/2} ^d	114.3	4	10.88	106.3	标准	69	87	101	122	133	151	162	174	188	203	207
					选择	-	109	127	152	166	188	203	217	235	254	290
4 ^{1/2}	114.3	4.4	11.92	105.5	标准	-	96	111	134	146	166	178	191	207	207	207
					选择	-	120	139	167	183	207	223	239	259	279	319
4 ^{1/2}	114.3	4.8	12.96	104.7	标准	83	104	121	146	160	181	195	207	207	207	207
					选择	-	130	152	183	200	226	243	261	282	304	348
4 ^{1/2}	114.3	5.2	13.99	103.9	标准	-	113	132	158	173	196	207	207	207	207	207
					选择	-	141	164	198	216	245	263	283	306	330	377
4 ^{1/2}	114.3	5.6	15.01	103.1	标准	83	122	142	170	186	207	207	207	207	207	207
					选择	-	152	177	213	233	264	284	304	329	355	406
4 ^{1/2}	114.3	6.0	16.02	102.3	标准	83	130	152	183	200	207	207	207	207	207	207
					选择	-	163	190	228	250	283	304	326	335	380	435
4 ^{1/2}	114.3	6.4	17.03	101.5	标准	-	139	162	195	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	174	193	244	266	302	324	348	376	406	464
4 ^{1/2}	114.3	7.1	18.77	100.1	标准	-	154	180	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	270	295	335	360	386	417	450	500
4 ^{1/2}	114.3	7.9	20.73	98.5	标准	-	172	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	301	329	372	400	429	464	500	500
4 ^{1/2}	114.3	8.6	22.42	97.1	标准	117	187	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	327	358	405	436	467	500	500	500
4 ^{1/2}	114.3	11.1	28.25	92.1	标准	-	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	422	462	500	500	500	500	500	500
4 ^{1/2}	114.3	13.5	33.56	87.3	标准	-	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	500	500	500	500	500	500	500	500
4 ^{1/2}	114.3	17.1	40.99	80.1	标准	-	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	500	500	500	500	500	500	500	500
5 ^{9/16} ^d	141.3	2.1	7.21	137.1	标准	-	37	43	52	57	64	69	74	80	86	98
					选择	-	46	54	65	71	80	86	92	100	108	123
5 ^{9/16} ^d	141.3	3.2	10.90	134.9	标准	46	56	65	79	86	98	105	113	122	131	150
					选择	-	70	82	99	108	122	131	141	152	164	188
5 ^{9/16} ^d	141.3	4.0	13.54	133.3	标准	58	70	82	99	108	122	131	141	152	164	188
					选择	-	88	102	123	135	152	164	176	190	205	234
5 ^{9/16}	141.3	4.8	16.16	131.7	标准	70	84	98	118	129	146	157	169	183	197	207
					选择	-	105	123	148	162	183	197	211	228	246	281
5 ^{9/16}	141.3	5.6	18.74	130.1	标准	81	98	115	138	151	171	184	197	207	207	207
					选择	-	123	143	172	188	213	229	246	266	287	328

5 ^{9/16}	141.3	6.6	21.92	128.1	标准	83	116	135	163	178	201	207	207	207	207	207
					选择	-	145	169	203	222	252	270	290	314	338	387
5 ^{9/16}	141.3	7.1	23.50	127.1	标准	105	125	145	175	191	207	207	207	207	207	207
					选择	-	156	182	219	239	271	291	312	338	364	416
5 ^{9/16}	141.3	7.9	25.99	125.5	标准	116	139	162	195	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	174	193	243	266	301	324	347	376	405	463
5 ^{9/16}	141.3	8.7	28.45	123.9	标准	128	153	178	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	191	193	268	293	332	356	382	414	446	500
5 ^{9/16}	141.3	9.5	30.88	122.3	标准	139	167	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	292	320	362	389	418	452	487	500
5 ^{9/16}	141.3	12.7	40.28	115.9	标准	186	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	391	427	484	500	500	500	500	500
5 ^{9/16}	141.3	15.9	49.17	109.5	标准	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	489	500	500	500	500	500	500	500
5 ^{9/16}	141.3	19.1	57.56	103.1	标准	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	500	500	500	500	500	500	500	500
6 ^{8/8d}	168.3	2.1	8.61	164.1	标准	-	31	36	54	59	67	72	77	84	90	103
					选择	-	39	45	54	59	67	72	77	84	90	103
6 ^{8/8d}	168.3	2.8	11.43	162.7	标准	-	41	48	72	79	90	96	103	112	121	138
					选择	-	52	60	72	79	90	96	103	112	121	138
6 ^{8/8d}	168.3	3.2	13.03	161.9	标准	-	47	55	83	90	102	110	118	128	138	157
					选择	--	59	69	83	90	102	110	118	128	138	157
6 ^{8/8d}	168.3	3.6	14.62	161.1	标准	-	53	62	93	102	115	124	133	144	155	177
					选择	-	66	77	93	102	115	124	133	144	155	177
6 ^{8/8d}	168.3	4.0	16.21	160.3	标准	-	59	69	103	113	128	138	148	160	172	197
					选择	-	74	86	103	113	128	138	148	160	172	197
6 ^{8/8}	168.3	4.4	17.78	159.5	标准	-	65	76	114	124	141	151	162	176	189	207
					选择	-	81	95	114	124	141	151	162	176	189	216
6 ^{8/8}	168.3	4.8	19.35	158.7	标准	-	71	82	124	136	154	165	177	192	207	207
					选择	-	89	103	124	136	154	165	177	192	207	236
6 ^{8/8}	168.3	5.2	20.91	157.9	标准	-	77	89	134	147	166	179	192	207	207	207
					选择	-	96	112	134	147	166	179	192	208	224	256
6 ^{8/8}	168.3	5.6	22.47	157.1	标准	-	83	96	145	158	179	193	207	207	207	207
					选择	-	103	120	145	158	179	193	207	224	241	276
6 ^{8/8}	168.3	6.4	25.55	155.5	标准	-	94	110	165	181	205	207	207	207	207	207
					选择	-	118	137	165	181	205	220	236	256	276	315
6 ^{8/8}	168.3	7.1	28.22	154.1	标准	-	105	122	184	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	131	153	184	201	227	244	262	283	306	349
6 ^{8/8}	168.3	7.9	31.25	152.5	标准	-	117	136	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	146	170	204	223	253	272	291	315	340	389
6 ^{8/8}	168.3	8.7	34.24	150.9	标准	-	128	149	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	161	187	225	246	278	299	321	347	375	428
6 ^{8/8}	168.3	9.5	37.20	149.3	标准	-	140	163	207	207	207	207	207	207	207	207

					选择	-	175	193	246	268	304	327	351	379	409	467
6 ⁸ / ₈	168.3	11.0	42.67	146.3	标准	-	162	189	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	284	311	352	378	406	439	474	500
6 ⁸ / ₈	168.3	12.7	48.73	142.9	标准	-	187	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	328	359	406	437	469	500	500	500
6 ⁸ / ₈	168.3	14.3	54.31	139.7	标准	-	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	370	404	458	492	500	500	500	500
6 ⁸ / ₈	168.3	15.9	59.76	136.5	标准	-	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	411	449	500	500	500	500	500	500
6 ⁸ / ₈	168.3	18.3	67.69	131.7	标准	-	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
8					选择	-	193	193	473	500	500	500	500	500	500	500
6 ⁸ / ₇	168.3	19.1	70.27	130.1	标准	-	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	494	500	500	500	500	500	500	500
6 ⁸ / ₈	168.3	21.9	79.06	124.5	标准	-	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	500	500	500	500	500	500	500	500
6 ⁸ / ₈	168.3	22.2	79.98	123.9	标准	-	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207
					选择	-	193	193	500	500	500	500	500	500	500	500

4 长度、重量允许偏差:

4.1 重量允许偏差:

类别	允许偏差
单支钢管, 特轻平端或 A25 钢级	+10; -5.0
单支钢管, 其他管	+10; -3.5

4.2 长度允许偏差:

公称长度*		最小长度		每订单最小平均长度		最大长度	
ft	M	Ft	M	ft	M	Ft	M
20	6	9.0	2.74	17.5	5.33	22.5	6.86
40	12	14.0	4.27	35	10.67	45	13.72
50	15	17.5	5.33	43.8	13.35	55	16.76

注 (1): 20ft 原称单倍尺, 40ft 原称双倍尺

5. 钢管的测长、称重、喷色环、打印、喷印按 API 标准 5L 中第 10 章的规定执行, 具体内容如下:

5.1 钢管上要求的标志符合下面的规定:

- a. 外径 ≤ 1.900 英寸 (48.26 mm) 的钢管要打印金属标签于钢管捆上, 也可打印在捆扎钢管的带条上。
- b. 喷标顺序如下: 制造厂名称或标志应为第一标志; 规范: 如果产品完全符合本规范, 应漆印上“SPEC 5L”字样; 许可证号; 兼容标准: 符合多个相容标准的产品可标志各标准的名称, 例 \varnothing、ASTM; 钢级 B, 符号为 B。钢级 X42-X80, 符号为 X42-X80。介于 X42 与 X80 之间的钢级, 经供需双方协议, 并在合同中注明, 钢级应按 SR3 规定做涂色标志。钢级颜色对应如下: J55-绿色; K55-双绿色; N80-红色; P110-白色; X46-黑色; X52-绿色; X56-兰色; X60-红色; X65-白色; X70-紫色; X80-黄色。上述钢级对应的颜色要求如下: 对钢级不低于 X46, 外径 ≥ 4.5 英寸的钢管, 应按规定的颜色做涂色标志。位置在每一根钢管一端的内表面, 涂以 2 英寸 (50 mm) 相应颜色的涂料。产品类别: 采用下列符号: PSL1 类—PSL1, PSL2 类—PSL2, 制造工艺—S; 热处理符号: 正火或正火加回火—HN, 临界点以下消除应力—HS, 临界点以下时效硬化—HA, 淬火加回火—HQ; 试验压力: 当试验压力

超过规定压力（表 6A、6B 和 6C）时，应在 PSI（美制单位）试验压力之后，标志“TESTED”字样，钢管采用磁粉检测法、超声波或电磁波做全长检测，以检查其纵向缺陷，应标记为 SR4；

例如：Φ 168.3×14.27 mm, 钢级 X52, 水压试验为 7950psi, 管线管喷标顺序如下：长度 重量 TPCO 5L-0274 会标 日期 168.3×14.27 X52 PSL2 S HQ 7950PSI TESTED SR4 炉号 批号 管号 班次

5.2 对打印的规范如下：对于钢级高于 A25 且随后不做热处理的钢管及壁厚不大于 0.156 英寸（4.0 mm）的所有钢管，不得进行冷态打印。冷打印应采用圆角或钝角字样。我们采用的是用间断式点状平面冲头冷打印。

6. 涂层、打捆和保护：

6.1 涂层：除合同规定的除外，由制造厂选择钢管不涂层或外表的涂以临时性涂层防止运输过程中生锈，涂层应均匀光滑、致密、附着牢固且留滴量少、不易脱落（保证钢管三个月内不锈蚀）。如果用户要求管子不涂层或临时性涂层或特殊涂层，应在合同中注明。要求特殊涂层时，合同中应注明是全长涂层还是管端规定范围内不涂层。除合同中规定外，制造厂可以选择除管端外涂层或不涂层，钢管的管端选择临时性涂层。

6.2 打捆：

6.2.1 钢管捆的标志：

对外径≤1.900 英寸（48 mm）的钢管，标志应在标签上或捆扎钢管带条上或夹子上。且要把一捆的总长度标志在标签带条上。对于所有成捆包装的每捆钢管上，应挂有不少于 2 个标牌（每根管上有印记的可挂一个标牌）。标牌应注明：供方印记或注明商标、钢的牌号、炉号、批号、合同号、产品规格、产品标准号、重量或根数，制造日期和供方技术监督部门的印记。对于外径大于 159 mm 的钢管，可散装交货。

6.2.2 捆型的要求：

- a. 成捆钢管一端应放置整齐；
- b. 短尺长度钢管应单独捆扎包装交货；
- c. 定尺长度交货的钢管，其搭交的非定尺长度钢管应单独捆扎包装；
- d. 形状分为：一般包装件、矩形包装件、框架式包装件、六角形包装件

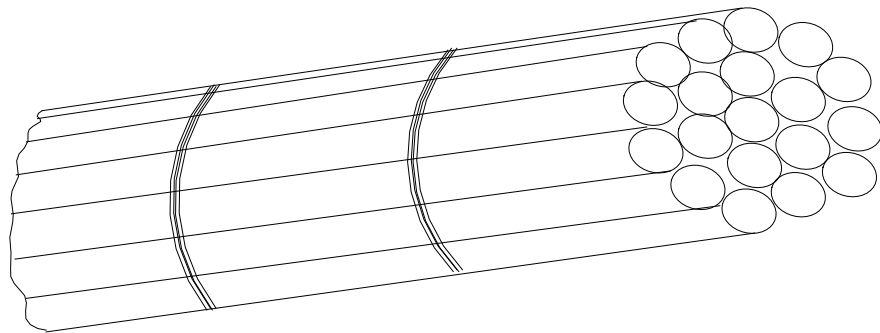


图 2.15 一般包装件

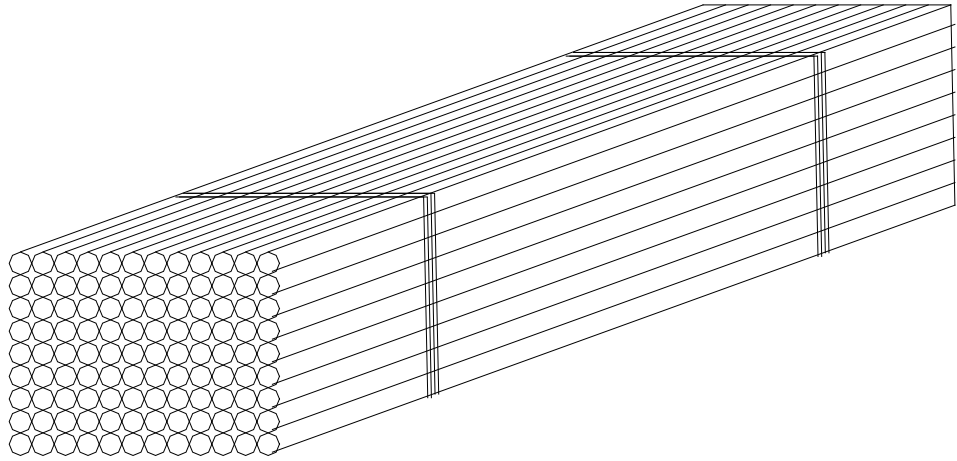


图 2.16 矩形包装件

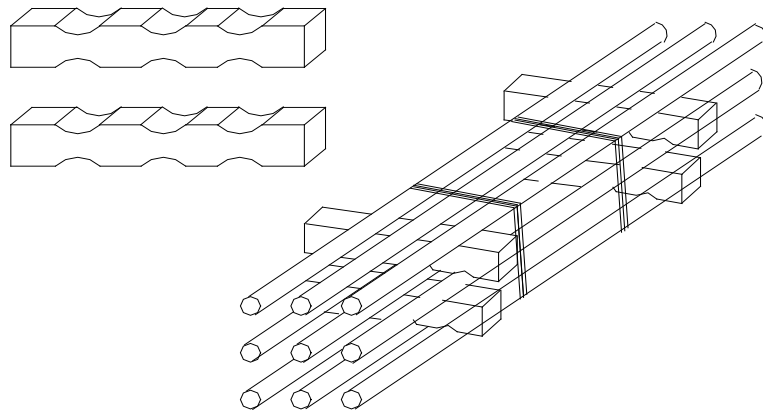


图 2.17 框架式包装件

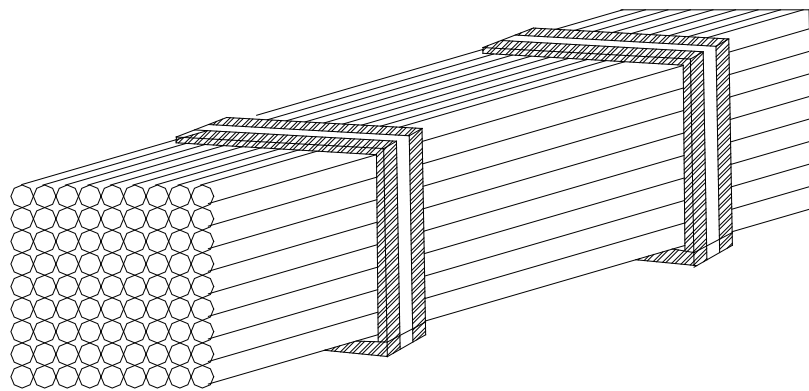


图 2.18 框架式包装件

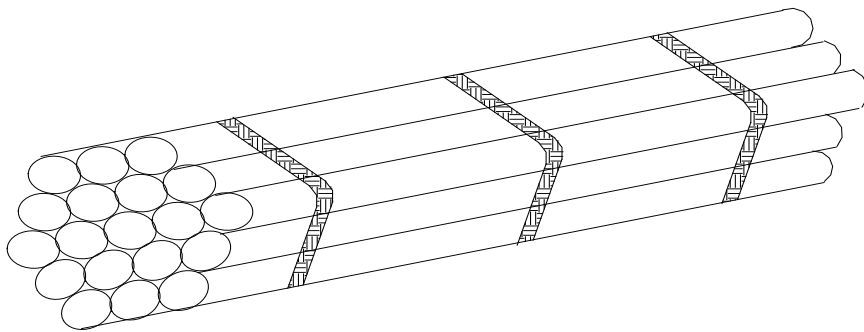


图 2.19 六角形包装件

e. 每捆钢管的捆扎道数应符合下表要求:

每捆钢管长 (m)	最少捆扎道数
≤3	2
>3, 但≤4, 5	3
>4, 5, 但≤7	4
>7, 但≤10	5
>10	6

f. 每捆重量: 主要依据供需双方协议来确定每捆重量。若需方没有要求, 每捆钢管不应超过 5 吨

6.3 管端保护帽: 对外径 $<2\frac{3}{8}$ 英寸 (60.3 毫米) 的钢管, 保护帽可以用织物缠制、或用合适的金属、纤维或塑料制成。对外径 $\geq 2\frac{3}{8}$ 英寸 (60.3 毫米) 的钢管, 保护帽的结构形式、材料及机械强度应适于正常装卸和储运条件下防止管端受损坏的要求。使之在运输和正常储存期间与水及脏物隔离。正常储存期为一年左右。保护帽的材料不应含有产生腐蚀或与管壁粘结的成分, 并适应于 $-50\sim+150^{\circ}\text{F}(-40^{\circ}\text{C}\sim+66^{\circ}\text{C})$ 的环境温度。

7 记录的保存: 水压报告、水压试验压力记录图形、无损检测报告、无损检测人员的资格证书等这些记录应由制管厂保存。从制管厂购买之日起三年内, 如购方有要求, 制管厂应提供这些记录。

二、低中压锅炉管:

产品应符合 GB3087-1999 或符合美国标准 ASTM A106 及德国标准 DIN17175、DIN1629。本章节主要以 GB3087-1999 为基准来叙述中低压锅炉管的生产工艺。

- (1) 管端外形: 钢管的两端端面应与钢管轴线垂直, 切口毛刺应予清除。但出口合同除外, 执行用户要求。
- (2) 水压试验: 钢管应逐根进行水压试验, 10 号钢最大试验压力为 7Mpa; 20 号钢最大试验压力为 10Mpa; 稳压时间不得少于 5s。在试验压力下, 钢管不得出现渗漏。供方可以用涡流代替水压试验, 但在标志中必须加印“NH”字符, 经供需双方协商, 也可用超声波或漏磁探伤代替水压试验, 但在标志中也需印“NH”字符。
- (3) 弯曲度: 壁厚 $\leq 15\text{ mm}$ —弯曲度不得大于 1.5 mm/m;
壁厚 $>15\text{ mm}$ —弯曲度不得大于 2.0 mm/m。

- (4) 长度: a.按照用户要求的长度范围交货。但应在通常长度范围内;
b.通常长度为4—12m;经供需双方协商,可交付长度不短于3000mm的钢管,但其重量不得超过该批钢管交货重量的5%。
- (5) 重量: -10%、+10%,以理论重量为基准,或符合GB/T17395的规定。
- (6) 喷标: a.执行用户要求的标志及顺序
b.若无用户要求,可按下列顺序喷印:长度 重量 TPCO 直径×壁厚 标准(GB3087-1999) 钢种 S (若不进行水压试验,加喷 NH) 炉号 批号 管号 日期(年、月) 班次 许可证号
- (7) 打标:除用户要求外,一般不采用打标方式。
- (8) 色环:除用户要求外,一般不涂色环
- (9) 组批规则:外径不大于76mm,并且壁厚不大于3mm,400根
其它尺寸,但外径<351mm,为200根。剩余钢管的根数不小于上述规定的50%时,可并入同一钢种、同一炉号、同一规格和同一热处理制度(炉次)的相邻一批中。
- (10) 涂层、打捆和记录的保存:参见管线管的规定或执行用户要求。
- (11) 管端保护帽:执行用户要求。
- (12) 取样:进入光管线加工的原料,一般都是性能符合要求后方可投料生产,如需补样,其所对应的数量(个)及长度(mm),则由生技科另行通知。

三、高压锅炉管:

产品应符合GB5310-1995,或符合德国标准DIN17175。对产品质量等级为III级的所有管子,都应由制管厂对管子进行探伤检验,以检查纵向缺陷;此外在订货时,还要商定对横向缺陷和分层缺陷进行探伤检验。

对每根管子的内外表面状态都应进行检查,而我们的精整线又没有喷丸设备,故该品种钢管原料在上线前,应做好内、外表面处理。

对所有管子壁厚都要进行测量,并依据销售协议对外径或对内径进行测量。

本章节主要以GB5310-1995为基准,来叙述高压锅炉管的生产工艺及控制标准。

- (1) 管端外形:钢管两端端面应与钢管轴线垂直,即切成直角,并清除切口毛刺。但出口合同除外,执行用户要求。
- (2) 水压试验:钢管应逐根进行水压试验,我们采用最大试验压力,压力为20MPa(2900psi),稳压时间不少于10s。在试验压力下,钢管不得出现漏水或出汗现象。供方可以用涡流探伤代替水压试验,但在标志中必须加印“NH”字符。经供需双方协商,也可用漏磁探伤代替水压试验,但在标志中也需加印“NH”字符。
- (3) 弯曲度:壁厚≤15mm—弯曲度不得大于1.5mm/m
壁厚>15-30mm—弯曲度不得大于2.0mm/m
壁厚>30mm—弯曲度不得大于3.0mm/m
- (4) 长度:按照用户要求的长度范围交货;但应在通常长度范围内。通常长度为4—12m;经供需双方协商,可交付不超过该批钢管交货总重5%的长度不小于3000mm的短尺钢管。
- (5) 重量: -10%, +10% 以钢管理论重量为基准,计算公式如下:
$$W=0.02466(D-S)*S$$

式中:W为每米理论重量-kg;S为钢管的公称壁厚;D为钢管的公称外径。
每批最少为10吨的钢管,交货重量为±7.5%。
- (6) 喷标: a.执行用户要求的标志及顺序

b.若无用户要求，可按下列顺序喷印：

长度 重量 TPCO 直径×壁厚 标准（GB5310-1995） 钢种 S（若没进行水压试验则 NH） 炉号 批号 管号 日期（年、月） 班次 许可证号

- (7) 打标：除用户要求外，一般不打印
- (8) 涂色环：除用户要求外，一般不涂色环
- (9) 组批规则：每批钢管应由同一钢种、同一炉号、同一规格和同一批处理制度的钢管组成，每批钢管的根数不超过如下规定：外径不大于 76 mm，并且壁厚不大于 3.5 mm，400 根；其它尺寸，但外径小于等于 351 mm，200 根；
- (10) 涂层、打捆和记录的保存：参见管线管的规定或执行用户要求。
- (11) 管端保护帽：执行用户要求
- (12) 取样：参见中低压锅炉管的有关说明。

四、流体管：

本厂出的流体管应符合 GB/T8163-1999，本章节主要以该标准为基准来叙述流体管的生产工艺及控制标准。

- (1) 管端外形：钢管的两端端面应与钢管轴线垂直，切口毛刺予清除。
- (2) 水压试验：钢管应逐根进行水压试验，我们采用最大试验压力，压力为 19MPa（2800psi）。在试验压力下，应保证耐压时间不少于 5s，钢管不得出现渗漏现象。供方可以用超声波探伤、涡流探伤代替水压试验，但在标志中必须加印“NH”字符。
- (3) 弯曲度：壁厚≤15 mm—弯曲度不得大于 1.5 mm/m
壁厚>15 mm—弯曲度不得大于 2.0 mm/m
- (4) 长度：按照用户要求的长度范围交货；但应在通常长度范围内。通常长度为 3—12m
- (5) 重量：以钢管理论重量为基准，单根钢管允许偏差：±10%，每批最少为 10 吨的钢管为±7.5%
- (6) 喷标：a.执行用户要求的标志及顺序
b.若无用户要求，可按下列顺序喷印：
长度 重量 TPCO 直径×壁厚 标准（GB/T8163-1999） 钢种 S（若没进行水压试验则 NH） 炉号 批号 管号 日期（年、月） 班次
- (7) 打标：除用户要求外，一般不打印
- (8) 涂色环：除用户要求外，一般不涂色环
- (9) 组批规则：每批钢管应由同一钢种、同一炉号、同一规格和同一批热处理制度的钢管组成，每批钢管的根数不超过如下规定：外径不大于 76 mm，并且壁厚不大于 3 mm，400 根；其它尺寸，但外径小于等于 351 mm，200 根；剩余钢管的根数如不少于上述规定的 50%时，则单独列为一批，少于上述规定的 50%时，可并入同一钢种、同一炉号和同一规格的相邻一批中。当需方事先未提出要求时，优碳钢可以不同炉号的同一规格、同一钢种的钢管组成一批。
- (10) 涂层、打捆和记录的保存：参见管线管的规定或执行用户要求。
- (11) 管端保护帽：执行用户要求
- (12) 管：取样：参见中低压锅炉管的有关说明。

五、石油裂化管：

本厂生产的石油裂化管，应符合 GB9948-88，本章节主要以该标准为基准来叙述石油裂化管的生产工艺及控制标准。钢管内外表面的氧化铁皮应除掉，但不妨碍检查的氧化薄层允许存在。

钢管应逐根进行超声波检验，其标准样管的人工伤为 C8。

- (1) 管端外形：两端切成直角，并清除毛刺
- (2) 水压试验：钢管应逐根进行水压试验，我们采用最大试验压力，压力为 20MPa (2900psi)，稳压时间不少于 10s。计算公式如下：

$$P = \frac{2 \cdot S \cdot R}{D}$$

式中：P 为试验压力。Mpa；S 为钢管公称壁厚mm，D 为钢管公称外径mm；R 为允许应力，优碳钢及合金钢为规定的屈服点的 80%，不锈钢和耐热钢为规定屈服点的 70%（普管所有水压计算公式都一样，只是“R”的规定有所不同。故其它章节没有给出）。供方可用涡流或超声波检验代替水压试验，但在标志中加“NH”字符。

- (3) 弯曲度：钢管的弯曲度不得大于如下规定：
壁厚≤15 mm—弯曲度不得大于 1.5 mm/m
壁厚>15 mm—弯曲度不得大于 2.0 mm/m
- (4) 长度：按照用户要求的长度范围交货；但应在通常长度范围内。通常长度为 4—12m
- (5) 重量：以实际重量交货或以理论重量交货
本人推荐，公差带为±10%
- (6) 喷标：
 - a. 执行用户要求的标志及顺序
 - b. 若无用户要求，可按下列顺序喷印：
长度 重量 TPCO 直径×壁厚 标准（GB9948-88） 钢种 S
（若没进行水压试验则 NH） 炉号 批号 管号 日期（年、月） 班次
- (7) 打标：执行用户要求，一般不打印
- (8) 色环：执行用户要求，一般不涂色环
- (9) 组批规则：每批钢管应由同一钢种、同一炉号、同一规格和同一批热处理制度的钢管组成，每批钢管的根数不超过如下规定：外径不大于 76 mm，并且壁厚不大于 3 mm，400 根；其它尺寸，但外径小于等于 351 mm，200 根；剩余钢管的根数如不少于上述规定的 50%时，则单独列为一批，少于上述规定的 50%时，可并入同一钢种、同一炉号和同一规格的相邻一批中。
- (10) 涂层、打捆和记录的保存：执行用户要求或参见管线管的规定
- (11) 管端保护帽：执行用户要求
- (12) 取样：参见中低压锅炉管的有关说明。

六、高压化肥管：

产品应符合 GB6479-2000 的要求和规定。本章节则以该标准为基准来叙述高压化肥管的生产工艺及控制标准。钢管应按 GB/T5777 的规定逐根进行超声波探伤检验。样管按 C5 执行。且经双方协商。可增做其他无损检测。

- (1) 管端外形：钢管的两端端面应与钢管轴线垂直，切口毛刺予清除。
- (2) 水压试验：钢管应逐根进行水压试验，我们采用最大试验压力，压力为 20MPa (2900psi)，稳压时间不少于 10s。在试验压力下，钢管不得出现弯曲、渗漏现象。
($P=2 \cdot S \cdot R/D$) 生产厂可以用涡流探伤或漏磁探伤代替水压试验，但标志应有“NH”字符。用涡流探伤时，对比样管应采用 GB/T7735 中的验收等级 A；用漏磁探伤时，对比样管外表面纵向缺口槽应符合 GB/T12606 中 L4 的规定，刻槽深度最小值为 0.5 mm。
- (3) 弯曲度：钢管的弯曲度不得大于如下规定：
壁厚≤15 mm—弯曲度不得大于 1.5 mm/m

壁厚>15-30 mm—弯曲度不得大于 2.0 mm/m

- (4) 长度：按照用户要求的长度范围交货；但在通常长度范围内。通常长度为 4—12m，经供需双方协商，可交付不超过该批钢管交货总重量 5%且长度不小于 3000 mm 的短尺钢管。
- (5) 重量：根据需方要求经供需双方协商，并在合同中注明，交货钢管的实际重量与理论偏差应符合如下规定：单根钢管：±10%；每批最少为 10t 的钢管：±7.5%。
- (6) 喷标：
 - a. 执行用户要求的标志及顺序
 - b. 若无用户要求，可按下列顺序喷印：
长度 重量 TPCO 直径×壁厚 标准（GB6479-2000） 钢种 S
（若没进行水压试验则 NH） 炉号 批号 管号 日期（年、月） 班次
- (7) 打标：执行用户要求，一般不打印
- (8) 色环：执行用户要求，一般不涂色环
- (9) 组批规则：每批钢管应由同一钢种、同一炉号、同一规格和同一批热处理制度的钢管组成，每批钢管的根数不超过如下规定：外径不大于 70 mm，并且壁厚不大于 3 mm，400 根；其它尺寸，但外径小于等于 351 mm，200 根。
- (10) 涂层、打捆和记录的保存：执行用户要求或参见管线管的规定
- (11) 管端保护帽：执行用户要求
- (12) 取样：参见中低压锅炉管的有关说明。

七、半成品钻杆：由于是公司产品的最新品种，本人无相关资料，也没有接触过，所以就在这里不叙述了。

八、半成品套管、油管料：

对应此品种的产品应符合 API5CT、API5L 的要求，但由于我们的水压机最大实际压力为 50Mpa，而 N80 热处理料、P110 钢级，所需压力要比此设计要高：故半成品也不能完全走精整线。

在这里我着重强调的有：a. 所有半成品都应漆印（喷印），打印上 UF 字符；油管应喷印上 TFL 标志。

b. 对通径规的要求：通径规的前端应到圆角，以便顺利进入钢管内，通径规应在施加适度作用力的情况下自由地通过钢管作用力的大小相当于检验用通径规的重量。在管内无任何异物，并为防止弯曲变形采取适当支承时，通径检验未通过的钢管应予剔除，判废。

钢管外径（油管）	通径尺寸（Φ，mm）
D≤2-7/8 英寸	Φ=D-2S-2.38
D>2-7/8 英寸	Φ=D-2S-3.18

注：D 为外径（mm）；S 为壁厚（mm）。

九、气瓶管：

产品应符合 GB18248-2000 的规范和要求。钢管应按 GB/T5777 的规定逐根进行超声波探伤检验，经过水压试验的钢管，可按 GB/T12606 的 L2 逐根进行漏磁探伤检验。

- (1) 管端外形：钢管的两端端面应与钢管轴线垂直，切口毛刺予清除。
- (2) 水压试验：钢管采用 5MPa（750psi）压力试压，保压时间不少于 5 秒，在该压力下不得出现渗漏现象，也可用涡流探伤检验代替水压试验，但应按 GB/T7735 的验收等级 A 执行。漏磁探伤检验也可代替水压试验，但应按 GB/T12606 的 L4 验收。凡是用无损检测代替水压试验的管子，在标志上应喷有 NH 字符。
- (3) 弯曲度：钢管的弯曲度不得大于 1.5 mm/m
- (4) 重量：根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，交货钢管实际重量与理

论重量的偏差应符合如下规定：

单根钢管：±10%

每批最少为 10t 的钢管：±7.5%

- (5) 长度：按照用户要求的长度范围交货；但应在通常长度（4—12 米）范围内。
- (6) 喷标：
 - a. 执行用户要求的标志及顺序
 - b. 若无用户要求，可按下列顺序喷印（试行）：
长度 重量 TPCO 直径×壁厚 标准（GB18248-2000） 钢种 S
（若没进行水压试验则 NH） 炉号 批号 管号 日期（年、月） 班次
- (7) 打标：执行用户要求，一般不打印
- (8) 色环：执行用户要求，一般不涂色环
- (9) 组批规则：每批钢管应由同一钢种、同一炉号、同一规格和同一交货状态的钢管组成，每批钢管不大于 200 根。
- (10) 涂层、打捆和记录的保存：执行用户要求或参见管线管的规定
- (11) 管端保护帽：执行用户要求
- (12) 取样：参见中低压锅炉管的有关说明。

十、结构管、液压支柱管：

产品分别对应符合 GB/T8162-1999、GB/T17396-1998 的规范和要求。结构管若按需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可进行超声波探伤，检验以 GB/5777-1996 附录 C 中 C10 的规定执行。

- (1) 管端外形：两者都是平端面（与轴线垂直），去毛刺
- (2) 弯曲度：结构管不得大于如下规定：
 - 壁厚≤15 mm—弯曲度不得大于 1.5 mm/m
 - 壁厚>15-30 mm—弯曲度不得大于 2.0 mm/m液压支柱管不得大于以下规定：
 - 壁厚≤15 mm—弯曲度不得大于 1.3 mm/m
 - 壁厚>15-30 mm—弯曲度不得大于 1.5 mm/m
- (3) 重量：结构管以理论重量为基准，单支管±10%；每批至少 10 吨管为±7.5%
液压支柱管以实际重量交货
- (4) 喷标：
 - a. 执行用户要求的标志及顺序
 - b. 若无用户要求，可按下列顺序喷印（推荐）：
长度 重量 TPCO 直径×壁厚 标准（对应品种） 钢种 S（若没进行水压试验则 NH） 炉号 批号 管号 日期（年、月） 班次
- (5) 组批规则：按各自的标准执行

第三章 中间仓库

第一节 概述

中间仓库由两个库区组成，位于 BC 跨（1#库）和 CD 跨（2#库），存放来自预精整线的钢管，并完成向精整线送料和钢管过跨倒运任务。并起到预精整线和精整线之间产量平衡和缓冲的作用。

中间仓库全部由固定放置的料架组成，料架有明显、清晰的编号和标识。料架尺寸待北钢院设计图提供后再进行补充。

中间仓库实行计算机数据管理。料架编号、存放钢管的有关数据、出入库的有关信息及记录，全部通过计算机来完成。

第二节 中间库物流原则

根据有利生产原则，1 号库区和 2 号库区存放钢管品种略有不同。1 号库区存放钢管品种包括管线管、油套管、热处理后返回的钢管和直接过跨倒运的钢管（包括结构管、液压支架管、低中压锅炉管和不要打捆的大口径厚壁管）。2 号库区存放钢管品种包括结构管、液压支架管、钻杆料、流体管、管线管、气瓶管和部分油套管。主要产品物流方向参照下面框图进行组织（图 3.1）。

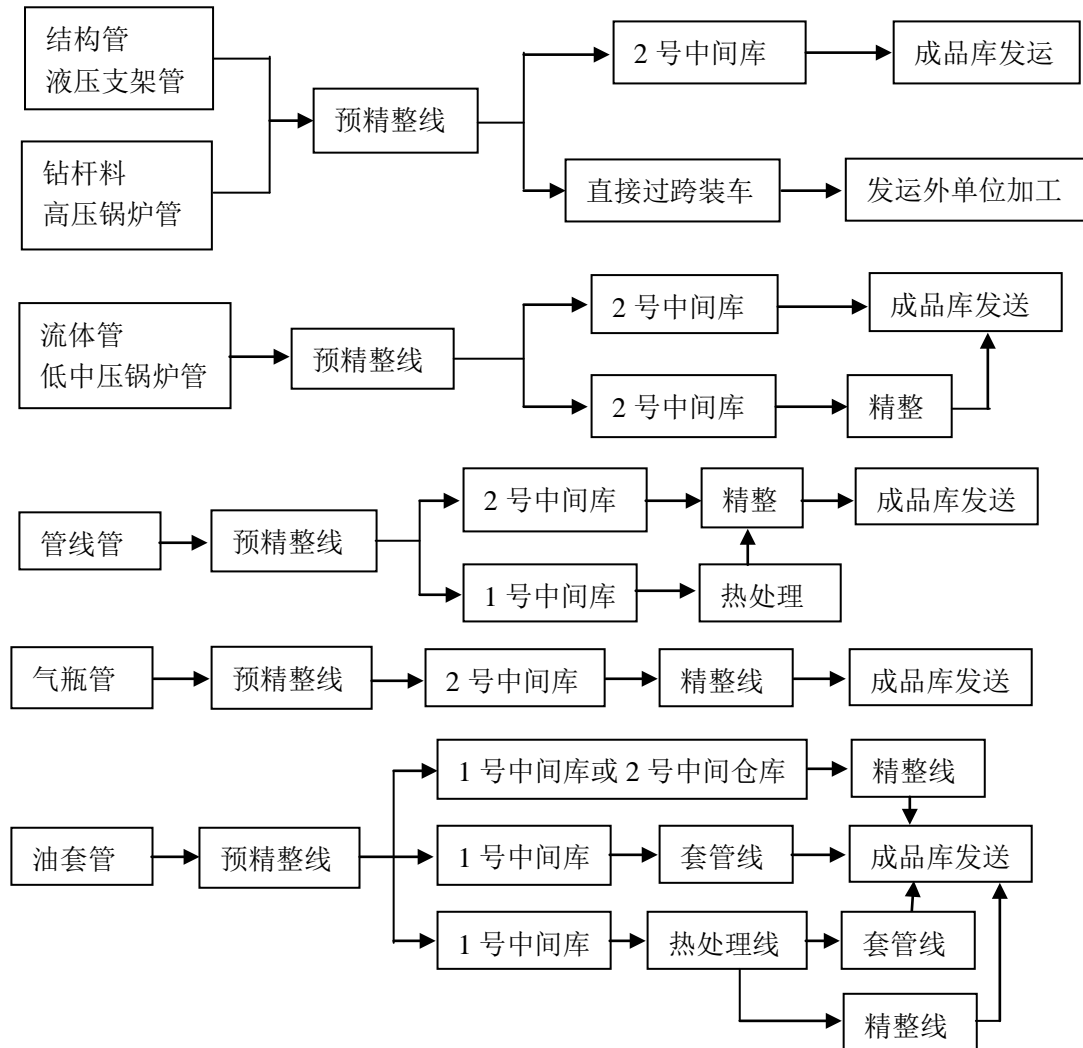


图 3.1 中间库物流方向参考图

第三节 中间库工艺管理

为保证对产品的入出库、搬运、贮存、标识等工艺过程进行有效的控制，制定相应的管理原则如下：

一、验收和入出库工作原则

1. 接收人员核对入库单据与实物的炉号、钢级（钢种）、品种、规格、定尺、合同号和标识是否相符，如不相符通知生产线出料口查找原因。

2. 经核实准予入库产品放入指定料架贮存或按相应物流方向进行处理，同时，管理人员将有关数据做文字记录并签字，并及时、准确地将有关数据输入计算机，作到文字记录、计算机内的数据与库区内实物三方数据完全相同。

3. 产品出库必须按出库单进行组织，库管人员接到外发作业单后，立即核实品种钢级（钢种）、炉号、壁厚、长度、数量及标识是否正确，确认无误后再上精整线或装车。同时，管理人员将有关数据做文字记录并签字，并及时、准确地将有关数据输入计算机，作到文字记录、计算机内的数据与库区内实物三方数据完全相同。

二、产品搬运原则

1. 产品入出库由吊车搬运，搬运过程应运行平稳，进入指定料架或运输车辆货架时要重心平衡并轻放摆平，不能超载或砸撞料架与运输车辆货架。

2. 产品搬运过程中应使用尼龙带，保证不损伤产品表面，必须使用撬杠时，撬动产品时要轻，保证不得划伤产品表面。

3. 产品搬运过程中发生或发现质量问题应立即通知质检人员进行判定并采取相应措施。

三、产品贮存原则

1. 产品贮存应按炉号、规格、钢级（钢种）、壁厚等存放，不同品种、规格、壁厚钢管不准存放于同一料架。填好文字记录并将有关数据输入计算机。

2. 存放记录、计算机内数据应与实物三方完全相符。

3. 每排钢管的一端要保持整齐。

4. 管材内不能有铁屑及杂物。

四、产品标识的管理和要求

1. 放入料架的产品要由库管人员在产品整齐的一端挂上写有产品规格、钢级（钢种）、炉号、数量等内容标签。做到产品的可追溯性。

2. 每吊产品不应少于两个标签。

3. 要求所挂标签不能掉下。

第四节 中间仓库及天车能力

因中间仓库所到资料较少，库区的详细尺寸及料架的设计图等均未到，待北钢院提供资料后在进行计算、补充。

第四章 成品库

第一节 概述

成品库在 D-E 跨全长 384 米，跨度 24 米，柱距 18 米。设有 7.5+7.5 吨双梁桥式吊车三台。是产品入出库、搬运、储存、包装、保管与交付等环节的管理部门，具体过程如下：接收人员核对生产线开列的入库单据（以捆或根数为单位）与实物的炉号、钢级（钢种）、品种、规格、合同号、定尺、标识是否相符，如不相符，通知生产线出料人员查找原因，否则不予入库。经核实无误后，产品方可入库，并放入指定料架储存，同时成品库管理人员将有关信息做文字记录。生产线以整炉为单位，开具缴库单（与入库单不同），办理缴库时，缴库单是否与实物相符，如不符，请缴库部门核实原因，缴库单据的数据与事物相符后，库管方可签字生效，从而使此炉管子具备交付或倒运的条件。产品出库必须按销售下达出库单进行配料、作业人员接收外发作业单后，立即核实合同号、品种、钢级（钢种）、炉号、规格、长度（定尺）、数量及标识是否正确，确认无误后再进行装车。产品出库后的结余存量应与帐目相符，不相符时立即追查，找出原因，予以核实和纠正。产品入库由天车吊运成形捆、或散装捆。在吊运过程中运行平稳，进入指定料架时，要轻放、摆平。产品出库时，天车吊运成形捆、或散捆，要牢固，运行平稳，放入车皮或运输车辆货架内时要重心平衡，不超载，要轻放，不应砸撞车辆货箱或料架。产品在吊运过程中不能损伤产品表面和捆形。

产品的存入应按炉号、规格、品种、钢级（种）及合同号等存放。同钢级、同规格、同品种，不同壁厚的钢管捆不能放在同一料架。相临捆（管）层之间应摆放适中的二根垫木。每层管捆的一端要对齐码放，管捆中的管材内必须干净，偶见铁屑及杂物必须在交付用户前清理干净。

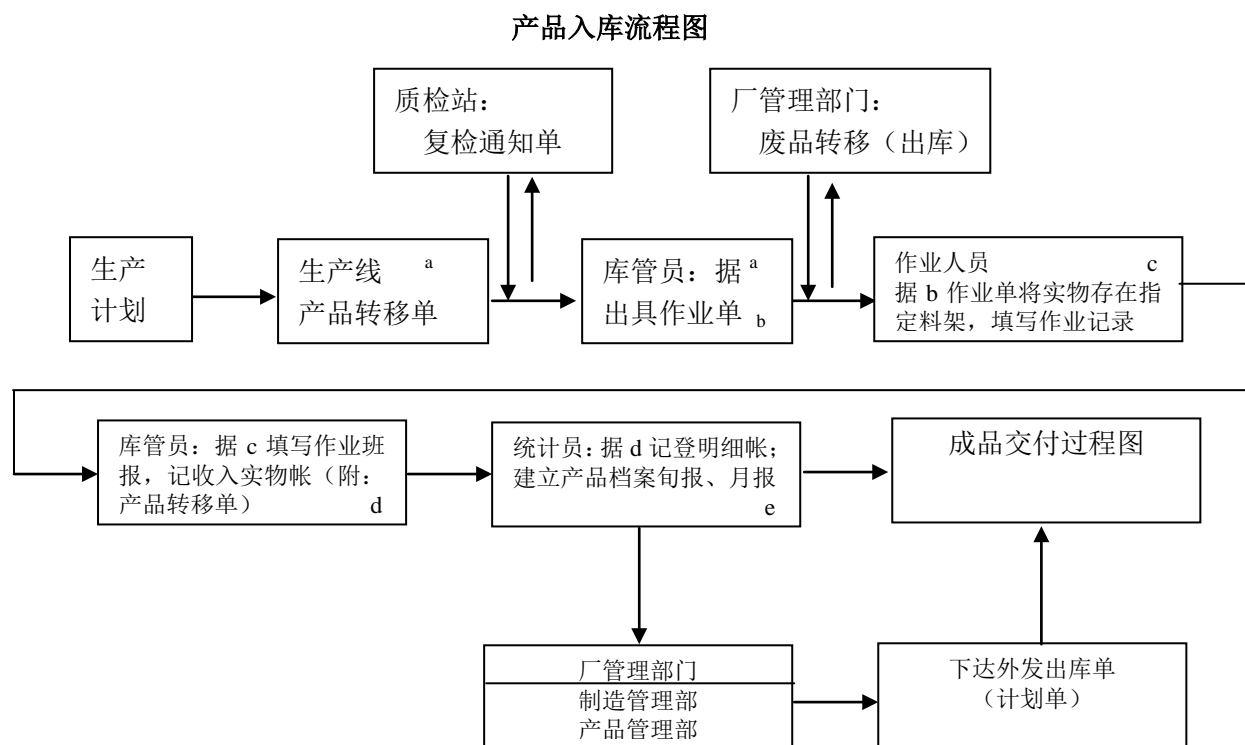
第二节 产品入库、出库的程序过程图及相关工序的简介

产品入库工序、产品出库工序及成品倒运工序，在计算机统一协调管理下，组成高效、准确且可追溯的物流管理系统。库管员（计算机操作员）依据相关信息，出据产品入库或发运的作业指导书明细，产品入库或发运工序依据该作业指导书进行相关的物流作业。

一、入库工序物流原则：

- 1 钢管入库时必须经过严格检查，转移单填写的内容必须与所要入库的钢管相符。检查无误后方可入库。否则有权拒绝入库。
- 2 钢管入库，钢管必须有喷标标志。如炉号、批号、钢种、长度、规格、标准、必须清楚，方可入库
- 3 钢管进入成品库时要认真复核《转移单》上的品种、炉号、批号、钢种、长度、规格、标准、每捆支数是否与实物相符。检查无误后存入指定料位，同时做到实物、帐目、料位相一致。

二、成品入库流程图：

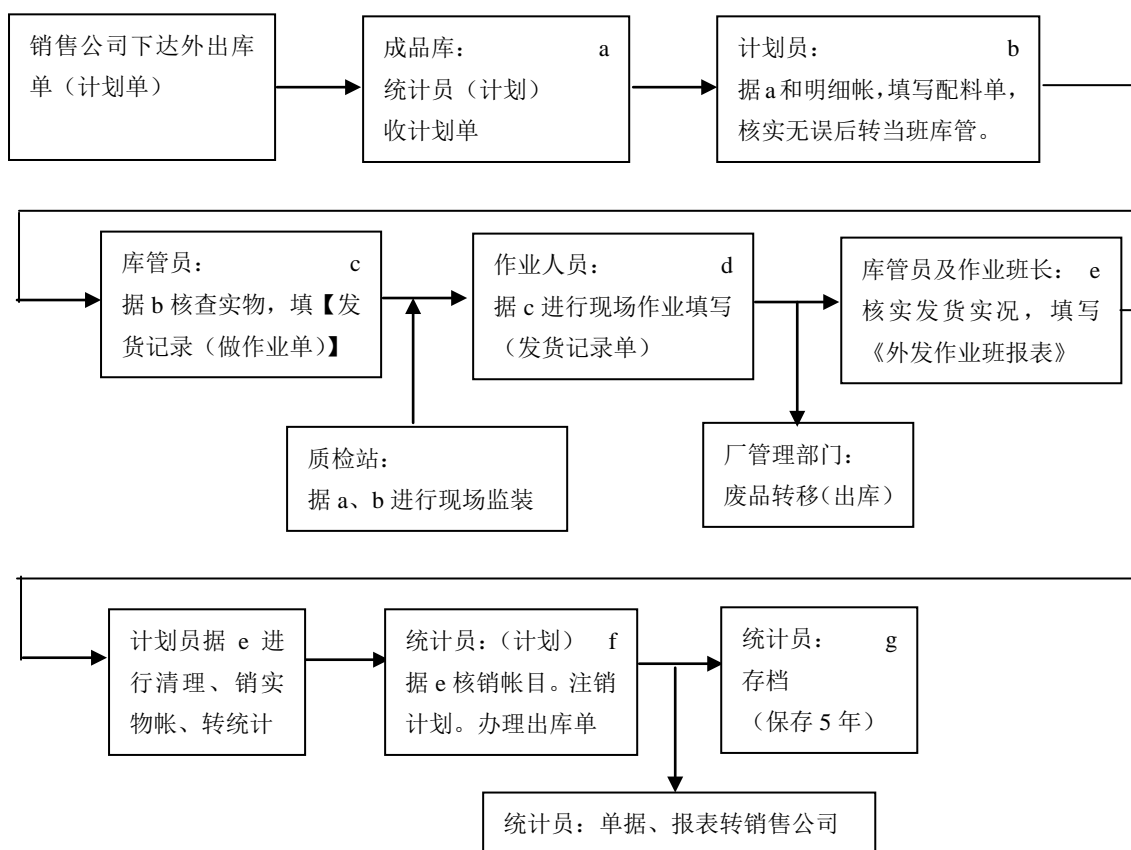


三、产品交付（出库）工序物流原则：

- 1 发货人员必须根据有关部门下达发货计划开据出库单，办理钢管的出库手续。
- 2 发货人员必须在发货前整理好所要出库钢管的单据及所要出库的存放位置、数量、要保障及时顺利发货。
- 3 钢管出库时，出库的实物要与出库单上的钢管的支数、长度、重量、钢种（号）、规格、标准、炉号、批号相符。经核实无误后方可出库。
- 4 发货人员在发货的同时，除认真填写好单据外，还要做好钢管的出库记录及有关帐目的保存工作。
- 5 在发货过程中，若发现产品有质量问题，应立即反映到有关部门并采取相应措施，防止次品流入到用户手中。

三、产品交付流程图：

产品交付流程图



第三节 库及天车的能力

- 待北钢院详细设计出来且经测算确认后缀加

第五章 精整区辅助设备介绍

第一节 精整区辅助设备

精整区除前面介绍的在线设备外，还有一些辅助设备，用来完成在线设备无法完成的工艺功能。辅助设备包括分检台架、过跨车、修磨台架、再切锯和天车。下面分别对各设备完成的工艺功能进行介绍。

一、分检台架

分检台架完成涡流、超声（或漏磁）探伤后的可疑品及水压试验后不合格品的检查和分类，分出可修磨品、可再切品和直接废品，以便将部分缺陷管修磨或再切，制成成品管，提高成材率。

四、过跨车

精整区有四台过跨车，即 BC 跨中间仓库区和 CD 跨修磨区之间的过跨车（1#过跨车）、BC 跨和 CD 跨中间仓库区之间的过跨车（2#过跨车）、CD 跨修磨区和成品库区之间的过跨车（3#过跨车）及 CD 跨中间仓库区和成品库区之间的过跨车（4#过跨车）。完成精整区各跨间钢管的过跨倒运任务。另外 BC 跨至工具间也有一台过跨车，用来完成矫直辊的倒运和检修设备的运输任务。

五、修磨台架

修磨台架由可放置钢管的台架及可使钢管周向旋转的辊道组成，完成对可修磨钢管缺陷的查找及修磨。

六、再切锯

再切锯完成对带有不可修磨缺陷钢管的再切改尺及每炉钢管的取样任务。

再切锯型号为 HK700L-55 型高功率圆盘锯。类似于管排锯，但为再切锯更换了夹紧装置，此夹紧装置能实现棱柱夹紧和半硬壳式夹紧。

1. 再切锯技术参数如下：

工件尺寸（钢管）	外径最大 $\Phi 200\text{mm}$
锯片直径	600mm
锯片宽度	6.5mm
锯片齿数	100 个
主驱动电机	DS/FU 55Kw
芯轴旋转无级变速	34~90RPM
进给交流电机功率	6.9Kw
进给无级变速	0~1200mm/min
快速返回恒定值	6000mm/min
中心润滑系统	0.1Kw
液压系统	5.5Kw
控制系统	S7

2. 设备组成

- 锯床底座
- 锯传动装置
- 锯传动装置的导向系统
- 锯动装置的进给系统
- 锯片减振装置
- 锯屑刷扫装置（带驱动装置）
- 输入和输出边夹紧装置

- 锯片喷射润滑装置
- 中心润滑装置
- 电气装置
- 液压单元

七、天车

精整区共有八台 7.5+7.5t 挂梁桥式起重机（天车），其中 BC 跨有三台、CD 跨有两台、成品库跨有三台。负责钢管的吊运和设备的检修等工作。

天车轨面标高+9 米，大车的运行速度为 101m/min，小车的运行速度为 45.6m/min，主钩起升速度为 14.5 m/min。

第二节 工艺过程描述

各辅助设备完成的工艺过程比较简单，下面分别进行叙述。

一、分检过程

涡流、超声（或漏磁）探伤后的可疑品及水压试验后不合格品由天车吊运至分检台架，在分检台架上进行检查、分类。分出可修磨品、可再切品和直接废品，分类后的钢管再由天车吊运至相应工序进行处理。

二、修磨过程

分检台架分出的修磨管由天车吊运至修磨台架，通过拨料器将钢管拨入修磨辊道，辊道旋转找出钢管的缺陷部位，然后用专用工具将缺陷磨掉。磨好的钢管收集在一起，然后进行复探，确认磨后的钢管质量符合成品钢管质量要求，再将修磨后的合格管与原炉号钢管一起存放。

三、再切过程

分检后的再切管由天车吊运到再切锯，确认缺陷部位后将缺陷切除，然后重新进行检查，确认切后钢管的质量符合成品钢管质量要求。根据合同要求将切后合格管与原炉号钢管一起存放，或将短尺管单独存放。

四、取样过程

从涡流探伤后的合格品中随机抽出钢管进行取样，抽出取样钢管由天车吊运至 1# 过跨车，1# 过跨车将钢管运至 CD 跨，在由 CD 跨天车将钢管吊运到再切锯进行取样，取样后的钢管按原路返回，再进行喷印、收集入库。

注：因辅助设备的资料尚未到齐，各部分详细技术数据待资料到后再进行补充。