

从魔方“上帝之数”到挂谷猜想

□ 黄馨仪 李天昊



玩魔方时,有一个奇妙的现象常常被忽略。

当你选定一串固定的操作——比如“右边向上、顶层向左”,然后你不断重复。一开始魔方越转越乱,直到某一刻,魔方竟然回到了最初的模样。

这不是偶然,而是能被数学证明的规律——只要你坚持重复同一套动作,总会在有限步数内回到起点。

要解答“为什么会回到起点”这个问题,我们首先得知道,魔方的所有可能状态足足有4000多亿亿种,但终究是有限的。一个魔方按固定操作走到下一个状态,就像在走一条路。

这条路有两个特点:第一,不会分叉——一个魔方通过同一个规则不能到达两种状态;第二,不会合并——两个不同的魔方不会经过同一个规则到达同一种状态。

路不分叉、不合并,而能走的总步数又只有那么多,唯一的结局就是绕回起点。这就是重复固定规则,总能让魔方复原的真相。

上帝之数:二十步的极限

那么:面对一个被打乱到极点的魔方,至少多少步能复原?

答案是20步,被称为“上帝之数”。这个结论在魔方问世30多年后,才借助计算机被严格证实。

计算机把魔方的所有可能状态看作一张巨大的图——每个状态对应一个节点,可通过一步转动互相抵达的两个状态之间由边相连。复原魔方,就是在这张图上寻找从当前状态到复原状态的最短路径。最直观的方法是“广度优先搜索”:从起点出发,一圈一圈往外探索,先搜一步能到的状态,再搜两步能到的,层层推进。

但魔方的状态总数高达4000多亿亿,在可接受的时间内只能探索到 10^{10} 种状态,远远不够。研究者转而采用“双向广度优先搜索”,从当前状态和复原状态同时往中间走,再配合魔方的对称结构,把相似状态归并处理,最终证实:无论魔方乱成什么样子,按照规律操作20步必定可以复原。

从方块到空间,同一个追问

站在更宏大的视角看,魔方的规律和近期被热议的三维挂谷问题在思想层面形成呼应。

魔方扎根于离散组合与有限群论。群论搭建底层框架,划定状态空间;计算机算法与海量算力承接后续,突破人力极限,完成全域验证。理论与计算联手,最终告诉我们:面对



AI制图

4000多亿亿种离散排列的混乱,复原路径不能无限缩短,存在无法突破的上限——20步。

而三维挂谷问题,属于连续几何与调和分析范畴。它源自一个经典的几何命题:寻找能让一根单位长度的细针自由旋转、指向任意方向的最小区域。放到三维空间中,就是要构造一块可容纳所有方向单位线段的集合。人们可以借助复杂的重叠构造,让这片区域体积无限趋近于0;但中国数学家、2026年菲尔兹奖得主王虹与搭档证明:这样的集合,它的内在分形维数不能低于3。哪怕形态稀薄、近乎虚无,它也无法被压缩到更低的维度。

前者是彩色方块间的最短路径,后者是空间中旋转针尖的最小疆域。看似毫无交集,却在诉说同一条真理:无论是排列组合还是空间构造,系统结构本身总有不可压缩的底线,总有一道无法逾越的边界。这正是数学一直在做的事,不断追问极限在哪,用明晰的逻辑为想象力画出边界。

(作者均系华中农业大学沈婧芳名师工作室核心成员、数智同行支教队队员)

奇妙的温泉

□ 王莘羽



前不久,我参加活动时听了一堂别开生面的自然课,认识了一位藏在地球深处、滚烫而神奇的“水朋友”。

老师绘声绘色地说,我们脚下是一个蕴含着巨大热能的“锅炉”。地底的水被地下热源烘烤,汲取了热量,再涌出地表,便成了我们所熟知的温泉。原来,温泉主要是受地壳内部的岩浆作用,或受地表水渗透循环作用形成。温泉形成位置一般在地壳浅层至中深层(通常地下几十米至数千米)的含水岩层与裂隙通道中,其热量源自深部地热传导或岩浆余热。

我国的温泉,多分布于广东、广西、海南、云南等地。早在先秦的《山海经》里就有了“温泉”的记载,明代著名医药学家李时珍在《本草纲目》中将中国的矿泉分为热泉、冷泉、甘泉、酸泉和苦泉。

老师以我们所在的北京为例,说古人早就领略了这份来自地下的温暖。据记载,北京最早的地热应用可以追溯到北魏时期,距今约有1500多年。昌平小汤山的温泉,在古籍中就被

记载为“圣汤”。老师还展示了北京地热钻井的惊人深度——有些钻井能打到3000多米以下。在那个深度,地下水的温度能超过70℃。我不禁咋舌,原来在我们脚下,竟存在着可以煮熟鸡蛋的“热库”。

这地下的热量,并非只有一种“面孔”。老师为我们揭示了它的不同类型:有的地方,高温热水或蒸汽能直接推动发电机,那是“高温地热”;而像北京这样,更多的则是水温在40℃到80℃的“低温地热”,它们虽然不能大规模发电,却是供暖、洗浴、医疗和农业养殖的宝藏资源。这让我对“爱护水资源”有了更深的理解:我们不仅要节约地上看得见的水,也要科学地认识和保护地下这宝贵的热水与热能。

从地上蜿蜒的水系,到地下奔涌的热流,它们都是地球生命脉络中不可或缺的一部分。了解了温泉之后,我感受到了与脚下星球更深层的连接。我想,这就是科学的力量,它让我们在理解中生出敬畏,在探索中学会守护。

(作者系北京市西城区西什库小学一年级三班学生,指导老师:冯丹 黄勇波)

先睹为快

清凉开卷 安全一夏



公园漫步、河边露营、海边踏浪,这些看似安全惬意的户外活动,实则暗藏不少“隐形杀手”。《发明与创新》第8月中旬刊(小学)聚焦三大户外场景,解读草丛毒虫、湿石炸裂、海边离岸流等容易被忽视的安全风险,同时带来实用避险妙招,干货满满。