

第 66 章 生长肥育猪的管理

Cornelius F.M. de Lange 和 Catherine E. Dewey

在考虑动物福利和养猪生产对环境的潜在负面影响时，管理生长肥育猪的主要目的就是有效生产高质量的猪肉。随着向较大生长肥育猪舍的迁移，相对较小的生产效率改善将对总利润产生实质性的影响。猪肉生产效率的主要决定因素是瘦肉的增长，也就是猪胴体瘦肉的增长率。猪瘦肉生长潜力最终受遗传控制，而其表达决定于环境因素，例如动物体疾病状况、动物饲养密度、有效环境温度和饲养管理等。鉴于商品养猪业饲料是唯一最大的成本，所以应当密切关注有效饲养规划的制定和生长肥育猪的饲料消耗量。本章简要介绍精确生产记录和监测生长肥育猪生长和采食方式的重要性。饲养管理以及生长肥育猪管理的其他重要方面随后阐述。

生产记录与生产目的

为了制定有意义的管理策略和确保管理改变对猪生产性能产生预期效果，

表 66.1. 饲喂生长肥育猪玉米大豆粗粉基础日粮的结果¹

进栏体重 (kg)	上市体重 (kg)	粗粉日粮		颗粒日粮	
		0%脂肪	5%脂肪	0%脂肪	5%脂肪
18	110	2.92	2.63	2.74	2.47
18	115	2.97	2.67	2.79	2.51
18	120	3.02	2.72	2.84	2.55
23	110	2.97	2.67	2.79	2.51
23	115	3.02	2.72	2.84	2.55
23	120	3.07	2.76	2.89	2.60
28	110	3.02	2.72	2.84	2.55
28	115	3.07	2.76	2.89	2.60
28	120	3.12	2.81	2.93	2.64

¹引自 Tokach 和 de Lange (2001)。表中值可以随能量浓度调整以满足日粮需求，它不同于标准的玉米大豆粗粉基础日粮的能量浓度(3400 kca1 DE/kg)， $3400 \times \text{表中值} \div (\text{实际日粮可消化能含量})$ 。

需要收集精确的生产数据。全进全出生产制迁移使得数据收集比较容易而且比较精确。在生产记录中，至少下列数据是必需的：猪栏内每头架子猪的成本，进栏和出栏屠宰猪的数量和平均体重，死亡淘汰和轻体重销售的猪数量，总耗料量，平均胴体重和胴体瘦肉率，以及平均胴体值。这些可以用来计算平均日增重，饲料转化率，每头猪的饲料费用，和简单评估每头猪的毛利。猪的生产毛利与胴体值一样都可依据饲料费用和架子猪成本来计算。这些生产参数可以被调整到一个常数，譬如，恒定的初重和末重以及饲料营养含量，用来与合理的生产目标作比较（见表 66.1，Tokach 和 de Lange 2001）。其他有用的资料还包括季节对上述生产性能参数的影响，两批猪之间的空栏期，以及末重和胴体特性的可变性。这些资料可作为生产管理的季节性调整，空间利用评估，胴体特性变化与平均胴体值和盈利关系建立的依据。

猪的平均日增重和出栏量是管理生长肥育猪需要考虑的重要因素。如果架子猪喂养时不限饲，每头猪的毛利可能会适当受损，例如，通过饲喂莱克多巴胺（ractopamine）提高猪屠宰前生长速度或者采用航船运输待宰猪可使每年每头猪的毛利和纯利润（红利）稍稍增加。反之，如果对架子猪限喂，商品生长肥育猪群的生产目的应该是使每头猪的毛利和利润（红利）最优化。此外，在一些地区，养猪生产对环境造成了潜在的负面影响，如何减少氮和磷随猪粪的排放，控制猪场恶臭化合物的释放（de Lange 2004）应当加以考虑。上述的生产记录考虑到生长肥育猪管理的基准点和某些变化，然而，要使各个猪群内生产效率、利润、和氮磷利用最优化，必须提供瘦肉生长和采食方式的详细资料。

监测瘦肉沉积和采食方式

对于生长肥育猪，瘦肉的沉积与日增重、饲料转化率和胴体品质密切相关

表 66.2. 去脂瘦肉生长潜能对体重 25~110kg 之间生长肥育猪生长性能的影响¹

瘦肉增长潜能	高	中	未改良的
去脂瘦肉增长潜能 (g/d)	400	350	300
最高体蛋白沉积率 (g/d)	157	137	118
平均日增重 (g)	842	794	743
饲料：增重 (g/g)	2.66	2.82	3.03
屠宰率 (%) ²	79.1	79.4	79.7
瘦肉率 (%) ²	60.7	59.0	57.6

¹ 引自 de Lange 等. (2001a). 日粮含有 3400 kcal DE/kg 和最佳水平的氨基酸和其他营养成分；根据 NRC (1998)；采食量为自由采食量的 90%，包含 3%饲料损耗。

² 加拿大胴体分级系统。

(Schinckel 1994; Table 66.2)。此外，猪的瘦肉沉积速度与机体蛋白的沉积密切相关，是日粮氨基酸需求量的主要决定因素，同时也是日粮能量需求量的主要决定因素之一 (NRC 1998; Schinckel 等. 2002)。整群猪中，肌肉或瘦肉占猪体重的 28~60% (Gu 等. 1992; Quiniou 和 Noblet 1995)。其他主要体组织包括内脏器官、脂肪、猪皮和骨骼 (de Lange 等. 2001b)。瘦肉、内脏器官、猪皮和骨骼之间的比例相对恒定。因此，不同猪体内瘦肉含量的差别主要受脂肪含量的影响，脂肪一般占猪体重的 12~30%。从胴体中分离的瘦肉大约含水 72%，蛋白 20%，其余成分包括脂类、矿物质、和一些碳水化合物。与瘦肉不同，脂肪一般含脂类达 85% 以上。为了使饲养成本最低和胴体值最高，养猪者关心的是如何使屠宰肥育猪的胴体瘦肉率最高。然而在不同国家和不同的屠宰厂之间，对猪胴体瘦肉沉积率和瘦肉沉积速度的定义和方法存在着相当大的差异。譬如，猪瘦肉率可以标准化到去脂瘦肉率。但也可以认为，修整好的猪胴体中段肉，虽含有脂肪和瘦肉，可以看成是胴体瘦肉量的一部分。因此，依据整体蛋白沉积率 (Table 66.2) 确定猪群特性可能是比较适当和客观的。根据美国 NRC 标准 (1998)，去脂瘦肉含量可按体蛋白沉积率 $\times 2.25$ 计算，但是这种比例关系可能会随猪体形和体重范围而改变。对于生长肥育猪而言，平均去脂瘦肉沉积量可以在 200~450g/天之间变化 (NRC 1998; de Lange 等. 2001a)。

评估各个猪群的平均瘦肉沉积速度可依据生长肥育猪的平均初重和末重、猪从出生到出栏需要的天数、净膛率和胴体瘦肉率。如果进生长肥育猪栏时架子猪的瘦肉量变化不大，则架子猪的去脂瘦肉率可以根据猪活重来评估 (NRC 1998)。

在确定猪最佳屠宰体重和制定有效的多阶段饲养计划时，需要考虑到在猪的体重增长过程中，瘦肉沉积量 (和采食量) 的变化。通常典型的瘦肉沉积量曲线可分三期。生长早期，通常指猪体重 50kg 以前，日瘦肉沉积率增加。生长中期，猪体重在 50~80kg 之间，日瘦肉沉积率相对恒定。生长后期，日瘦肉沉积率开始逐渐下降，当达到猪成熟体重时，瘦肉沉积率接近零。通常猪的最佳屠宰体重应与日瘦肉沉积率开始明显下降时的体重一致。

瘦肉沉积量曲线可用三种不同方法建立：（1）计算整个生长肥育期平均瘦肉沉积量，如上所述，结合标准瘦肉沉积曲线建立实际瘦肉沉积曲线。这是最容易的方法，在 NRC（1998）用于估算各个生长阶段猪的营养需要量。这也是不常选择的方法，是因为这种方法忽略了不同生长肥育猪群之间的差异。（2）依据 40 头以上猪体重与存栏时间的相对关系建立生长曲线。这种方法是指在整個生长肥育阶段中，从 40 头以上生长肥育猪中均匀选择 4~5 头不同体重的猪采用系列 B-模式实时超声观测。但这种方法主要的弊端是实时超声观测及其预测猪不同体重瘦肉量不准确。在不同品系猪之间实时超声观测的瘦肉量与胴体瘦肉量之间的比例关系是不相同的（Hicks 等. 1998）。（3）观测 4 个以上均匀分散的数据点且每个数据点不少于 40 头猪，依据这些猪的体重与存栏天数建立生长曲线。将这些资料与猪的实际采食量曲线和日粮营养成分含量结合起来，采用数学模型表示动物生长对营养物质的利用，以此来估算肥育猪体蛋白沉积（瘦肉增长）和脂类沉积状况（de Lange 等. 2001a）。这种方法对假定的维持能量需求和采食量曲线的精确性很敏感。

如何诠释猪的瘦肉沉积曲线应该受到人们的关注。各种因素，包括基因型、性别、环境应激（健康水平，拥挤现象）以及营养摄取量，都会影响瘦肉沉积率的观测值。瘦肉沉积率具有较高的遗传性，在过去的几年猪繁育策略中已受到相当重视（Schinckel 和 de Lange 1996）。以性别为例，公猪比后备母猪从整体上具有较高的瘦肉沉积潜力，而阉公猪瘦肉沉积潜力最低；这种性别差异随猪基因型不同而不同（Schinckel 1994）。亚临床疾病的存在可以降低瘦肉沉积率 30%以上（Williams 等. 1997）。此外，瘦肉沉积在猪的各个不同生长阶段通常受到不同因素的影响。对体重较轻的猪，日瘦肉沉积率随体重增加时，瘦肉沉积速度通常取决于营养摄取量，最常是能量摄取量。为了估算生长肥育特定猪群的生产性能潜力，理想的瘦肉沉积曲线是在猪的营养摄取量不影响胴体瘦肉沉积率的条件下建立的。可是，由于环境应激，商品猪的生产潜力可能不能得到完全体现（Black 等. 1995）。为了便于实际管理，可以考虑猪的有效瘦肉沉积潜力，它代表商品生产条件下猪可以达到的最大瘦肉沉积率。这意味着对于特定基因型猪，其有效瘦肉沉积潜力可随着环境条件而变化，而存在于猪实际和有效的瘦肉沉积潜力之间的差异又为特殊基

因型猪如何提高应对环境应激的能力提供了方向。以动物生长曲线表示猪对营养物质利用的数学模型，例如 NRC (1998)模型，可以用于判断猪的营养摄入量是否会影响瘦肉沉积以确定增加猪的营养或能量摄入量是否能促进胴体瘦肉沉积。

猪的采食量对其生产性能、胴体品质、和经济效益具有实质性的影响。对于体重接近 50kg 的架子猪，增加能量摄入量通常会限制瘦肉的沉积。对于这些猪，日能量摄入量和采食量应当达到最大值。肥育猪，尤其是中等或未改良瘦肉沉积潜力和对饲料消耗较大的猪，提供超过最大瘦肉沉积所需能量，由于体脂沉积过多，结果胴体品质下降。对于未改良或瘦肉沉积潜力一般的肥育猪，可通过限定日能量摄入量改善胴体品质和饲料转化率。应当指出，

表 66.3. 25~120kg 体重猪的标准最低和累计平均日增重，日采食量和累计饲料用量¹

体重范围 (kg)	平均日增重 (g)		日采食量 (kg)	饲料：增重	累计饲料用量 (kg)
	最低	累计			
25—30	679	679	1.337	1.97	9.9
30—35	728	703	1.518	2.09	20.3
35—40	769	724	1.683	2.19	31.2
40—45	804	742	1.835	2.28	42.6
45—50	834	759	1.974	2.37	54.5
50—55	858	774	2.101	2.45	66.7
55—60	878	787	2.218	2.53	79.3
60—65	893	799	2.324	2.60	92.3
65—70	905	809	2.422	2.68	105.7
70—75	912	819	2.511	2.75	119.5
75—80	916	827	2.593	2.83	133.6
80—85	916	834	2.668	2.91	148.2
85—90	913	839	2.737	3.00	163.2
90—95	907	844	2.800	3.09	178.6
95—100	897	847	2.858	3.19	194.6
100—105	884	849	2.910	3.29	211.0
105—110	868	850	2.959	3.41	228.0
110—115	848	850	3.003	3.54	245.8
115—120	826	849	3.044	3.69	264.2

¹ 生长遵循 Bridges 函数 (Schinckel 和 de Lange 1996)，依据 NRC (1998)和日粮可消化能含量 3400 kcal/kg 计算，采食量相当于自由采食量的 90%。最低平均日增重表示在特定 5kg 体重范围内的增长。累计平均日增重表示 25kg 体重的平均日增重。日采食量和饲料用量可根据日粮可消化能含量（表 66.1）变化调整。

随着瘦肉沉积率不断提高，能量摄入量可能决定着瘦肉沉积率直到更大体重。

从生长期（能量摄取量限制瘦肉增长）到肥育期（能量摄取量不再限制瘦肉增长）的变化，猪体重仍然需要根据猪的不同新基因型确定。至少有三项最新研究提出，直到上市体重，能量摄取量会限制瘦肉沉积（Schinckel 和 de Lange 1996）。

采食量在猪群之间变化相当大，并受到所有因素的影响，这些因素包括动物（体重、性别、基因型、健康水平），饲料（日粮能量密度、营养平衡、新鲜度、毒素、加工），和环境（有效环境温度、猪群密度、进料器设计位置和管理、水质及其可用性等）（NRC 1987）。毫无疑问，如何精确预测和控制特定猪群的自由采食量是商品猪生产上的主要挑战之一。理论上，在一个特定体重范围，猪采食量可以根据猪体蛋白和体脂沉积率来预测。然而这确实需要精确估算猪体脂的沉积和对猪维持能量需求的假定（NRC 1987, 1998; Schinckel 等. 2002）。

在愈来愈多的商品养殖场，作为代表性的生长肥育猪群的采食量受到监控，而且一些为大众所知的影响自由采食量的主要因素也同时受到监控：诸如有效环境温度、猪健康水平、进料器设计与管理、猪基因型、和水质等。在典型监控猪舍中，将生长肥育期猪均匀划分出 3 个以上不同生长阶段，对其采食量进行为期不少于 2 周的精确监测后，建立合理的采食量曲线（Schinckel 和 de Lange 1996）。从 2 个以上进料器中抽取分散于各个体重范围的 40 头以上猪，监测它们以获取每个体重范围猪的采食量和体重数据，其中最高体重范围应当尽可能接近上市体重。现在相对简单而又经济适用的设计就是测定各个进料器中的饲料消耗。作为典型监控猪舍中监测猪采食量的替代方法，对全进全出制管理的猪舍，可测定整栏猪舍的采食量。后者需要进料器数和存栏数，以及被精确和频繁地监控的存栏数中的猪总数。现有软件包可用于辅助收集和分析采食量数据。连续监控采食量、尤其水利用的附加效益就可以早期发现疾病暴发或猪的环境改变，允许快速采取措施和降低这些应激子对动物生产性能的长期影响。可是，密切监控饲料和水利用没有满足猪正常生长、舒适和行为需求可取代猪日检验的方法。

喂料量减去饲料损耗即为猪的典型采食量，根据 NRC（1998; 表 66.3）标准，在商品生产条件下猪采食量标准水平大约是自由采食量的 90%，其变

动范围在 70%和 100%之间。如果猪的采食量低于平均水平，需要检查饲料品质、进料器型号和放置是否合理、水的可饮用性、环境温度、动物健康水平和猪的基因型。不合理的进料器设计或进料器调节不适当都可导致猪的实际采食量受限或饲料损耗（Gonyou 和 Lou 2000）。性别对采食量的影响在不同猪基因型间有差异；这种差异可能介于 3~15%之间，且阉公猪比后备母猪高，并且这种性别影响效应随体重增加而增加（Schinckel 1994）。

饲养管理

制定最佳的日粮营养和能量摄取量水平

能量、赖氨酸、苏氨酸、其他氨基酸、磷通常要占到日粮营养成本的 80%以上，在配制猪日粮时应给予特别的考虑。可是，在某些情况下，提供保健或环境改善的专用饲料添加剂可能实质性地增加饲料成本。鉴于实际生产中常采用非营养性方法解决保健和环境问题，因而添加剂的品质应当定期考察，以提供可靠的科学依据支持添加剂的有效性和成本。某些饲料添加剂，例如合成赖氨酸和肌醇六磷酸酶（植酸酶），对粪尿营养排泄和饲料费用的影响已被充分证明（NRC 1998）；其他饲料添加剂，成本效率不能明确肯定或在猪群之间没有显著差异。此外，饲料添加剂，尤其是一些用于解决特定疾病问题的药物饲料添加剂，经常在疾病消除之后仍继续长期地在饲粮中添加。

猪日粮最佳能量将随着各种能量饲料原料如玉米、脂肪、小麦、大麦、和碎小麦等改变。饲料配方的良好出发点就是确定日粮的有效能，使饲料中有效能（美元/兆卡或千焦耳可消化能）的单位成本最低，并使其他所有必需营养成分水平与有效能相平衡。这就是通常指的每千克增重最低成本的日粮能量水平。然而，当以生产能力和平均日增重为猪的生产目的时，提高日粮中能量水平将产生良好的经济效益。以增重为生产目的特别适用于体重接近 60kg 架子猪和轻度热应激状态下的生长肥育猪。在这两个状态下，动物生理采食能力或动物散热能力都将限制猪摄入它们自身所需的有效能量。

根据猪体重、可控的瘦肉生长潜力、采食量水平和日粮能量水平(表 66.4),可制定出日粮中最适宜的赖氨酸、苏氨酸、其他氨基酸和磷水平。此外,需要考虑后期日粮按阶段式饲养程序供给和反应最低成本效益时猪的体重变化,这便要求使用能够反应猪生长过程中对日粮营养利用的动态模型(Black 等. 1986; de Lange 等. 2001a)。表 66.5.中的模拟结果说明精确评估采食量并

表 66.4. 在不同采食量水平(根据 NRC 1998 消化能自由采食量的 90%和 80%)和两个不同体重期间,不同无脂瘦肉增长潜力的猪对真回肠消化赖氨酸(Lys),真回肠消化苏氨酸(Thr)和可利用磷(P)日粮需求估计(%)¹

无脂瘦肉增长潜力 (g/day)	NRC 90% 摄取量			NRC 80% 摄取量		
	Lys	Thr	P	Lys	Thr	P
体重 30 kg						
400	0.98	0.60	0.35	0.95	0.59	0.34
350	0.87	0.54	0.30	0.88	0.55	0.31
300	0.77	0.49	0.26	0.81	0.51	0.28
体重 75 kg						
400	0.72	0.46	0.25	0.74	0.47	0.26
350	0.64	0.42	0.22	0.68	0.44	0.23
300	0.56	0.37	0.18	0.62	0.41	0.21

¹ 根据 Tokach 和 de Lange (2001) 和 de Lange (2004)调整。依据 3400 kcal/kg 日粮消化能含量。如果日粮能量密度不同,目标日粮营养水平可以适当地改变到日粮消化能含量。

使日采食量和营养水平与猪生产性能潜力相适应的重要性。这些结果指出最佳标准的饲养程序的成本可能并不是非常实际的。这些数据也暗示未改良瘦肉增长潜力的猪饲喂时宜限饲,改良瘦肉增长潜力后的猪应增加采食量。

为了尽可能地满足特定猪群的营养需求,不同性别的猪可分开饲养,要随着猪的体重增加频繁地更换日粮。当实施多阶段式和分性别饲养计划时,关键在于判断不同生长阶段猪对日粮中营养物质的有效利用率的主要决定因素和密切监测动物的生长性能。预算饲料消耗量,也就是计算每种用于饲喂的饲料量,提供一种有效的方法以确保饲料能适时更换(参见表 66.3)。而且,在阶段式饲养计划中过量饲料的使用使饲料按计划供给比较困难并增加了误差的可能性。总之,当三种或更多种日粮用于阶段式饲养计划时,阉公猪和后备母猪应当分开饲养。再者,重要的是要认识到分阶段饲养使饲料额外损失而导致财政利润随饲料使用的种数增多而减少。例如,如果生长肥育猪从饲喂单一饲料变为分两阶段式饲养,每头猪的利润是 2 美元,那么,当采用

表 66.5. 采食量、猪瘦肉生长潜力、和饲养计划对猪生产性能和利润的相互影响¹

饲料供给量 (% NRC 饲养计划)	未改良型猪			改良型猪	
	100	80		100	80
	最适宜的	最适宜的	未达最佳标准的 ²	最适宜的	最适宜的
瘦肉增重 (g/d)	340	290	265	415	330
日增重 (g)	793	643	606	920	714
上市平均天数	108	133	141	93	120
每轮回天数	122	147	155	107	134
饲料: 增重	2.97	2.93	3.12	2.54	2.61
修整率 (%)	80.55	79.75	80.10	79.7	79.23
胴体瘦肉率 (%)	57.48	60.50	59.12	60.68	62.44
胴体指数	104.2	109.4	107.5	109.6	110.95
饲料成本 (美元/头)	48.07	49.17	50.26	43.65	44.87
利润 (美元/头)	-3.48	-0.07	-2.92	5.62	5.22
利润 (美元/猪位/年)	-10.42	-0.18	-6.87	19.16	14.23

¹ 摘自 de Lange 等. (2001a)。根据: 体重 20~105.5kg 之间的生产性能; 5%饲料损耗; 1%死亡率, 每轮回 14 天空怀期; 胴体瘦肉率和胴体重的标准差分别是 2%和 4kg; 断奶仔猪价格 55.00 美元; 每头猪可变成本 15.00 美元; 每千克指数 100 的胴体价格 1.30 美元; 以二段式饲养计划日粮为基础玉米 (130 美元/吨), 大豆粉 (47.5% 粗蛋白: 310 美元/吨) 和预混料 (3% 包含物; 600 美元/吨); 混合成本 15 美元/吨; 体重 65kg 时更换日粮。对于整个饲养计划, 为了追求最高利润, 针对各种猪类型和饲养水平, 日粮大豆粉水平已做适当调整。

² 对于未达最佳标准的饲养计划, 针对这种猪类型在高饲料供给时, 日粮大豆粉水平与最适宜日粮大豆粉等同。利润 (美元/猪) 计算: 胴体值 - 饲料成本 - 断奶仔猪价 - 可变成本/猪。利润 (美元/猪位/年) 计算: 美元/猪 × 365 ÷ 天数/轮回。计算采用 Purina 猪生长模型 (Purina Pork Growth Model, PPGM, 1997)。

三、四、和五种日粮时, 每头猪的利润将大约分别是 1 美元、0.50 美元、和 0.25 美元。阶段式饲养对随粪便氮磷排泄的影响也存在相同的问题。

饲料原料和饲料加工

在预备猪饲料原料时, 下列几个方面应当考虑: 有效营养含量、变异性、对适口性的影响、对胴体和肉品质的影响、抗营养因子和霉菌毒素、贮藏与加工、可利用率和成本。

NRC (1998) 中提供的各种饲料原料的可利用 (真实或标准回肠可消化的) 氨基酸、消化能或代谢能、和有效磷的平均值是可采用。但多种原因, 如生长条件的改变和/或原料加工, 使不同批次原料的可利用营养成分可能与 NRC 公布的平均值偏差相当大。原料常规样本, 尤其在收割期样本经常被推荐用于做饲料干物质、蛋白质和纤维含量的分析。干物质含量应当看成是所有营养分析的一部分, 它能提供原料在贮藏期间潜在腐败变质的相关数据。蛋白质和纤维含量可分别用来估算氨基酸和有效能的含量。其他指标分析的需要随原料类型和当地条件而定。这些指标可以包括脂肪含量 (高油脂玉米、

全脂大豆、堪诺拉种籽)、灰分、钙和磷(肉粉、矿物质来源)、霉菌毒素(玉米和小麦样品)。为了降低营养分析成本,购买的易变质原料样本可保存在黑暗和阴凉处以备当观测到动物生产性能有问题时进行分析。

根据某些原料对日粮适口性(堪诺拉粉,豌豆)和胴体品质(全脂大豆和堪诺拉种籽)的特异性影响,可以限定它们在饲料中的最高水平。添加某些原料,如维生素 E,或提高屠宰前饲料营养水平,可以改善猪肉品质(Rosenvold 和 Ersen 2003)。

为确定猪饲料中各种原料的实际含量,应采用成本最优化的饲料配方设计系统。根据其他可利用原料的成本,此系统可提供与实际成本相对的实际经济效益的相关信息。显然,猪饲料原料的价格对生长肥育猪群的饲料成本和利润具有实质性的影响。

饲料配制的三个关键就是粉碎、混合和制粒。饲料原料的粉碎细度与营养成分的可消化性和饲料转化率密切相关。根据堪萨斯州立大学的研究概要(KSU Swine Nutrition Guide 1997),平均饲料粒度每减小 100 μm ,饲料转化率将提高 1.2%。饲料的不同粉碎细度对猪生产性能的实质影响是常规监控饲料平均粒度大小的依据,应当考虑到粉碎粒度过细,饲料的粉碎成本较高、流动性下降、粉尘量增加(这对制粒和含油脂的饲料不重要),同时还会增加架子猪胃溃疡发生的风险。较合理的目标粉碎粒度大小平均为 600~800 μm 。饲料混合的充分性可通过 10 个或 10 个以上混合饲料样本中营养物质含量的变异性来评价。这些样本用于分析一个或多个较简单的营养成分,如饲料中钠或氯化物的含量,要求这些营养物质含量的变异系数为 10%或更低。如果变异系数高于 15%则可能降低动物的生产性能,尤其是对幼龄猪(Patience 等. 1995)。猪饲料制粒后提高了饲料处理技术,改善了猪生产性能,使日粮组成中饲料原料的选择范围更宽。这是由于制粒后能减少饲料的浪费,提高营养物质的可消化性,增加可利用营养物质的摄入,因此制粒有利于改善饲料转化率。制粒的好处与饲料的组成成分和猪体重有关。对饲喂玉米豆粕型基础日粮的生长肥育猪,制粒后饲料转化率可以提高 5~8%;但如果日粮中包含更多的纤维性饲料成分,饲料转化率的改善还会更高一些,如大麦型基础日粮可以提高 7~9%(Patience 等. 1995; KSU Swine Nutrition Guide 1997)。平均

日增重的提高稍小于饲料转化率的提高。衡量颗粒饲料对动物生产性能的改善效果应该相对制粒所耗费的成本而言。使用颗粒料需要考虑的一个因素是颗粒料的质量。劣质颗粒料导致饲料中细粉量过多（降低饲料的流动性）和细粉在进料器中堆积，增加饲料的浪费。最近的观测表明，饲料制粒和粉碎能破坏胃肠道微生物菌群平衡(Mikkelsen 等. 2004)。特别是粪便中沙门氏菌的排出量，这涉及到食品安全问题，在细粉碎的颗粒料改为粗粉碎的粉料后，猪粪中沙门氏菌的排出量将下降。这种饲料形态的改变与猪生产性能的下降是一致的。

在养殖场自行生产饲料还是从专门的商品饲料厂购买全价饲料是养猪生产实践中需要考虑的一个重要问题。在考虑时应该把生产饲料的原料成本、饲料制备、原料储存、易感性和饲料质量控制的耗费与购买饲料的花费作比较。与养殖场自行生产饲料相比，商品饲料生产企业具备更好的饲料生产设施，包括通过更多的渠道购买到更便宜的饲料原料、更先进的饲料加工程序，更好的质量控制体系。而且，多种饲料原料的使用也减少了个别原料中营养成分的变异对全价饲料营养成分含量的影响。

猪的分群密度、活动空间和活动量

在北美洲，生长肥育猪饲养时一般按每栏 20~30 头猪分群。而在西欧国家，分群范围相对更小一些，接近大窝产仔数。最近对 100 头以上大猪群又重新引起了人们的兴趣。原因是大猪舍减少了边缘建筑花费，潜在地增加了载畜量，减少了猪群之间的打架斗殴现象，便于采用自动分类技术将屠宰的肥育猪分开（Brumm 2004）。管理大猪群的最大限制因素是很难对猪个体单独医疗处理，需要增加额外负担或挑选屠宰猪的设备。在美国，大群生长肥育猪的转群与猪的断奶—肥育一条龙技术相吻合，断奶—肥育一条龙技术是指猪从断奶到屠宰都在同一个栏舍中饲养（Wolter 等. 2001, 2002）。这种技术节省了劳动力，减少了猪转群和饲养设施的清洁，降低了猪转群和混群对肥育猪生产性能的负面影响，因而很大程度上得到推行。断奶仔猪以肥育阶段末期双倍载畜量饲养在断奶—肥育栏舍中。当这些猪到达生长期时，栏舍中的一

表 66.6. 断奶—肥育饲养体系中分群大小对猪生产性能和胴体品质的影响¹

	分群大小		
	25	50	100
栏舍数	8	8	8
体重 (kg)			
初期重	5.9	5.9	5.9
中期重	34.8 ^a	33.9 ^b	33.9 ^b
末期重	116.4	116.1	116.2
体重变异系数 (%)			
初期	10.7	11.1	11.1
末期	9.4	9.6	9.8
日增重 (g)			
初期~中期	512 ^a	499 ^b	498 ^b
中期~末期	716 ^{ab}	708 ^b	733 ^a
全期	655	648	658
日采食量 (g)			
初期~中期	815	818	821
中期~末期	2232	2206	2231
全期	1759	1755	1759
增重: 饲料			
初期~中期	0.63 ^a	0.61 ^b	0.61 ^b
中期~末期	0.32 ^b	0.32 ^b	0.33 ^a
全期	0.37	0.37	0.37
死亡率 (%)	3.0	1.5	1.0
发病率 (%)	7.0 ^a	3.5 ^b	3.9 ^{ab}
净膛率 (%)	74.9	75.3	75.4
胴体瘦肉率 (%)	53.4	53.7	53.8

¹ 摘自 Wolter et al. (2001).

a, b, c 同一行内字母上标不同表示差异显著 (P < 0.05).

半猪将被转移到一个新的栏舍。这便允许养猪者更好地利用可用空间，而不造成肥育猪过于拥挤。

与先前对幼猪的观测结果不同，最近的资料表明，只要能提供足够的饲喂和饮水空间，大群饲养肥育猪的生产性能并不会低于传统的每个栏舍饲养 20~30 头猪的生产性能 (Wolter 等. 2001; Turner 等. 2003; 表 66.6)。扩大分群及总栏舍空间，能使每个栏舍中相对有更多的空间不被猪占用。这些多余的空间用于猪的采食、饮水、排粪、排尿和休息。同时也为较弱的猪逃避强壮猪攻击提供更多的机会，方便个别猪寻找他们的最佳温度小环境。大群饲养的猪往往表现出更好的耐受性。在大栏舍，显然更容易接受外来猪加入现有猪群而不出现明显的猪群秩序骚乱 (Brumm 2004)。由于大量的总自由空间，漏缝地板猪舍中每头肥育猪的饲养面积可以减小到 0.65 m²，这个数值比美国全漏缝地板栏舍每头猪 0.69m² 的标准值低，也比追求最高生长速度，在部分漏缝地板上饲养体重 54~113kg 肥育猪，每栏舍 7 头或 7 头以上，每头猪 0.93 m² 的标准值低 (NCR-89 1993)。大量研究表明，平均日增重和饲料转化率改善与空间分配成线性关系，当每头猪饲养面积从 0.56m² 增加到 0.93 m² 时，平均日增重由 0.71kg 增加到 0.80kg；饲料转化率由 0.265kg/kg 提高到 0.274kg/kg。

猪的饲养面积与体重 (BW) 之间的异速生长关系可以表示为 $k = A/BW^{0.667}$ ，其中 A 为猪的饲养面积 (m²)；k 是常数，代表与猪生产性能相关的一个临界值。对于饲养在全漏缝地板或部分缝隙地板猪舍中的生长肥育猪，其 k 的临界值分别为 0.0327 和 0.0337。如果 k 低于这个临界值，则猪的日增重下降。当猪接近上市体重时，活动空间限制对生产性能的影响是非常明显的。为了减轻这种影响，养猪者会挑选体重低于目标体重 5kg 生长速度最快的猪提前上市。这样便给剩下的猪群增加了 3% 的可利用空间，从根本上解决了被重点观测到的第一批猪上市前过于拥挤的问题 (Gonyou 和 Stricklin 1998)。

猪群内体重的个体差异是猪舍空间利用效率的主要决定因素之一。为了达到上市屠宰体重，供屠宰的猪通常从三个或更多标准体重的生长肥育猪舍中抽取。对于一个全进全出养殖场，其生产能力在很大程度上由猪群中生长最慢或僵猪的生长速度所决定。往往在计划进下一批猪前的最后时刻，为了全面清洁猪舍，僵猪必须在低于理想体重时上市。这种上市不仅对僵猪的胴体品质，而且对整群猪平均胴体值、猪舍空间利用效率、经济效益等产生严重的影响。Dewey 等（2001）在对 7 个养殖场调查中报道，不同年龄猪体重变异系数为 20~31%，这实际上要高于对年龄精确控制下的观测值（表 66.6，

表 66.7. 根据生长肥育猪体重大小分群对 91 天后猪体重变异的影响¹

	处理 ²			
	高	中	低	未分类
猪群平均体重 (kg)				
第 0 天	37.1	34.0	30.2	33.8
第 91 天	123.4	117.8	113.2	119.93
栏舍内猪体重变异系数 (%)				
第 0 天	3.4	2.3	6.8	9.4
第 91 天	6.0	6.5	8.2	7.3
日增重 (kg)	0.94	0.92	0.91	0.94 ³
日采食量 (kg)	2.67	2.66	2.73	2.70
吃料/增重	2.85	2.93	3.02	2.88

¹ 摘自 O'Quinn 等. (2001).

² 处理中的高、中、低组表示第 0 天分群时各栏舍猪的体重；处理中的未分类组表示每栏中高、中、低组猪的一个等量值。

³ 未分类组日增重与三个分群组的平均值有显著差异 ($P < 0.05$)

66.7)。对于生长肥育猪，其体重差异主要决定于猪群发病状况，以及与连续流动管理相对的全进全出制管理的采用 (de Grau 等. 2001)；饲养在猪栏内而得不到高质量饲料和饮水的架子猪，其体重差异也可能呈现这种差异。但是，分群大小和空间分配不会明显影响猪群内体重的变异性 (Turner 等. 2003)。

当架子猪进入生长肥育猪舍时，分群通常是依据猪的性别和体重。虽然这种分群方法从饲养管理角度看可能是有利的，但是并不能带来更快的整体生长速度和降低屠宰猪体重差异 (O'Quinn 等. 2001; 表 66.7)。很明显，分群饲养的猪与生俱来就迫切改变体重。由表 66.7 可见，将初始体重相差很大的猪放在同一个猪舍中，猪舍内的体重变异系数并没有改变；而将初始体重很接近的猪群放在同

一猪舍后，这个变异系数将会增加。猪舍中年龄相近的架子猪，实践表明按体重分群限制了其生产性能的发挥。

有效环境温度和空气质量

当架子猪最初进入架子猪舍，体重约为 25kg 时，饲养环境要保持干燥且通风良好，室温应维持在 18~20℃。当猪接近上市体重，猪群被调整到新的饲养环境中，而且采食量较大时，环境温度可逐渐地降低到 15℃（Close 1987; ASAE 1991; Le Dividich 等.1998）。在环境条件变化的情况下，猪舍内空气的实际温度可能不同于有效环境温度，也就是猪实际“感受”到的环境温度（Close 1987）。例如，对于群养的架子猪舍，空气流通速度每秒增加 0.3m 相当于有效环境温度下降大约 1℃；冷而潮湿的地板可能相当于 7~10℃的热价。猪舍墙壁的温度会影响猪的辐射散热；在寒冷季节和隔热条件差的猪舍，环境空气和墙壁之间 1~2℃温差相当于空气温度变化 1℃。在炎热季节，猪群很大程度上通过水蒸气的蒸发散热，高湿环境可能对猪保持良好状态有相当严重的不利影响。

当有效环境温度降到猪的舒适区以下时，摄入饲料的一部分将被用于维持猪自身的体温恒定，因而导致饲料转化率和生长速度下降。例如，Close（1987）推测，当有效环境温度低于猪的舒适区时每下降 1℃，为维持体温恒定，体重 20、60、和 110kg 的猪每天需额外消耗饲料分别为 14g、32g、和 47g。当有效环境温度过高时，猪的实际采食量会减少。在热舒适区以上温度每上升 1℃，即将上市的肥育猪采食量将下降 2%左右，体重 25kg 左右的架子猪采食量将减少约 1%。生长速度与采食量相关，相应下降大约 3%和 1.5%。极端恶劣的环境温度也可能破坏猪的免疫应答，影响胴体品质。毫无疑问，对于饲养在相同猪舍不同生长阶段的猪群，需要采取折中的方法来选择较适宜的环境温度。

采用机械和自然通风系统两者都能控制环境中的空气温度和空气质量（Baxter 1984）。这些通风系统逐步由计算机控制，通过实时调节以达到目标空气温度，同时实时监测空气质量。机械化通风系统包括几个固定的和可变速的鼓风机控制猪舍空气排出，空气入口由计算机完全控制。在寒冷季节，为保持环境温度，猪舍换气量最小，每头猪每小时约为 17.6m³（1.47 m³/秒或 3cfm/头），这些空气需要被新鲜空气替换以便清除空气污染，如氨、二氧化碳、粉尘和水蒸气。

当环境温度极低且猪舍外流入的新鲜空气很难被预热时，需要额外供热以维持猪舍中空气温度在最低临界温度之上。相反，在炎热的气候条件下或夏季，最适宜的换气率应由猪群产生的体热量和需要从猪舍排除的空气量来决定。通风系统的最大通风率随着流入空气的温度和湿度而改变，可能为 150m³/头·小时（12.5 m³/秒或 70cfm/头）（Baxter 1984）。在设计精良的猪舍，猪舍中空气质量、猪的舒适与清洁都可以通过空气流通控制来调节。

结论与展望

随着养殖设施朝着高度专业化发展，考虑到经济效益、猪的福利、猪肉品质和对环境的影响，改进各个生长肥育猪养殖场的经营管理变得越来越重要。为了取得有效经营管理模式的改进，需要收集准确的生产纪录资料，尤其需要监测猪群瘦肉增长、采食量和饮水的动态变化。特别要注意的是，瘦肉增长与养猪生产效率的各个方面包括平均日增重、胴体品质和饲料转化率紧密相关。正如本章所指出，采取较适宜的饲养管理程序对猪的生产性能、胴体品质、经济效益、和随粪便的营养物质排泄具有实质性的影响。近年来推行的大群猪全进全出和断奶-肥育一条龙的饲养管理模式代表了一种降低生产成本的饲养方式，这种饲养方式可提高生长肥育猪的生产性能。对于任何生长肥育猪生产体系，一个关键的问题仍然是控制猪群内体重的变异。转群时，按体重对架子猪分群会限制屠宰时猪群内体重的增长潜力，按年龄对架子猪分群时，也会影响其生产效率。改善猪群的健康状况似乎是缩小生长肥育猪体重变异和提高其生产力的最为有效方法。计算机控制和自动化通风系统广泛使用以确保满足动物对环境温度和空气质量要求。

生长肥育猪饲养管理的各个方面，诸如饲喂程序、饲养密度和环境温度控制之间都是相互联系的。当前发展起来的包含猪生长速度实时分析的集约化管理体系和描述各生长期营养成分利用的数学模型（Green 等. 2004）为各个养猪厂真实优化饲养管理提供了机会。

（许剑琴 译 宋小珍 校）