29年前的那个夏天，当毕业于新中华厂技校的王曙群，抱着“离家近点”的念头迈入上海新中华机器厂（现上海航天设备制造总厂有限公司）大门成为一名产业工人时，不满二十的他并没想到，若干年后的自己会成为一名蜚声业界的“大国工匠”。

王曙群是国内目前唯一的载人航天对接机构总装组组长，中国航天最年轻的特级技师。在厂里，王曙群和他的团队主要负责对接机构的总装、调试工作。自1996年参与对接机构初期研制，到2011年首次载人交会对接任务圆满完成，王曙群和同事们足足“蛰伏”了十六载，最终完成对接机构从模样、初样到正样的总装研制工作。2013年冲上月球表面并坚持工作了972天的月球车“玉兔号”，同样出自王曙群和他的团队之手。

众所周知，我国载人航天二期工程的关键技术是交会对接，而交会对接的关键产品正是对接机构。2011年11月3日，神舟八号飞船和天宫一号目标飞行器，在太空上演了一场完美的“太空之吻”，顺利完成我国载人航天工程首

次空间交会对接试验。去年4月22日，当天舟一号“追上”天宫二号，我国自主研制的货运飞船与空间实验室也完成了首次交会对接。至此，由王曙群带领团队亲手研制并总装的七个对接机构全部顺利上天完成对接任务。

如今，再有新的型号任务，王曙群会习惯性地把徒弟们往台前推，让他们去直面问题、解决问题，自己则在背后默默指点迷津。厂里给王曙群在三楼办公区腾挪出的国家技能大师工作室，在他的坚持下搬到了一楼总装车间对面。“我跟徒弟们讲，我们的工作常常需要连轴转，所以这工作室的门会24小时开着，欢迎你们随时来切磋讨论。”王曙群感叹，常年“超负荷运转”使得自己的体力、精力、视力逐渐退化，但他希望能利用这一新平台，带出更多“大国工匠”，为我国的航天事业再添新功。

王曙群聚精会神地进行对接机构的总装调试。

（除署名外，均受访者供图）

■实干兴邦英雄谱⑭

王曙群：让“太空之吻”天衣无缝

本报记者 王星

“5分钟”的成功，背后是16载打磨

2002年，王曙群在实验室做捕获锁性能测试。

1970年出生的王曙群，从小生活在上海市闵行区。16岁时，他从闵行六中初中毕业，考入了家附近的新中华厂技校；三年后，又按部就班分配到新中华机器厂成为一名普通工人。

他进厂的第一个工种，是钳工。看似再平凡不过的岗位，并没有让王曙群有所懈怠。錾削、锉削、锯切、划线、钻削……他跟着师傅单培林，每天认真地在钳工台上学习着这些基本技能。

当时的新中华机器厂是一家军工企业，但由于产能低、技术也相对落后，并没有形成打得响的拳头产品。反倒是在上世纪80年代中后期，企业向民品发力，由他们厂生产的“航天牌”冰箱，一度成了老百姓追逐的对象。

王曙群的脑海中，至今有着清晰印象——那会儿来厂里拉冰箱的卡车常会在厂门口排起长队。“冰箱卖得好，我们工人的福利待遇也跟着上去。”他说。只可惜好景不长，随着竞争的日趋激烈，该厂的民品生产逐渐走向低迷。他告诉记者：“当时厂周围很多人都说，造导弹的不如卖茶叶蛋的。自己企业效益不好，我们心里也很忐忑。有不少人也就辞职‘下海’了。”

能够让王曙群坚持至今的，是师傅单培林一如既往的教诲。“他总跟我说，不管做任何工作，你都要学会在工作中自我规划和思考，哪怕只是一个小小的钳工，你也要想清楚，自己今后的目标，是继续扎根在工人岗位好好干下去，还是干脆去寻找更适合自己的方向？干我们这一行，不仅基本功要扎实，更要耐得住寂寞，很多工作都是从拧好一颗螺丝开始的。师傅还经常拿倪志福等工人楷模给我举例。”王曙群回忆道。

深思过后，他决定跟随师傅的脚步，潜心研修技能。1995年，王曙群参加了上海航天技术研究院的高级技工培训学习，成为了一名技师，并开始参与载人航天型号对接机构的研制工作。当时，企业重新实施军民分线，军品科研生产部分从新中华机器厂分立出来，被命名为上海航天设备制造总厂，主要承担运载火箭研制、生产和总装，载人航天、深空探测以及部分卫星零部件的研制和生产总装任务。当时的王曙群就在心里暗暗定下了目标，要通过自己的努力，早日攻坚克难，啃下对接机构这块硬骨头。

他没想到的是，这块硬骨头，他们竟然足足啃了十六年才拿下。“起初我们以为，要对接成功很容易，感觉再干个一两年，总能干成的。”王曙群告诉记者，不料随着研制深入，一些从未遇见过的技术难题接连出现，他们的压力也越来越大，“有时出了问题都不知道从何入手，感觉越来越难，甚至会怀疑自己，到底能不能做出来？”

那些年，在偌大的厂区内，王曙群每天最多只能见到一次太阳——早上来上班时有阳光，等到下班，天已经完全黑了。碰到做单机热循环实验时，一套37小时的实验，他往往连厂房都不会出，不着家成了常态。饿了，就去办公室吃两口饼干；累了，干脆在实验室门口的过道支上一张钢丝床眯一会儿。光是这样37小时不停顿的实验，在整个对接机构的研制中，就需要做31套。

尤其是2008年到2011年，是对接机构研发最关键的冲刺阶段。那段时间，王曙群的头发大把大把地掉，只要一摸脑袋，总伴着几十根头发自然掉落。家里的事，他已经完全顾不上了。自己儿子的生活由家里老人全权照料，学习则交给了身为小学教师的妻子。甚至有一回周末加班，妻子在市区临时有事，让王曙群去补习班接儿子，走到厂门口的王曙群却不知何去何从，最后还是儿子自己冒着大雨走回了家。

如此心无旁骛的闭门奋斗，绝非每个人都能坚持到底。但王曙群却凭着一句句“再干一两年就能成功”的坚定信念，见到了胜利的曙光。

2011年11月3日凌晨1时37分，举世瞩目的“太空之吻”成功了。神舟八号飞船与天宫一号目标飞行器顺利实现交会对接，使我国成为世界上第三个独立掌握航天器交会对接技术的国家。那天下班，王曙群悄悄找了个地方看电视直播，忐忑之心犹如参加高考的学生。成功的一刹那，同样守在电视机前的妻子发来了短信：“今天你应该能睡个好觉了。”

但王曙群记得，那一晚其实厂里的很多人都彻夜未眠。无论是负责设计、操作、工艺的技术人员，抑或他们的家属。毕竟，这个好消息让他们等了太久太久。“说是像参加高考，但其实研制对接机构的过程比高考严苛百倍。大家看到的成功，是电视画面里对接机构最后上天的5分钟。但为了这5分钟，我们花了16年，复习了无数遍。因为这是一次没有模拟的考试，也是一次不允许失败的考试。要么满分，要么零分。”他说。

失败过彷徨过痛苦过，但从来没有放弃过

王曙群和同事在技能大师工作室内研究零部件。

对接机构到底长啥样？带着好奇，记者跟随王曙群走进总装车间。

换上防静电的“白大褂”，戴上白帽子，穿上防静电工作鞋，在风淋通道里吹上20秒钟，才能推开总装车间的大门。一进门，王曙群习惯性地在门边的静电释放球上摸了一下，以释放体内静电，然后又站上人体综合测试仪测一下静电含量，确认指标正常，才踏入车间内部，尽管这两天车间内并没有安排生产任务。

据王曙群介绍，安装在神舟八号飞船和天宫一号目标飞行器上的对接机构，由118个测量动作、位置、温度的传感器，291个传递力的齿轮，759个轴承组合，11000多个紧固件以及数以万计的导线、接插件、密封圈和吸收撞击能量的材料所组成。这些航天零件大都很金贵，若产生静电，容易使元器件受到损伤，所以他们会从源头上尽可能避免。

“你看，这对接装置上有4个插头，每个插头有55个芯，一共是220个插孔，交会对接需要同时将220个插孔准确并同步插入插座。这就好比在完全失重的环境下，闭着眼睛拧螺丝。这插头上的针直径也就1毫米左右，一旦对接的位置、姿态稍有偏离，插针就会被撞弯，造成信号消失。若是这样，地面便无法判定两个飞行器的姿态或控制，导致对接任务失败。

如何才能确保对接任务圆满完成呢？王曙群告诉记者，要让两个重达8吨多的飞行器在太空中实现对接，最关键的部件其实就是对接机构中的12把柔性传动的对接锁。其研制难点在于如何让这12把锁在2把主动锁的带动下，实现同步传动。由于事关航天员能否在太空生存和能否安全返回地面，这12把锁的锁钩必须同步锁紧、同步分离，对接、分离时不但相关各舱室的气体不能泄漏，舱与舱之间也要“天衣无缝”，而且结合时须保持平稳，不能剧烈晃荡。

研制初期，对接锁系的装调最多经过3次分离与密封试验后，其分离角速度就无法满足同步性要求，且数据变化毫无规律可循，成为研制道路上的巨大障碍。王曙群上班想、走路想、睡觉想，就连吃饭也是连想带比划，终于通过反复比对大量试验所取得的数据，提出了“对接锁的同步性与钢丝绳的张力和绳轮的转动角度有关，但与锁钩的钩间距关系更为密切”的想法。

为此，他制定了多项试验方案，尝试着将每把锁的钢索紧固螺母每转动1度，测出12把锁对应的钩间距、钢丝绳张力和绳轮角度等3个变化量，每度重复上百次后，获取一组有效值，在多达150万个数据中，王曙群提炼出了钢索紧固螺母的旋转角度与钩间距、钢丝绳张力以及绳轮角度之间的变量关系，形成了每变化1度的装调对应关系表，不仅使得柔性传动的对接锁系快速精准地调整到同步，也使其同步稳定性从最初的3次提高至50次以上。

在王曙群看来，太空中“拧螺丝”，“拧”得好不好，全靠精细度。他告诉记者，在对接机构中，对接环的运动位置精度同样是影响交会对接任务成败的关键因素。整个传动链由数百对齿轮与轴承组成，长度约6米。精度要求不大于1毫米，俯仰、滚转和偏航角度均不大于2分，是普通传动精度要求的5倍。原先反复调整，都难以保证对接环不同位置的精度要求，多次运动后重复精度更低。在经过反复钻研实践后，王曙群创造性地提出了解决之道。通过自上而下的逆向调整法，实现了对接环在各个位置的精度误差均不大于0.5毫米，各方向角度偏差不大于1分，一举解决了总装精度调整难的问题，使得神舟八号和天宫一号在各种姿态下均能够实现交会对接。

2011年初，在天宫一号发射前，对接机构可靠性件在进行最后一项热真空试验过程中，出现对接锁无法正常解锁，两对接机构无法完成分离的情况。这让所有研制人员都吓出一身冷汗，因为如果不能尽快在短期内解决问题，不仅会造成巨大的经济损失，更会直接影响到天宫一号的发射计划。

技术人员经过分析后，列出了所有故障模式，但却无法判断问题根本，他们只能把最熟悉对接机构的王曙群请到了现场。在了解故障现象后，王曙群通过分析，找到了系统受力的最薄弱环节，认为对接锁驱动中的一根传动轴已断裂，且是由于地面控制设备驱动过载造成。通过数据回放和对产品的分解，证实该轴确已断裂，且试验过程中存在过载现象。相关人员随即有针对性地采取了措施，确保了天宫一号按时发射。

“这些过程和方法，现在介绍起来挺轻松，但却是我们在那些年从无到有，一次次创新、一次次试错、一次次纠正才得来的。这些年来，我们失败过、也彷徨过、气馁过，也痛苦过，但好在我们没有放弃过。”王曙群感慨道。

不能只甘当“老黄牛”，而要找到“不可替代性 ”

4月26日，王曙群在中国航天科技集团举办的报告会上发言。（郭宏兵摄）

全国五一劳动奖章、全国技能能手、载人航天工程突出贡献者、十大工人发明家、上海工匠……伴随着成功纷至沓来的，是一个又一个荣誉。这几年，王曙群有了自己的技能大师工作室，但在他看来，不能把所谓的大师工作室当成“荣誉机构”，而是应该作为一个创新平台，引领同事和徒弟们共同前进。

“很多人觉得我们是‘老黄牛’，但我一直跟徒弟们说，我们这工作最终是要出产品的，绝不能只甘当‘老黄牛’，一味地‘听指令’，而是要多动脑筋、多思考，想方设法在岗位上找到自己的不可替代性。”

在厂里，尽管这么多年从事的都是操作，但无论是设计还是工艺的同事都很佩服王曙群，称他为“双料特级技师”。因为在对接机构的研制中，王曙群常有“奇思妙想”，并牵头研制了五十余台套专用工装，使整个装配时间缩短了五十天。

王曙群给记者举了这样一个例子——在对天宫一号的对接机构部件进行实验时，他们曾发现在低温某个点时传感器信号会不稳定。“比如它在低温30℃的时候没问题，低温40℃的时候有反应，到了低温50℃的时候又没问题了。大家足足想了半个月，从材料、设计、安装方式等各方面挨个‘怀疑’，但都一无所获。”后来，王曙群在和生产人员沟通中得知，生产人员在固定螺丝钉时，曾在簧片上多点了一些502胶水。多点的胶水流淌到了簧片表面，给簧片增加了一点点的厚度。

于是，王曙群便拿增厚的簧片和正常的簧片做对比试验，结果发现，还真就是这一点点厚度影响了簧片在不同温度点的屈服力。原来，虽说簧片压在圆柱体上的压力虽然只有几牛米，但是压力大的时候在工作中会产生磨削，改变一点点簧片力的性能，实际上就是改变了接触力，信号就会变得不稳定。

类似的操作细节问题，以前可能解决了也就过去了，很少会留书面记录。但王曙群坚持要将它写入操作规范手册。“你听过海恩法则吗，那是关于航空安全飞行的，说的是每一起严重事故的背后，必然有29次轻微事故和300起未遂先兆以及1000起事故隐患。我觉得在我们这个行业同样适用海恩法则。因为在我们这种单件小批量的制作过程中，人其实是最不可靠也最不稳定的因素。出现重大问题了肯定会引以为戒，但在每个人的工作中其实难免会出现一些小问题。这些小问题可能不易被排查，也不“要紧”，但一旦暴露在关键时刻，影响恐怕就是‘致命’的。”王曙群说。

因此他最近正在考虑，以工作室的名义牵头，搜集整理相关的《风险案例集》，将大家工作中碰到的问题分层分类予以归纳，并通过PPT课件等形式，在日常的员工培训时给大家上课。就像记者在王曙群工作室和实验室里看到的那句标语：“做事有依据，做事按依据，做事留记录”。这句总结自失败的经验，正时刻提醒着王曙群和他的同事们。

这些年，已有15位同事陆续加入王曙群的大师工作室。他把大家分成培训、创新、攻关、交流等四个小组，分别利用业余时间开展相关活动。“前三个都是和业务紧密相关的，至于交流，以前我这方面并不擅长，多数时间自己闭门搞研究。但现在不光自己会主动参与，更会鼓励大家多和同行乃至其他的技能工作室交流沟通，寻求灵感。”他说。

王曙群告诉记者，看到宝钢的首席技师王军两度斩获国家科技进步奖，他就通过市总工会和王军大师工作室建立了联系。几番交流取经之后，王曙群回来鼓励大伙参与上海市科技进步奖的申报。功夫不负有心人，经过不断努力，目前团队已经斩获了两项上海科技进步奖。

2016年，王曙群成功获评“上海工匠”。上周，得知新一轮的“上海工匠”开启评选，他便积极鼓励一位同事通过市总工会的“申工社”App报名自荐。“我跟他说，像这样的事，哪怕单位没有名额推荐，自己去积极争取总是没错的。能不能选上‘工匠’另当别论，但至少我们要具备‘工匠’的能力与自信。”他还给加入工作室的各位定了个目标，凡是2011年以前进厂的，在明年之前，统统要想办法拿下“技师”职称。

换作几年前，要是有记者来采访，王曙群说他宁可悄悄躲进实验室。但这个下午，他却和记者足足聊了六个多小时。“多宣传，可以引起更多人对产业工人的关注。尤其像我们这样的工作，需要一支耐得住寂寞的稳定队伍。这样的队伍，除了要具备家国情怀，也需要相对稳定的收入保障。我希望媒体能帮我们适时呼吁呼吁，切实提高产业工人待遇，至少要让新进厂的年轻人感觉有奔头，他们才能真正静下心来，踏实工作。”