

能源工程焊接技术的“中国造”

——记北京石油化工学院副院长焦向东教授

□陈礼算

“天行健,君子以自强不息;地势坤,君子以厚德载物”。自1911年建校以来,清华大学已为中国各个领域培养了一批又一批顶尖人才,无愧于“清华挺秀”,为“华夏增辉”。2011年4月,清华大学迎来建校一百周年庆典。值此庆典之际,分布各地的不少清华优秀学子收到了母校的邀请函。北京石油化工学院副院长焦向东便是其中之一。

从1980年到1988年,焦向东在清华焊接工艺及设备专业先后获得本科学士和硕士学位。此后又在该专业取得博士学位,可谓正苗红的“清华人”。此次也能够得到母校青睐,可不仅是因为他纯正的“清华血统”,更是因为他在能源工程焊接技术领域为祖国实现了多项“中国造”!

向“独立自主”呼唤!

能源已成社会发展的重要动力之一。在我国,自改革开放以来,石油石化、海洋能源、电站等诸多能源相关行业,已成为关系国计民生的重要行业。

在这些行业中,除了能源资源本身无比重要之外,开采和开发这些能源的诸多重大工程对于焊接和连接技术的需求也随其迅速增加,重要地位日益凸显出来。然而,与此形成巨大反差的是,我国许多大型工程建设和关键装备制造,在很大程度上尚未脱离对国外技术的依赖。

对于这一点,从1980年上清华大学焊接专业起就与焊接结缘的焦向东是再熟悉不过了。1987年,大亚湾核电站动工。当时中国并不具备独立建设核电站的技术,只能交给外国人来建造,我国只需派人前往做好质量控制工作。然而现实却是,即便是“监工”也同样稀缺。无奈之下,国家只好把目光投向清华大学。此时,焦向东已获得硕士学位,正准备继续攻读清华大学博士学位。经清华大学推荐,焦向东作为焊接方面的人才被保留学籍,并被派往支援核电站建设。

从核电站底部第一块钢板铺设开始,一直到核设备的安装,焦向东见证了核岛和常规岛设备的安装和焊接施工的整个历程。而当一号机组即将发电,焦向东重返清华,继续学业。这时已是1991年。三年的核电站建造焊接质量控制工

程师经历,为焦向东积累了丰富的工程实践经验,也让他深刻认识到,类似能源工程这样的关系国家战略的重大工程项目,不能总是依赖于国外技术,而他自己所钻研的能源工程焊接技术,亦是如此,正在迫切呼唤着“自立自强”!

凭着这一认识,多年来,焦向东竭尽全力,致力于特殊工况焊接和连接技术研究,研发了一系列创新的自动焊接设备和工艺,在大型结构物建造、水下维修、油气输送管线铺设等方面打破了国外技术垄断,大幅度提升了我国高端焊接设备研制能力和先进焊接工艺开发能力,极大地提高了我国特殊工况焊接技术的研究水平。

目前,他已主持或参与完成各级、各类科研项目20多项,累计科研经费近2000万元。在国内外专业杂志发表学术论文80余篇,已获专利授权近40项,获得省部级科技进步奖一等奖1项、北京市科学技术奖二等奖两项,其他科技奖励4项。他所领导的能源工程先进连接技术北京高校工程研究中心是中国面向能源工程的水下焊接技术研究的重要力量,正在开展海洋工程连接技术、水下弧焊技术与装备、面向深水的水下非弧焊连接技术与装备的系列研究工作。

向“自动化”前进!

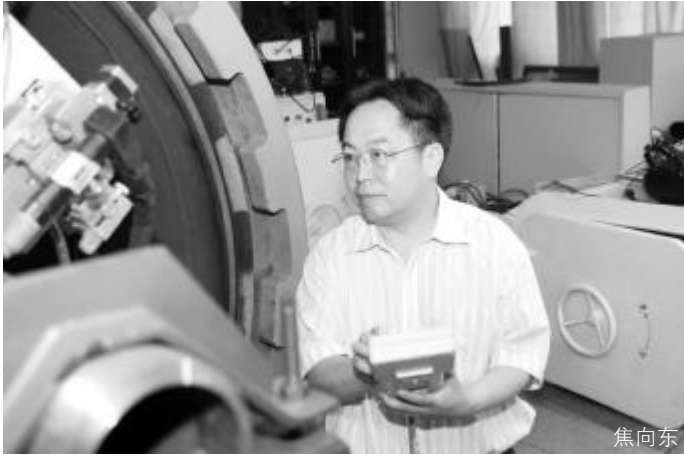
我国石油石化行业储罐建造量本来就很大,加之国家石油储备基地、LNG接收站以及城市燃气储罐等的集中建设,储罐建造需求进一步增加。

然而,传统的固定式焊接机器人的应用大多局限于结构化环境中,无法满足大型储罐、水电站水轮机叶片修复等野外作业非结构化环境的要求。为此,需要开发合适的新型焊接机器人。

这成了焦向东博士毕业加盟北京石油化工学院装备技术研究所后的第一个重大研究目标。

“九五”期间,经过焦向东等的不懈努力和反复试验,2000年,具有全部知识产权的“九五”“863”科技成果“全位置智能焊接机器人”横空出世!

该机器人首次采用CCD光电测控技术解决了多层多道焊的实时跟踪难题,并采用柔性磁轮式机构解决了焊车无导轨全位置自由行走的难题。



焦向东

很快,“全位置智能焊接机器人”在工程实践应用中大放异彩:先后在中石化第十建设公司的球罐焊接工地与试验车间进行了现场焊接试验,之后又开展了进一步的产业化工作。“全位置智能焊接机器人”成果由科技部组织评估,其经济价值在1.8亿元以上。不久,在科技部的支持下,焊接机器人公司宣告成立。这也标志着他们研制的新型智能焊接机器人正式走向全面产业化之路。

“全位置智能焊接机器人”实现了产品系列化,不仅在石油石化储罐建造中发挥着重要作用,而且在我国大型钢结构建筑工程施工中得以应用。2008年北京奥运会,该机器人成功地应用于“鸟巢”钢结构焊接,取得了重大效果;2010年上海世博会,“全位置智能焊接机器人”再度亮相,参与中心主场馆工地焊接工作,取得广泛社会效益。

向“水下”延伸!

中国版图,背倚山脉、东临大海,渤海、黄海、东海、南海,四海相连,环绕大陆东南部。茫茫海洋之下,储存着丰富的能源资源。随着陆上油气资源日渐减少,人们开始把更多的目光投向海底。“向水下进军”,不仅是世界油气开发的风潮,也是焦向东科学研究与技术创新的方

向。他从陆上石油管道焊接的自动化,逐步转向海上工程的焊接连接技术的创新。

海洋已经成为全球油气资源重要的接替区。2010年,中国海洋石油总公司海上油气年产量首次突破5000万吨油气当量,建成了“海上大庆”。

然而,我国几乎每年都有海底管线损坏,修复工作很大程度上依赖于国外技术的支持,费用动辄以1000万元计,还要承受不能及时修复造成的油田停产损失和海洋环境污染。

这是中国的痛,更是中国科研工作者的痛,亦是焦向东的痛。

于是,焦向东开始“水下”创新之路。从2002年至2006年,他主持完成了国家“十五”“863”重大项目“水下干式管道维修系统”的“水下干式高压焊接”子课题。

高压电弧行为与常压环境存在重大差异,电弧稳定性差。焦向东等针对这个问题,建造了国内第一个大型干式高压焊接试验装置,研制了国内第一台遥控操作的深海管道维修焊接机器人,开发了国内第一套海底管道高压焊接工艺。2007年6月,国家科技部组织课题验收,验收意见认为“打破了国外公司的技术垄断,在高压焊接工艺技术与TIG自动焊接设备等方面取得了创新成果”。坐落于光机电装备技术重点实验室

的这套实验系统能够满足目前中国浅水海域水下焊接的科研需求。

2009年,他的“水下干式高压焊接”课题成果获得中国石油石化工业协会科技进步奖一等奖、机械工业科学技术奖二等奖,以及北京市科学技术奖技术发明二等奖。

目前,我国大批核电站正在建设之中。但是,先进的核电站检修技术掌握在西方核电强国手中,成为影响我国核电安全运行的技术短板。

为此,刚刚完成“水下干式高压焊接”课题的焦向东又开展了国防科工委重大项目“堆内构件在役维修技术研究”的“核电厂检修用水下焊接技术”子课题的研究工作。

历经两年时间,焦向东等成功建成了我国第一套核电厂检修水下焊接技术“核电厂检修用水下焊接技术”子课题的研究工作。

为了适应反应堆压力容器空间相对狭窄的限制,该课题不是采用大型水下干式舱,而是采用仅仅包裹焊枪的局部排水气罩,紧凑的结构适于核电行业应用。专用的水下焊接装置与正在开展研究的水下操作机器人紧密结合,将实现符合核电行业标准要求的修复焊接。

2009年,“核电厂检修用水下焊接技术”通过了国家核电技术公司组织的科技成果鉴定。该项目成功建成了我国第一套核电厂检修水下焊接试验系统,首次实现了水下自动焊接,具有新颖性和创造性,填补了国内空白,达到了国内领先、国际前沿的技术水平。中国政府网、人民网等媒体称“国家核电实现核电厂检修水下焊接技术研发重大突破”。2010年,该项目的成果荣获中国核能行业协会科学技术奖三等奖。

向“深水”跨越!

为了加快我国海洋油气产能建设,中国海油已建成了一大批海上重大装备,例如2010年顺利出坞的3000米深水铺管起重船“海洋石油201”、3000米深水半潜式钻井平台“海洋石油981”、为我国进军南海深水奠定了基础。然而,深水重大装备的关键技术仍是一大掣肘。

众里寻“他”

——记清华大学苏光大教授的人脸识别研究

□方方

“2010年11月7日,内蒙古准格尔旗沙圪堵镇发生一起凶杀案,一名女售货员被杀在鞋店内……此案得以成功告破,您开发的‘人脸识别系统’起了关键作用……”

1月12日,一封来自内蒙古准格尔旗公安局的感谢信“飞”至清华大学,而这封信的抬头便是“尊敬的苏光大教授”。事实上,这已经不是苏光大第一次参与到案牛侦破过程中了。1999年郑州317大案、2010年云南景洪大案等等,均借助苏光大主持研究的人脸识别技术得以破获。自1989年首次承担公安部人像组合系统研究任务以来,“人脸识别”已随他走过了12年的时光。

从0到256万秒

我们得知,苏光大的人脸识别事业是由早期的“人像组合系统”逐渐延伸发展而来的。

1989年,公安部计划开展人像组合系统的研究工作,苏光大率课题组承担了这一任务,对于发型、眉毛、胡须的非规则区域采用了链码结构的描述,在国内第一次研制成功了基于照片的人像组合系统。1992年,该系统成功通过了部级科技成果鉴定,次年8月,公安部在哈尔滨组织了推广工作,率先在我国11个公安厅/司装备了计算机人像组合系统。1994年,武汉市公安局利用该技术破获了持枪抢劫特大案件,成为我国利用人像组合破获的首起成功案例,并由中央电视台《东方时空》栏目及时进行了追踪报道,而该系统也在全国范围内得到了大规模的应用。

该项目的成功,激活了苏光大心中的另一簇灵感,“能不能依靠模拟像在人像数据库中搜索犯罪嫌疑人,也就是通过人像来进行识别。”就在人像组合系统成功立用的同一年,苏光大投入到人脸识别技术研究,并于1996年成功在公安部立项,研发人像组合与人像识别综合系统。该系统建立了9.2万人的数据库,用四台微机并行处理,比对一次仅耗时58秒。2000年12月,该系统通过了公安部组织的专家鉴定;2004年,13起超市投毒案的罪犯也栽在了该系统的“眼”里。



苏光大在工作(2006年)

与此同时,人脸识别技术也开始受到国家更为深度的重视,防范、打击刑事犯罪的关键技术——人脸识别查询技术甚至被列入国家“十五”科技攻关计划项目。从2001年起始,到2005年1月28日通过科技成果鉴定,苏光大和他的课题组创造出“6台计算机并行处理、比对速度高达256万秒”的成果。2006年1月,当该系统出现在国家科技创新重大成就展上时,人们见识到它的奇迹,有关领导和专家也不吝好评。不久,新华社、中新社根据《清华人脸综合识别系统全面进入应用推广》的新闻稿发了通稿,上百家媒体相继进行了集中报道,不仅在国内外产生了较大影响,更推动了国内的人脸识别市场。由此,清华大学人脸识别系统成为国内应用的主流系统之一,在公安、安全部门广泛应用。2008年1月,他们在国内首次建成了千万级数据库的人脸识别应用系统,取得了突出的应用成果。

1350亿次/秒,超高速

提及苏光大,人脸识别几乎已经成为了他的标志。其实,在高速图像处理方面,苏光大也有独到的研究心得和成果。

时光回溯到1977年,29岁的苏光大刚刚留校任教。彼时,正值计算机图像处理在国际上迅速崛起,苏光大所在的教研组领导以敏锐的眼光看到了这一前景,果断地将教研组方向从无线电技术转向计算机图像处理,成为国内最早的数字图像处理研究单位之一。当时,美国已经有了数字图像处理系统,但是一套设备要几十万美元,一般的单位根本承担不起。为了改变国内数字图像处理的窘境,他们开始了对自制设备的探索,以期研制出“中国特色”的图像处理系统。可借鉴的经验少得可怜,国内采用的器件比较落后,从一起步,他们就不不可避免地面临着困难。

即便如此,无论苏光大,还是整个课题组,都在困难中“痛并快乐着”,短短几年内便出现了一系列成果。1981年,中国较早的图像处理系统“TS-79小型通用数字图像处理系统”研制成功;1985年,合作研制成功“TS-84微机图像图形处理系统”,荣获1988年教育部科技进步奖二等奖,成为中国最早的微机图像处理系统;1986年,合作研制成功“γ照相图像处理系统”;1988年,又主持研制成功扇扫B超医疗诊断仪。

苏光大总是对那些困难深怀感激。



苏光大向公安部副部长刘金国等介绍清华人脸识别技术

“正是因为有了这些困难,我们才对系统的原理及制作理解得比较深刻。我们从国外引进集成电路后,设计出来的图像采集板的效果比国外已有的采集板还好就得益于。”以这段经历为背景,苏光大执笔写出了《微机图像处理系统》一书,被同行誉为国内第一本论述图像处理系统硬件的书籍,并获得清华大学教材二等奖。

而重点发展高速图像处理,苏光大认为,这是对高速目标检测、定位、跟踪以及遥感图像处理、人脸识别、指纹识别等技术的重要支持。其中,邻域图像处理可被普遍应用,并具有邻域性强、计算量大的特点。美中不足的是,邻域图像的处理速度,尤其是大邻域图像处理的速度是当前制约图像处理应用的一个瓶颈,也就是说,以目前图像处理系统的结构难以实现高速的大邻域图像的处理要求,这不仅严重影响图像处理技术的推广应用,也影响图像处理算法的深入发展。为了谋求更高速的处理速度,他和项目组综合考虑了算法、存储、处理三方面的有机联系,特别是对相互之间数据耦合问题进行了关注,提出了邻域计算的理论,突破了大邻域图像处理的速度瓶颈,在当前可资利用的条件下,以较小的代价实现了每秒1350亿

次操作的超高速处理。该项研究不仅为图像并行处理奠定了基础,实现了邻域核可变的数据库,使最大邻域核达到了25×24;同时,项目组通过数据库在算法、存储、处理中保持一致,建立了先进的并行体系结构,可同时处理600点图像数据,实现了高速图像处理。

2008年1月18日,针对由苏光大领衔的“NIPC-3邻域图像并行计算机”项目,教育部进行了科技成果鉴定会,以中国工程院院士毛二可为主任的鉴定委员会一致认为,该系统在大邻域图像核和邻域图像处理的速度上优于目前可查到的国际最好水平。

当前,视频监控得到了迅速发展,但在视频监控场景中,监测到的人脸图像往往很小,致使公安部门的一些办案工作陷入困境。为了使超分辨率人脸图像得到高清晰度重建,苏光大主持了重点攻关项目“数字影像资料处理及检验技术”。2010年7月28日,该项目通过了公安部的验收,所实现的超分辨率人脸图像的高速重建处于国际最好水平。在当年的内蒙古准格尔旗大案中,该项目成果还立了一次大功。据案件资料显示,警方手中的犯罪嫌疑人人脸图像仅有4×6点,无法识别,侦查陷入僵局。受到准格尔警方邀请,苏光大利用独特的重建技术获得的重建像,达到和罪犯嫌疑人二代征像逼真的程度,创造了重建像的奇迹。

至此,苏光大对高速图像处理的研究在一番柳暗花明之后,迈上了一个全新的高度。

奥运,里程碑

纵观苏光大的人脸识别系统,其功能性不可谓不强。

可以进行“无线”人脸识别,即应用手机拍摄人脸图像,通过无线传输,发送到人脸识别系统进行人脸识别,并把识别结果发回手机,有助于公安部移动办案,及时对在火车、飞机、客车或其他地方发现的可疑人员进行检查识别;具有文档资料和人像图像混合的识别查询功能,大大提高了查找犯罪嫌疑人准确率;具有组合人像和模糊人像的识别查询功能,从而更大地拓展了人脸识别技术的应用范围;

为了尽快摆脱对国外的依赖,国家科技部通过“十一五”“863”计划重大项目配套的方式,对深水开发重大装备的关键技术问题进行了国产化研发。焦向东主持完成的“深水海底管道铺设技术”子课题“深水海管铺设焊接工艺及设备国产化技术研究”,便是其中的项目之一。

海上铺管与陆上铺管最大的不同是,铺管船队及其保障的日常运行费用高达上百万元,不仅焊接质量有严格的规定,而且要求很高的焊接生产效率。

目前,该课题成果已在渤海湾成功地进行了海试。焦向东通过该课题,首次在国内自主研发了深水海底管道铺设自动焊接设备。该设备采用高效率双车双炬窄间隙焊接,紧凑轻巧,适合海上应用,创造性地采用网络和现场总线技术,极大地提高了系统的可靠性和柔性,为实现海底管道铺设计算机集成焊接系统打下了坚实的技术基础。

目前,深水油气资源开采已成为海洋石油工业发展的趋势。2006年完成的“水下干式高压焊接技术”成果,采用钨极氩弧焊接,随水深压力增加,电弧稳定性降低,只能用于300米水深,不能满足深水结构物维修的需要。

当时正在研究“核电厂检修用水下局部干式焊接技术”的焦向东,为了尽快解决这一问题,在国家“863”计划、国家自然科学基金、北京市自然科学基金的支持下,同时在国内率先领导开展了摩擦叠焊研究。

摩擦叠焊的焊接过程不受水深影响,而且在水中直接施焊,不需要大型水下干式舱,因而具有光明的深水应用前景。他率队同事设计建造了国内第一台水下摩擦叠焊试验装置,首次在国内围绕摩擦叠焊这种新型材料固相成型技术进行了系统深入的理论和实验研究,为自主解决深海结构物裂纹修复、海底管道在开孔以及浮式生产储运装置系统无进坞维修等问题奠定了坚实基础。目前该技术正在“十二五”“863”的计下,继续进行后续工程化研究。

从陆上焊接自动化,到海上焊接技术,再到深海焊接技术,焦向东步步深入,实现了多项“中国造”。清华挺秀,华夏增辉。焦向东用厚重的积累,以自己特有的方式,向全世界传递着华夏文明自强不息的精神。

具有眼镜识别的人脸识别功能,从而解决了眼镜识别的难题;可以进行行进中的活动人脸识别,解决了监视人脸识别的难题,可防止一些犯罪人员进行化装后无法识别。查获……

如果说之前的研究,苏光大考虑更多的是普通的刑事犯罪,那么,自“9·11”事件发生,他开始更加关注公共安全领域。2004年伦敦地铁爆炸案等恐怖事件发生后,苏光大发表了人脸识别与奥运的学术论文,表达了服务北京奥运会的愿望,并根据奥运会应用的特点,在已有MMP-PCA人脸识别算法的基础上,研制成功了GGMMP-PCA人脸识别新算法。这一研究成果于2008年发表在计算机视觉和模式识别会议CVPR上。经过多方努力,他们开发的系统在2007年8月、2008年5月两次参加奥运测试赛。

据介绍,北京奥组委对奥运会开幕式、闭幕式入场进行实名制管理。开幕式、闭幕式入场券持有者需提交个人近照,在入场票中通过RFID技术读入编号,再利用人脸识别技术进行实名制身份认证。2008年8月8日,数万观众通过国家体育场鸟巢的近百个人脸识别系统有序入场,参加2008北京奥运会的开幕式,秩序井然。在而后的奥运会闭幕式以及残奥会开幕式、闭幕式上,该系统也得到了有效的利用。这次盛况由苏光大带领的清华大学课题组与北京普赛科技有限公司、北京清大维森公司以及中科院自动化所、北京数字奥森公司和航天长峰集团、同方股份有限公司等单位通力合作,共同完成,开创了人脸识别技术应用与奥运会的先河,极具历史意义,获得第29届奥运会组委会安保部和票务中心的联合表彰。

2010年12月2日,以苏光大为第一起草人的行业标准《安防生物特征识别应用技术语》由公安部批准发布,成为国内首个颁布实施的涵盖人脸、指纹、声纹、虹膜等多生物特征识别技术的综合性术语标准。

如今,苏光大的人脸识别技术已被学术界打上了“苏式”标签。清华大学在国内人脸识别技术领域也奠定了不可动摇的地位。作为一个有着三十多年“清华史”的清华人,苏光大以多年的奋斗,诠释着“行胜于言”的校训,为清华百年华诞奉上了一份厚礼。