

轮回杂交在养猪生产中的应用

华中农业大学 喻传洲

2020/9/22 成都都江堰

1.引言

在非洲猪瘟后的复产中，生物安全提高到养猪考虑的第一要素。此时，不必从外引种、闭群繁殖的轮回杂交方法受到重视。其实，轮回杂交是一个保持杂种优势的古典方法，并非只是防疫期间的权宜之计。

1.1 杂种优势（heterosis）概念

杂种优势是指遗传结构不同的两个群体（或个体）杂交所产生的F1代在生产性能、生活力、适应性等方面优于双亲均值或超过两个亲本的现象。

一般用杂种优势H（指F1代均值与双亲均值之差）和杂种优势率H%（杂种优势H与双亲均值的比值）来表示：

$$H\% = \left(\frac{PF_1 - (P_1 + P_2) / 2}{(P_1 + P_2) / 2} \right) \times 100$$

实践工作者应该牢记的是，杂种优势是纯种繁育永远不能得到的额外效应。

这就是为什么在商品猪的生产中不将纯种作为商品猪上市的道理，尽管纯种猪的生产性能已经很优秀。

1.2 杂交优势表现的一般规律

1) 杂交优势大小与杂种自身的杂合程度成正相关。

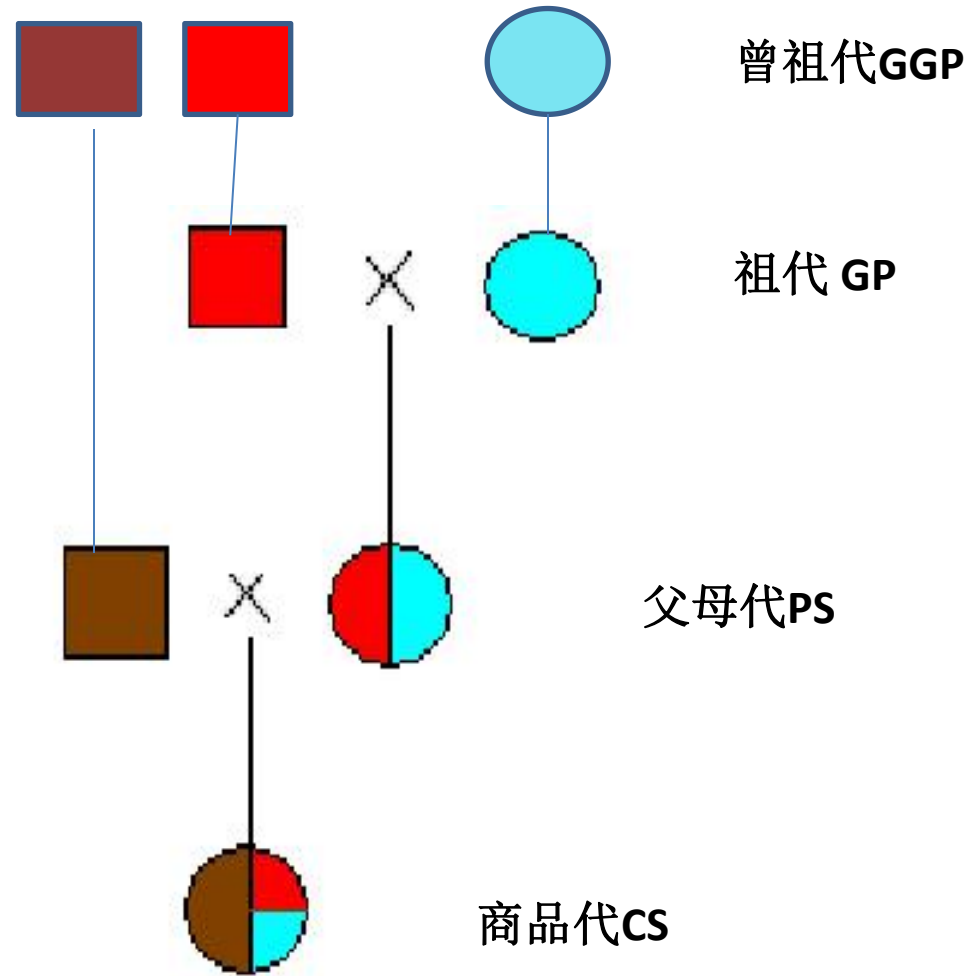
非纯繁的猪群不怕杂！

杂合度越高，杂种优势越大；反之亦然。在猪的配套系杂交体系中杂种优势上，三元杂优于二元杂、四元杂优于三元杂、五元杂优于四元杂的事实，可以说是杂种优势大小取决于杂种群体的杂合度的实践证据。

猪不同杂交方式的效应

杂交方式	杂种优势 heterosis			遗传互补性 Complementary effects
	个体	母本	父本	
纯种繁育 AA	0	0	0	—
二元杂交 AB	1	0	0	+
三元杂交 A(BC)	1	1	0	++
四元杂交 (AB) (CD)	1	1	1	+++
五元杂交 (AB) (CDE)	1	2	1	++++

商品猪三元杂交模式



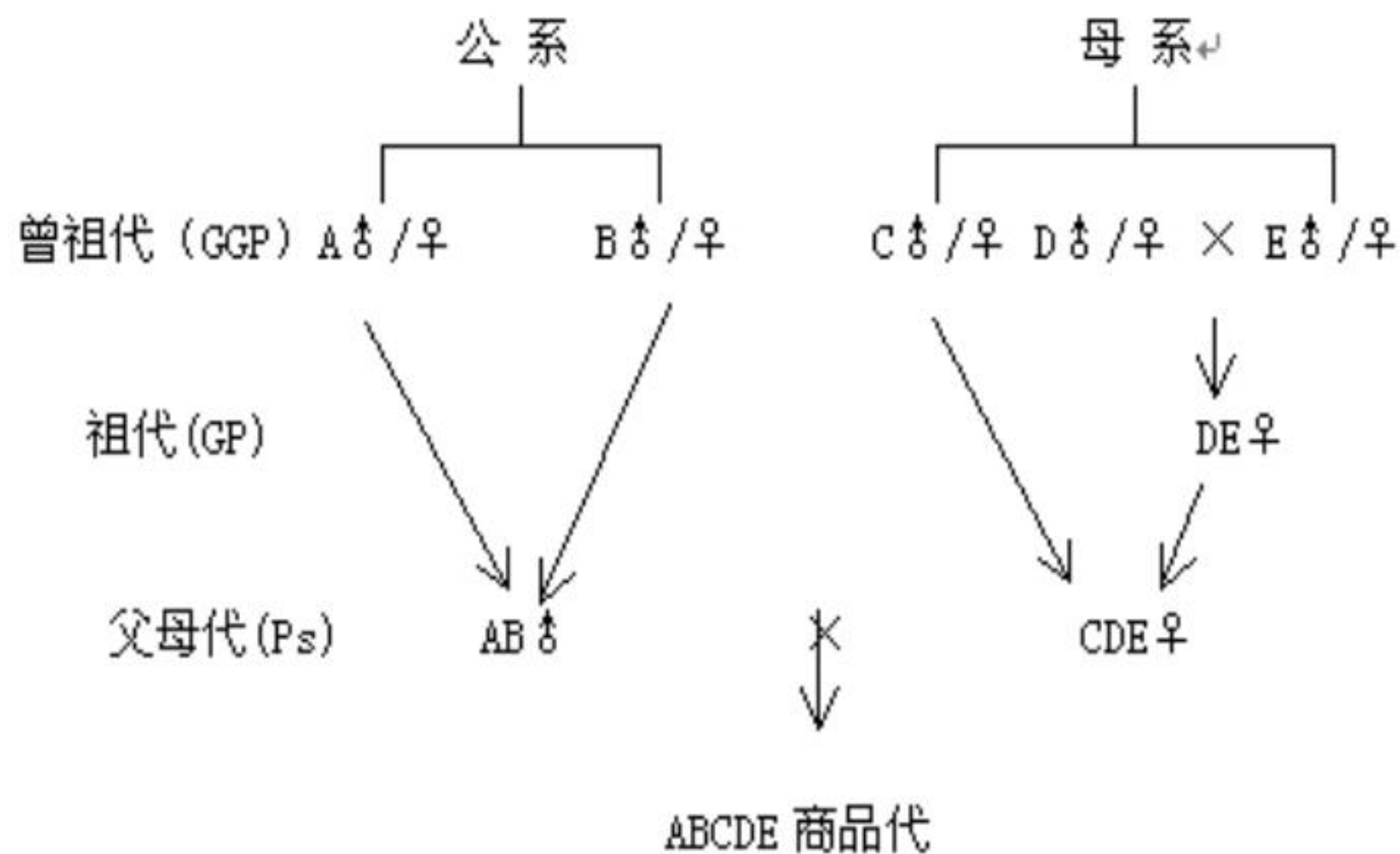


图 PIC 配套系猪配套模式与繁育体系示意图

1.2 杂交优势表现的一般规律

2) 杂交优势的大小与性状的遗传力成负相关。

遗传力低的性状杂种优势高，反之亦然。

例如，**抗逆性、繁殖力**这类性状的遗传力低，故其杂种优势就高。

杂种猪比纯种猪好养。

杂种猪比纯种猪繁殖力高。

1.2 杂交优势表现的一般规律

3) 杂交亲本越纯杂交优势越大。

其原因是：亲本越纯，后代群体的杂合子比例越高。

例如：甲亲本的基因型是 A_1A_1 ，乙亲本的基因型是 A_2A_2 ，则杂种一代的基因型100%都是 A_1A_2 。若亲本不纯（即甲中有乙，乙中有甲），其杂交后代就会出现3种基因型： A_1A_2 、 A_1A_1 、 A_2A_2 。其中，只有 A_1A_2 具有杂种优势。

1.2 杂交优势表现的一般规律

4) 当两个亲本的性能均优良，能产生更好的杂种优势。其杂交后代就会产生超显性（即超亲）效应。

例如，两亲本的产仔数都为12头，其杂交一代的产仔数就可能达到13头，甚至更多。

当今广泛利用的瘦肉型猪品种，如杜洛克、大白、长白都是性能优良且各具特色的良种，它们之间杂交均能获得较理想的杂种优势。

2. 一个生产父母代母猪的简便方法 ——轮回杂交

顺便讲一个问题：
如何在非瘟后复养中，
快速且安全地扩大父母代母猪群？

2.1 用杜长大三元母猪配终端父本生产肥猪可否？

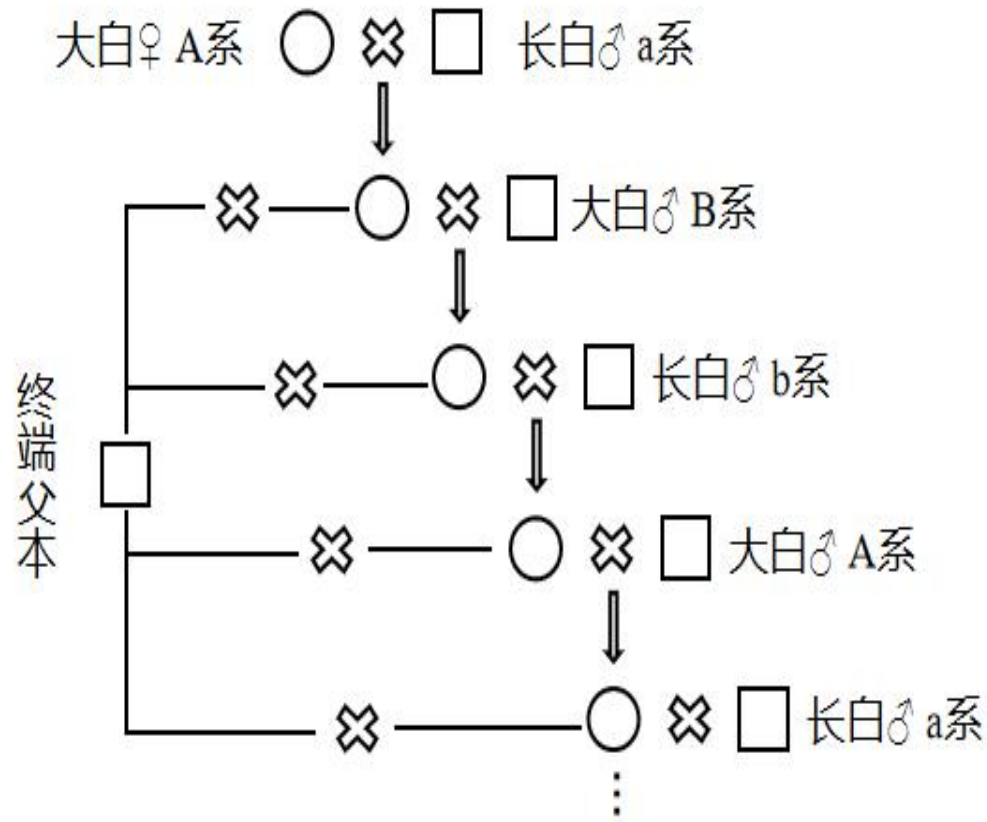
- 可以，是没办法的办法。
- 优点：解决燃眉之急；主要生产性能不会明显下降。
- 缺点：但杂交优势和繁殖性能有所降低；后代出现红毛猪。
- 解决办法：
 - 1) 终端父本不选杜洛克，而用长白或大白。
 - 2) 以此为起点，过渡到二品多元轮回杂交生产父母代母猪。
 - 3) 直接用本场二元母猪转入轮回杂交，生产父母代母猪

2.2 什么是轮回杂交？

轮回杂交是一种广泛应用于动植物繁育的一种杂交方法。猪的轮回杂交是指用二个或二个以上不同的品种（或品系）的公猪轮回与各代杂种母本的优良个体进行回交，以便在每代杂种后代中继续保持和充分利用杂交优势的杂交方法。

根据参与轮回杂交的品种（品系）数，可分为二品种（品系）轮回杂交、三品种（品系）轮回杂交、四品种（品系）轮回杂交等。

猪的二品四元轮回杂交模式图



参与该轮回杂交的有
2个品种 (breeds),
4品系 (lines)
 大白(Y): A系
 B系
 长白(L): a系
 b系

对二品四元轮回杂交模式图 几点说明

- 1) 该轮回杂交模式，实际上是一个“终端父本×轮回杂交母本”得到商品猪的生产繁殖体系。
- 2) 参与生产父母代母猪轮回杂交的品种是大白和长白，其中又各包含2个品系，故称之“二品四元轮回杂交”。
- 3) 此轮回杂交模式中，参与配种的父本品种（品系）的顺序是：
长白a系——大白B系——长白b系——大白A系——长白a系
- 4) 在每一代的杂种母猪中，绝大部分用以配终端父本生产商品肥猪，其中选择一定比例的优秀个体继续参与轮回杂交生产父母代母猪。这个比例是多少呢？如果猪群更新期为3或2年，则参与轮回杂交母猪的选留比例，分别为10%和15%应该绰绰有余。

2.3 对猪轮回杂交的评价

2.3.1 轮回杂交优点

1) 降低养猪成本。

特别是对于不养纯种母猪的中小型商品猪场，一方面可以节省年年必须从外引种的费用。

2) 降低了因引种而带来的疾病风险。

正是如此，在当前非瘟后复产中，这一繁育方法才被如此重视。

3) 轮回杂交的最大优点是能在杂种的各世代中保持杂种优势。

但是，杂种优势能保持到什么程度则会因参与轮回杂交的品种（品系）的质与量而有很大的变化。

2.3.2 轮回杂交杂种优势分析

- 与传统长大二元的杂种优势相比，轮回杂交达平衡后的杂种优势率随着参与轮回杂交的品种/品系数量的增加而逐渐趋近100%

二元轮回杂交的杂种优势率最低，仅为66.7%，

六元轮回杂交的杂种优势率最高，达98.4%。

但注意：四元轮回杂交杂种优势率达93.3%后，再增加品种/品系数，杂种优势率提高的幅度很小。

如果将轮回杂交的杂种优势效果、生产成本和操作的简便性综合起来看，

- **四元轮回杂交是值得推广。**

如何看待轮回杂交的杂种优势率？

或许正是因为轮回杂交杂种优势率的变化，尤其是如果操作不当，杂种优势率明显低于传统的长大二元的情况，此乃可能是长期以来轮回杂交未能广泛被采用的重要原因。

轮回杂交的优势率之所以随着参与的品种（品系）数而呈现规律性变化，这是因为在“轮回”中，同一品种品系的基因在杂种群体中相遇，使其基因型的纯合子比例提高、杂合子比例降低所致。参与轮回杂交的品种品系数越少，同一品种品系在杂种群体相遇的概率就越大；随着轮回的品种（品系）数的增加，杂种优势率不断趋近100%。

如何看待轮回杂交的杂种优势率？

- 表中“达平衡后的杂种优势率”估测值是以一个假设为前提的，即：参与轮回杂交的品种（品系）遗传基础始终不变，但实际上是会变化的。

若以猪群更新期为2年计算，4个品种品系完成一次循环历时8年。若以2年为一个世代，轮回一次则需要经历4个世代。通过4个世代的选育，种猪将有显著的遗传进展，各品种品系的基因型会出现显著差异，又会产生新的杂种优势。因此，可以认为上表中的杂种优势率计算值会低于生产实际值，即生产实践中的杂种优势率会比表中理论值更高。

如何看待轮回杂交的杂种优势率？

- 上表中关于轮回杂交杂种优势率的计算还忽略了一个事实：
用轮回杂交得到杂种母猪的选配方式是

杂种 ♀ × 纯种 ♂

传统生产二元母猪的选配方式是

纯种 ♀ × 纯种 ♂

两者的效果比较，前者优于后者，特别是在繁殖性能和适应性方面，杂种母猪优于纯种母猪。

结论：

只要掌握了轮回杂交的实质，方法正确，就能获得与非轮回杂交几乎同等的杂种优势，再加上其节省成本、降低疾病风险的优点，如此好事何乐不为之？

2.4 猪轮回杂交成功的关键

参与轮回杂交的各品种/品系的公猪的品质是轮回杂交成败的关键。

选择公猪要点是：

- 1) 公猪必须是生产性能优良的纯种公猪。在保证性能优良的前提下，纯合度越高越好。
- 2) 不同品种/品系的公猪应各具特色，彼此保持一定异质性。

上述两条是保证杂种优势的遗传基础。

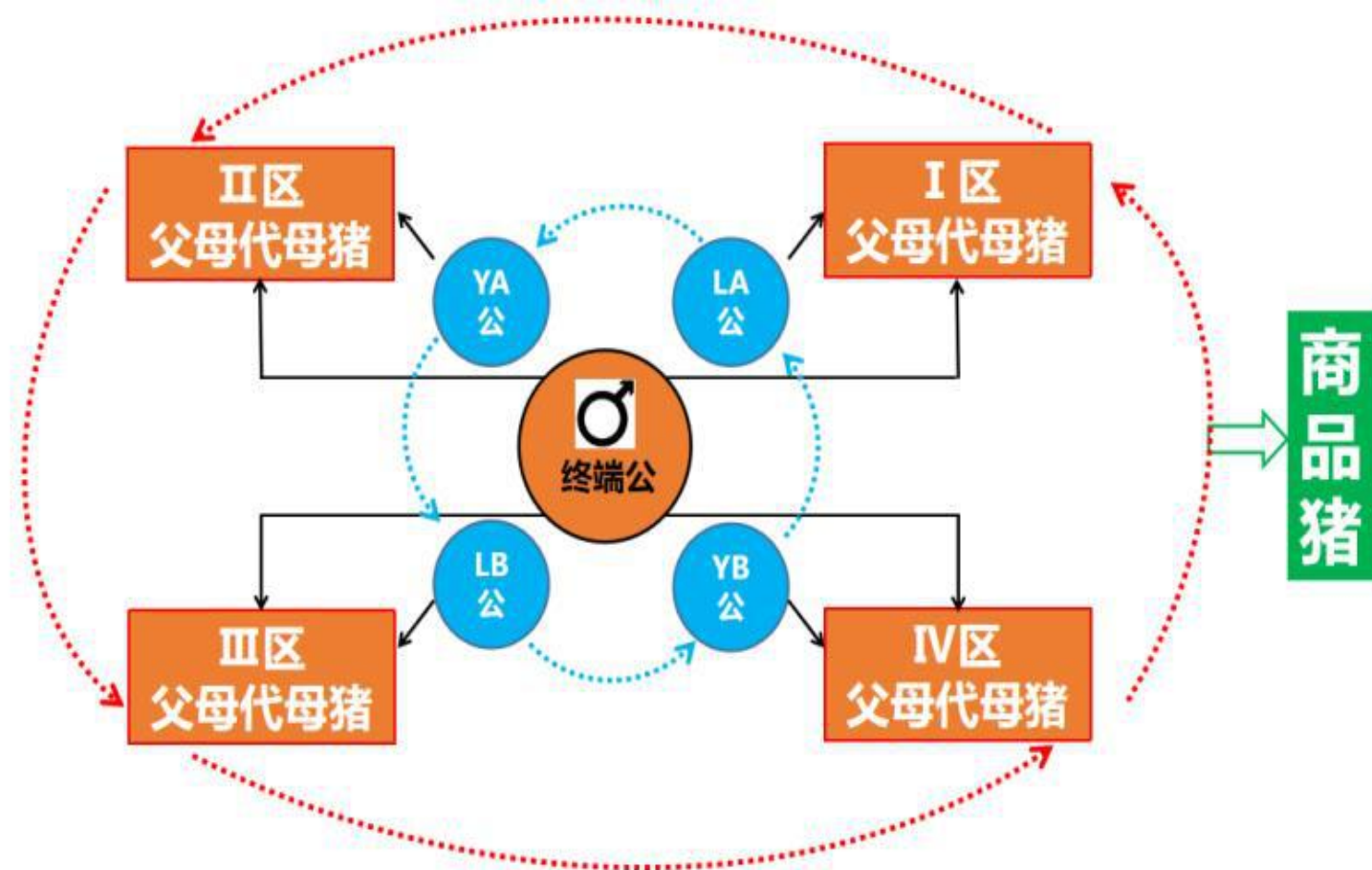
- 3) 选用的公猪应该来自繁殖力高的品种或品系。因为猪的轮回杂交是用来生产父母代母猪。

3.猪轮回杂交应用的时限与范围

猪轮回杂交这一繁育方法**无时限**，凡是在养猪生产中采用杂交繁育体系来生产商品肥猪者，均可用此方法。世界上许多国家和地区在养猪生产中早就在应用轮回杂交。

猪轮回杂交应用范围：所有商品猪场，无论规模大小均可用之。本人近来采用轮回杂交方法为一大型养猪公司设计了商品猪繁殖生产体系，其模式如下图：

轮回杂交同样适用于集团公司的大规模化猪场



二品四系轮回杂交模式图

模式图说明：

- 1) 参与轮回杂交的两个品种分别是长白（L）和大白（Y），两个品系（指来自不同国家的长白和大白）A和B。对这两个系的要求是，在满足生长快、瘦肉率好的前提下，重点是繁殖性能必须优秀。
- 2) 参与轮回杂交的公猪的顺序，以 I 区为例，即 LA→YA→LB→YB→LA,其他区以此类推。
- 3) 分区轮回杂交适用于大型养猪公司，可保证集团公司内各区域的猪场的轮回杂交有条不紊进行，而且核心种猪场的各品种品系公猪能够常年均衡利用。
- 4) 按此模式生产，每个区（对于楼房养猪，甚至每一楼层）就是一个自繁自养独立的商品肥猪场，只有活猪出，没活猪进（只从公猪站进精液）。

本讲结论

- 杂种优势是纯繁永远得不到的一份额外效应。必须充分认识杂种优势并用之于生产中。
- 猪的轮回杂交具有节省生产成本、降低疾病风险和保持杂种优势的优点。并非防疫期间的权宜之计。
- 影响轮回杂交杂种优势的主要因素：
 - 科学设计轮回杂交方案
 - 加强杂交亲本的纯种选育：
 - 提高杂交亲本的性能和同质性（纯度）
 - 保持不同亲本间相对异质性
 - 公猪的质和量是关键

谢谢聆听