

大家

中国工程院院士、测控与遥感信息传输专家杨士中

『国家的需要就是我的专业』

□张国圣 黄汉鑫 李宏



中国工程院院士杨士中
(据重庆大学网站)

“一定努力!”“一定改进!”
几十年过去,父亲杨业晟这两句话,一直清晰地铭刻在中国工程院院士、重庆大学教授杨士中脑海里。
杨士中的父亲杨业晟是一家企业的负责人,同时在重庆大学冶金系兼任任教。杨士中年纪还小时,有一次,家里忽然来了一拨人,为首那位进了父亲的房间就把门关了。来人是谁,两人谈了些什么,外面的人都不知道。但杨士中清楚地记得,那人开门离去时父亲说的就是这两句话。

后来杨士中从报纸上看到一张“志愿军用杨业晟同志研制的51式火箭筒打坦克”的新闻图片,还在家里发现了国家颁发的奖章和奖励证书,才大致知道了那一次来人的身份和他们谈话的内容。

打那以后,杨士中将父亲的奖章、奖励证书和那篇新闻图片拍下来,不管到哪里工作,都放在办公室最醒目的地方。这也成为他做科学研究的座右铭。

多年来,杨士中被媒体称为“跨界院士”。他以第一获奖人身份4次获得国家科学技术进步奖、

2次单独获得国家技术发明奖,还10余次获得省部级科技进步奖,拥有11项国家发明专利,这些奖项和专利来自计算机、卫星测控、遥感传输、空间能源等不同领域。

“有人问我为什么总能‘跨界’成功,其实‘跨界’很不容易,每次都要从头学起。”年近九旬的杨士中说,“我始终记着小时候听到的那两句话。国家的需要就是我的专业,只要是国家需要,再苦再难也要上。”

第一次跨界,跨入“一穷二白”的计算机研发。

20世纪50年代,杨士中考入重庆大学电机系,“就想做一个优秀电机工程师”,毕业设计做的是《三峡到重庆的输电变压器》。1960年,大学毕业的杨士中被择优选拔到中国科学院四川分院,刚上班就被安排从电机专业转向计算机研发。

那时我国的计算机工业刚刚起步,杨士中对计算机一无所知。“国家需要什么,我就研究什么。”他说。研发设备和技术资料奇缺,杨士中捡起中学学过的英语,强化大学学习的俄语,想方设法自学日语,像一块巨大的海绵,吸纳一切有用的信息,实在困得不行了就在条件简陋的实验室打个盹儿。

凭着“一定要让中国有自己的先进计算机”的信念,他参加了我国的功勋计算机——109计算机的研发,并牵头筹建西南地区第一个晶体管电路实验室,还成功研制出晶体管雷达数据处理计算机。“当第一组数据由我们自己研发的计算机成功输出时,所有人都激动得热泪盈眶。”杨士中说。

20世纪60年代中期,我国正式启动人造卫星研制计划。刚刚在计算机技术方面崭露头角的杨士中,又被组织安排“跨界”到人造

卫星的电子信息技术领域。

当时我国的卫星遥感及实时回传系统还停留在“胶卷时代”。几百公斤重的胶卷,在太空中三四天就用完了,随返回舱收回后还要送到特定地方冲洗,整个过程耗资巨大,而且需要10多天时间,获取的很多信息早已成为无效信息。

“能不能让卫星传回实时图像?”杨士中主动请缨,带领团队在陕西、山东等地偏僻的野外实验站埋头攻关。1983年9月,遥感卫星搭载着杨士中领衔研发的“卫星传输型CCD(电荷耦合传感器)电视遥感系统”发射成功,实时传回了清晰的地面遥感图像。我国的遥感卫星实现了从“胶卷时代”向“数字时代”的跨越,这项成果获得国家科技进步奖二等奖。

1984年,我国发射的第一颗同步轨道通信卫星,因向天线未能指向地面接收站而无法通信,杨士中再次临危受命。他利用低增益卫星全向天线和155测控信道改进自己研发的卫星数字传输机,突击研制出卫星语音通信机,首次实现了同步轨道卫星通信。

杨士中还发明了“重心频率理论”并研制出“频率捕获接收机”,不仅为卫星的成功发射、捕获、跟踪提供了关键技术保障,还广泛应用于雷达、导航等多个领域。

1985年,杨士中回到母校重庆大学任教,他带领学生与科研院所联合攻关,通过产学研协同促使学生在实践中不断创新突破。

有人觉得像他这样的“天才”,一般的人学不来。

“天才基于勤学习,智慧出自苦思索。每次‘跨界’都有那么多的新知识要学习,那么多的新公式要推导,哪一个不是‘苦尽’才‘甘来’?”杨士中认为,自己所谓的“天才”来自两个方面:一是多看书,善

思考,勤探索;二是服从国家需要,干一行就要爱一行,爱一行就要专一行。

2013年,杨士中与中国工程院院士段宝岩共同提出的加强空间太阳能电站关键技术攻关的建议受到国家重视,已经76岁的他由此开始了又一次“跨界”。

“这可能是最富有挑战性的一次‘跨界’。”杨士中说。在太空中可以持续稳定地获取太阳能,但如何将太阳能转化的电能从太空中传回地面,一直是一个世界级的难题。传统的思路是集中传输,但这种方式受到许多技术制约,特别是



展科研(据重庆大学网站)
杨士中(右二)带领团队人员开

确保安全性的问题。

在第717次香山科学会议上,杨士中提出“分散—独立—汇聚”的解决方案,即将超大功率分散成数万个互不干扰、独立工作的小单元传输,在地面接收孔径区域再汇聚成超强可用能源。根据这一思路建设的演示验证模型实体,2025年在重庆大学A校区主教学楼旁落成,为下一步的工程化打下了坚实基础。“这就像‘曹冲称象’,用化整为零的智慧解决看似无解的难

自己开车上下班,经常一顿饭只花几块钱,有时候就喝一碗稀饭。”王韬说。

2023年,一贯节俭的杨士中向重庆大学捐款50万元设立科学发展基金。他说:“科技的发展,国家的需要,最终还是要靠年轻人。我现在最大的任务和责任就是培养人才,瞄准国家的需要培养年富力强的。”

(据《光明日报》2026年2月7日第1版,有删节)

“并网发电!”随着指令长一声令下,位于浙江省天台县苍山深处的电站“心脏”——单机容量达42.5万千瓦的水轮机组,开始高速运转。
前不久,浙江天台抽水蓄能电站(以下简称“天台抽水蓄电站”)首台机组正式并网发电,为我国华东电网添加了一座巨型“充电宝”:山顶上水库内水流奔涌而下,借助724米超高水头,驱动水轮机组源源不断发出绿电;山脚下水库敞开胸怀接纳来水,待水量充盈、电量充裕时,再将水送至上水库储存起来,完成蓄能。

浇筑“防裂大坝”

当水位升至953米、蓄水量达689万立方米时,“满盆”库容会产生巨大的静水压力,时刻考验天台抽水蓄电站上水库大坝的坚固度与耐久性。

“大坝一般由柔性堆石坝和刚性混凝土面板组成,虽能有效抗压,但天然‘惧怕’拉伸。”中国三峡建工(集团)有限公司所属浙江天台抽水蓄能有限公司(以下简称“天台抽水蓄公司”)工程管理部副主任周涛解释,混凝土面板下的堆石坝一旦因冷热变形脱空,将存在面板开裂风险。

近60%;在后续的疲劳测试中,极限抗拉性能提升约30%,温差耐受度提高10℃,实现控温、抗拉双重效果。
如今,这座高62.5米、顶部长566米的大坝巍峨矗立在群山之中,抗裂性能出色,渗漏量仅为设计指标的十分之一,居国内抽蓄行业领先水平。

锻造“超级滑梯”

大坝稳固了,研发团队面临的另一个难题,是如何将上水库中水流安全引至地下发电厂房。

“我们需要建造两条长483.4米、坡度高达58度的巨型钢制斜井。”天台抽水蓄公司副总经理姚亮说,“这两条堪称‘超级滑梯’的斜井,必须承受住来自724米额定水头的超高水压。”

彼时,国内最高等级水电钢材是800兆帕级高强度钢。

团队很快给出答案——与国内企业一起向1000兆帕级水电高强度钢发起攻关!

然而两年过去,国内5家钢厂提交的钢板试样均未达标。无奈之下,团队一头扎进轧钢现场,逐项分析工序,不断调配化学成分配比,直至第一块质量合格的钢板诞生。

奔腾至地下厂房,将直接冲向可逆式水泵水轮发电机组。

“如果说水是电站运转的‘血液’,那么发电机组则是催动血液流动的‘巨型心脏’。”天台抽水蓄公司副主任专业师马志忠解释,它既能变身水泵,将水抽至上水库“存”起来;又能在用电高峰时转为发电机,释放绿电。

天台抽水蓄机组转子直径4.996米、重481吨,是机组中最重的部件,也是安装成败的关键。设计要求转子中心偏差小于0.1毫米,水平偏差更是要控制在0.02毫米以内。

“哪怕是0.01毫米偏差,转子高速运转后也会影响整个机组运行效率和使用寿命。”天台抽水蓄公司副主任专业师林林林强调。

为了尽可能减小偏差,团队请来经验丰富的轨道桥机驾驶员,采用垂直吊装入坑的方式进行安装。当转子缓缓吊入机坑,监控屏幕上代表同心度的两条曲线并没有完美重合,出现了一道刺眼的“缺口”,这意味着数百吨重的转子可能发生“微小的倾斜”。

吊装被立即叫停,大家集结到机坑边分析研判。“如此高精度,用目测完全无法判断。”林林林说,若

无笔无墨,不用任何颜料,仅需一支烙笔,便可在竹木、宣纸或丝绸上创作出人物山水、花鸟虫鱼等作品,这便是被称为“世界艺术一绝”的南阳烙画。烙画亦称烙花、烫画、火笔画,是一种历史悠久的传统工艺美术品,起源于中国历史文化名城——河南省南阳市,被誉为“南阳三大宝”之一。2021年5月24日,南阳烙画经国务院批准列入第五批国家级非物质文化遗产名录。

南阳烙画的前世今生

南阳烙画是用温度在300℃—800℃的铁钎笔,利用碳化原理,在竹木、丝绸、宣纸等材料上作画。据悉,南阳烙画起源于西汉,东汉年间开始兴盛,烙画的发展得益于东汉造纸术的改进。东汉年间,在纸张上烙画开始在民间风靡,后来因为连年灾荒与战乱,烙画技艺几近失传。东汉灭亡后,烙画技艺仅在民间缓慢传承,并没有成体系的艺术创作范式。直到清光绪三年(1877年)才被河南南阳一名叫赵星三的善画者重新寻得整理,经当地民间艺人传承至今。

一个夏日的午后,我走进南阳市烙画厂烙画车间——三四十名烙画艺人手持烙笔,正全神贯注地进行创作。他们手腕轻移,烙笔发出点点红光,在细微的青烟下,在淡淡的焦香中,花儿慢慢绽放,山水徐徐展开,人物的轮廓一点点呈现……

南阳历史悠久,文化底蕴深厚。南阳烙画是人驾驭火,利用火的典型范例,体现了民众的创造力和审美追求,丰富了中国火文化;南阳烙画继承了中国传统绘画风格,并形成独特的艺术表现形式,丰富了中国传统艺术。

南阳烙画厂位于卧龙岗下,进入一楼大厅仿佛置身烙画的海洋,美丽的烙画作品挂满展厅,不同材质的精美烙画,古朴典雅,令人惊叹。在南阳烙画厂烙画车间内,墙面上悬挂着不少经典烙画作品,其中有两幅人物烙画十分抢眼,一幅是民间传说中的“烙画王”李文,另一幅是史书记载的清代烙画传承人赵星三。从这两幅个性十足且极具艺术表现力的画中,可读出南阳烙画的“前世”及历史演变。

“烙画王”李文的故事,不少南阳人都能讲几句。相传,西汉末年王莽追赶刘秀,危急之时,刘秀被南阳城烙画工匠李文救下。



南阳烙画《国色天香》

李天擅烙画,无论是尺子、筷子,还是手杖、扇坠,经他一烙烫,各式各样的人物、花鸟、走兽栩栩如生,跃然其上,刘秀称帝后便封其为“烙画王”。

赵星三是有史可考的一个。据志书记载,清光绪三年(1877年),擅长绘画的南阳府文吏赵星三偶尔以烧红的烟杆代笔,在烟杆上手信烙烫作画,得一小品,喜出望外,继而在其他木玩上施艺,均获成功。赵星三遂潜心研究,琢磨出一整套烙画工艺,他的作品成为达官贵人往来馈赠之佳品。

河南省工艺美术大师、南阳烙画省级代表性传承人、南阳市烙画厂厂长李哲介绍说,20世纪20年代,烙画已成为南阳颇有名气的民间艺术品,享誉国内。当时,南阳城内有专卖烙画的店铺六七家,其中以方玉堂的“福聚恒”最为有名,生意兴隆时日进斗金,产品远销北京、天津、陕西等地。到20世纪40年代初,单“福聚恒”一家就有30多位艺人。1928年《河南新志》把南阳烙画列为“中州特产”之一。新中国成立后,政府十分重视烙画这一传统民间艺术,组织流散艺人成立了南阳市木质印章互助组,后在此基础上成立了南阳市烙画厂。在南阳市烙画厂的展厅里,各种各样的烙画产品琳琅满目,生活用品、摆件、大型装饰画等不一而足,精美典雅,令人赏心悦目。

火与艺的匠心融合

南阳烙画的制作,是一场火与木、心与手的精密对话,每一步都容不得半点差池。艺人首先要精心选材,根据创作题材与风格,挑选无结疤、纹理细腻的优质榿木、杨木、竹片,或是纹理清晰的宣纸、轻薄坚韧的丝绸,竹木需经脱脂、烘干、反复打磨至光滑细腻,宣纸与丝绸则要提前平整固定,避免烙制时起皱变形,为后续创作筑牢基础。

选材备料完成后,便进入起稿构图环节。由于烙画笔成形成、无法修改,艺人需先用铅笔在材质表面轻轻勾勒轮廓,从整体布局到细节雕琢都要精准定位,山水的远近层次、花鸟的姿态神韵、人物的五官神情,皆需在草稿中细致呈现,做到胸有成竹、落笔无悔。紧接着是调烙笔笔的关键步骤。艺人要根据画面需求精准控温,低温适合勾勒淡淡线条、晕染柔和底色,中温用于塑造主体轮廓、表现明暗过渡,高温则刻画深邃纹理、强调重点细节,同时搭配粗细、尖扁各异的烙铁头,细头勾线、扁头烘染,各司其职。

一切准备就绪后,艺人便手持烙笔,以手腕之力带动笔尖,顺着草稿线条缓缓烙制。起笔轻、行笔稳、收笔准,高温烙铁接触材料的瞬间,碳化痕迹即刻显现,烙出画面的骨架轮廓,奠定作品的整体结构。随后进入最考验功力的分层烘染环节,艺人通过控制烙铁的温度、手腕的力度,进行多层烘染,轻触慢烘呈现浅淡色



非遗传承人 工匠在绘制烙画

南阳烙画:
铁笔生花,烙尽风华

调,重压快烙形成浓重色泽,运用平烘、点皴、撕毛、渲染等技法,让画面从平面变得立体,从单调变得丰富,尽显“墨分五色”的韵味。整体烙制完成后,艺人再对细节进行精修,调整明暗对比、完善局部纹理,让画面更臻完美,随后题字、钤印增添文人气息,最后根据材质与用途装裱,竹木作品涂清漆保护,宣纸、丝绸作品装框成画,让这件艺术品得以长久留存。

近年来,南阳市烙画厂不断创新和拓展烙画创作内容,将笔触落在生活中,落在时代里,从南阳月季到南水北调中线工程,从党的历史到乡村振兴,以动人画面为民间抒怀、为时代画像。就连出土于南阳的国宝文物等,也成了烙画作品中的内容。创作者在勾、擦、点、烘中,以丰富的层次和色调生动展示了一件件文物,王子午鼎、青铜神兽、荐鬲……看上去立体感强,十分逼真。用非遗烙画展现国宝文物,是对文物的一种创新展示,两者的互动联通,也让文物更鲜活地呈现在现代绽放光彩。

一支铁笔,烫尽千年风华;一缕青烟,烙刻非匠匠心。南阳烙画以火为媒,以艺传情,在时光的淬炼中,始终保持着独有的温润与厚重,成为中华民间艺术宝库中永不褪色的璀璨瑰宝。

科技大观

巨型“充电宝”诞生记

□何亮



浙江天台抽水蓄能电站

“必须想方设法让混凝土面板更抗裂。”天台抽水蓄公司专业师杜俊良打趣道,“热了不行,冷了也不行,面板犹如需要精心呵护的孩子。”

“思虑再三,我们决定从水泥配方这个源头着手,解决抗裂难题。”周涛说。研发团队将市面上性能良好的材料悉数纳入研究视野,不断变换材料组合方式、配方比例和掺合剂。

一开始,6种配方同时投入试验。结果令人沮丧,要么早期强度不达标,要么成本飙升到无法承受。最棘手的是,有些配方反而加剧了裂缝生长。

转折发生在第3个月。周涛在观察玄武岩纤维的微观结构时灵感突现:“这些纤维表面如果能和水泥基体形成化学键而不仅仅是物理嵌合,会不会更好?”

团队调整了策略,不再进行“试错式”筛选,而是建立了系统的性能矩阵。他们将18种配方按照3个维度排列:热力学性能、力学性能、耐久性能,每个配方都要经过12项标准测试和3项模拟环境测试。

6个月,成功的曙光近在眼前。“低热水泥+玄武岩纤维+防裂剂”的组合表现优异:在温湿循环测试中,裂缝宽度比基准组减少了

就在大家分享喜悦之时,一瓢冷水浇了下来——钢板批量生产合格率不足50%。“问题应该出在制造工艺上。”参与攻关的宝山钢铁股份有限公司首席工程师刘自成仔细分析后得出结论。

团队重振旗鼓,一次次开展技术研讨、专题论证,多次请来业内顶尖专家“把脉问诊”,最终锁定钢板质量波动的原因是没能精准把控热处理工艺。

明确症结后,大家迅速调适热处理设备:首先着手解决热处理温度的均匀性,确保炉内各点温差精准控制接近于零;再通过氧探头、露点仪等多参数监控与互校调整气氛控制;在冷却过程中进一步强化搅拌系统,让槽内各点冷却速度一致……随着工艺流程不断改进,生产标准持续完善,钢板批量生产合格率最终提升至92%。“这标志着我国真正掌握了1000兆帕水电高强度钢材制造的核心技术!”姚亮感慨。

如今,国产1000兆帕级高强度钢已成功应用于天台抽水蓄电站引水系统核心部位,每平方米承压能力可达10万吨。

安装“巨型心脏”

上水库水流顺着“超级滑梯”

想验证并纠偏,必须在现有基础上新增更精密的监测设备。

当众人手足无措之时,马志忠突然想到机坑建设时预留的三维激光定位仪,“从坑底向上监测,应该能辅助转子精准落位”。

驾驶员重新开机,在双系统监测下,小心翼翼地调整入坑角度。大家屏着呼吸,恨不得双手扶着转子移动。1分钟、10分钟……30分钟,转子终于平稳“入巢”。检测结果显示:转子中心偏差0.05毫米、水平偏差0.01毫米。“成功了!”所有人长舒了一口气。

天台抽水蓄电站建设随之驶入快车道。2025年12月25日,首台机组并网发电;2026年1月9日,2号机组具备商业运行条件;预计2026年9月,全部4台机组可实现投产。

“十五五”规划纲要提出,深入实施能源安全新战略,加快构建清洁低碳安全高效的新能源体系,建设能源强国。面向未来,中国三峡建工(集团)有限公司董事长高鹏表示:“我们将进一步加大关键核心技术攻关力度,扛起建设新型能源体系的央企担当!”

(文图据《科技日报》2026年3月17日第1版,有删节)