

## 制粒作业的蒸汽调制（3）

熊易强

### 4 蒸汽系统参数设定—软件

如前面所说，蒸汽系统硬件的恰当选择、布局、安装对保证给调制器输送高质量蒸汽至关重要，而正确地设定蒸汽参数或软件，则是进一步保证制粒作业中成功进行蒸汽调制的关键。

#### 4.1 压力调节前后的蒸汽压比例

如前面所说，如果硬件安置恰当并操作正常，分离器之后的蒸汽质量应是干燥的，这种情况下，蒸汽压一旦急剧下降会造成不利的过热蒸汽。根据作者的经  
验，减压阀前后 3~4:1 的压降比在多数情况下是适合的，这个压降水平可让分离器漏掉的任何水滴闪蒸，并/或可防止在蒸汽到达调制器入口之前再凝结。不过，如果分离器之后的蒸汽质量仍然不佳，大于 4:1 的蒸汽压降比可能更为适合。

#### 4.2 减压阀之后的蒸汽压设定

减压阀之后的蒸汽压设定实际上也是调制器入口的蒸汽压设定。就多数家禽或其他动物饲料而言，生产上关于蒸汽调制的最佳蒸汽压有两种看法：一种认定的压力较高（2~3kg/cm<sup>2</sup> 或更高）为佳，另一种主张用较低的蒸汽压（1.5kg/cm<sup>2</sup> 或更低）。笔者查阅了两方面的报告，发现报道低压调制结果较好的是用传统的调制器，物料在调制器内滞留的时间短（通常 7~15s）；而在较高压力下调制效果好的滞留时间长得多（40s 或更长），用的是双轴差速调质器（DDC）或熟化器（Ripener）这类长滞留调制器。有一份报告在很高的蒸汽压力下（5kg/cm<sup>2</sup>）取得成功，其滞留时间是 1~3min（Feed International, Feb. 1993, 26）。

因此，笔者认为对传统调制器应采用低压（1.5kg/cm<sup>2</sup> 或更低）调制，这类调制器调制时间都短（例如 15s 或更短）。这时调制器是在大气压力（零表压）下工作，带压力的蒸汽在进入调制器的瞬间易出现闪蒸，在蒸汽温度降到 100℃（大气压下的饱和蒸汽温度）之前不会凝结，因而也不会释放潜热（能量传递的主要热源）。蒸汽压越低，开始凝结的时间越短。在调制时间短的情况下，尽量缩短凝结开始的时间就很重要，这就是为什么在调制时间短的情况下要进行低压调制的缘故。但是，当发现出调制器的物料温度和水分都低的情况下，操作员或生产

管理员通常首先采取的措施是提高蒸汽压。这种做法的结果总是失败：高压蒸汽不凝结，却逸出调制器，造成严重浪费！而物料的温度和水分仍然较低。另一方面，试验数据和现场实例都表明，采用低压蒸汽进行调制使作业得到改进（Xiong 1985，2005）。笔者推荐的并为一些美国饲料厂实际采用的最低蒸汽压是 0.5kg/cm<sup>2</sup>，当然还可探讨采用再低一些的蒸汽压可能性（与 K. Behnke 私人通信，1999）。

在使用压力低的蒸汽时，要记住低质量蒸汽（较湿）的负面影响对低压蒸汽更为严重，因为其潜热在总热量中所占比例比压力较高的蒸汽要大。因此，使用低压蒸汽进行调制作业时，更需要注意保持蒸汽的高质量。同样很重要的一点是核查减压器之后的管径（内径）尺寸是否足够大，在要降低蒸汽压时是否能通过足够的蒸汽流。在进一步降低蒸汽压时，如果发生蒸汽欠缺（蒸汽流量不足）的情况，就要用更大的管道更换现有的管道。

在滞留时间长（例如 40s 或更长）的情况下，可以相当成功地使用较高的蒸汽压（2~3kg/cm<sup>2</sup>）。这是因为物料在调制器里有足够的滞留时间，凝结开始的时间长短就不那么要紧了。较高的蒸汽压对低质量（湿）蒸汽不那么敏感，因为含有较大比例的显热，压力较高的蒸汽所含总热量也稍高。

#### 4.3 蒸汽调制（滞留）时间

如前所述，滞留时间是设定调制所用蒸汽压的一个重要影响因素。长的滞留时间可以让凝结水渗入饲料中，继而让更多的蒸汽凝结，达到更高的物料温度和水分，提高制粒效率和颗粒饲料质量。调制时间短的情况下，最高物料水分（到达堵塞点之前）在正常作业条件下很少超过 16.5%；但是，加长滞留时间可以使调制器出来的物料水分达到或超过 18%（笔者现场观察）。

#### 4.4 测定滞留时间

进入调制器的物料碎粒不会在同一时间出来，就是说，不会有同样的滞留时间。为考察这个过程，可以用一些染料让进入调制器的物料着色，然后在出口按一定间隔时间（比如每秒）连续取样。第一份有可视着色物料碎粒的样品代表滞留时间最短的碎粒。样品着色浓度随时间加大，达到高峰，随后下降，直到没有着色碎粒出现。高峰浓度和从发现第一个着色样品到最后一个样品之间的时间间隔长短，表示物料碎粒之间滞留时间的一致性 or 整齐度。高峰浓度大、时间间隔

短表示滞留时间比较整齐一致。根据从着色物料投进调制器到高峰浓度样品出来之间的时间，可以估计平均滞留时间。

另一个测算平均滞留时间的方法：在作业达到平稳和产量（更准确说是出机物料流量）为 P 时，同时关停制粒机-调制器和向调制器喂料的喂料螺旋，打开调制器取出全部物料。取得物料重量（折合干料重，例如水分 12.5%）。按下列算式计算平均滞留时间：

$$\text{平均滞留时间 (MRT, s)} = (3\ 600 \times W) / (1\ 000 \times P)$$

式中，W=调制器内物料重量（水分调整为干料水平），kg

P=产量，t/h

举例：调制器内物料净重为 25kg（水分 15.5%），调制前干物料水分 12.5%。  
 $W = 25 \times (100 - 15.5) / (100 - 12.5) = 24.14\text{kg}$ ，如果产量 P 是 10t/h，则  $\text{MRT} = (3\ 600 \times 24.14) / (1\ 000 \times 10) = 8.69\text{s}$

#### 4.5 延长传统调制器的滞留时间

延长传统调制器滞留时间的一个简单方法是调节浆叶角度（浆叶在调制器轴上的角度）。通常这角度是将物料沿整个轴往前推进，结果使物料沿调制器底部形成一个下行的缓坡。为要延长滞留时间，将中部的 1 个或 2 个浆叶调为“平”的位置（不朝前也不朝后推料），其他浆叶（最后 2 片除外）调到向后（反向）推动物料，最后 2 个浆叶仍然朝前推动。结果是调制器里填充的物料增加，成为山形。如果增加的物料负载超过调制器的电机负荷，滞留时间的延长会受到限制；调整浆叶这种方法还会使得物料碎粒之间滞留时间更加不平衡，尽管总体结果是肯定的。

近期有一种设备是在调制器热机后将出口端抬高，浆叶不变，这样使物料沿整个轴向前推动（与 K. Behnke 私人通信，1999）。这个方法不必担心电机负荷，物料颗粒的滞留时间也不会太不平衡。

## 5 调制高乳清饲料和高尿素饲料

断奶仔猪饲料通常都含有 5%~20% 乳清。乳清吸湿性很强，吸水后很黏，含乳清多的饲料在提高调制水分时容易在辊轮和压模间打滑，黏在上面，堵塞模孔，造成塞机。饲料配方中的油脂有润滑作用，可让颗粒加工更为顺利，但如添加的

油脂太多（例如超过 2%），会损害颗粒的持久性。调制高乳清饲料，传统的建议是使用低流量高压蒸汽。实际操作中，用出模的物料温度作为蒸汽流量的指标。开始进行作业时，出调制器的物料温度可以低到 55℃。物料温度随蒸汽流量增加而上升，直到接近堵塞点。一般的观点是高压蒸汽含有较多的显热和总热量，使用高压蒸汽可以让调制的物料达到较高温度而又较少凝结水。然而，如前面所解释的，蒸汽压的差别只影响总热量的一小部分，在蒸汽流量低时，使用高压蒸汽更难控制蒸汽流量，而高压下漏汽和滞留时间短的问题依然存在。在美国的一家饲料厂，用低压（0.75kg/cm<sup>2</sup>）-高质量蒸汽制造高乳清（10%~20%）颗粒饲料很成功，物料温度高达 70~75℃，PDI>95%（按修改的 KSU 操作程序测定，每测试箱内放置 10 个 9.6mm 螺母，Xiong, 1993）。因此，“低流量的高质量-低压蒸汽”或“高质量蒸汽-低流量调制”可能是正确的答案。用低压的中等过热蒸汽（例如比饱和蒸汽温度高 5~10℃）可能还要好些。一直有一种说法：“设定一个低的物料温度调制高乳清饲料，是因为高乳清饲料对热敏感”，这种说法不准确。真正的问题不在物料温度，而在水分，控制物料温度是为了控制物料水分。

“高质量蒸汽-低流量调制”也适用于加工高尿素饲料，因为尿素的吸湿性也很强。制成颗粒之后，尿素会很快吸水，因此应尽可能选择天气干燥的日子制造高尿素颗粒饲料。

（全文完）

（电话：（010）65051830；传真：（010）65052201；电子邮箱：  
jackcheng@asachina.org）