

种公牛培育 技术手册

全国畜牧总站 编



 中国农业出版社

种公牛培育 技术手册

全国畜牧总站 编



图书在版编目 (CIP) 数据

种公牛培育技术手册/全国畜牧总站编. —北京:
中国农业出版社, 2015. 10

ISBN 978-7-109-20946-6

I. ①种… II. ①全… III. ①种公牛—饲养管理—技
术手册 IV. ①S823-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 226426 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 赵 刚

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月北京第 1 次印刷

开本: 700mm×1000mm 1/16 印张: 6.5

字数: 108 千字

定价: 25.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

PREFACE

前言

俗话说，“母畜好好一窝，公畜好好一坡”，公畜在家畜改良中的重要性，很早就为人们所熟知。随着人工授精和精液冷冻技术的发展，优秀种公牛的优良基因可以在较短时间内，得以迅速、大量扩散。一头优秀种公牛年产冻精可达 10 万剂以上，终生可超 100 万剂。与其他畜种相比，在奶牛肉牛改良工作中，对种公牛的选择和培育就显得更加重要。

国外发达国家育种公司经过几十年甚至上百年的生产实践，已经积累了较为丰富、完善和系统的经验，培育出了大量优秀种公牛，并使其发挥最大产能，在经济效益和社会效益上均取得了很好的效果，实现了双赢。

我国的种公牛培育工作起步较晚，这方面的实践和经验基本处于空白。从 2009 年开始，我们先后邀请了美国育种服务公司 (ABS)、亚达遗传公司 (ALTA)、先马士公司 (SEMEX)、荷兰 CRV 公司等国际知名育种集团，每年来华培训交流。在不断学习、消化、吸收这些先进技术的同时，我们组织一些种公牛站的技术人员和教学科研单位的专家，将国内外种公牛培育技术和经验集中汇总，共同完成《种公牛培育技术手册》，供大家参考。

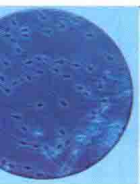
CONTENTS

目 录

前言

第一章 种公牛选育	1
一、乳用种公牛选择	1
二、肉用种公牛选择	7
三、兼用种公牛选择	12
第二章 犊牛的培养	18
一、公牛犊的选择和培育	18
二、母牛围产期的管理	18
三、犊牛的哺乳与断奶	19
四、小公牛的管理	21
五、小公牛选择标准	22
六、小公牛采精	23
第三章 初选与进站	25
一、青年公牛的选择	25
二、健康检查	25
三、青年公牛的运输	27
四、隔离观察	28
第四章 公牛饲养管理	30
一、种公牛饲养管理的基本要求	30
二、种公牛的饲养	30
三、种公牛的管理	35

四、种公牛饲养管理规程	38
第五章 冷冻精液生产	41
一、精液采集	41
二、精液处理和分装	43
三、精液冷冻	47
四、冷冻精液质量检查	49
第六章 公牛站建设	52
一、站址选择	52
二、站内布局	53
三、不同地区牛舍的建筑要求	57
四、采精厅设计	58
五、实验室设计	61
六、其他设计	64
第七章 保健与防疫	66
一、种牛保健	66
二、疫病防治	69
附 录	76
附录一 2015 年荷斯坦种公牛选择方法说明	76
附录二 2015 年肉用种公牛选择方法说明	78
附录三 美国、加拿大、德国荷斯坦公牛系谱信息解读	80
附录四 加拿大、澳大利亚肉用种公牛系谱信息解读	85
附录五 犊牛去角操作图示	89
附录六 生长公牛每日营养标准	90
附录七 成年公牛每日维持的营养需要	91
附录八 畸形率快速检查方法	92
附录九 奶牛种公牛生命周期	94



第一章 种公牛选育

一、乳用种公牛选择

奶业发达国家的实践证明，培育一代超过一代的优秀种公牛是奶牛群体遗传改良的原动力。在牛群遗传改良的各个途径中，由于人工授精技术能够充分发挥优秀种公牛的遗传优势，成本低，效率高，所以至今它仍然是大规模牛群体遗传改良的主要手段。准确地选育和识别具有优良基因的优秀种公牛是奶牛育种工作的核心，是奶牛群体遗传改良的关键，对奶牛群体生产水平的提高起着至关重要的作用。

我国的乳用牛品种以荷斯坦牛为主，娟姗牛等专门乳用品种存栏数量较少。其他乳肉兼用牛品种如西门塔尔牛、新疆褐牛、三河牛、牦牛、摩拉水牛、尼里—拉菲水牛、槟榔江水牛等，也有一定的存栏。2012 年我国奶牛存栏达到 1493.9 万头，牛奶产量达 3743.6 万 t，单产约 5.4t，比 2007 年提高约 20%。2008 年农业部发布了《中国奶牛群体遗传改良计划（2008—2020 年）》，为中国荷斯坦牛的遗传改良工作制定了目标和方向。通过计划实施，对构建我国完整的现代奶牛遗传改良技术体系和组织管理体系具有重要作用。中国奶业协会育种专业委员会在广泛分析美国、加拿大、德国等国外奶牛育种发达国家的育种实践经验基础上，结合中国奶牛育种的实际现状，在大力开展奶牛生产性能测定、奶牛体型线性鉴定、后裔测定技术规范的基础上，制定了中国荷斯坦牛群体的育种目标和遗传评定方案，明确了中国荷斯坦牛群的育种目标是：“通过综合选育措施，培育出具有高产优质生产性能、良好的体型、泌乳器官和肢蹄等外貌性状的健康长寿的牛群”。这个育种目标充分体现了“平衡育种”的理念，符合世界奶牛现代育种的潮流。

种公牛选育主要内容包括：计划选配生产后备公牛、后备种牛的选择、公牛后裔测定及良种母牛的选择等。下面以中国荷斯坦牛为例说明具体选育方法，其他乳用品种除各性状选择指标以外，其选择方法与荷斯坦牛基本相同。种公牛选择的工艺流程如图 1-1 所示：

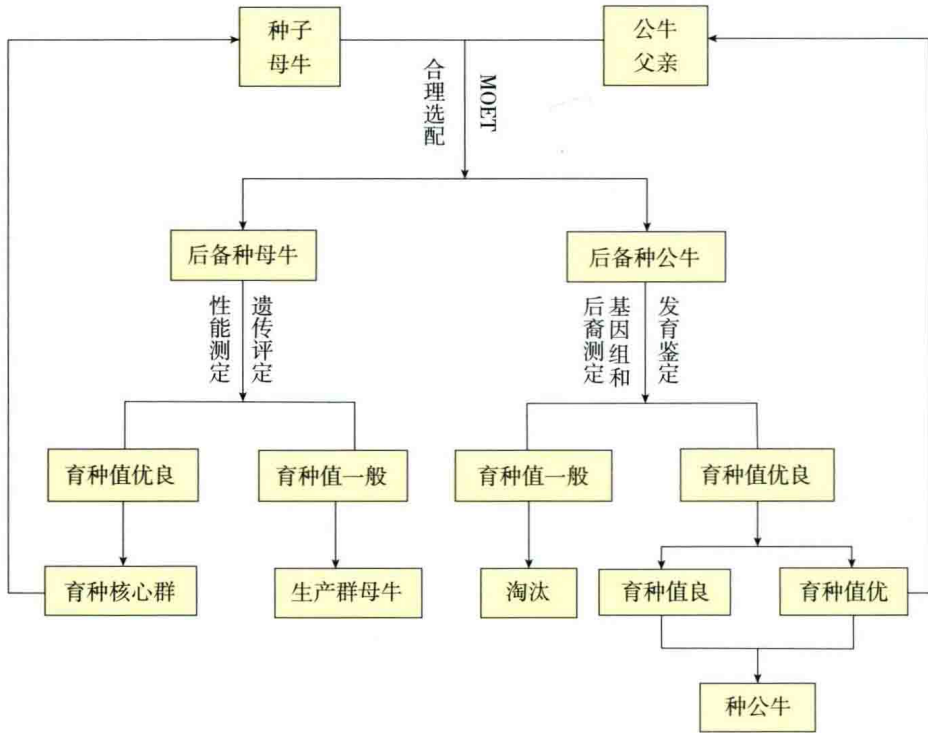


图 1-1 种公牛选择流程图

概括来说，乳用种公牛培育的主要内容包括：

（一）计划选配生产后备公牛

为保证后备种公牛的遗传质量，根据育种目标进行有计划地选配培育后备公牛是非常重要的。在北美选留参加后裔测定的青年公牛中，有 2/3 以上的公牛都是经过有计划的选配产生的，只有不到 1/3 的青年公牛是育种公司在一些奶牛育种场经过严格系谱审查后直接购买的。计划选配培育后备种公牛的重点是种子母牛（公牛母亲）和最优秀种公牛（公牛父亲）的选择及选配计划的确定，通常考虑以下几方面：

1. 种子母牛的选择

种子母牛的选择要根据全国奶牛生产性能记录（DHI）数据资料或基因组检测，通过育种值估计，选择在全国前 1% 的母牛作为种子母牛，要求种子母牛系谱资料完全、家系血统优秀、产奶性能突出且稳定、奶牛综合育种值高、体型外貌优秀、体质健康无疾病。近年来，随着平衡育种理念的深入，选择种子母牛时，除注重生产性能遗传潜力外，还要注重体型乳用特征、乳器、肢蹄、体细胞、长寿能力、分娩能力和泌乳速度等方面的遗传潜力，将生产性

状、体型性状和功能性状相结合进行选择。

2. 公牛父亲的选择

后备公牛的父亲必须是育种公司培育的顶尖优秀种公牛，育种值估计的可靠性高，各方面的成绩表现优秀，且在个别重要育种性状上表现特别突出。在与种子母牛选配时，大多考虑同质选配以更好地巩固优良性状；选用优秀种公牛作为公牛父亲时，还要考虑公牛血缘关系的远近，注重保持公牛来源和遗传物质的多样性。可以在全世界范围内选用最优秀的种公牛遗传资源，同时，育种目标要兼顾将来几年的市场发展需求和选育方向，以满足不同用途、不同地区的需要。

目前国内后备公牛的来源主要有三个途径：一是选购国外（主要是美国和加拿大）的优质组合胚胎在国内移植培育后备种公牛，这是国内后备种公牛的主要来源；二是直接从国外（主要是澳大利亚）引进一岁左右的青年公牛；三是利用进口优秀公牛冷冻精液（或国内验证优秀种公牛冻精）与国内的核心群种子母牛选配，自主生产后备公牛。不管是哪种方式，对后备公牛的系谱审查都是十分重要的，一定要首先保证其总系谱性能指数（TPPI）是优秀的。

（二）后备公牛的选择

后备公牛主要是通过有计划的选配来产生的，有严格的育种目标和要求。但后备公牛的优良基因是在种公牛和种子母牛的精卵结合过程中，通过基因随机重组和交换产生的。因此，需要对后备公牛携带的优良基因和遗传潜力做进一步选择和鉴定。具体内容包括：

1. 后备公牛生长发育与健康

经有计划选配生产出的后备公牛，其生长发育与健康培育也是选育优秀种公牛的重要环节。后备公牛要进行品种登记，在初生、6月龄及12月龄应各进行外貌及生长发育测定、生殖器官和睾丸发育评定、健康状况和传染性疾病检查、精液质量评定等各项检查，并进行初次选择。后备公牛体型结构应符合品种要求，肢体及骨骼发育健壮，睾丸发育正常，无明显的外貌缺陷。初选的淘汰率约20%~30%。

2. 后备公牛的基因组检测

全基因组选择（Genomic Selection, GS）指通过检测覆盖全基因组的分子标记，利用基因组水平的遗传信息对个体基因组育种值（gEBV）进行遗传评估，以期获得更准确的育种值估计，其准确性远高于传统的系谱指数选择。目前，全基因组选择作为一种育种新技术在奶牛育种中已经广泛应用，成为青年公牛选择的重要依据。近年来，国际上基因组选择技术不断完善，经初选合

格的后备公牛必须进行基因组检测遗传评估,以进一步确定其遗传潜力。研究表明,在奶牛育种中基于基因组检测的遗传评估可靠性可达60%~75%。我国奶牛全基因组选择研究2008年由中国农业大学主持开展,2011年底通过国家教育部和农业部的验收和成果鉴定。2012年开始,已经应用基因组检测技术对全国青年公牛进行遗传评估。只有经过基因组检测评估的中国奶牛性能指数(GCPI)值合格的青年公牛才能进入后裔测定程序。

基因组检测中国奶牛性能指数(GCPI)计算公式为:

$$GCPI = 20 \times \left[\begin{aligned} &30 \times GEV_{\text{Milk}} + 15 \times GEV_{\text{Fatpct}} + 25 \times GEV_{\text{Proptct}} + 5 \times GEV_{\text{Type}} \\ &+ 10 \times GEV_{\text{MS}} + 5 \times GEV_{\text{F\&L}} - 10 \times GEV_{\text{SCS}} \end{aligned} \right] + 200$$

上式中, GEV_{Milk} 、 GEV_{Fatpct} 、 GEV_{Proptct} 、 GEV_{SCS} 分别为产奶量、乳脂率、乳蛋白率和体细胞评分性状经标准化的基因组育种值和系谱育种值的合并育种值; GEV_{Type} 、 GEV_{MS} 、 $GEV_{\text{F\&L}}$ 分别为体型总分、乳房和肢蹄性状经标准化的基因组合并育种值。

(三) 青年公牛的后裔测定

经基因组检测遗传评估符合种用要求的后备公牛,还需要进行后裔测定验证。后裔测定是根据公牛女儿的生产性能和体型评定等性能表现结果,经过遗传评估来证明公牛本身遗传素质的优劣,目前仍然是选育种公牛的最可靠方法。公牛后裔测定的要点是:

(1) 保证有一定数量的青年公牛参加后裔测定,是提高种公牛选择强度和保证选育出足够数量的优秀公牛的关键。测定的公牛头数越多,则在其中发现优秀公牛个体的概率就越大。近年来世界奶业发达国家都保持了相当数量的后裔测定青年公牛规模和选择强度,最终留种率通常为10%左右。

(2) 后备青年公牛在10~14月龄试采精,按国家标准《牛冷冻精液》(GB4143-2008)对其进行精液质量评定,生产满足后裔测定需要的冷冻精液份数(至少600剂以上)。

(3) 按后裔测定计划及时将试配冻精分配到后测奶牛场,在尽可能短的时间内(2~3个月内)完成后测试配。每头参测青年公牛的试配冷冻精液至少分配到5个不同省(市、区)的20个奶牛场,每个省(市、区)至少3个奶牛场。后测青年公牛和与配母牛的配种应完全随机,注意控制,使后测冻精均匀分配在不同地区的多个奶牛场中。不同生产水平和地区之间要平衡,尽量消除各种环境因素所造成的差异,不同奶牛场间注意应有交叉和重叠,以保证各场间的遗传联系。

(4) 后裔测定公牛的女儿出生与生长发育,女儿牛的配种、妊娠与产犊、

完成一胎产奶量等阶段，都必须按要求做好各项测定和记录工作，主要包括繁殖记录、生长发育记录、生产性能记录和体型评定结果等。后测公牛的所有健康女儿都应参加生产性能测定（DHI）和体型评定。每一测验公牛要有足够多的女儿数，通常要求至少 50 个女儿，且应分布在多个奶牛场中。许多国外奶牛育种公司的目标是：后测公牛有 100 头以上经过性能测定和体型外貌鉴定的女儿，分布在 60~80 个畜群中，以此提高遗传评定的准确性。

（四）公牛育种值的估计

目前，国际上常用的奶牛育种值估计方法主要是动物模型 BLUP 法和测定日模型（Testday Model）方法。

1. 我国公牛育种值估计

依据中国荷斯坦牛育种目标，结合国家奶牛良种补贴项目种公牛选择，中国奶业协会育种专业委员会组织相关专家，2006 年提出了中国奶牛性能指数 CPI（China Performance Index）公式，鉴于当时的育种数据尚不够完整，2006 年第一版的 CPI 指数仅包括了产奶量（M）、乳脂率（F）、乳蛋白率（P）三个性状，并使用 305 天泌乳期数据的动物模型 BLUP 法，首次实现对全国荷斯坦种公牛生产性状和体型性状进行统一的遗传评定，显著提高了我国奶牛遗传评定的技术水平和种牛选择的准确性，这在我国奶牛育种史上具有划时代的意义。

2007 年开始利用从加拿大引进的测定日模型遗传评估软件，采用测定日模型 TDM-BLUP 方法，使用奶牛个体测定日记录数据进行性状育种值估计，并对 CPI 指数进行了修订，增加了体细胞数性状。2009 年根据奶牛生产性能测定和体型鉴定数据，进一步修订了中国奶牛性能指数 CPI，增加了体型总分、泌乳系统评分、肢蹄评分三个体型性状，并调整了性状权重，降低了乳脂性状的权重，提高了乳蛋白性状的权重，使 CPI 指数更加符合我国奶牛育种目标要求，这也表明我国奶牛的育种目标和遗传评定技术体系更接近发达国家的水平。

CPI 指数计算公式如下：

CPI1 适用于既有女儿生产性能又有女儿体型鉴定结果的国内后裔测定公牛。主要包括生产性状（产奶量、乳脂率、乳蛋白率和体细胞评分）、体型性状（包括体型总分、乳房和肢蹄）。

$$CPI1 = 20 \times \left[30 \times \frac{Milk}{459} + 15 \times \frac{Fatpct}{0.16} + 25 \times \frac{Propct}{0.08} + 5 \times \frac{Type}{5} + 10 \times \frac{MS}{5} + 5 \times \frac{FL}{5} - 10 \times \frac{SCS-3}{0.16} \right]$$

CPI2 适用于仅有女儿生产性能的国内后裔测定公牛。

主要包括生产性状（产奶量、乳脂率、乳蛋白率和体细胞评分）。

$$CPI2 = 20 \times \left[30 \times \frac{Milk}{459} + 15 \times \frac{Fat\ pct}{0.16} + 25 \times \frac{Pro\ pct}{0.08} - 10 \times \frac{SCS - 3}{0.16} \right]$$

2. 其他国家的公牛育种值估计

不同国家根据确定的育种目标不同，综合选择指数均有所不同，如美国使用 TPI 指数、加拿大使用 LPI 指数、德国使用 RZG 指数、荷兰使用 NVI 指数、澳大利亚使用 APR 或 ASI 指数等。因为各国的综合选择指数包含的性状和权重均不相同，所以不同选择指数间是不能直接进行比较的。

(1) 美国 2011 年 4 月制定的最新总性能指数 TPI (Total Performance Index) 公式为：

$$TPI = 3.8 \left[27 \frac{PTAP}{19.4} + 16 \frac{PTAF}{23.0} + 10 \frac{PTAT}{0.73} - 1 \frac{DF}{1.0} + 12 \frac{UDC}{0.8} + 6 \frac{FLC}{0.85} \right. \\ \left. + 9 \frac{PL}{1.26} - 5 \frac{SCS}{0.13} + 11 \frac{DPR}{1.0} - 2 \times \frac{DCE}{1.0} - 1 \times \frac{DSB}{0.9} \right] + 1832$$

式中，PTAP 为乳蛋白量育种值；PTAF 为乳脂肪量育种值；PTAT 为体型总分育种值；DF 为乳用特征育种值；UDC 为乳房系统育种值；FLC 为肢蹄育种值；PL 为生产寿命育种值；SCS 为体细胞评分育种值；DPR 为女儿受胎率育种值；DCE 为女儿产犊难易育种值；DSB 为女儿出生死胎率育种值。

由此可见，在美国的 TPI 指数中，产奶性状占 43%，体型性状占 29%，健康和繁殖性状占 28%。与过去相比，新的奶牛育种趋势是更加重视健康和繁殖等功能性状，更加强调生产、体型、繁殖、健康的平衡育种理念。

(2) 加拿大荷斯坦牛育种使用的综合选择指数是终生效益指数 LPI (Lifetime Profit Index)，这个指数诞生于 1991 年，已经过多次调整。2011 年 4 月的最新 LPI 指数公式为：

$$LPI = 77.75 \left[5.7 \frac{(P - 9)}{25} + 0.3 \frac{PD}{0.11} + 3.8 \frac{(F - 6)}{31} + 0.2 \frac{(FD)}{0.3} \right] \\ + 50.5 \left[2.0 \frac{(HL - 100)}{5.0} + 4.0 \frac{MS}{5.0} + 3.0 \frac{FL}{5.0} + 1.0 \frac{DS}{5.0} \right] \\ + 22.43 \left[-2.0 \frac{SCS - 3.0}{0.23} + 1.0 \frac{UD}{5.0} + 0.3 \frac{(MSp - 100)}{5.0} \right. \\ \left. + 6.7 \frac{(DF - 100)}{5.0} \right]$$

式中，P (Protein) 为乳蛋白量育种值；PD 为乳蛋白量偏差 (Protein Deviation)；F (Fat) 为乳脂肪量育种值；FD 为乳脂量偏差 (Fat Deviation)；HL (Herd Life) 为在群寿命相对育种值；MS (Mammary System) 为乳房系

统育种值；FL (Feet and Legs) 为肢蹄育种值；DS (Dairy Strength) 为乳用特征强度；SCS (Somatic Cell Score) 为体细胞育种值；UD (Udder Depth) 为乳房深度育种值；MSp (Milking Speed) 为泌乳速度相对育种值；DF (Daughter Fertility) 为女儿受胎率。

(3) 德国荷斯坦牛育种使用的综合选择指数是总价值指数 RZG (Total Merit Index)。2008 年德国的 RZG 指数公式为：

$$RZG = [45\%RZM + 20\%RZN + 15\%RZE + 7\%RZS + 13\%RZR]$$

式中，RZG 为总价值指数；RZM 为产奶性状相对育种值；RZE 为体型性状相对育种值；RZS 为乳房健康性状（体细胞评分）相对育种值；RZN 为长寿性相对育种值；RZR 为综合繁殖性状相对育种值。

注意，上述综合性状的育种值均用相对育种值表示，群体平均水平为 100。

可以看出，不同国家确定的综合选择指数有所不同，可参考使用。在各国的“综合指数”中，主要包括了产奶性状（产奶量、乳蛋白量、乳脂量等），体型和长寿性状（乳房评分、肢蹄评分、体型评分、乳用特征、生产寿命等），健康和繁殖力性状（体细胞数、泌乳速度、繁殖力）等。这些奶业发达国家多年来遵循“平衡育种”的理念，实施群体遗传改良和遗传评定，引领了近 20 年来世界奶业持续、健康、快速发展的潮流。

为作好种公牛培育和选种选配工作，在引进国外进口遗传物质时，仔细阅读和理解系谱中的遗传信息是非常重要的，附录 3 对常用的美国、加拿大和德国的公牛系谱信息进行了简单说明，供大家参考。

二、肉用种公牛选择

选作肉用种公牛的个体应该是种子公牛与种子母牛选配的后代，为确保其良好的遗传水平和繁殖性能，要从犊牛出生后便开始进行选择，不合格者淘汰。犊牛出生后的早期选择可降低育种及遗传物质（冻精或胚胎）生产成本，这一时期的选择依据一般为是体型外貌缺陷、遗传疾病、系谱指数等。因为犊牛早期还未表现或未完全表现其本身的生长发育性能，此时更不能获知其后代表现，可应用全基因组育种值的方法进行早期选择（中国农业科学院北京畜牧兽医研究所正在加紧研究该方法）。在排除呈现外貌缺陷、携带致病基因的个体后，选择具有较高系谱指数或基因组育种值指数的犊牛作为未来种公牛的候选个体。

犊牛断奶时便有了本身的断奶增重和断奶前日增重，但这两个性状主要反映的是其母亲的泌乳能力或哺乳能力，依次在 12 月龄、18 月龄、24 月龄测得

相应阶段的体重、增重、日增重、体型评分、睾丸围等重要经济性状，应用超声波等先进技术可测得背膘厚、眼肌面积、大理石花纹等数据。目前，我们对种公牛的选择，主要是依据公牛本身的性状指标。今后随着生产性能测定工作不断深入和测定数据的不断积累，公牛父母、同胞和半同胞的性状指标也会逐步运用到对公牛的遗传评估上来，最终实现以后裔测定数据为主，对肉用种公牛进行更为准确的遗传评估。

公牛选择目的是提高群体遗传进展，获得良好经济效益。众所周知，群体遗传进展取决于选择强度、选择准确度和世代间隔三个因素，采取早期的系谱选择、体型评定、性能测定乃至后裔测定等手段都是围绕着如何提高选择准确度从而达到加快群体遗传进展的目的。下面简单介绍一下相关的选择方法。

(一) 犊牛评定和选择

在无遗传缺陷、不携带致病基因的前提下，犊牛评定主要看其断奶前后的生长发育和系谱指数，也可以应用动物模型 BLUP 方法最大程度地利用其亲属信息来提高选择的准确程度。

(二) 体型评定

公牛体型评定一般在 14~18 月龄，常用的评定方法一般为整体评分和线性评分方法，我国多用整体评分，线性评分法尚在研究中。

表 1-1 肉用种牛评分标准

项 目			最高分
体型结构	总体结构 (30 分)	体重和体格：体格大，骨架大，骨骼健壮伸展	15
		类型：身体匀称，肋深广，体躯伸展平直，肌肉丰满	15
	后躯 (30 分)	腰：多肉，厚，壮，深	10
		尻：长，平，尾根清晰，方正	9
		腿：长，深，厚而饱满	11
	前躯 (18 分)	背：厚，肌肉发达，强壮	7
		肋：开张，深	5
		肩胛：平整，肌肉明显	4
		颈：长而清晰	1
		前胸：整洁	1
繁育品质（22 分）		头：公或母牛的雄相、雌相明显，品种特征明显，匀称	5
		四肢：四肢正位，腿姿正确，关节明显，系强壮	12
		活力：行动自如，无障碍表现	5

（三）遗传性疾病检测

犍牛遗传性疾病检测主要检查其是否携带致病或影响生产和繁殖的因素，检查项目一般包括脊椎弯曲综合征（CVM）、白细胞黏附缺陷综合征（BLAD）、单蹄病（MF）、尿核苷单磷酸盐合成酶缺失病（DUMPS）、胍氨酸血症（CN）、蜘蛛腿病（AS）等主要遗传缺陷基因以及是否罗伯逊易位。

（四）系谱指数

系谱指数主要用于公牛尚没有本身生长发育等主要经济性状的记录时采用的对犍牛遗传水平的估计办法，其值为父亲育种值和母亲育种值之和的 $1/2$ 。

（五）全基因组选择

这是近年来发展起来的一种新方法。其理论基础是标记与数量性状基因座的连锁不平衡。该方法主要是利用相邻的标记将全基因组分解为若干个染色体片段，通过标记信息估计出不同染色体片段的效应值，然后估计出个体全基因组范围的育种值，并对个体进行选择。该方法的突出优点是成本低、世代间隔短（对于传统后裔测定方法）。在奶牛和猪的育种上已有所应用，世界多个国家正在研究肉牛的全基因组选择方法，我国也处于应用前的验证阶段。

（六）后裔测定

目前，后裔测定仍然是世界上选择优良种公牛的主要手段，是提高牛群遗传水平的一项根本措施。其主要过程是通过系谱对公牛站的青年公牛进行预选，选择优秀公牛，采用人工授精技术，与合作的肉牛场的母牛随机试配，然后根据这些公牛子女的生产性能来估计其育种值，最后根据育种值排序，确定公牛的种用价值。育种值估计的准确度主要取决于可利用的表型记录，由于选择的时间和利用方向不同，估计各公牛个体育种值时所应用的信息来源也不同。

表 1-2 按亲属不同个体数估测遗传力的精确度

亲缘关系	头数	血缘关系	遗传力/100		
			0.20	0.40	0.60
双亲	1	1/2	22	31	39
父系半兄妹	10	1/4	30	36	40
	40	1/4	41	45	47
母系半兄妹	2	1/4	15	22	26
	4	1/4	21	28	33

(续)

亲缘关系	头数	血缘关系	遗传力/100		
			0.20	0.40	0.60
后裔个体数	1	1/2	45	63	77
	10	1/2	50	72	80
	40	1/2	82	90	94

表 1-3 肉用牛经济性状遗传力

性 状	遗传力
产犊间隔	0.00~0.15
初生重	0.35~0.40
断奶体重	0.25~0.30
断奶时体型评分	0.25~0.30
母性能力	0.20~0.40
公犊育肥日增重（断奶到 12 月或 15 月）	0.45~0.60
育肥后终重	0.50~0.60
屠宰时等级	0.35~0.40
胴体等级	0.35~0.45
肋眼肌面积占胴体重比例	0.30~0.50
背膘占胴体重比例	0.25~0.45
青年牛夏季放牧增重	0.25~0.30
18 月龄牛放牧增重	0.45~0.50
成年母牛体重	0.50~0.70

(七) 选择指数

肉牛育种和改良往往涉及多个目标性状，那么同时选择这些目标性状时，根据性状测量难易程度选择一些指示性状，再按照指示性状的遗传力、遗传相关和经济重要性制定一个代表多性状育种值的综合数值，可作为选择种牛的依据，从而达到选择目标性状的目的。选择指数中的经济加权值是根据育种目标性状的市场经济价值决定的，就是说相同的性状在不同的市场环境下经济加权值会不同。

我国目前对肉用种公牛选择，主要以对种公牛本身生长发育和产肉性能进行度量，计算中国肉牛选择指数（CBI）。这一方面是由于公牛本身具有可以直接度量的体尺、体重等遗传力较高的肉用性状，另一方面是根据我国肉牛育

种数据库现状和可利用数据决定的。

中国肉牛选择指数（CBI-2013）是根据 2013 年以前收集的数据情况，我们采用体型评分、断奶至周岁日增重、周岁至 18 月龄日增重和 18 月龄至 24 月龄日增重的育种值经用各自遗传标准差标准化后按 20 : 30 : 30 : 20 的比例进行加权，得到 CBI-2013 如下：

$$CBI=100+20\times\frac{S_{\text{score}}}{S_{\text{score}}}+30\times\frac{DG_{6-12}}{S_{DG6-12}}+30\times\frac{DG_{12-18}}{S_{DG12-18}}+20\times\frac{DG_{18-24}}{S_{DG18-24}}$$

式中，Score 为体型评分，DG 为日增重，S 为遗传标准差，下标为相应的月龄时间段。

一个能够指导育种、符合群体遗传学和生物学规律的选择指数的制定，是建立在大规模可靠数据的基础之上的。从近几年肉牛育种数据库的建设情况来看，各地报送的数据质量明显改善，育种值估计准确度有所提高。全国种公牛站存栏的 21 个品种 3000 多头种公牛的测定数据全部纳入数据库管理。测定的项目包括初生重、断奶重（6 月龄重）、周岁重、18 月龄重、24 月龄重、相应阶段的体尺、超声波测定的眼肌面积、背膘厚、肌肉脂肪等十几个性状，同时报送的资料还包括完整的系谱。

由于肉牛业发达国家生产者的分工不同（如母牛犊牛生产群、犊牛育肥等），他们针对不同的生产目的对公牛制定不同的选择指数，生产者再根据其各自的生产目的来选择公牛。肉牛的选择指数一般由协会制定，尽管各品种协会制定的指数不同，但性能测定的性状不外乎产犊难易度、胴体性状、肉质等级、生长发育性状、繁殖性状、留群能力、母牛繁殖效率、泌乳能力及育肥性状等，根据相关记录估计育种值，再根据需要挑选不同性状的育种值经过加权形成不同的选择指数。表 1-4、表 1-5 分别列出部分美国、澳大利亚肉牛选择指数。

表 1-4 美国部分肉牛选择指数

品种	指 数	中文名	选择方向
安格斯	Weaned Calf Value (\$W)	犊牛指数	犊牛初生重、断奶重、母性直接哺乳能力、母牛成年体格大小
	Feedlot Value (\$F)	肥育指数	犊牛断奶后在育肥阶段的效益
	Grid Value (\$G)	等级指数	胴体等级选择
	Beef Value (\$B)	肉用指数	断奶后生长性能和胴体价值
	Cow Energy Value (\$EN)	母牛能量指数	母牛维持、泌乳所需营养节省效益
西门塔尔	All—Purpose Index (API)	全性能指数	肉牛饲养及母牛自群更替的优化效益
	Terminal Index (TI)	最终指数	后代的胴体产量及等级的综合效益