

总 目 录

前 言	
第一章	网 前 箱
第二章	类网成形四
第三章	复合压榨
第四章	干燥部
第五章	压光与捲取
第六章	传动部
第七章	类网多烘缸造纸机技术规范实例
第八章	复捲与包装
第九章	造纸车间工艺流程、设备布置与建筑

随着印刷/新闻纸生产效率与印刷性能的不断要求提高,使造纸机能够高产、优质、低耗运行,水平网案长网机的生产局限性就愈加明显,1957年开始,美国Black-clawson公司首先着手研究,经十一年之久,终于放弃了旧式的水平方案,采用立式夹网Verti成形网,于1968年在加拿大Canadian Lulworth造纸厂第一次投产成功,该机抄宽4.3m,车速610m/min,用于生产印刷/新闻胶印纸,获得了良好的效果。自此以来从60年代末期至70年代中期,世界先进工业国家纷纷研制类网成形网,在不到十年的时间内,除用于抄造印刷/新闻纸以外,还运用于抄造各种纸板,薄页纸等。创造了各种各样的类网造纸机,发展十分迅速,造势还在不断突破,据有关文献估计,到1985年薄页纸机的生产车速将达2400m/min,新闻纸可达1200m/min,印刷纸可达800m/min,近年来由于通过试验与生产实践,多数机型经过不断改进,已进入新机型的逐步定型阶段。

1978年以来,我国为发展造纸工业,轻工业部计划引进印刷纸,新闻纸成套设备,为此而邀请有关国家来华技术座谈,已经积累了一些资料,我院以参加与外省座谈和结合国内外有关文献报导,试着进行汇编,以便于同行参考与共同探讨,并期望引进工作少走与不走弯路。

为节省篇幅本次汇编仅局限于印刷纸、新闻纸运用的如下八种成形网及其相适合的压榨、干燥、压光、捲取等新技术:

1. 美国Black-clawson公司Verti成形网(日本石川龟井纸厂——B.C.)
2. 加拿大Dominion公司成形网(日本日立——Dominion)
3. 瑞典KMP公司Pelli—Mw(原名KMW-Pappi)成形网
4. 美国Beloit—Walsley公司BEL Bait II型成形网(日本与三Valmet等——三菱—Beloit)
5. 芬兰Valmet公司SYM成形网(附西德SYM成形网:改良型)
6. 芬兰Valmet公司Speed成形网
7. 西德Voith公司Duo成形网(日本制钢——Voith)
8. 美国Beloit公司BEL Bond成形网(意大利——Beloit 法国NEYRPIG)

对于国内以草类浆为主配比生产凸版纸则上述八种机型并不都能适用。

本次汇编着重在各种机型的近期成果，对于它们的历史沿革尽量从简。

使用好机型高速造纸机，对于造纸车间设备合理配套是十分重要的，诸如浆料的净化、筛选、打浆以及网前流选系统、白水回收系统，损纸处理系统等均必须有一些新的措施，在本次汇编中只将扼要归纳。对于铜网（塑料网）、毛布、干毯等特种材料也已带来了新的要求，国内现有产品大多已不相适应，必须引起有关单位重视，着手研究新产品以赶上高速抄造的需要。

由于我院技术力量与水平有限，在资料汇编方面有一定局限性和肤浅性，所提出的某些观点也不尽恰当，有待于同行指正。

第一章 网前箱

第一节 概述

第二节 网前箱纸料流体的探讨

- (一) 影响纸料流体内因堵因素
- (二) 影响纸料流体外因堵因素
- (三) 微湍流发生因的几种基本形式
- (四) 消除纸料流体脉中的措施

第三节 七种新型网前箱实例

- (一) 气垫型 (VERTI) 网前箱
- (二) 水力式 (FIO-set) 网前箱
- (三) 水力式 (HT) 网前箱
- (四) 敛聚式集流 (converfio) 网前箱
- (五) 涡流喷嘴 (Turbo-Flow nozzle) 网前箱
- (六) 阶梯扩散 (step-diffuser) 网前箱
- (七) 音湍振网 (High-turbulence) 网前箱

第一节 概论

纸幅的重要特征决定于成形阶段，在发片类网造纸机的时候只有网前箱具有符合要求的稳定性，而且喷射的浆流无骚动时，才能发挥夹网现实的潜力并只有进入成形区的浆流能够得到控制类网的车速才有可能达到予期水平。特别是浆料流楔一旦被助网夹持，纤维组织就已定型，随着就是脱水的过程，再也没有调并纤维组织的机会与时间了。简言之即抄成纸页匀度的好坏，决定于网前箱的设计与制造水平是否优良。因此，一般都把网前箱称之为夹网造纸机的“心脏”可见它的重要性了。

网前箱的作用是如此地重要，因此，任何一种专利的新型网前箱都必须满足下述各项条件，归纳起来：

一、在性能方面：

- (1) 把从侧百轮进的浆料转到纸机的纵向，并且均匀地分布到纸机的幅宽上，此时的能量作用，必须达到全幅上均匀、浓度均匀、并供给均匀的压强。
- (2) 到达管束或孔板时，它的功能一分二，一下份产生有控制的微湍流，以分散纤维的凝聚（絮聚）一下份转变为速度能，一下份则不可避免的消耗于摩擦损失。
- (3) 在堰板下的白浆仍能保持微湍流，它的波长要尽可能短密度则尽可能高。达到横向速度分布均匀，并从速度头中恢复静压头使喷流稳定。
- (4) 堰口的主要功能是保证横幅喷流以一定的速度喷向网下并与网部相匹配，堰口的开度是可以调节的，还必须有微调机构，以补偿以前各部所出现的速差，使全幅浆料厚度一致，以免出现浆道子。

总之，要求网前箱上网的流量一致，速度一致，浓度一致，并且在工艺条件可能改变时可以有一定范围的适应性，例如流量比通常考虑 1:2，最高不超过 1:3。对于印刷/新闻纸的上网浓度通常为 0.6~0.7%，或再稍予提高降低。

二、在结构方面：

- (1) 要便于打开清洗，便于日常检查观察情况。
- (2) 与浆料接触部份金属加工的表面必须十分光滑，不使浆流产生脉冲，而且容易保持清洁。
- (3) 避免由于网前箱本身结构不良而带入空气。

- (4) 要有防止浆温与外界温度的变化而导致堰板下与唇口的变形措施（足够的刚度或采用夹套通水循环装置）
- (5) 喷射角度与着网点要能够调节，包括唇口开度及其微调。

三、在安装使用方面：

- (1) 喷出浆料对于助网应属对称。
- (2) 要在顶网与底网之间同时喷入。
- (3) 对高速抄纸不容许纸料流体在胸辊上脱水，浆流离胸辊表面要有一定距离，宜离远一些为好。
- (4) 自由喷流长度（指唇口与助网夹持点的距离）宜短一些为好。
- (5) 要配备较完备的仪表或控制系统。
- (6) 一旦调节好唇口以后，再也不要任意改变，即使是改变抄造品种时也应先调节胸辊与成形辊的位置，使其适应新的情况。

新型网前箱的发展以省掉从前老式网前箱的匀浆辊为特征（VETI 成型机例外，它的网前箱还保留一个匀浆辊）多数网前箱主要依靠水力的压头，取消了气垫，消除了浆流，脉冲则省给了网前箱之前的流送系统中去介决，但是对于这个问题还没有统一的看法，因此某些网前箱在第一组分配管之后的浆料溢流面上加设气垫，并且气垫位置越靠近堰口，对消除脉冲的效果越好。不管怎样这里的气垫面积一般都是比较小的，它的作用已与旧式网前箱进浆浆面上的大面积气垫有所区别了。总之，新型网前箱不论是那一种型式，都在为使流体的浆料获得强度大、波长短的微湍流而研究。这是因为湍流能使纤维分散，甚至浆流在唇口喷出后的短距离内还可湍动着，但就此上网也并不能抄出好纸，因还要保持稳定避免横流，没有脉冲，不再絮聚，特大的网前箱尽管有利于获得稳定，但经过过久会重新絮聚，加以搅拌则又增加脉冲絮聚还与浆料的浓度有关，浓度越大，絮聚的机会越多，因此，必须既要能够提高上网浓度，又要不使导致纤维絮聚，还有旧网前箱匀浆辊两端的浆流不稳定性，往往会造成纸边波动，使纸边变厚。此外，孔板或管束区要大一些，对于湍流的发生效果更好，但过大容易引起局部流速突变，造成散流，流量比大一些有利于适应纸机改变生产能力的范围。

但过大则流体不易稳定，流速则宜高一些，以有利于将压力损失转换为微湍动能，还可使流道内不易积垢，达到经常自动清洗，保持箱内洁净，延长纸机清洗周期。

以上这些互相矛盾着的要求，关键在于网前箱内并流元件与各段流道截面研究提高，新型网前箱之所以大多采用不转动的并流元件，并且使那样的非转动元件发生剪切力以产生可控的浆流和强湍动。因此现代高速的纸机的网前箱，箱内流道大多是窄缝的，浆流行程短而直，消除了二次流，从而做到了网前箱的体积较小，重量较轻，安装紧凑，箱内充满浆液的所谓全流型(full flow)

还应附带说明的是纸料是一种属于三相悬浮液的流体：

纤维——固体（存在游离的空气外吸附在纤维与细胞内壁上还有残留在空气）

水——液相（水中还有溶解的空气）

空气——气相

因此，研究纸料流体力学就更难，残留在空气对抄造的不利影响最大，是属于游离状态的空气，它与残留在细胞内包括吸附在纤维壁上的气泡是属于结合状态的空气，两者可以转变，由于空气的影响，使纤维比重改变而浮浆。产生泡沫，产生脉冲，并增加脱水困难，因此，实践已证明，浆中空气体积含量在0.1~0.8%时，对于低速抄造尚可无害，对于高速抄造则十分有害，如何摆脱去浆料中的空气则不能由网前箱来解决，必须在净化之后浆料进网前箱之前，增加脱气措施（详见第六章工艺流程与设备布置）但是，对网前箱的设计也要注意这个问题，多数网前箱和成形口的位置关系，倾向于纸料从堰口向上喷入两网类口，使纸料中还含有的一些空气能得到完全控制，附带的还带来一个好处，使堰口可能积聚的浆团能够向下落，而不致于混入在流楔之中而被带入夹网。

叙述了上面一些网前箱的基本概念，目的是为了对于下列七种新型网前箱当对它们进行评价时，可能有所帮助。

适用于抄造印刷/新闻纸的几种类网纸机，都有它自己专用的网前箱，它们的型号与主要特征见附表一，具体构造与有关数据、尺寸详见本章第三节。

序号	夹网成形机专利	配用网前箱名称	主要特征
1	美国 B.C 公司 Verti 成形机	Verti 型气垫 网前箱	有匀浆棍，浆面有 气垫，从上往下喷 浆
2	加拿大 Dominion 公司 Papi 成形机	Flo-Set 水力网前箱	无匀浆棍，无气垫 从下往上喷浆
3	瑞典 KMW 公司 Peri-MW 成 形机	HT(High turbu lence) 型 孔板水力网前 箱	无匀浆棍，无气垫 从下往上喷浆
4	美国 Beloit-Walms ley Belaire II	converfo 剑聚式网前箱	无匀浆棍，无气垫，采 用集流飘片，从下往上 喷浆
5	芬兰 Valmet 公司 SYM 成形机 Speed 成形机	Down-Infuser TURBO— flow nozzle 涡流喷嘴网前箱	无匀浆棍，出第一组分配 管后的浆料溢流口上有 气垫，采用倾斜隔板并流 从下往上喷浆
6	西德 Echer wyss 公司 仿 SYM 成形机	step diffuser 阶梯扩散网前 箱	无匀浆棍，无气垫 采用阶梯扩散口， 从下往上喷浆
7	西德 Voith 公司 Duo 成形机	High— turbulence W—TYPE 高湍流网前箱	无匀浆棍，出第一 组分配管后的浆料 溢流口有气垫，采 用蜂窝管组并流， 从下往上喷浆

第二节 网前箱纸料流体力学的探讨

研究网前箱的理论，离不开纸料流体力学，纸料流体的性质已在第一节提到的是一种三相悬浮体。网前箱内的流体流态则要求稳定的压力流。影响流体特性的因素则又有内因——流体重度、密度、粘度。和外因——压力、流速等边界条件给予的影响，诸因素互相作用，情况相当复杂。国际上没有完善的学说，迄今为止都是采用实验研究法来进行探讨的，如通过水力、气流模拟再与合纸料流体试验表加以修正。因此网前箱的基础理论，实际上是水力学与研究造纸用纤维特性两者相结合的纸料流体力学。

一、影响纸料流体内因诸因素：

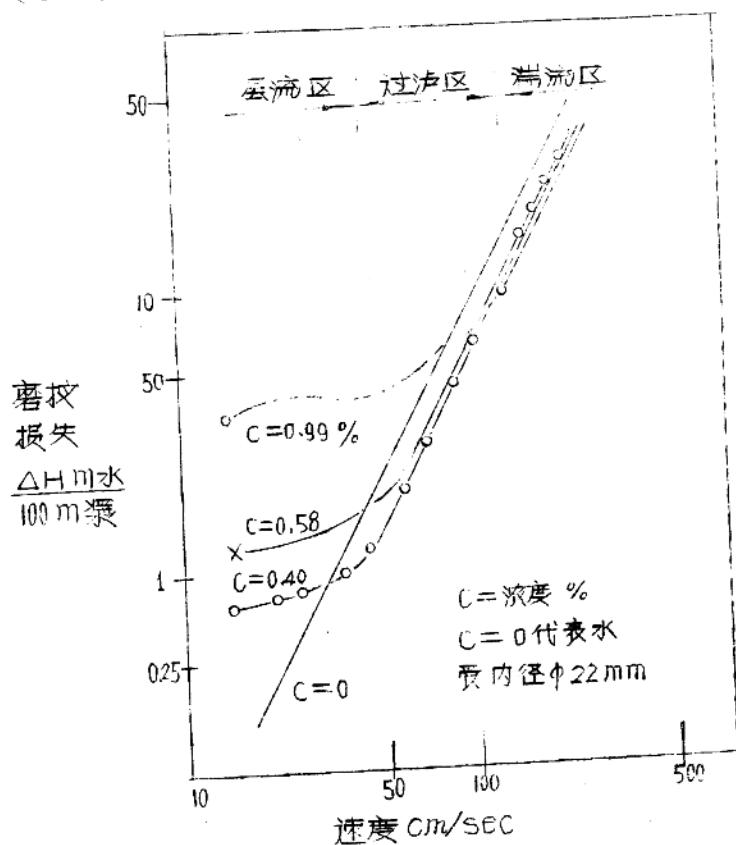
如所周知，流体的重度和密度都不是常数，随着流体的种类、温度和外界的压力而发生变化，因此不同流体有各自的重度，当流体发生相对运动时，粘度使流体产生抵抗运动的应力，不同的流体温度又通过粘度对流体产生影响；温度增高，流体的流动性也增高，粘度则会下降。纸料流体的上网浓度则又与流体的重度、密度、粘度直接相关。选择浓度的适应范围又与确定使用的流速相关。此外流体运动时由粘度产生的阻力常使运动的关系显得复杂化，为深入理解和运动的关系，就必须首先研究纸料流体内因所起的作用。

据国外介绍，现代高速纸机网前箱内浆温常保持为 50°C ，而国内现有的高速机网前箱年平均温度不过 20°C 左右。对于纸料流体的流动性能、脱水性能都有不良影响，应该引起我们重视。

先进工业国家对于纸料流体都十分重视研究试验，下述一些试验所得图表可供我们参考，或可作为依据：

(一) 亚硫酸木浆流体在不同浓度情况下的摩擦损失，如图一，图中C为浓度，C=0代表水，C=0.99%，C=0.58%，C=0.40%分别代表亚硫酸木浆液的三种不同浓度。试验时采用圆管的内径为 $\phi 22\text{mm}$ ，试验结果如图一，可以看出纸料流体浓度愈大，在层流区的按损失也愈大。到达湍流区的不同浓度几乎与摩擦损失关系极小。据国外试验摄取的照片证明：纸料流体流速 $< 0.5\text{ m/sec}$ ，在层流区时，纤维呈絮聚状态，在管内流速至少达到 2 m/sec 时才开始湍流，此时的纤维就开始呈分散状态。可见纸料流体的流速，直接影响纤维是否能获得良好分散，湍流状态

的大小则又影响纤维分散的均匀程度，下面在谈到外國液面时，关于湍流问题再作详细介绍。



图一

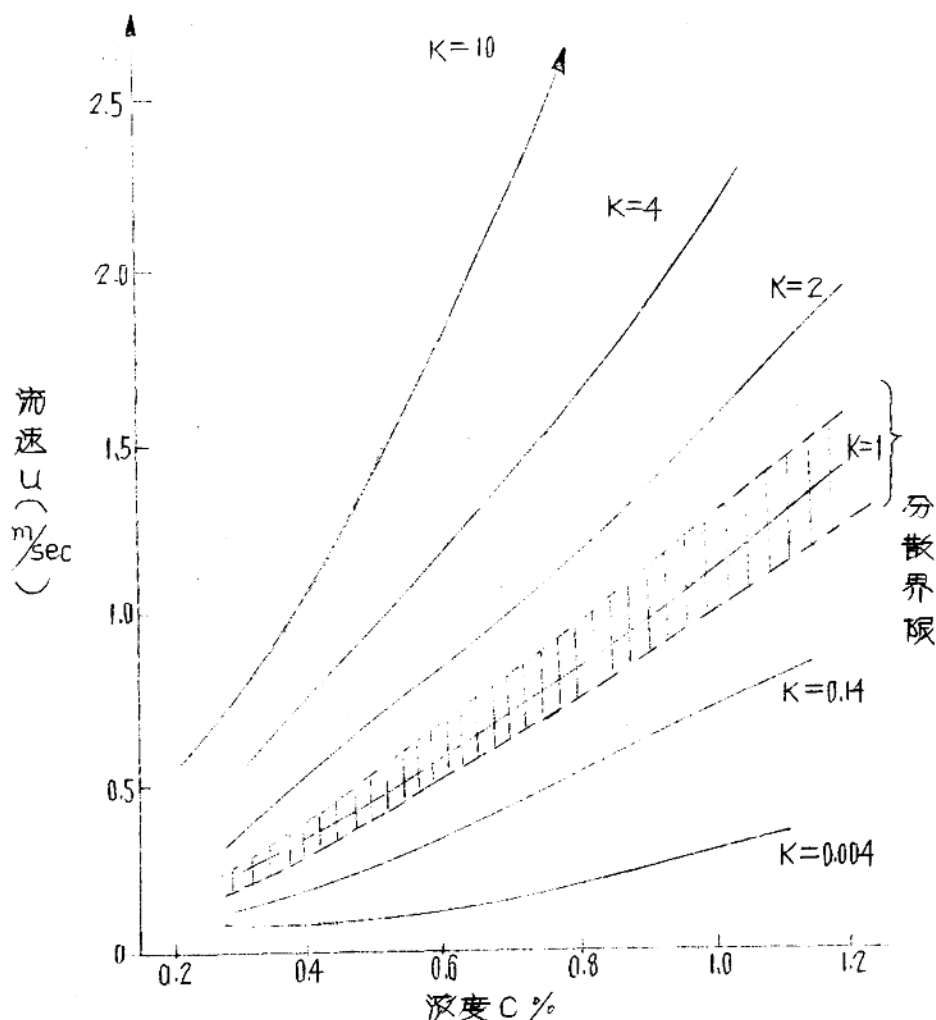
(二) 流速与浓度的关系

如图一所示，图中K为纤维流体纤维分散指数。网前箱内各点的纤维分散得如何？先经过试验以求出分散指数K值，K值是流速和浓度的函数，由图一可以看见，K值愈大纤维分散愈好，K=1为分散指数界限，K>1纤维分散往好的方向发展，K<1分散不良。以浓度0.8%为例，流速0.9 m/sec为其分散界限，流速>1.1 m/sec 接近1.2 m/sec时，纤维开始分散。>1.6 m/sec 达到3 m/sec 才能使纤维分散优良。

又如浓度为0.6%时，流速在0.6 m/sec 已为其分散界限，流速达0.8 m/sec 纤维分散已得良好，流速达到1.8 m/sec 时纤维分散已

已得代良了。

图二



由此可见，网前箱的设计必须首先掌握所需委的纸料流体的流动特性，以确定使用的流速范围和选择浓度的适应范围，实际上是从流体力学的理论为指导，通过试验用以校正理论修正偏差，再用于生产实践的过程。

. 11.

(三) 网前箱内各下流速实例，

由于抄造纸种的不同，网前箱型号专利（整流元件）的不同，以及设计适用流速范围的不同而互有差异，蒐集于表二。因为实际数据不齐，仅供参考而已。

网前箱内各下流速实例

单位: m/sec 表二

序号	型号名称	进浆管束	第一分配区	混合室	气垫下	第一分配区	堰板下
1.	Hydroflo	1.5-3.7	2.25-5.4	0.3-0.65	0.2-0.5	/	/
2	west virginia* 适用于设计纤维制浆纸	1.3-4.5	1.3-4.5	0.2-0.68	0.15-0.5	/	/
3	Branched Tube 适用于书写高级纸	1.5-3.7	2.25-5.4	0.27-0.65	0.2-0.5	0.8-1.93	0.37-1.0
4	VERTI 成形器 立式网前箱	4.5-6.5	5.2-7.5	0.94-1.36	3.7-5.32	1.66-2.4	
5	PERI-Mw 成形器 HT 型网前箱	2.5	6-7 (压降 5-10 m 水柱)		/	/	
6	sym 成形器 涡流喷嘴网前箱	2.5	进口 5 出口 3				
7	Duo 成形器 高拔端网前箱	2-4	进口 5 (3-7) 出口 2.8			3-7	
8	EScher wyss 阶梯扩散器网前箱		7-14				

注：★ 序号 2 专用于抄造纸浆纸，上网浓度宜小，常用 0.25%，因而流量较大，所以采用束管的尺寸为 $\phi 50 \times 400$ mm 的束管。利用束管以增加阻力（压损损失）。因而母管与分配区的流速相同。

★★ 分配区采用排管束或孔板，常用的压力损失计算公式为：

$$\text{入口: } \frac{0.5 v^2}{2g}, \quad \text{出口: } \frac{0.8 v^2}{2g}, \quad \text{管中: } \frac{4fL v^2}{2gd}$$

式中: f —— 摩擦系数, L —— 管长, d —— 管径。

*** 序号 1 至 3 为用于水平网架高速长网初带匀浆棍的网前箱。

二、影响纸料流体外围因素

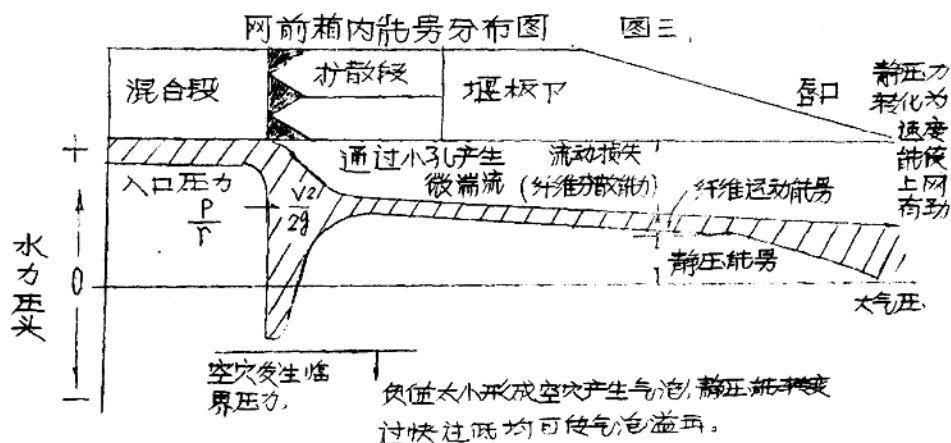
影响纸料流态的外因不外乎是压力与流速, 而压力与流速的变化莫不与边界条件有关, 因此而研究网前箱内各种各样的整流元件的形状与流道的尺寸, 与即是研究纸料流体在网前箱内的湍程阻力, 局部阻力以及管壁或流道表面的加工粗糙程度等等的边界层理论。

(一) 能量转换遵循伯努利方程:

不同的边界条件和起始条件可以改变流体中各种能量的对比, 但不能改变和超越能量守恒这一客观规律, 因此对于纸料流体力学的研究, 仍然必须遵循伯努利方程 (Daniel Bernoulli) 这一物质不灭和能量守恒与转换原理。

务使纸料流体在网前箱内经过静压能 $\rightarrow$ 动能 $\rightarrow$ 静压能 $\rightarrow$ 动能的转换, 以达到适合上网要求的目的。

对于网前箱内能量分布先作简单的示意图如下 (图三) 以了解能量转换必须遵循伯努利定律的梗概。



为简化起见暂时不计摩擦损失，先下式进行讨论：

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} = K;$$

在混合公段因流速小，相对动能 $\frac{v^2}{2g}$ 较静压能 $\frac{p}{\gamma}$

为小。在扩散段由进口处面积缩小，静压能转化为动能，流速加快，同时开始产生微湍流，此时能量消耗于分散纤维絮聚，静压能降低到某值，但不能降低到空化的临界压力，否则会产生气泡，渐扩到最大处；流速降低使大部分动能恢复为静压能，微湍流达最大值，使纤维分散处于最佳状态，渐扩或阶梯扩散口设计的好坏，就是要求动能尽可能转化为微湍流同时也要求转化必要的静压能以使在堰板下再恢复功能，产生必要的上网流速，到达堰板下由于收缩效应流速加快，下份静压能又转化为动能，到达唇口时静压能全下转化为动能，静压能为零。

运用伯努利方程计算网前箱纸料流中能量转换时，通常是按纸料流体在同一流线上各点的流速头（速度高度），位置头（位置高度），和压力头（压力高度）之和为一总值。写成如下公式：

$$K = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H_e = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + H_f$$

式中：K——常数

Z——单位重量液体所具有的位置水头或比位能（简称位能）。

$\frac{p}{\gamma}$ ——单位重量液体所具有的压力能称压力水头或比压能（简称静压能）。

$\frac{v^2}{2g}$ ——流速水头或比动能（简称速度能或动能）。

H_e ——变速上泵系所加入的能量。

H_f ——摩擦损失即能量损失或称水头损失。

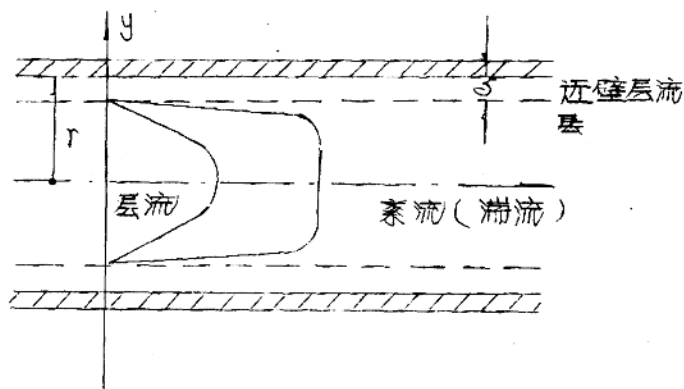
★ $P_1 V_1$ 为一截面积的 PV 值, $P_2 V_2$ 为另一截面积的 PV 值。

应用伯诺里方程及其求解问题的步骤, 我们可以使网前箱内获得湍流作用使纤维分散, 并在各种井流元件的扩大部位上发生微细的湍振, 使形成更微细的旋涡, 在全幅度上获得均匀的纤维组织, 然后由于井个流道的收敛而使浆料在某种意义上说达到多相形流的形成目的。

(二) 边界内部表面粗糙度对纸料流体的影响

由于湍流中存在横向运动, 产生动量交换, 运动快的质点推动慢的质点, 慢的又阻碍快的, 使断面中时间平均流速分布趋向平均化, 迄今为止还由于探讨不够, 还不能用精确的流速分布图的数学表达式。根据半径驻半理论研究认为近于对称曲线分布, 随着雷诺数的增大, 在横断面上的流速分布愈平均, 如图三, 近壁层流层 δ 与流速和湍动程度有关, 流速 V 愈大湍动范围愈大, 层厚 δ 愈小。

值得注意的如图四所示, 层流运动中不存在脉动现象, 也不存在动量交换, 因而断面上各液体质点的流速差值较大, 流速分布也很不均匀,



实际上壁上质点的流速标作为零, 这是不容许在网前箱内出现的情况。关于雷诺数的问题, 下面我们还详细叙述, 这里要强调说明的是, 近壁层流层 δ 与固定壁粗糙凸出高度 Δ , 如图五所示, 当 $\Delta > \delta$ 时, 对湍流运动起有很大的不良作用, 它增加了水流阻力, 当 $\Delta < \delta$ 时, 对湍流运动影响就较小。

因此对于网前箱葭子内径加工几何精度不得 > 50 微米，箱体内壁与纸料接触部位的表面光洁度，要求 < 0.4 微米或等于 0.2 微米。这是对于配用于高速纸机的新型网前箱，在制造加工时所必须要求做到的，特别要注意焊缝处的保持光滑，否则不仅影响微湍流的发生，而且会增加脉冲，这是十分有害的。

(三) 网前箱内纸料流体要求波长短，密度大，能另大的微湍流

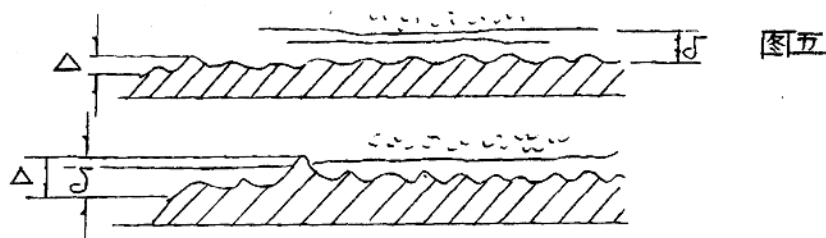
网前箱内如何使纸料的流动状态能够符合纤维分散而又不重新絮聚，研究雷诺数值的运用是一个十分重要的方法。

(1) 雷诺已经总结和分析了液体阻力与速度之间存在的规律，液体运动中明显地存在二种不同的流态：层流与湍流（又称紊流），由层流到湍流是质变的过程，流速对流态的改变具有主要作用，而且与管径和液体种类有关，管径愈小或液体粘度愈大，质点互相牵制和束缚，就不易湍动，在其他条件相同时，必须较大流速才能湍流，这些规律可用具有综合性的特种参数——雷诺数来反映液体运动的状态，雷诺数以符号 Re 表示，为无量纲数，它反映了粘度（阻力）与惯性力（动力）之间的关系，是一个相对值：

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

式中 d 为管径

从层流到湍流的临界点，据实验所得，对于水 $Re \approx 2320$ ；对于现代网前箱由纸料流体在非流元件中所发生的湍流需 $Re > 32000$ 。例如：Verti 型的网前箱的第二分配区 Re 可达 4000；W 型高湍损网前箱第二分配区 $Re = 1.4 \times 10^5$ 。

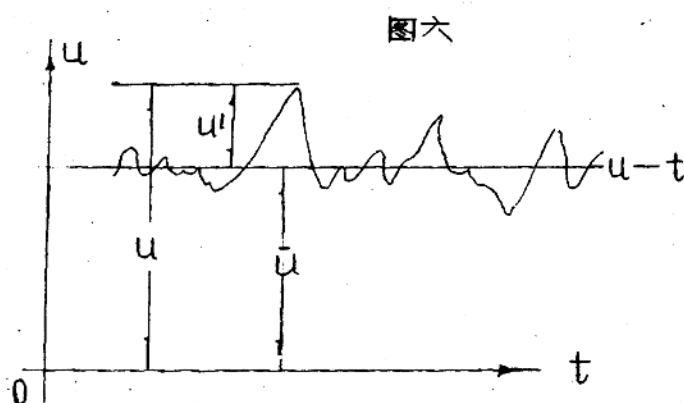


(2) 微湍流的三个标志:

网前箱内需要的是微湍流, 而不是大湍流, 大湍流对成型有害。微湍流在流体振荡上表示为波长短, 密度大。造纸对微湍流的要求, 有下述三个标志:

α. 强度:

湍流运动中流体各质点间发生相互干扰, 任何固定点上的运动要素, 包括压力和流速的大小及其方向随着时间而变, 湍流运动的瞬时流速可用对时间而言的平均流速和瞬时流速之差值来表示, 见图六:



设 x 轴为主要运动方向, 其 x 向的瞬时流速为 u_x :

$$u_x = \bar{u}_x + u'$$

式中 $\bar{u}_x$ —— x 向的对时间而言的平均流速, 简称平均速度。

u' —— x 向的瞬时流速对时间平均流速之差值, 简称脉动速度。

同理得: $u_y = \bar{u}_y + u'_y$; $u_z = \bar{u}_z + u'_z$ 。