追寻古代火药发展的足迹

■本报记者 张文静

近日,有媒体报道称,重庆市黔江区石家镇石家社区居民在贺家洞寻找地下水抗旱救灾时,在洞中发现了一处大型“火药工坊遗址群”,其炼硝场所、设施均未受损。考古专家表示,该“火药工坊遗址群”从形态看始于清朝,因为在溶洞内,保存比较完好,属国内少见,对研究明清时期的矿冶开采具有较高价值。

大型“火药工坊遗址群”外景 图片来源:百度图片

硝石与火药

贺家洞是重庆市黔江区石家镇石家社区附近的一处溶洞,洞长约2公里,洞内宽二三十米,高数十米。报道中所说的“火药工坊遗址群”距洞口约五六百米,有灶台、硝池20多个。灶台和硝池均呈圆形,块石砌成,跟土家族煮饭的灶台一样,灶台口径在60厘米至150厘米之间,硝池口径在30厘米至50厘米之间。整个洞内都有采挖硝土的痕迹。

“从报道来看,重庆发现的遗址并非‘火药工坊’,而是大型‘硝洞’,是开采、加工硝石的场所,为火药工场提供原料。”中国科学院自然科学史研究所助理研究员郑诚告诉《中国科学报》记者,“在西南地区,云贵川多地曾发现此类硝洞。”

硝石,即硝酸钾,是火药中最重要的成分。郑诚介绍说,天然硝石受风土气候影响,在世界范围内分布极不平衡。古代中国,硝石产地相对广泛,西南地区尚有不少天然硝洞。

从硝土中有效分离杂质进而获得高纯度的硝酸钾,是决定火药品质的关键。于是,在漫长的历史发展过程中,也形成了各种提纯硝石的方法。

据唐宋间文献记载,用作医药或丹药的硝石,是通过煎炼硝土水溶液,再结晶而获得的。万历二十六年(1598),赵士桢在《神器谱》中较为详细地记载了火药用硝提纯法,可用现代化学知识解释:萝卜与硝水同煮,可清除吸潮性很强的镁盐,防止火药变质;加入鸡卵清,可使硝水中的泥沙类杂质凝聚沉降;煮沸后冷却再结晶,可将硝石与氯化钠分离。此外,用草木灰水提纯硝石也是常见的方法。草木灰水可与硝水中的各种钙盐、镁盐、铁盐反应,形成碳酸盐或氢氧化物,沉淀析出。煮沸后静置冷却结晶。

“这种提硝法更为简单方便,便于批量生产,或许是当时北方边军的惯例。”郑诚说。

中古术士的炼丹炉

火药的发明要追溯到中古术士的炼丹实践。一般认为,术士在炼丹过程中发现了含有硝石、硫磺和木炭成分的混合物会发生燃烧、爆炸的现象,时间不迟于唐代。

自汉代以来,硝石和硫磺即为医家与丹师常用之物。中土炼丹术的药物配伍原则遵循阴阳学说,硝石、硫磺分别被视作阴药与阳药,同时烧炼的机会较多。东晋年间,即4世纪时,或许就已经有炼丹术士发现了含硝混合物的爆炸现象。唐代流行的伏火法与火药的发明关系密切。

“由于史料极为有限,且形成年代难以确考,目前仅可大致推测,唐代炼丹术士利用硝与草木药合烧硫磺,改造硫磺药性,获得不易挥发的‘伏火硫磺’;又以硝与草木药合烧,获得丧失助燃性的‘伏火硝石’,可见当时对于硝硫炭质混合物易燃易爆,已有了明确的认识。”郑诚说,“当某些术士开始尝试利用这类混合物的破坏力时,火药的发明也就不远了。”

降及清代,官方火药产量巨大,但在工艺技术层面却缺乏革新。“总体而言,直到19世纪中期,军用黑火药生产工艺,包括制硝工艺,较之17世纪初并没有特别改进。”郑诚说,“原材料方面,硝土分布广泛,各省大体能自给自足,而硫磺产地相对较少,往往需要从他省采买。官造火药大体分中央制造与地方制造两部分,供应军需之用。”

清朝在重庆开设了火药局,生产军用火药,主要由附近若干硝洞供应原料。按嘉庆《大清会典事例》卷六八六,乾隆二十年(1755)奏准:“川省需硝,向在重庆设局,於川东所属南川、彭水、酉阳三场采办,但南、彭二厂,洞老土淡,酉阳所产甚微。江油县有硝洞八,无碍田庐,请行开采。”可见在18世纪中期之前,四川东部的南川、彭水、酉阳是省内军需硝石的主要产地。2014年,彭水县的红岩洞也曾发现大型硝洞遗迹。乾隆年间,彭水县、黔江县(今黔江区)均属酉阳直隶州。至于贺家洞的具体开采年代,尚需探索。结合传世文献与遗址考察,对于认识古代开采、加工硝石的实态与军需供应链均有帮助。

与武器发展相伴

火药在发明之初便被用作武器。10世纪末至11世纪初,宋朝开始量产军用火药,主要是含硝量较低的火药膏,用于制造弓弩发射的燃烧箭与投石机抛掷的燃烧弹。12世纪至13世纪,在宋金元三朝的长期战争中,出现了利用高硝火药冲击波的硬壳爆炸弹以及原始的管形火器。最迟13世纪末,元朝军队已开始装备管形金属火器,此后火药主要用作发射药。

“到了14世纪中叶,元末群雄混战,火铳已非罕见之物。”郑诚介绍说,“至14世纪后期,明朝军队装备了大量金属火器,如铜手铳、碗口铳等。15世纪初,以永乐天字铜手铳为代表的传统火器达到了技术高峰。”

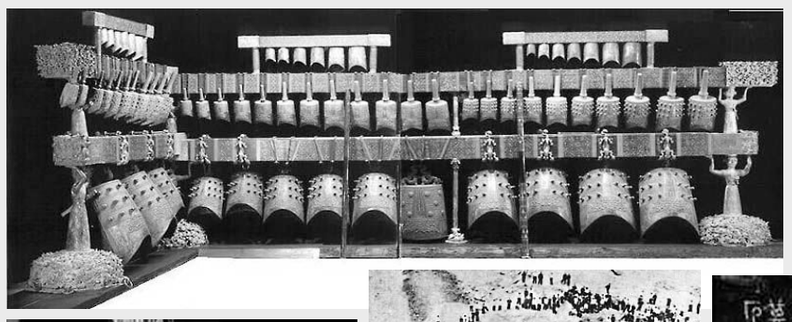
同时,中国火器技术也在向外扩散。13世纪前后,中国火器技术向周边扩散,间接催生了欧洲的火药武器。16世纪前叶,欧洲火器又经海路传入东亚。17世纪末,清廷掌握的火炮技术接近欧洲水平,但此后便长期停滞。

“18世纪至19世纪初,中国的火器技术大体上没有什么改进,仍采用传统工艺生产16-17样式的枪炮。”郑诚介绍说,“到第一次鸦片战争时期,清军的火器已与欧洲产品存在代差。工业革命推动军火工业快速发展,到第二次鸦片战争时期,双方的差距进一步加大。”

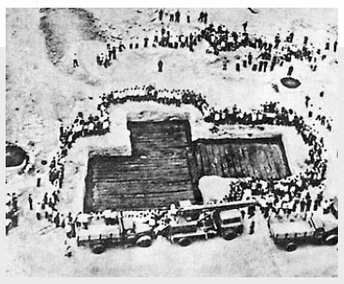
最终,在19世纪中后期,经过两次鸦片战争及太平天国战争,清末转向全面引进西方近代军事技术。19世纪末,随着近代化学工业的发展,古老的黑火药也被各类无烟火药取代,逐渐退出了军事领域。

火药工坊遗址

看图说史


◀曾侯乙编钟复原图

本版图片来源:百度图片



▲曾侯乙墓
◀复制编钟演奏
▶钟上的铭文

钟鸣寰宇 律动千秋

——曾侯乙墓编钟

1983年1月9日,中国战国早期宫廷乐器——曾侯乙墓大型编钟复制成功。

曾侯乙编钟距今已有2400多年历史,全重2500多千克,由大小65个青铜钟组成,是目前世界上已知的最早具有12个半音的乐器,1978年6月在湖北随县出土。

湖北随县县城西北约3公里,有两处大土包,被当地老百姓称为东团坡和西团坡。1977年9月,武汉空军后勤部下属的一个雷达修理厂为了扩建厂房营地,平整东团坡一带山包。炸炮炸松红砂岩后,正用推土机推土的施工人员发现东团坡顶端有不规则形状的黄褐色和黑褐色软土,再往下还推出来了青灰色的膏泥和石板,于是上报了文化部门。

隔年3月,喜讯来了,省地县联合勘察古墓小组认定,这是一处木椁保存完好的面积达220平方米的大型古墓葬,墓坑呈不规则多边形。这是中国境内还没有挖掘过的,比1972年长沙挖掘出的马王堆一号汉墓还大了整整5倍。这就是后来出土了震惊海内外的曾侯乙编钟的曾侯乙墓,是建国以来正规挖掘的最大的战国木椁墓,距今约2400年。

曾侯乙编钟规模很大,足以占满一个现代音乐厅的整个舞台。曾侯乙墓编钟由19个钮钟、45个甬钟,外加楚惠王送的一件大镈钟共65件组成。这些钟分3层8组挂在钟架上,全套编钟总重量在2500千克以上。

经初步分析发现,这套钟有自己的基调,完整的音列,音色优美,音质纯正,音域宽广,音列充实。此套编钟是目前世界仅存的保留原有音响的定音古乐器。同时也是目前保存最早的具有12个半音的乐器。测音结果表明,这套编钟既可演奏韵味悠长的国乐,还可演奏雄厚激越的西洋进行曲。

历史上,曾国只是一个名不见经传的小国,在楚国的霸权之下,竟然有如此规模和水平的文明发展,可称奇迹。曾侯乙墓与编钟的发掘在中国考古史上留下了许多悬念和佳话。 (沙森整理)

科学史话

地球真的在自转

——傅科和傅科摆

■本报记者 韩天琪

每当我们走进北京天文馆老馆的大厅,或是在中国科学技术馆,都能发现一个用很长的金属线栓着的大铁球,类似钟摆来回摆动,这便是傅科摆。

中国科学技术馆馆员武佳向《中国科学报》记者介绍:“傅科摆直观展示了地球的自转现象。最早发明这种方法的人是法国著名物理学家让·博纳·雷昂·傅科。160多年前,他用一种简单的类似钟摆的器械,实现了整个测量过程。”

1514年,波兰天文学家哥白尼提出了地球自转的同时围绕太阳公转的观点。这一观点与当时的天文学观点是背道而驰的。后来,科学家们通过天文观测,逐渐接受了哥白尼的观点。但是,他们还是缺少实际地球运行情况的展示。

傅科偶然发现了一个展示地球自转的方法。他首先在自己家中的地下室进行了实验:用一个很重的锤子挂在一个钟摆上,摆锤是5千克的黄铜球,摆线是一根细线。用另一根线系于末端将其固定在某一位置,等到摆锤完全静止,用火柴烧断这根线,让摆自由摆动。按照傅科的预想,地球自转时,这一钟摆就会在空间的同一平面摆动。1851年1月8日下午2时,傅科进行实验时观察到摆动平面在地球绕日运动方向上旋转,这实质上就是用实验把地球自转的事实表现出来。

要研究摆动平面旋转的规律,必须改善实验条件,提高实验的精确程度,在阿拉果的支持下,傅科在巴黎天文台的大楼上重复了这个实验,这次实验使傅科有条件将他的摆长增加到11米,通过精心实验之后,1851年4月3日,傅科向法国科学院报告了他的发现和研究成果:摆动平面旋转的角度与纬度的正弦成正比。傅科向科学院报告之后,并没有停止实验而是增加摆长对实验不断进行重复。

在拿破仑三世赞助下,傅科准备进行他的第三次“傅科摆”实验。他设想,钟摆摆动时,在没有外力的作用下,将保持固定的摆动方向。如果地球在转动,那么钟摆下方的地面将旋转,而悬在空中的摆具有保持原来摆动方向的趋势,对于观察者来说,钟摆的摆动方向将会相对于地面发生变化。原理找对了,实验却并不好做。由于钟摆方向的改变是细微的,所以稍强一点的气流就会使实验结果发生变化。由于摆臂越长,实验效果越明显,所以为了观察到方向的改变,实验地点一定要设置在顶棚很高的厅堂之中,顶棚用来悬挂钟摆。傅科最后选择了贝利高松的国葬院作为实验场所。

这次他用一根67米长的铁丝悬挂28千克的球做成摆,在铁球的下方镶嵌了一枚细长的尖针,并在摆的下方安置了一个沙盘。摆运动时,摆尖会在沙盘上划出一道道的痕迹,从而记录了摆动方向。

实验当天,成千上万人前来观看这一奇妙的实验。随着时间一分一秒地流逝,人们发现了奇迹,那就是摆在悄悄地发生着“移动”,并且是沿顺时针方向发生旋转。有的人在摆动开始时,明明看到摆球运动到自己眼前,又荡了回去,可经过一段时间之后,摆球竟离自己越来越远。这对于围观的人们来讲,他们通过对现象的观测都得出这样的结论,眼看着自己没有移动,那一定是摆平面发生了“移动”。

“实验的结果与傅科的设想完全吻合,摆的摆动显示为由东向西、缓慢而持续的方向旋转。傅科的演示直接证明了地球自西向东的自转。”武佳说。

傅科的实验引发了全世界的一股实验热潮,各地的人们纷纷效仿傅科,用长长的钟摆来揭示地球的自转。人们发现,在地球的两极,傅科摆的摆动平面24小时转一圈,而在赤道上,傅科摆没有方向旋转的现象;在两极与赤道之间的区域,傅科摆方向的旋转速度介于两者之间。

1855年,在世界博览会上,傅科表演了他的实验,这是他的第四次“傅科摆”实验,这不仅使他的实验闻名于世,而且促进了物理学研究的发展。

傅科摆

华罗庚在数学与政治的夹缝中

■王扬宗

科苑往事

著名数学家华罗庚先生的一生,以1950年回国为界,呈现出前后半生鲜明的对比。其后半生的曲折艰难,很可能超乎一般人的想象。不过人们往往震于他的盛名和宣传塑造的高大形象,对他挣扎在数学与政治的夹缝中的后半生心路了解不足,也不大能认清在科学的殿堂重重帷幕之后,他的数学创造生涯不得不在其盛年早早结束的悲剧事实,以及这个转变对于中科院数学学科的发展产生的不利影响。

1950年2月,华罗庚满腔热情回到新生的中华人民共和国,但清华迎接他的却是一盆冷水。思想改造运动中,华罗庚备受冲击。恰好那时候中国科学院筹备成立数学研究所,邀请他去当了所长。

华罗庚是一位入世的科学家。他一直抱有发展中国数学的雄心,这是他放弃美国的优裕条件回国发展的根本原因。有了数学所这个用武之地,他的长才得以尽展。短短的几年之间,他把数学所办成中国数学的最重要的研究中心,还培养出了一批杰出的青年数学家。1953年上半年,数学所的科研人员有32人,其中17人后来当选为中科院学部委员或院士。成才率之高,可谓天下独步。1956年,国家首次评选科学奖金,数学所获得了全部三个一等奖中的两项(华罗庚和吴文俊)。华罗庚的大名传遍了华夏大地。

然而好景不长。1957年夏季开始的反右运动,改变了许多知识分子的命运,也是华罗庚后半生的一个重要转折点。作为民盟科学规划委员会的重要成员,华罗庚参与了曾昭抡教授主持起草的《对于有关我国科学体制问题的几点意见》。6月9日,这个“意见”在《光明日报》发表,已是反右运动箭在弦上之时,“意见”旋即被当作“反社会主义的科学纲领”,遭到严厉的批判。华罗庚不得不立即检讨。在1957年6、7月间的20多天里,仅《人民日报》就发表了他的三篇检讨书。尽管最终没有被打成右派,但华罗庚实际上被视为漏网右派,沦为政治贱民。从此,数学所那些以正确路线代表自居的人,就盯上了华罗庚不放。一遇风吹草动,就把华罗庚作为资产阶级个人主义反动落后的代表人物揪出来批判。华罗庚靠边站了,日子很不好过。

在大跃进之年的“拔白旗”运动中,华罗庚被当作数学所最大的白旗进行了公开批判。1958年9月,新建的中国科技大学开学,华罗庚兼任了应用数学系主任,并亲自为该系一年级新生上课。后来,华罗庚在数学所的日子越来越难过,就想辞去所长职务,离开数学所这个是非之地。最终院领导让他继续当挂名的所长,但同意他把人事关系转到了科大。

反右以后,华罗庚逐步离开了他擅长的纯粹数学领域,而转向应用数学,并最终在60年代初转向了推广“双法”(统筹法和优选法)之路。这转变的过程,王元院士的《华罗庚》一书有很详细的记述。这里只对这一转变的背景和原因以及影响略作解说。

早在1946年华罗庚赴美,就是受政府委派肩负有考察美国原子弹的任务,后来由于美国政府不支持,国民党政府的原子弹计划化为了泡影。20世纪60年代初,中科院投入一半以上的科研力量参与两弹一星的相关工作,数学所的党员数学家关肇直就承接了不少重要的任务。但华罗庚政治上不可靠,没有资格参与重要任务。可想而知,此事对他刺激至深。

1946年华罗庚曾对记者说:在中国,科学与政治无法分开,但中国科学家一定要努力将科学与政治分开,否则难有成就。他期盼有朝一日政治清明后,用科学为国效力。1950年回国后,华罗庚虽然不得不参加各种政治活动,但他一向反感外行领导内行,衷心期盼有安心的治学环境。华罗庚本来是搞纯粹数学的,却一再遭到“脱离实际”的指摘。1958年后他转向了应用数学,却没有资格参与当时最重要的应用数学工作。于是他决定深入到人民群众中去,从此投身于在工农业生产实践中推广双法,足迹遍及祖国大地,达20年之久。

华罗庚的转向是极端政治形势下的别无选择。而一旦他走上这条当时政治正确道路,华罗庚也能充分利用自己的聪明才智,把双法推广搞得风生水起,成为那个年代科学家深入实际、走群众路线的一个榜样。他的转向从一开始就得到了上至最高领袖的鼓励表扬,下到工人农民的衷心爱戴。尽管在“文革”中他一度遭受了严重的冲击,但毛主席的回信和周总理的指示最终保护他过关。他的爱国爱党、为人民服务的高大形象,掩盖了他被迫在盛年告别数学前沿的隐衷。那时候,华罗庚不过50多岁,但他作为一个数学家的创造生命却基本结束了。这是左的意识形态影响科学事业的一个典型事例。

“文革”过后,人们对华罗庚的学术转向看法不一。有的人认为“双法”很简单,无需大数学家做那样的初等数学工作。但人们应当体谅华罗庚的“抉择”。从另一方面看,无论如何,华罗庚无法在他擅长的基础数学领域继续从事创造性的研究和培养人才工作,对于中国科学院来说都是很大的损失。这种损失的程度和长远影响是很值得重视和探讨的。

(作者系中科院自然科学史所研究员、副所长)