

制粒作业的蒸汽调制（2）

熊易强

3 蒸汽系统硬件设施的选择和正确安置

这一节着重于硬件设施中有关保证蒸汽质量以成功地进行调制作业的一些要点。笔者无意于讨论硬件方面的问题，也不涉及这个高度专业化工程领域的细节。仅意图提供一些基本信息，以帮助饲料厂的生产-技术管理人员去审视-考察他们现有的蒸汽系统和/或为新建饲料厂设置新的系统。特别建议饲料厂管理人员在作最后决定时，向够格的蒸汽工程师咨询，或（如果本人具备良好的工程学基础）求教于有关的蒸汽工程书籍手册。

3.1 锅炉

锅炉是用来将水加热并产生蒸汽的。高压蒸汽锅炉是制粒中蒸汽调制使用的锅炉，设计的蒸汽压应是 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 或更高。锅炉按不同的燃料设计可分为煤气锅炉（用天然气或液化石油气作燃料）、燃油锅炉（用轻油或重油作燃料）、及煤炭锅炉。天然气是最清洁的燃料，烧煤污染空气最为严重。发达国家以煤气锅炉和燃油锅炉为主。煤炭锅炉虽然最便宜，但出于环保考虑，在中国正被煤气锅炉和燃油锅炉取代。另一方面，污染的程度还取决于锅炉设计制造的好坏，有些新设计的锅炉可防止 90% 的 SO_2 释放到大气中。稻壳、锯末之类的生物材料已经在煤炭锅炉中使用，或叫作生物-煤炭联用锅炉。作为一种新能源，这种锅炉已成为锅炉研究和产品设计的关注点。

3.1.1 锅炉大小

确定锅炉大小很重要的一点是要留有足够的余地，因为要考虑饲料厂发展中还可能要扩大产量。天然气或燃油锅炉通常推荐乘 2 倍系数，煤炭锅炉乘 4 倍。举例说，一个最大产量为 $20\text{t}/\text{h}$ 的制粒厂，估计的蒸汽用量为 $1\text{t}/\text{h}$ （最大产量的 5%），增加 10% 用来补偿蒸汽到达调制器之前的凝结损失，蒸汽产量应为 $1.1\text{t}/\text{h}$ 。对燃油锅炉或天然气锅炉的推荐产量是 $2.2\text{t}/\text{h}$ (1.2×2) 或 $2 \sim 2.5\text{t}/\text{h}$ ，对煤炭锅炉推荐 $4 \sim 5\text{t}/\text{h}$ 。

3.1.2 锅炉安全

（1）锅炉铭牌：每台锅炉都必须经过专业测试，出厂前应附上一块锅炉铭

牌，标明系列号码、型号、蒸汽产量、设计压力、最大工作压力、液压测试压力、测试日期、检验机构、制造厂家等。

(2) 所有安全设备必须符合行业或国家标准并妥善安装，包括安全阀（保护锅炉外壳过度受压）、锅炉断流阀（将蒸汽锅炉及其压力与作业场所隔离）、注入水截止阀（防止锅炉没有压力时泛水）、水质控制设备（例如 TDS 控制系统，可控制溶解固体总量）、锅炉水面控制器、炉底排污系统（清除锅炉底部沉积物）、阀门压力表（显示锅炉当前蒸汽压、连同标注的正常工作压和最大允许工作压）等。

(3) 严格遵守锅炉保养规程。

3.1.3 锅炉位置

为了避免过多的水凝结以节省能耗和安装费用，最好将锅炉安放在尽量靠近作业场所（颗粒机）的位置。美国的一些饲料厂将锅炉设在饲料厂内，单设一个有牢固水泥墙的房间。

3.2 管道

3.2.1 管道尺寸

蒸汽管道，特别是主管道，必须大小合适。管道太大意味着管道、阀门和相关设施更贵，安装费更高，蒸汽凝结更多，热量损失更大，随之则需要更多的疏水装置或加大凝结水排除能力。管道太小则会使蒸汽压下降幅度过大，蒸汽流量不足的危险性更大，蒸汽流速也更大。加快蒸汽流速会带来更大噪声，发生腐蚀和水锤的危险性更大，对系统的硬件设施可能造成更多损害。

在美国饱和蒸汽的允许流速是 27~30m/s；在英国是 25~40m/s。在确定管道尺寸，特别是长管道（例如超过 50m）或主管道时，不宜采用最大蒸汽流速数值。这是为了防止发生过大的蒸汽压力下降，也是为以后的设计变化留有余地。不管蒸汽管道安装得多好，蒸汽管道沿线总会因蒸汽与管壁的摩擦而产生压降。蒸汽压降是管道长度和蒸汽流速二者的函数。确定管道大小时，考虑的因素包括蒸汽流量、蒸汽初压（出锅炉时的蒸汽压）、蒸汽压降和蒸汽流速。蒸汽流量(kg/h) 是使用时（指调制作业）要求的流量加上预留量，即因主管道热损失造成的蒸汽凝结。如前面所提到的，粗略估计所给的预留量是 10%；更仔细计算，隔热良好的主管道每 100m 有效管长再加 3.5%蒸汽流量。有效管长是实际管长加上为弯道

和其他管道附件所设的 10%预留。例如，主管道是 150m，则有效管长是 165m
($150+150\times 0.1$)。锅炉蒸汽负载的预留量则是： $(165/100)\times 3.5\%=5.8\%$ 。如果调制器要求的蒸汽流量是 1 000 kg/h，确定管道大小时采用的锅炉负载或蒸汽流量应是 1 058kg/h ($1\ 000+1\ 000\times 5.8\%$)。蒸汽流量和蒸汽初压确定后，管道的内径可以按蒸汽压降来决定（压降法），也可以按蒸汽流速来决定（流速法）。实际操作中，确定管道尺寸是兼顾管道大小和蒸汽流速或蒸汽压降而考虑的。在相关的工程书籍和/或手册中可以找到确定管道尺寸详细的计算、表格和线图。

3.2.2 管道布局

管道布局的主要目的是便于去除凝结水，避免生成水锤。安装主管道，建议顺汽流方向要有不小于 1%的斜度，这样，重力和汽流可以帮助凝结水向排水点移动。排水点之间的距离应为 30~50m 管长，用一套收集装置去除排水点收集的凝结水（图 2）。

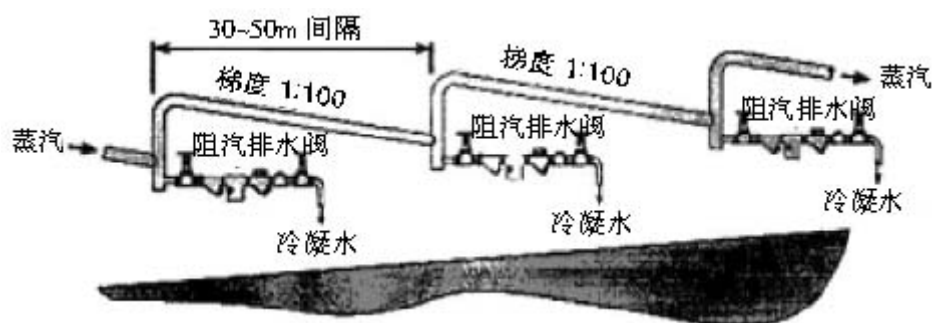


图 2 管道的布局

如果一段主管道不能按要求（顺流方向 1:100 斜度）安置，或必须跨越一个高起来的地方，必须将凝结水逆蒸汽流方向往下坡方向引流。这种情况下建议：
(1) 取大一些的管径以降低蒸汽流速，使之不超过 15m/s；(2) 上坡管线安置的斜度不小于 1:40 斜度；(3) 这一段管道设置的排水点间隔不超过 15m(图 3)。

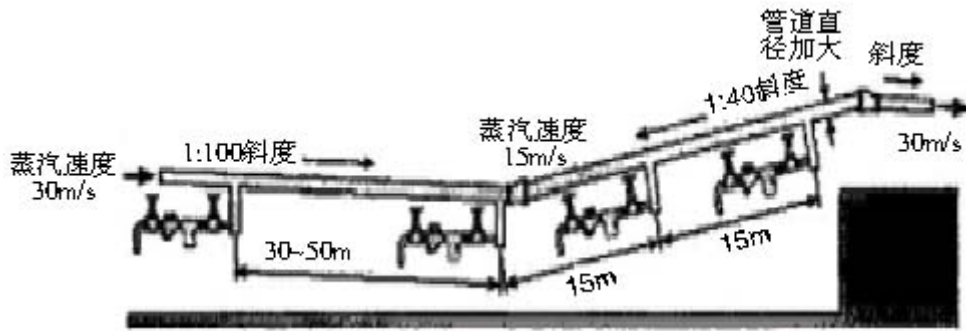


图 3 滤水点设置

支管应连接在主管道的上方，这样可以让蒸汽而不是凝结水导入支管。支管接在主管侧面是不正确的，接在主管道下方更糟，这样会让凝结水和固体颗粒（如果有的话）带进支管。如果需要缩小蒸汽管口径，接头断面应当不是同心圆，应是平的一面朝下的偏心圆。

3.3 阻汽排水阀

阻汽排水阀是蒸汽系统的重要部件。阻汽排水阀将凝结水清除到凝结水回流管（如未受污染可返回到锅炉），但将蒸汽留在蒸汽中。通过阻汽排水阀空气也被清除。美国一些饲料厂有时把阻汽排水阀不精确地叫作截止阀，可能部分是由于该阀的这种开-合功能。凡有凝结水出现之处都

要求安装阻汽排水阀，包括主管道的排水点、蒸汽分离器、减压阀、蒸汽流控制阀等。阻汽排水阀有多种类型，按其作用机理分为 3 个基本类型：

（1）恒温阻汽排水阀。靠液体温度变化工作，凝结水在刚凝结时的温度与蒸汽温度是一样的，但进一步损失热量温度就会下降，阻汽排水阀会感知这较低的温度而让凝结物通过。蒸汽到达阻汽排水阀时，温度提高而让阀门关闭。

（2）机械阻汽排水阀。靠液体密度变化工作，例如，浮球式阀（机械阻汽排水阀的一种）在有凝结水时浮球升起，阀门打开让密度较大的凝结水通过，密度较低的蒸汽一到阀门就关闭。

（3）热动力阻汽排水阀。靠流体力学原理工作。如前面说过的，当压力下降时一些凝结物会闪蒸成蒸汽。这种阻汽排水阀即可随凝结水闪蒸和回凝造成的压力变化而开闭阀门。

3.4 过滤器

过滤器安装在阻汽排水阀、减压阀、汽流控制阀等部件前面，防止这些部件受到由固体颗粒造成的物理性损害。有不同种类的过滤器，如同阻汽排水阀一样，适合的尺寸和正确安装对顺利作业至关重要。

3.5 汽-水分离器

汽-水分离器不仅可以去除凝结水，还能将悬浮的分散水滴从蒸汽中分离，水锤的存在和影响也能靠分离器消除。有不同类型的分离器。最有效而被普遍使用的是折流板型分离器，当蒸汽通过分离器时，这种分离器能让汽流数次改变方向，由于水滴的质量和惯量比蒸汽大，便被收集到折流板上而蒸汽从分离器出口流出。此外，分离器的横截面较大，气流速度降低，水滴的动能也随之降低，这就促使水滴脱离悬浮状态。分离器的下面要安装一个阻汽排水阀，以滤掉凝结水。

笔者对美国饲料中风行一时的“蒸汽增强器”（steam enhancer）进行过评定对比试验，结论是“蒸汽增强器”就是一种折流板型分离器（Xiong, 1994b）。中国饲料厂普遍安装的一种叫“分汽包”的设备，与该“增强器”外形很像，但里面只有一个扩大了横截面的空间，没有折流板，因此分离效果不佳。按笔者建议，在分汽包里面加上折流板，分离效果即得以改善。

分离器的隔热性对汽-水分离的效果和能效都十分重要，如隔热不好，分离器的表面积大，会像一个凝结器一样，反而增加凝结并造成大量热损失。在减压阀前面（上流）至少要安装一个汽水分离器，以保证有干燥的饱和蒸汽。

3.6 减压阀（或压力调节器）

在蒸汽调制器之前必须安装一个减压阀以给蒸汽调制器输送符合所设定的蒸汽压的蒸汽，如果从锅炉压力到调制器压力之间降压幅度太大，可能其间还要加装一个减压阀，即为二步减压蒸汽管线。锅炉压力高有其理由：（1）可以产生质量较高（不很湿）的蒸汽；（2）可以减少主管道费用；（3）有些场合需要高压蒸汽，如有时要用高温的间接蒸汽加热，同一个饲料厂内在进行挤压作业时，要用高压的直接蒸汽，等等。

基本上有两种减压阀：直接作用阀和调控阀。直接作用阀虽然便宜，但压力控制不稳定，也不适合对进入调制器的蒸汽进行减压控制。笔者推荐在蒸汽调制中使用调控阀来调节蒸汽压力。

3.7 蒸汽流控制阀

蒸汽流量必须与通过调制器的物料流量配合，才能获得合适的物料温度和水分，平稳进行制粒作业，这就是之所以减压阀后面必须安装一个汽流控制阀的缘故。中国饲料厂的汽流控制阀大多数靠人工控制。对控制阀的一个重要要求点是实际流速对阀门开关程度做出的反应的程度。多数饲料厂的汽流控制阀不能针对实际流速做出线性的反应。在半开位置（“六点钟”位置），阀门开关程度的一个很小变化即会造成蒸汽流的显著改变，这使得操作员很难在较高的正常产量下做到平稳作业，汽流和料流稍微加大就会造成制粒厂“卡机”，压模堵塞。为避免这种情况，操纵员经常让制粒作业在低产量下运行，汽流控制阀也总是相应地处于低流量位置。

3.8 同相阀

同相阀是“三合一”设计，将蒸汽分离器、阻汽排水阀、减压调控阀合并一起，可按颗粒饲料厂的产量规模确定适合的尺寸。此外，该系统还附设了一个“线性反应”的汽流控制阀。据作者进行的对比评定研究，该设备能提供高质量蒸汽，便于操作，运行协调。

（未完待续）