

杂种优势利用：实现动植物增质增产

——中国古代重要科技发明创造（六十五）

□ 王渝生



中国是世界上最早系统利用杂种优势的国家，从先秦到明清，在动物、家蚕、作物与园艺上形成完整实践脉络。

西周至春秋时期，《逸周书》《楚辞》已有马和驴杂交而产生骡的记载，北方游牧民族首创种间远缘杂交技术，骡被视为“奇畜”。馱驥(jué tí, 马父驴母)和羸(luó, 驴父马母)统称为骡。汉代，骡随民族交流进入中原，成为重要役畜；但杂交技术仍属经验摸索阶段。到了魏晋南北朝时期，技术逐渐趋于成熟。

北魏贾思勰所著的《齐民要术》首次系统总结马驴杂交的杂种优势与技术规范：明确马覆驴(公马×母驴)生骡，形态壮大胜马，优势更为显著。在选种方面，母驴选七八岁、骨目正大(骨盆宽)、易受孕者，后代健壮。后代强弱由遗传性决定，是古代遗传学的重要认

识，标志中国动物杂种优势利用进入理论化、技术化阶段。

唐宋时期，有了多元拓展(畜禽+作物引种)：在畜禽方面，青藏高原培育的犏牛(牦牛×黄牛)兼具牦牛耐寒、黄牛温顺，产乳、产肉和役用更强，适应高原地区。在农作物方面，北宋推广占城稻(越南引种×本土稻)：早熟、耐旱、耐瘠，实现一年两熟，大幅增产，支撑人口量破亿。当然，此属引种+选择，而非严格杂交，但体现异地种质优势利用。

明代，家蚕杂交实现了突破。宋应星《天工开物·乃服》记载家蚕品种间杂交，明确获得“嘉种”即优良杂种：黄茧雌×白茧雄→后代褐茧，兼具双亲性状。早雄×晚雌→育成早生优良蚕种，产量与品质提升。这是世界上最早关于家蚕杂种优势利用的文字记载，比西方早数百年。

清代，实现了精细选育(金鱼+水稻)：金鱼杂交方面，《金鱼图谱》提出选佳种、性状相配杂交，培育五花、龙睛等品种，是观赏动物杂种优势的典范。水稻选



图①②：《杂种优势利用》纪念封及内页。

中国集邮有限公司供图

图③：“杂交”篆刻章。 马国馨院士 刻

育方面，康熙年间发现天然变异稻株，经多年选育成御稻种，早熟高产，在北方如承德、北京试种成功，突破了种植边界。

中国古代杂种优势利用的特点可总结为四点：一是动物领先：以骡、犏牛为代表，远缘杂交世界最早、最成功。二是家蚕里程碑：明代实现品种间杂交，明确“幻出嘉种”，是昆虫杂种优势的先驱。三是实践先行：以生产经验为主，

无现代遗传学理论，但技术精准、效果显著。四是应用广泛：覆盖役用、食用、纺织、观赏，支撑古代农业与手工业发展。

中国古代杂种优势利用早于西方约1000年，是世界农业科技史上的伟大创造，为现代杂交育种包括杂交水稻、玉米、畜禽，都奠定了实践基础。

(作者系国家教育咨询委员会委员、中国科技馆原馆长)

李善德推演从岭南至长安的荔枝运输路线——

从《长安的荔枝》看古驿道图论智慧

□ 毛立强

“一骑红尘妃子笑，无人知是荔枝来”，千年诗句背后，是《长安的荔枝》中李善德跨越5000里、与时间赛跑的生死时速。

李善德这位唐代小吏，接到“鲜荔枝三日送达长安”的敕令时，面对的是岭南到长安的崇山峻岭、江河阻隔，以及荔枝“一日色变，两日香变，三日味变”的特性。这场看似不可能完成的“生鲜运输任务”，实则是古人用经验践行数学智慧的生动写照——其核心逻辑，正是诞生于近代却贯穿人类文明的数学分支：图论。

图论的本质，是将复杂关联抽象为“顶点”与“边”的组合，从而简化问题、寻找最优解。影片中，这一模型具象化为鲜活的驿道网络。岭南番禺是“起点顶点”，长安皇宫是“终点顶点”，沿

途桂州、衡州等20多个驿站是“中间顶点”；驿站间的山路、水路、官道，便是连接顶点的“边”。更关键的是，每条“边”都暗藏“权重”——水路顺流日行300里(古代长度单位，1里约合500米)、逆水仅150里。且易延误，山路日行100里却损耗三成，官道日行250里但可能遇关卡。李善德的困境本质是图论“带权最短路径问题”，在带权重的“图”中，寻找“耗时+损耗”的综合最优解。

图论与“荔枝运输”异曲同工。1736年，瑞士数学家欧拉为解决“柯尼斯堡七桥问题”，将陆地抽象为“顶点”、桥梁为“边”，剥离表面细节聚焦核心关联，证明问题无解，这也成为图论起源。李善德最初的路线图如“七桥问题”般繁杂，而当他将复杂约束提

炼为“时间成本”“损耗阈值”“路径代价”三大核心指标后，路线逐渐清晰。将现实约束转化为可量化权重，再用逻辑找最优解，正是图论“化繁为简”的魅力。

电影中“水陆联运+驿站接力”的最终路线，完美印证了迪杰斯特拉算法——1959年，荷兰科学家提出的这一算法，核心是“贪心策略”。从起点出发，逐步计算每个顶点的最优路径，不断更新权重，最终锁定全局最优。这与李善德的试错如出一辙，派人探路记录耗时损耗，以各驿站为节点计算“最小损耗+最短时间”，在潭州转水路借湘江顺流提速，在汝州启用皇家驿马提高速度，每一次调整都是对“权重总和最小”的逼近。最终荔枝三日抵长安，果皮微皱而果肉鲜嫩，这场运输

奇迹，正是图论思维的古实践。

图论的智慧不止于“最短路径”，更延伸到“网络优化”。李善德并非只规划一条路线，而是准备了三条，应对暴雨、山洪或关卡延误，这正是图论最小生成树思想。在连通图中构建包含所有顶点、权重总和最小的树，保障网络稳定性与冗余性。这种思路在现代生活中应用特别广泛：物流企业会设计主路线和备用路线，应对运输中的突发状况；城市地铁、公交的规划布局，也贴合这种网络优化逻辑；就连互联网传输数据，都会靠图论算法挑选最优节点，避免网络拥堵。从唐代的驿道网络到如今的现代物流，图论一直都是优化各类网络、提升运行效率的核心方法。

(作者系中国科技馆展览设计中心助理研究员)