

浅谈 EAST 大科学工程 团队文化的特征*

程艳 陈套 宋兆海

(中国科学院合肥物质科学研究院 合肥 230031)

摘要 中科院合肥物质科学研究院等离子体物理所 EAST 大科学工程团队“十年磨一剑”,建成了世界上第一个具有非圆截面的全超导托卡马克实验装置,取得了一系列重要创新成果,在核聚变能研究领域产生了重要影响。一个创造奇迹的团队必然有与之相适应的创新文化。本文分析了该团队的文化特征,这些对进一步理解大科学工程团队创新文化的内涵,发展有中科院特色的创新文化,指导大科学工程团队的文化建设,有重要的借鉴意义。

关键词 创新文化,组织文化,创新团队,大科学工程

EAST 的中文意思是“实验的先进的超导托卡马克”,它的科学目标是探索接近核聚变反应堆堆芯条件下等离子体稳态运行模式,从而为未来稳态运行的先进托卡马克核聚变反应堆提供重要的工程技术和物理基础。EAST 是世界上第一个具有非圆截面的全超导托卡马克,也是达到国际先进水平的新一代磁约束核聚变实验装置。作为国家重大科学工程之一,EAST 的成功建设使中国在世界磁约束聚变研究进入世界前沿,使中国成为世界上重要的聚变研究中心之一。

EAST 大科学工程于 1998 年 7 月通过国家立项,由中科院合肥物质科学研究院等离子体所承担,2006 年初成功进行了装置的工程联调,2006 年 9 月起开始转入物理实验阶段,2007 年 3 月顺利通过国家验收。在不到 10 年的时间里,在国内超导工业基础薄弱、缺乏相关技术储备,国际上没有现

成经验可供借鉴的条件下,EAST 大科学工程团队潜心钻研,艰苦奋斗,用国际上同类装置最少的经费,最快的速度,攻克了一系列世界前沿性难题,自行设计、研制成世界上第一个全超导非圆截面托卡马克装置,获得了一系列具有自主知识产权的、可对国民经济建设产生重要作用的高新技术,特别可贵的是带出了一支肯吃苦、能奉献、能攻关的创新型人才队伍。EAST 团队的成就被国际聚变界视为奇迹。

一个创造奇迹的团队,必然有与之相适应的团体文化,创造如此奇迹的 EAST 团体正是具有了如下 8 大文化特征:

1 始终如一的社会价值定位与大科学工程目标高度统一

众所周知,在 20 世纪 90 年代前期,等离子体所抓住中苏合作的机遇,建成了中国第一个超导托卡马克 HT-7 装置,从此把中国的磁约束聚变研究带上超导之路,当时令全世界对中国刮目相看。随后 10 多年的

* 修改稿收到日期:2008 年 12 月 8 日

HT-7 物理实验,取得了一系列创新成果,不断得到国际同行的重视,俄、欧、美、日等发达国家和地区的聚变专家开始与中国进行合作研究,HT-7 装置逐渐成为世界性的实验平台之一,中国的聚变研究因此步入世界前列。

当时等离子体所之所以要建 HT-7 装置,源于他们对自己的社会价值定位:“要让中国在世界聚变研究的前沿领域占据一席之地,为人类开发聚变能做出不可替代的贡献。”未来的聚变反应堆一定是超导的,是稳态运行的,不开展超导托卡马克装置建设和实验,就不可能进入前沿领域。为中国未来可持续发展提供清洁、安全的聚变能源一直是等离子体所人的奋斗目标。HT-7 装置把中国带进了聚变研究的前沿领域,使中国有条件去探索开发聚变能的一些核心问题。从 HT-7 到 EAST,岁月流逝,人员更替,但这个价值定位一直没有改变。HT-7 装置建成伊始,他们就提出了更先进的 EAST 装置的立项申请。EAST 集非圆截面和全超导两大特点于一身,具有主动冷却结构,能产生稳态的、具有先进运行模式的等离子体,它与美苏两国在 20 世纪 80 年代共同提出的热核试验堆计划(ITER 计划)的技术路线是相似的,但将比 ITER 提前 10 多年建成,可直接为试验堆提供工程和物理方面的经验。EAST 的成功建设与开展实验,正是中国为人类开发聚变能做出的重要而不可替代的贡献。

团队行动总是受到价值理念的影响。如果团队成员形成了共同的价值理念,并且该理念与行动目标相统一,无疑会促使团队成员团结一心,克服所有困难去达成目标。价值定位与行动目标的高度统一是 EAST 团队文化的最根本特征,也是 EAST 团队创造奇迹的根本原因。

2 敢于创新,争取一流

聚变能是人类最理想的清洁能源之一,但由于只有在上亿度条件下才能发生大量聚变反应,因此开发聚变能的难度极大。全超导非圆截面托卡马克需将多项极端条件同时集成,高度有机结合,它的建设和安全运行具高难度和高风险,是国际聚变界公认的难题和最前沿的研究领域,国际上尚无成功建造的先例。

EAST 团队从总经理到普通科技人员,从满头白发的长者到一脸稚嫩的年轻人,大多思维活跃,没有太多的条条框框,只要能达到技术目标,各种方法都愿意尝试。这也许跟 EAST 装置是世界首创、无经验可循有关。于是,敢于创新和争取一流,成了 EAST 团队最重要的文化特征。

EAST 装置的核心技术创新点包括:首次采用大型全超导磁体(冷重 >200 吨)技术、一体化的系统优化设计;自主设计研制出集上亿度等离子体、4K 低温超导磁体、超导磁体中每秒数万安培的电流变化率条件下的安全运行等多项极端条件于一体的世界第一个全超导托卡马克主机;独创低铜超比超导线外加分离铜的超导——铜复合电缆导体的技术,解决了超导导体高稳定性和低交流损耗的关键技术问题,首次自主设计和研制出最大直径 7 米、最大场强 5 特斯拉、电流变化率大于 20 千安/秒的托卡马克极向场磁体系统;运用大电流的铠装超导体,发展了无张力、预弯、连续绕制超导磁体、高强度真空压力浸渍、超低电阻(3—5 纳欧)超导接头等技术,制造出最大场强 6 特斯拉、储能达 300 兆焦的大型(4.5 米/2.6 米)的托卡马克纵场超导磁体系统。

这些核心技术创新点都是 EAST 团队打破常规在世界上首次完成,《Science》杂志称其创造了聚变的历史。



中国科学院

这种敢于创新的精神还表现在人员激励制度方面。团队领军人万元熙总经理顶着风险,毅然决策,让 EAST 团队摒弃一般事业单位的分配办法,在国内较早采取了“绩效津贴”制度,避免了大锅饭和同工不同酬局面的产生。对技术骨干人员,不论年龄大小、学历和职称的高低,个人待遇完全由所承担的任务决定;对于一线技术人员和工人,每条生产线均实行在严格质量控制下的定额承包、自主管理,一线人员的收入直接与生产效率挂钩,上不封顶。这一措施的效果是:在各生产线主动减少人员的同时效率却提高了一倍以上,一线人员待遇也有很大提高。管理上的创新也是 EAST 工程迅速推进的重要原因。

3 立足现实,自力更生

EAST 立项后面临十分重大的挑战。首先是在世界上尚无成功经验可循;第二是国内相应的工业基础,特别是超导工业基础十分薄弱,没有相关技术储备,尤其是没有大型超导磁体设计、制造和实验的技术储备,因此研发和工程实验任务十分繁重;第三是经费严重不足,而要求完成工程建设的时间又十分紧迫,因此 EAST 建设成为十分困难的艰巨任务。

针对这一现状,EAST 工程指挥部和等离子体所领导经过充分论证,决定自力更生解决大型超导磁体设计、导体生产、线圈绕制、精密加工、真空压力浸渍和超导磁体的实验检测。他们用两年时间完成了关键技术的预研,在所内建立了 4 个专用生产车间和一个大型超导磁体测试系统。加强管理,及时建立各项规章制度,特别是通过评审和论证建立了严格的 ISO9000 质量管理体系。

在其后 5 年多的时间里,EAST 团队发挥自力更生、艰苦奋斗,有条件要上、没有条件创造条件也要上的精神,边建设、边研发,

解决了大型超导磁体、大规模低温制冷、高功率电源、精密控制、失超保护、高功率加热及微波驱动、超高真空、诊断等一系列关键技术问题,形成了一系列的技术生长点,创造了多个国内乃至国际第一。例如,铠装电缆超导导体是 EAST 最重要的核心部件,为满足工程需要,EAST 团队生产了总长度达 35 公里的大电流铠装电缆超导导体,这不但使得中国此项制造技术处在世界先进行列,产量世界第一,同时创造性地发展了一整套大型超导磁体制造工艺,全面提升了我国大型超导磁体设计、制造和综合实验测试能力。在整个研制过程中,除少量国内没有条件生产的部件进口外,其余核心部件和绝大多数的关键设备均独立自主加工制造,发展了 68 项关键及新技术,自主研发部分超过 90%。

4 上下一心,甘于牺牲和奉献

“要让中国在世界聚变研究的前沿领域占据一席之地,为人类开发聚变能做出不可替代的贡献。”这是等离子体所几代领导和科研人员始终不变的社会价值定位。当 EAST 立项之后,几乎所有的人都把这项工程当成自己的事业,自觉自愿地为之奋斗。

在 EAST 团队中流传着这样一句话:“周六保证不休息,周日休息不保证”。多年来,EAST 团队上上下下都是这样做的。带病坚守岗位,加班加点,放弃节假日和休息日,顾照不了家庭,甚至推迟或放弃出国工作的机会,这些都是平常事,不值一提。看起来是被迫的,因为经费少,工期紧,底子薄,但根子上是每个人都把 EAST 当成了自己的事业,想为聚变研究做出自己的贡献,所以能以奉献为乐,以牺牲为荣。这是 EAST 团队文化最突出的特征。

在任何一种团队文化中,领导人的影响力永远是重要组成因素,团队文化的各种特

征都在很大程度上取决于领导人的人格、心理、思维和知识结构特征。EAST 团队的领军者就是工程总经理万元熙研究员。他身形瘦削,年过六旬,胃切除了 4/5,也许是靠事业的支撑,他似乎从来不知道疲倦。他不但和年轻人一样没日没夜地工作,而且在技术、管理上做出了种种创新之举,尤其是在管理中的民主和严谨的作风,令人敬佩。更重要的是他的坚强和乐观,尽管身负巨大压力,尽管面对 EAST 建设的重重困难,万总总是带着一脸淡定、从容的微笑,坚定地告诉所有对 EAST 的未来心存怀疑的人:“困难一定会过去!我们一定会成功!”领导人的奉献、开放、民主和自信,也成了 EAST 团队文化的突出特征。而象万元熙这样的领导者,在 EAST 团队中还有一批,比如总工程师、总工艺师等等,他们都因同样优秀的品质而成为整个团队,尤其是后辈们的楷模。

5 在便捷、畅通的信息交流条件下团结协作

EAST 团队的日常工作中有一个明显的特点,就是会议多。有每周一次定时召开的总师会、经理办公会、信息通报会等例会,还有大量随时举行的技术协调会、骨干人员会,这些会议及时对项目建设中遇到的技术、质量或管理等问题进行分析讨论,保证了在最短的时间内做出最恰当的决策。EAST 团队建立了工程专用内部网,各类会议纪要、各部门的工作计划和要求、工程进度及成果等相关资料都被要求在第一时间上网让团队成员共享。团队还经常举办工作报告、专题学术报告等活动,了解同行动态,交流最新研究成果。便捷畅通的信息交流环境是 EAST 工程能迅速推进的重要条件。

及时有效的沟通、信息的充分共享,还使得 EAST 团队的每一个人都能清楚了解自己的工作在全局中所处的位置,对全局的

影响,更有利于各部门成员既能准确地各司其职,又能很好地相互配合,协同作战,无论哪个部分有工程难关,都可以发挥集体智慧的优势来解决。正如 EAST 团队成员自己总结的那样:“我们团队的人单个拿出去和人比可能都不是最好的,但是合到一起就做出了世界上最好的成果。”

6 充满信任、鼓励、民主、和谐的工作氛围

EAST 团队领导十分注重对成员的信任、关怀、尊重和鼓励,在此基础上,加以创新性的激励机制,使员工齐心协力拧成一股绳,朝着一个目标努力,自觉地为攻克难关发挥自己最大的效用。这些又反过来逐渐强化了团队精神,产生了一种强大的凝聚力。

2.4 千瓦的制冷机是整个低温系统的关键部件,从国外购买价格太昂贵,只能自己研发。团队领导相中了一位普普通通的青年职工,博士毕业不久,一贯行事低调,未有惊人之举,但从他平时的工作态度、行为个性以及成绩看,认定他可堪重任。果然,这位年轻人不负众望,以自己的智慧和奉献撑起了整个低温系统。团队中还有一位博士承担 EAST 装置主机超导磁体的绝缘结构设计和绝缘子的研制,主机绝缘问题如果不能解决,不但会导致超导磁体损毁,还会导致整个 EAST 装置失效。如此关键的工程技术,博士殚精竭虑却屡试屡败,想要退出,但领导高度肯定他的前期工作,热情鼓励继续尝试,最终获得了成功,他发明的低温复合材料绝缘子的关键技术还申请了专利。

EAST 团队有便捷、畅通的信息交流条件,大家有各种各样的渠道,对工程、管理或纯粹学术上的具体问题提出意见或建议。这不仅有利于各部门团结协作,在畅所欲言的沟通过程中,信息的交流,观点的交锋,思想的交汇,营造出浓浓的民主、和谐的工作氛



中国科学院

围,更有利于调动所有成员的工作热情和创新激情。

7 个性舒张的工作环境 with 细致严谨的工作作风相统一

EAST 团队有充满关怀、鼓励、民主、和谐的工作氛围,成员个性能得到较大程度的舒张,但个性舒张并不是对大家放任自流,也不是简单的“人治”,个性舒张与整个团队细致、严谨的工作作风,与团队追求卓越的工程质量的态是高度统一的。

EAST 装置有十几个子系统,每个子系统下又设诸多研制课题,200 多人各司其职,各负其责。任何一个人的工作不合格,都将影响整个工程的进展。由于经费有限,工期紧迫,EAST 工程容不得失败和返工。在“质量第一”的原则下,EAST 团队按照 ISO9001 的要求,建立了完整的“EAST 工程质量管理体系”,并且反复宣讲,严格执行,强化成员的质量意识和责任感。例如,每个一级课题设一个质量管理员进行质量跟踪,所有设计、加工严格履行签名手续,层层负责。在这种体系下,EAST 团队成了一支具有高度质量意识的工程队伍,它带来的直接成果是,所有大型非圆截面超导磁体都一次通过性能测试,EAST 主机安装一次成功,EAST 工程联调一次成功,国家验收顺利通过。

8 广迎四海的开放精神

EAST 装置在国际上没有成功建造的先例,EAST 团队依靠自己的实力加工制造了所有核心部件和绝大多数的关键设备,其自主研发率大于 90%,因此独立自主、自力

更生毫无疑问成为 EAST 团队的立足点。但要想获得更好的发展前景,为人类的聚变事业做出更大贡献,必须投身国际舞台,在自身实力的基础上开展广泛的、互惠互利、优势互补的国际合作。

EAST 团队和世界各主要聚变研究机构保持着频繁的人员交流,在得到国际上大量聚变研究设备支持的同时,也积极支持其他国家的聚变研究,多次主办大型国际学术研讨会,如国际稳态托卡马克会议、亚太等离子体物理大会等,并为国内外同行提供了多套实验装置和设备。随着 EAST 装置建设获得一步步进展,欧、美、俄、日等国的聚变研究机构相继与 EAST 团队开展合作研究,目前已组成一支共同参加 EAST 物理实验的“多国部队”。在中国参加 ITER 计划后,EAST 团队因其以往成就和自身实力,承担了大多数中国方面的任务,赢得了广泛的国际信誉。这种广迎四海的开放精神,这一系列求真务实的合作项目,必将让 EAST 团队有更大的活力,更多的资源,更好的机遇。

致谢 本文得到了匡光力研究员、李建刚研究员、万元熙研究员等的帮助,特此致谢!

主要参考文献

- 1 德博拉·安科纳,托马斯 A,科奇安等.组织行为学(原书第三版).北京:机械工业出版社,2006.
- 2 小约翰·谢默霍恩.管理学原理.北京:人民邮电出版社,2005.
- 3 柯欣.“四个一流”科技创新团队文化特征与建设研究.科学新闻,2005,(9).
- 4 孙启洋.论创新文化与创新团队.山东省农业管理干部学院学报,2007,23(1).

程艳 女,中科院合肥物质科学研究院综合办公室副主任。曾长期在等离子体所从事信息宣传及其他机关管理工作。曾获中国科技新闻奖、全国晚报新闻奖,中科院科普工作先进个人。