

“画”出江口沉银“3D藏宝图”

■本报记者 杨晨 通讯员 罗莎



金高足杯

在四川眉山市彭山区江口镇，府河与南河汇成岷江转向西南而去。

1646年，明末农民军首领张献忠率部乘船沿岷江南下，据传正是于此突遭南明军火攻，舟焚人亡，所携金银尽沉江底。

传说被写为童谣：“石龙对石虎，金银万万五，谁人识得破，买尽成都府。”可所唱是否为真，数百年来没有定论。或许是前人心知肚明却无能为力，便将线索埋下，待后人解开。

370年后，江口沉银遗址考古发掘工作开启，历时7

年，至2023年总出水文物7.6万余件。

今年4月，遗址核心区附近，全国首座以金银器为主题的江口沉银博物馆正式对公众售票开放。7800平方米的空间里，展陈了7000余件金册、银锭、西王赏功金币等文物，这是张献忠留给后世最直观的财富想象。

这也不禁让人好奇：沉睡在岷江河床里的金银，究竟是如何被准确找到的？

这背后，有一段从“不可能”到“可能”的抽丝剥茧的过程。



长沙府岁供王府足金五十两金锭。

明末大西政权铸造的税银五十两。

1 “无心插柳”

2016年底，枯水期到来，位于岷江两岸、两江交汇处的首期江口沉银发掘区完成了围堰，通过截流抽水造出一块作业面。

2017年春节前两天，电子科技大学(以下简称电子科大)资源与环境学院接到了任务：“彭山江口岷江河道里，可能有张献忠的沉银，你能做些什么？”

派去现场察看的人，回来后都摇头。“之前在河道里找到的银锭，看上去巴掌大，但在地球电磁探测的尺度上，却属极小的目标体。”当时正在电子科大做博士后、现在该校任教的周军回忆。

而这些金属块埋藏的地方，是十几米深的岷江河床，上面覆盖着密实的卵石层。“根本不可能直接找到。”周军说，“哪怕银锭只埋到两米深，产生的异常信号也会被淹没在背景响应中。”

更何况，没有人知道文物究竟落在河道的哪一段。岷江行至此处宽达数百米，深浅交替，水文复杂。

周军还是连夜赶出了一份方案。只不过这份最初的研究方案，和后来真正奏效的方法大相径庭。

到了2月，团队正式入场时，以四川省文物考古研究院为主体的考古队已经取得了初步进展。3月官方通报出水文物超过一万件。

但水下遗址范围大，考古队希望电子科大团队用地球物理探测手段“试一试”，提供更多的科学证据来印证和引导后续发掘。

首期考古工作中，周军大多做的是陆地实验，埋了碳素钢柱来模拟银锭，以直接探测的思路进行尝试，虽然希望渺茫。

实验的区域，是河滩上一块宽十来米、长七八十米的狭长地带。探测方法系直流电

法，研究人员按一定间距往地下打电极，再浇上水，以期让电极和卵石滩“耦合”得更好。而电流会像水渗入沙土一样，穿透卵石层，在地下“流动”，采集数据。

对直流电法探测而言，卵石堆积、空隙多，电极与地面接触不良，信噪比很低，出来的图像模糊不清。

为此，周军调整了反演策略，先用“稳健”反演压制噪声干扰，再用“聚焦”反演让电性界面变得锐利。

虽然每天只能测一道剖面，但各种直流电的观测装置都用上了。周军的想法是，不管对装置熟不熟悉，先全部采集一遍，拿到数据再说。

没想到，实验区一条地下剖面的直流电阻率数据，给了周军一个意外发现。

遗址地下主要为江土层、砂卵石层以及河床基岩，基岩是四川地区常见的红砂岩。电阻率剖面显示，卵石层的电阻率远高于基岩和江土层，三者区分明显。同时，十米范围内，基岩起伏高差有数米。

“这个地方的基岩起伏很大。”到实验快结束的时候，周军已经认定。

“基岩的起伏，是江水长年冲刷、下切侵蚀河床形成的。”他解释，这种起伏的河道结构一旦形成，又会反过来控制江水流速。

所以，摸清基岩起伏，就能判断哪里水流会变快、哪里会变缓。水流一慢，比重更大的银锭就容易沉下来、堆起来。而且基岩不像河床表层那样容易受后期人为挖沙、修河道影响，是更可靠的参照。

带着初步形成的想法，周军找到了考古队领队刘志岩进行研讨，决定进行间接探测，先摸清河床基岩的结构。

“当下这是唯一的出路。”周军带着破釜沉舟的决心。

陆地实验确立了探测思路，真正的“检验”还在水上。

电子科大联合了十余家地学单位组成的探测团队，与四川省文物考古研究院组织的考古发掘团队于2018年初启动了第二期发掘工作。这一次，沿岷江两岸围堰扩大，探测面积超过了10万平方米。

用直流电阻率法给河床做“CT”，首先在河道里拉出一条条稳定的测线，再布好电极。

周军介绍，常规水域物探常用的是拖曳式观测，在宽阔水面拖着电缆和传感器边走边测，效率高，但需要船保持固定航速，适用于海岸带或其他大尺度水域环境的探测。

而此次水下考古要求的是精细尺度，江口遗址河道较狭窄、浅滩交错，拖曳式根本施展不开，所以团队专门采用了水面定点式三维观测。

虽然正值枯水期，但岷江与府河和南河交汇处江水翻涌的程度，依然不可小觑。

研究人员试过用尼龙绳穿浮球标记测点，绳子

水流主要顺深槽而行，携卵石和金银往下游搬运。当水流遇阻变缓时，这些重物便会沉积下来。意识到这一规律，探测工作的思路变得清晰。

第三期探测从2019年底持续到次年夏初结束，周军团队布设了密度更高、范围更广的测线，目标明确，就是要把深槽的位置和边界“锁死”。

河床地形扫描范围从两江交汇处上游1.8公里一直扫到下游2公里，基岩结构探测以望江台为中心，完整覆盖岷江上下游超过4公里的河道，整体呈“Y”字形，分为南河段、府河段和岷江段。

在“Y”字形主干岷江段，团队铺设了36条电阻率剖面，其中3条超长剖面横跨整个江面，最长的一条近700米，从东岸直抵西岸。

融合河床地形模型与基岩电阻率成像，周军发现，岷江段东西两侧的基岩顶部高差达一二十米。这意味着，在漫长的地质时间里，岷江一直在东岸一侧下切，啃出了一条深深的槽。

团队一段段、一条条地分析剖面。南河段和府河北段的情况类似，卵石层极薄或缺失，缺乏深槽形成条件。府河段则不同，从双江村转角到两江交汇处，河床高程变化剧烈，中部明显凹陷，下蚀

2 在水面“撒网”

根本固定不住，抛下船锚去抓河底，连锚也被冲走。几经折腾，最终靠增加船锚以及混凝土块压重，组成了“浮球锚链”，才在激流中把测线“钉”住。

在发掘区南侧，一块长200米、宽80米的矩形探测区域被铺开。沿着河流方向，18条水上电阻率测线按5米间距布设。在垂直河道方向，间距12米的9条两栖电阻率成像和地质雷达剖面也依次撒下。

探地雷达测河床表面，直流电法测基岩顶部，两组数据联合反演，就能同时得到江底的“表皮”与“骨架”，相当于给河床拍了张立体的X光片，还原水下全貌。

从附近渔家借来的船，成了水上布线和探测的“移动工作站”，船载着设备、拖着电缆，在江面缓慢挪动。“领航”的是本地人，最知哪儿水浅、哪儿水深，哪儿能走船。

水域直流电阻率法实测数据反演结果图中，河床被“切”出一道剖面，电阻率高低不同的江土层、砂卵石层和基岩层泾渭分明。图上呈深蓝色

3 识破金银“沉睡”地

强烈，存在厚度大、带状分布的高阻异常卵石层，指向深槽的存在。

关键的是，府河南段的深槽与二期发现的岷江段东岸深槽是“接”上的，且基岩结构与河床起伏高度一致。一条连续分布的带状深槽呼之欲出。

深槽是运移通道，但通道那么长，重物不会均匀散落。一定有某些特定位置，水会把重物“吐”出来。要找到这些位置，就需要沿着深槽追踪主水流的最深路径，于是周军以基岩为标准画了一条深泓线，即基岩顶部最深点的连线。

正常的河道，上游高、下游低，水一路往下冲。但在这条深泓线上，他观察到两江交汇处附近的一个区段，下游比上游高出了十几米。

“这是一种‘倒坡结构’。”周军曾在前期大量查阅水文资料时读到过。

他解释，就像汽车冲上坡顶前要加速，过了坡顶后又减速一样，水流接近坡顶时流速会加快，泥沙等物质不易在此沉积，而在斜坡底部的前后两侧，水流速度放缓，携带的重物会逐渐堆积下来。

这片因倒坡形成的缓水区长约1.2公里，后来考古队正是在这里找到了蜀世子宝金印。除了这一区

的低电阻率的基岩层，起伏和走势一目了然。通过分析对比，在岷江望江台南岸、距岸约30米处，有一条狭长的深槽区，与西侧河道平均高差10米以上，恰好位于河道的弯道外侧。

研究人员认为，弯道外侧为凹岸，水流撞击此处，冲刷力强，像一把凿子不断挖深河床；弯道内侧则为凸岸，水流缓慢，泥沙容易淤积，相当于簸箕的缓坡，让重物更容易滞留下来。而这条深槽是江水长期侵蚀形成的凹陷带。

从其基岩结构来看，该深槽的中部和西侧基岩明显抬升，导致河床向东凸出，使得岷江主流在此更集中地指向东岸，水流速度随之减慢。“西侧基岩凸出区为文物沉积创造了条件。”周军说道。

他把这张“3D藏宝图”交给考古队。后来证实，第二期出土的绝大部分金银铜铁文物，大多出自这里。

但江面宽达数百米，整个河槽到底是什么样？深槽是不是一直贴着东岸？上下游还有没有更有利金银“窝藏”的区域？带着这些疑问，第三期探测启动。

域，周军还顺着深槽划定了另外三个有利沉积区。

华东师范大学副教授蒋雪莹中研究团队的概化水槽模型实验证实，在水沙作用下，银锭比卵石更容易产生垂向位移，易被卵石覆盖，下沉至河床底部。这为文物挖掘进一步明确方向。

“思路是一点点推出来的，没有什么一蹴而就。”周军和团队起初只盯着弯道、倒坡这些局部结构，随着数据增多，一条连续的河道深槽才逐渐浮现。

“后来我们意识到，这条深槽与古代岷江航道、水下文物的运移路径很可能直接相关。”他说，地球物理探测由此从“找文物”转向了“读水文”，其不再只是定位工具，而是理解文物如何被搬运、如何堆积的钥匙。

各项证据也纷纷指向了1646年的那场战役。船行向来循深水，深槽区便有可能是当年张献忠大军南下的主航道。而那倒坡，恰恰造就了水深流缓之地，大概率是天然码头。加之金银在此沉积，江口之战应该就发生在附近的水域。

江口之战发生后，一首“石龙对石虎”童谣给后人留下了无数想象。面对370年前留下的谜题，周军团队追问道底，探测技术才得以不断优化，从而让考古发掘有迹可循，金银也终于得以现身。



考古探测现场。受访者供图

AI制图

不能预测未来，何以预见技术？

——科幻的“能”与“不能”

■赵文杰

在文化与科技深度融合的趋势下，科幻凭借跨界的产业形态与独特的创新功能成为极具代表性的新兴业态，且在激发文化创新创造力、培育未来产业、促进科技创新、满足人民群众多样化精神文化需求等方面发挥着日益重要的作用。基于上述科幻所具备的价值与作用，近年来，政府也陆续出台了一系列支持科幻事业与产业发展的政策举措。

当下，科幻热度持续攀升，提起科幻，人们几乎本能地就会想到未来。但是科幻与未来之间的关系，常常被一层浪漫的误解所笼罩。凡尔纳写出了潜水艇、飞行器，阿西莫夫描绘了机器人、自动驾驶，这让很多人觉得科幻作家如同拿着水晶球的预言家一般能提前预知未来。当然，也有很多学者持相反观点，认为科幻不能预测未来，预测未来是科幻“不可承受之重”。

其实，这两种看法都有道理，也并非对立。但在这一问题的讨论中，大家似乎常把“预测未来”等同于“技术预测”。在笔者看来，这两者虽有交叉，实则不同。

预测未来：科幻不可承受之重

我们所说的“预测未来”，通常指的是一种整体性的、包罗万象的历史预言。预测未来的本质，是试图勾勒未来社会形态、政治结构、文化思潮与日常生活的生动图景。从古早的神谕、占卜，到现在的兵棋推演与情景推演、系统动力学分析等，都怀有这种雄心。

与之相比，“技术预测”则是一种有限的、基于逻辑推演的论断，是一门新兴学科。技术预测

关注的焦点是特定技术的可能演进轨迹，以及这种演进在一定的社会语境中可能引发的直接或间接后果。

从上述关于“未来”的形态来看，无论是远古的占卜之术，还是以科学为底色的科幻，都注定无法承担起“预测未来”的重任。

未来是一片由无穷无尽的非线性相互作用构成的、不可知的复杂地带，而不是一条可以简单外推的直线——任何一个微小的扰动、一次偶然的发现或一位关键人物的一个无心决策，都可能改变我们的航向。

气象学里著名的“蝴蝶效应”，说的是一只巴西蝴蝶扇动翅膀，可能引来美国得克萨斯州的一场龙卷风。在社会和历史的洪流中，这种效应更强烈、更难以捉摸。例如，我们无法预知公元4世纪时，地中海东部边缘的一个宗教团体——基督教，会发展为塑造西方文明底色的力量。同样，我们也无法预知20世纪初，萨拉热窝的一声枪响会引爆世界大战。

因此，要求科幻作家完成连气象学家和未来学家都束手无策的任务，无疑是痴人说梦。科幻

小说中描绘的“未来”，无论看起来多么自洽，本质上就是一个“过时”的预测，因为它无法容纳真实历史中那野马脱缰般的创造力。如果这个“过时”的未来预测在某一天被大家惊呼“真的实现了”，大概率是说科幻作品中的某个技术实现了。

技术预测：思想实验的逻辑之光

因此，当我们目光从“预测未来”的宏大构想转向“技术预测”这一具体领域时，科幻的独特效能便如刀刃般显现。其核心机制在于科幻是基于科学的幻想，科幻能够构建一个高度提纯的“思想实验”场域。在这个场域里，科幻创作者可以像科学家设计和开展实验一样，设定初始条件和关键变量，然后任其按照自洽的逻辑推演下去。

这恰恰是哲学家波普尔所批判的“历史决定论”的对立面——它不是试图发现社会演进的铁律，而是进行一种“如果……那么……”的假设性推演。这种推演之所以能够产生富有价值的洞见，是因为技术与社会、政治、文化等领域存在根

本性区别，它受到自然定律和工程逻辑的刚性约束，其演进路径具有一定程度的“必然性”。

就像我们种下一颗苹果种子，只要阳光水土合适，就会长成一棵苹果树，而不是一头奶牛。

这就是为什么凡尔纳笔下的“鹦鹉螺号”潜水艇，读起来不像科幻小说，倒像一份超前于时代的概念设计方案。他并非凭空想象出潜水艇，而是基于对浮力、水压、电力驱动等科学原理的深刻理解，并进行工程学意义的逻辑外推。

同样，阿瑟·克拉克在1945年提出用三颗地球同步卫星就能实现全球通信覆盖的设计，也不是天马行空的臆测，而是严格从火箭技术、无线电传播和轨道力学出发进行的一次精准的技术推导。在这种情况下，社会风潮或历史偶然的影响被压到了最低，逻辑的“硬核”占据了主导。

成为热点：照亮脚下之路

通过科幻进行技术预测确实有迹可循，科学上也可行。目前，通过科幻作品开展技术预测的相关研究不胜枚举，且成为近年来科幻研究的核

心和重要方向之一。国外研究者发表的论文多达几十篇，其中知名度最高的，是2025年8月6日发表于《自然》杂志的《The science fiction science method》一文。作者在文中提出了“科幻科学”(science fiction science)的研究范式(method)，主张通过受控实验模拟未来技术情境，定量研究其潜在的行为、心理与社会影响。

国内也有学者在开展相关研究。例如，清华大学教授陈劲团队2025年在《科学学与科学技术管理》期刊上发表的《基于科学幻想的未来技术预见：大小预测模型协同方法研究》一文，构建了一套基于科幻文学的可信未来技术预见模型。又如，在2026中国科幻大会开幕式上，中国科普研究所发布《科幻智元》报告，列出了未来5年最可能实现的10项来自科幻作品的技术。

这些技术的遴选过程，先是按照“科幻语料”到“技术实体”的自然语言处理路线，从近万部科幻作品中提炼，再通过“现实技术成熟度”“未来可实现性”等多维度评估列出候选名单，最后邀请20余位不同领域的顶尖科学家和专家进行科学把关综合选出。

因此，回到我们的主题，科幻确实无法预测未来，因为它直面的是历史洪流本质上的不可知性；但它能进行技术预测，是因为它能敏锐地捕捉技术逻辑的刚性延伸，以及该技术与社会之间相互作用的动力学关系。

从这个意义上说，科幻作家虽不是未来的预报员，但手持虚构的灯笼，照亮着我们脚下这片被称为“当下”的黑暗。这束光虽然无法驱散整个未来的迷雾，却足以让我们看清脚下的几步路。

(作者系中国科幻研究中心“起航学者”)