

# 四元术：中国古代数学的巅峰成就

## ——中国古代重要科技发明创造（六十三）

□ 王渝生



四元术是在天元术基础上发展而来的。天元术是中国古代一元高次方程的解法，由金末元初数学家李冶（1192-1279年）等人创立。

我国唐代已有高次方程解法萌芽，宋代增成开方法进一步发展，金元时期李冶的《测圆海镜》（1248年）系统阐述了天元术，与秦九韶、杨辉、朱世杰并称“宋元数学四大家”。

天元术成功后，数学家们开始探索多元方程组。

二元术：李德载的《两仪群英集臻》引入天、地二元；三元术：刘大鉴的《乾坤括囊》发展出天、地、人三元；四元术：朱世杰最终完成从三元到四元的突破，将“多元高次方程组理论”推向顶峰。

被誉为“中世纪世界最伟大的数学家”的朱世杰，同时也是一位教育家。朱世杰（约1249-1314年），燕山（今北京）人氏，毕生从事数学教育，“以数学名家周游湖海二十余年”，弟子众多。朱世杰著有《算学启蒙》（1299年）和《四元玉鉴》（1303年）两大数学巨著。

《四元玉鉴》是四元术的集大成之作，全书三卷二十四门，共288问，系统阐述四元术、垛积术（高阶等差级数求和）和招差术（高阶内插法）。这本书是当时全世界最高数学成就，代表中国传统代数学的巅峰。

朱世杰创造性地用天、地、人、物四元表示4个未知数（相当于现代代数中的 $x, y, z, w$ ）。其表示方法为：“太”（常数项）置于中央，天元（ $x$ ）置于下方，地元（ $y$ ）置于左侧，人元（ $z$ ）置于右侧，物元（ $w$ ）置于上方。

这种位置表示法是中国传统数学的独特创造，属于“位置代数”，与西方文字代数截然不同。

四元术的精华在于四元消法，这是解多元高次方程组的核心技术：通过逐步消元，将多元方程组转化为一元高次方程求解。

消元步骤为：先选定一个未知数为主元，将其他元视为系数，构成一元方程，通过“剔消”“易位”“互隐通分”“内外行乘积”等技巧，逐步消去其他未知数，最终得到一元高次方程，用秦九韶“玲珑开方法”求解。

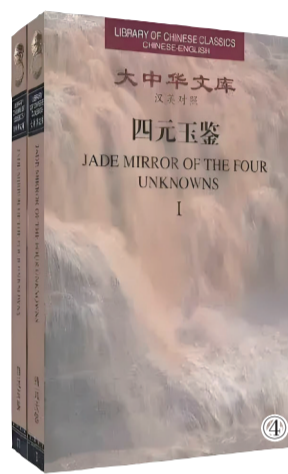
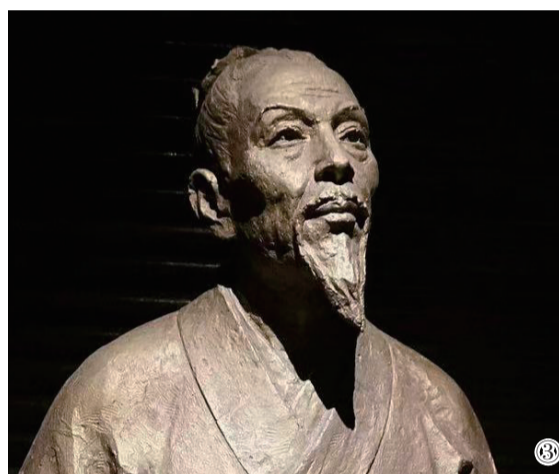
四元术的特色在于将消元法推广到多元非线性方程组，融汇了秦九韶高次方程解法和李冶天元术，是中国传统数学算法的集大成。

元代之后，受战乱和明清“八股取士”的影响，四元术逐渐被忽视，几乎成为“绝学”。

清代《四库全书》编纂时重新发掘，阮元、罗士琳、李善兰等数学家相继展开研究。

四元术的算法思想与现代计算机代数系统有异曲同工之妙，体现了中国古代数学的“机械化算法”传统。

四元术是中国古代数学皇冠上的明珠，彰显了中华民族的数学智慧。从李冶的天元术，到朱世杰的四元术，展



图①②：《四元术》纪念封及内插页。

中国集邮有限公司供图

图③：朱世杰塑像。

作者供图

图④：汉英对照《四元玉鉴》。

大中华文库供图

图⑤：“四元术”篆刻章。

马国馨院士刻

现了中国数学家不断探索、勇于创新的精神。四元术的“位置代数”思想与现代计算机编程语言中的数组、矩阵表示

法有着内在联系。

（作者系国家教育咨询委员会委员、中国科技馆原馆长）

# 查干淖尔的千年冬捕史诗

□ 高桃芝

## 非遗文化之窗

“人声呼啸车辚辚，千军万马打鱼人。马蹄踏碎千重雪，长鞭抽开碧玉门。”诗句描绘了查干湖冬捕的壮阔场景。

查干湖，蒙古语为查干淖尔（nào）尔，意为白色圣洁的湖，吉林省最大的天然湖泊，位于吉林省前郭尔罗斯蒙古族自治县境内，面积为420平方千米。作为天然的渔猎之地，查干湖早在辽金时期，就享有冬捕盛名。每年冬春之交，辽帝都要携群臣嫔妃来此凿冰捕鱼，大摆“头鱼宴”，史称“春捺钵”。

1211年，成吉思汗占领金国塔虎城后，特地前往查干湖祭祀，由此产生祭湖仪式，并形成查干淖尔冬捕习俗。这套以渔把头（冬捕领头人）为核心的团队作业，从神圣的“祭湖·醒网”仪式，到冰层上凿开希望之眼，再到众人合力拉出沉甸甸的渔网，每个环节都凝聚着人与自然的对话。

渔把头负责找鱼，确定冬捕范围（即设“鱼窝子”）。每年12月中旬至春节前，是冬捕的黄金期。冬捕前举行隆重的“祭湖·醒网”仪式。渔把头身着传统服饰，带领众人点燃圣火，诵读祭文，祝愿冬捕风调雨顺、鱼群丰盈，表达渔民们对美好生活的祝愿、对大自然恩惠的感激。

冬捕极为艰辛。凌晨三四点，渔把头带领大家顶着严寒，跳上拉网车或爬犁，装满网具，扬鞭催马开赴查干湖。湖面冰厚达半米，渔把头俯身冰面，凭借声响推测鱼群动向，选定捕捞范围。大家接着用冰锤（cuān）破冰，开凿第一个冰洞为“下网眼”。之后每隔15米凿出一个冰洞，用于穿杆引网，在冰层上陆续凿出400余个冰洞，这些洞孔呈弧形排列开来。

布网更为精彩。冬捕渔网通常为2米宽、2000米长，由96块网片组成，下网过程需四五个小时。大网从冰洞慢慢顺下，随后下长18-20米的穿杆，用走钩将穿杆推向下一个冰洞。穿杆后端系一根水线绳，绳后带大绠（tāo），大绠后

带网，跑水线的渔工拉着绳带动大绠向前走。下网时，马拉绞盘轮子绞动大绠带着大网前进，后面由跟网把头用大钩将网一点点放入冰下，并随时掌握网的轻重。两侧网前进到2000米外的出网口时，整个大网在冰下全面展开。

出网振奋人心。4匹骏马拉动出网轮，轮上的早绠和卡钩将双侧网合并，一次同时拉出6块（称为一拉），分16次拉出96块网片。一拉没鱼，第二拉开始出鱼。挂在网上的鱼直接随网拉到冰面，并捞出浮在出网口的鱼。由于每次拉网会赶鱼，更多的鱼集中在网肚。网肚是全网最后一个兜，能容纳上万公斤鱼。2017年1月1日，查干湖冬捕以单网出鱼量26万公斤，创下单网冰下捕捞量新的吉尼斯世界纪录。

冬捕作业需要连续作业八九个小时。伴随着大网的破冰声，万尾鲜鱼带着寒气跃出冰面，在冰面上翻腾跳跃，银光闪闪，场面壮观，从而形成查干湖冬捕著名的景观“万尾鲜鱼出玉门”。2008年，查干淖尔冬捕习俗被列入第二



查干湖冬捕。视觉中国供图

批国家级非物质文化遗产名录。

素有“中国北方最后的渔猎部落”之称的查干淖尔，其冬捕充盈着浓郁的塞北风情与马背民族的豪迈气韵，蕴含深厚的民族历史与民俗文化。

（作者系湖北省作家协会会员）