

# 0.015毫米的厚重与坚实

■记者 王震亚

在庞大的轧机下，0.015毫米是几乎无法感知的一个存在……

——《人民日报》描述手撕钢研发

## 引子

### 水滴钢穿

水能穿过钢吗？

记者手里有张用手撕钢做成的“柔性显示器用掩模版”，是做半导体、平板显示、电路板、触控屏必须的部件。

手机大小的一片，非常非常薄，在它面前，1毫米厚的钢带都像是“宽厚板”，要分成66等分，才能跟它一个厚度。

轻轻抖动，它会哗啦哗啦地、脆脆地响。用肉眼完全看不到，它上面密布着足足200多万个穿孔。当它覆盖在柔性平板上时，你食指施加的力道，哪怕再轻微，也可以轻松透过它，划动屏幕上的视频和图文。而它却是用钢做成的！

记者试着把一点矿泉水滴到它身上，水迟疑了一下，还没明白这是片什么东西，就惊异地看到自己的身体被扯成千丝万条，柔顺地穿过它，又汇聚起来，大滴大滴地落向地面。

人们把鲜花、掌声、荣誉送给创造出手撕钢的团队，习近平总书记曾亲切地称赞他们“百炼钢做成了绕指柔”。

但他们，却觉得有些小小的不安。

## 一

### 一张白纸，好做文章



太原市区南部，十几年前，靠近汾河堤坝的长治路中心北街，在还没有被水泥森林包裹起来的时候，一块普通的空地上，一家小小的隶属于太钢集团的精密带钢轧制工厂成立了，一波儿天南地北的小青年为它而来。差不多都是大学刚毕业，20郎当岁，被称为“太钢最年轻团队”。

招聘时，好多人跟张国星一样，身为太原人，觉得太钢是太原的好单位，而且精带厂子就在市区，离家近。后来才知道，其实离家近也不太容易能按时回去。

肖飞家在陕西，觉得距离不算远。后来才知道，老家要好几年才能回一次。

廖席来自四川，他先在外企工作了几年，来时是看中了精带这个平台，装备体系比较完善，“有搞头”。后来才知道，他要好几年才能适应北方吹得头疼的寒风。

胡尚举的到来，一方面是平台好；另外，太钢给研究生的过渡房政策也吸引了他。

不过，有好多青年报到那天有些失望，他们以为能叫“精密”的怎么也该是家高科技企业啊，就是那种穿白大褂在实验室里容光焕发的样子，操作着亮闪闪的设备。来了一看，有些傻眼，那会儿车间钢结构刚搭上，地面还是红色的裸土。工作服发下来了，蓝色的面料蓝色的领，一点儿也不高冷啊。

跟大伙一样，套上工作服时段浩杰也懵了，大学熬了几年，原来咱是个蓝领啊！更让人着急的，是他对精带这行，啥也不懂，又不能在领导面前失了大学生的锐气。他冒冒失失地问，领导，咱厂子里啥岗位最重要啊？

领导说，轧机。

段浩杰想也不想，说好！那我就干轧机！

作为新员工，段浩杰和伙伴们穿上工装，每天扛着撬杠跟着师傅拆大木箱子，拿着英文册子去核对设备仪表，然后跟着老外专家去安装调试设备。“零距离学习，听得懂

听不懂的，先装一脑袋再说。”

很多年后，他们才知道这机会好极了。“一上手就能跟老外专家，刚毕业就能调最先进设备。”

那会儿精带初创，能省则省，支撑辊买国产的，连磨床都没有，但是轧机作业区每个人都可以从轧机操作开始，轧钢、装辊、支撑辊装配，一个人从头干到尾，不像现在，工作划分太精确了。直到今天，段浩杰他们都能清晰记住“那一海水”的设备参数。

那时候精带刚刚创业，肖飞说，一年之内，各个项目全面开花，他“头发浓密，眼里有光，像海绵一样吸着水。”大家学东西都很有劲，不懂了问外方专家，或者邮件问南方的同学，或者自己找资料。

很忙，但是无忧无虑。

直到有一天——公司动员说，要轧0.02的极薄料了（当时还没有“手撕钢”这个名字）！

段浩杰回忆当初的动员，“其实公司说得特别简单”，上午与用户开了专题对接会，下午就开了启动会，没有想象中的红旗招展、锣鼓喧天。

当时的轧制能力并不理想——刚刚能轧0.05毫米厚的不锈钢带钢，也只是能干出厚度，表面质量“一塌糊涂”，“肋条纹”、“橘子皮”到处都是，成材率大约17%，就是一吨钢带穿进去，拉出来合格的只有一百多公斤！但是青年们兴致勃勃地应下来了。

李学斌接任务时“很兴奋、很期待。”为啥？“领导认可呗！把这么个大任务交给我们几个。”——他以为自己天赋异禀，完全没想到后头这两年会那么痛苦。

光亮主管梁新亮比他们大几岁，多少知道点儿这里面的利害。

干轧钢的都知道“破3”是道坎儿——当热轧厚度到3毫米以下、冷轧到厚度0.3毫米以下、冷轧精带厚度到0.03毫米以下时，都将面临巨大难度。如果你只是想把精带从0.05探到0.03，还有些办法，但是要从0.03到0.025，那就是极难跨越的鸿沟。后来他才明白，简直就是“东非大裂谷”！

段浩杰知道，精带引进的设备是有这个功能的，但是，当初外国专家调试时说得很清楚，太钢精带的原料是1.2米宽冷轧不锈钢带，原料无论如何会有“同板差”，就是厚薄不均匀，而精带轧机只有0.6米宽，原料需要从中一剖为二，那就肯定出现“楔形板”问题，就是板子一头厚一头薄。“这是你们自己原料的问题，不关我设备的事哈，不好意思”。稍后，德国人为之谨慎起见，又说0.02“仅存在理论可能”，拜拜。

因为从来没有人见过“0.02极薄料”是啥样子，青年们有些不服，轧钢不就是擀面杖擀面吗？使劲轧使劲轧，无限地轧，我就不信薄不下去！那会儿大家真是小看了钢带在反复轧薄时，内部分子结构发生的剧烈改变。应力增加，任何丁点的张力、温度、湿度变化，都会衍生出难以预见的影响。

虽说精带也是冷轧，其实跟普通冷轧相差很多。国内国外各家精带企业，虽是同行同业，却壁垒森严，各家只知道自家的事，信息互相封锁，不可能打听到别家的秘方。

轧极薄料到底有多难？

刘晓东在农村的家人爱吃龙须面，他就用龙须面来形容：擀面容易，但是擀龙须面就不太容易了吧，轧极薄料就像在气球上切龙须面，你说难不难？

肖飞管设备，找不到合适的词，只好用牙医手术的精度来形容，“根管手术，刀尖误差控制在毫米级”。想想他又说，就这都还不够。

梁新亮在退火作业区，说轧极薄料就是“大炮打蚊子，要非常精准，必须打到那个点去。”机组张力调整时，一般材料按吨计算，过极薄料就只能到公斤，甚至零点几公斤。

廖席说，轧机工作时，就像在山路开设计时速200公里的汽车，开动起来只能一直把油门踩到底，直到一次轧完，那是什么感觉？浑身紧绷，大汗淋漓。

但是当初，这些体会他们都无从知晓。

他们偶尔听客户说，有来自日本、美国的少量极薄不锈钢流入中国市场，客户们抢疯了，价格夸张到以“克”计算。

大家不免心驰神往，懵懵撞撞地就要往那高山去，完全不知道那山不是太原边上的太岳山，而几乎是——珠穆朗玛。

今天回想起来，极薄料作为轧钢工艺的高峰，太钢早已拿定主意，必须去努力、必须去拼搏。

今天回想起来，太钢之所以敢委这群青年以重任，也许正是看中他们无拘无束，没有经验却有闯劲。

一张白纸，好做文章。

## 二

### 漫长的挫折

为拍摄纪录片，记者在确保安全情况下，设法将小巧的摄影机伸入精带轧机内部——不看不知道，外表高大光洁、温和敦厚的轧机，里面危峰兀立、层叠叠嶂，数不清的机轴包裹着工作辊，只轻轻一启动，它就像暴龙在咀嚼，咽喉里发出嘶吼。

精带轧制生产线很长，光是轧机反反复复就要5个轧程，100多人，50个班次、15天的时间。轧机工作辊有20根，每轧薄一次，轧辊就要重新配比一次，这其中的排列组合有上万吨。

2016年团队启步，没有开工大吉。挫折第一时间就来了。

一开始，轧机过0.05的料板都费劲。料太薄了，还没等开轧呢，穿带时它就断了，你往辊上一放，手还没缩回来呢，它就断了。

如今大家都知道，在做了某项改进后，薄料穿带可以很顺利，当初却只好凭“感觉”、“传说”或“老天眷顾”。

“那几年，听够了断带的声音，‘嘭、嘭、嘭’”。

在轧机前采访主操吴琼，让他讲讲“攻关那两年的故事”，胖乎乎的吴琼痛心地说，“天天断带，别说轧薄料了，有时候轧厚料也断……”

断带——你以为就是轧机把钢带扯破了呗。不是，不锈钢精带的断带，其实几乎是一次“爆炸”——“嘭”一声，像手榴弹，退伍军人出身的吴琼很熟悉这声音，破片像弹片溅开，很多破片非常细小，飞得轧机腔体里，到处都是。

这时候，只能叹口气，关机，深呼吸，活动活动身体，扣紧衣服，打开轧机机腔——钻进去，清理轧机。至今还没有供应商想起来为清理轧机碎片发明特种工具，那时候蜷缩在机腔里的吴琼只好自己开发。“厨房用的刷子、小孩玩沙子的勺子、夹邮票的镊子”，还有就是手指头了——最讨厌的是落在辊缝里的渣渣，可不敢划伤了辊面，只能小心翼翼地一点点黏出来。

轧机里到处是轧制油，钻出来时吴琼浑身油乎乎的。回到家，他自我解嘲地跟媳妇说，厂子里安排了个“有油水的活儿”。

好容易过了轧机，带钢到了在光亮退火去应力环节，这时候它已经比纸还薄，比纸还软，“捧在手里怕摔了、含在嘴里怕化了”，即便这样仍然“太厚”。

今天关于手撕钢团队的报道，几乎都提到那个著名的数字——711。说团队失败了711次，其实711次只是轧机作业区的失利，光亮区的“败绩”还没有算在里面。

大家知道，虽然带钢离目标厚度还差挺多，但它已经相当薄了，已经是很好的材料了，如果投放市场，其实是很值钱的。“一次试轧要好几百米的料，一次失败，代价不菲，想想都让人心疼。”

“抽带，简直是抽血哦。”

没办法，轧机那边只有20个工作辊，光亮这边是几十上百个轧辊，力学情况复杂得多。那时候胡尚举的“多点转矩平衡补偿提高手撕钢控制稳定性”专利还没开发出来，也没有大数据分析。有段时间，光亮断带也是天天有，处理起来麻烦得多。

梁新亮说，那时候只好停机、降温，把机组清空，把所有钢带取出来重新穿，这个工作量非常大，一次就要24小时……等重新穿好，按新方案调整参数，继续下一次。你眼睁睁看它进了退火炉，想象着柔弱无骨的它，要在高温里颤颤巍巍经过260米长的带钢通道，不知道它这次能不能挺过冲撞上来的压力、张力、拉力——你只能在外面干着急。

那时候大家都不做声，口中默念“平常心、平常心……”但是突然——“噔”——大家猛地浑身一颤，然后叹口气，不说话，喝口水。不用说，你知道接下来24小时要干啥了。

梁新亮说，



我们倒不是怕累，累的是天天要干同样的事却没有进步。

今天大家看手撕钢，只觉轻巧可爱，捧在手里颤颤的仿佛有心跳，其实它出生前，曾无数次折磨过研发团队。

比如，它也有力道惊人的时候。李学斌亲历过一次断带，带钢竟然能把轧机辊系搅和得天翻地覆，让一个工作辊发生“寸断”。那时候不知道该怎么驾驭它，一度束手无策，十分崩溃。

李学斌自小患皮炎，平时还好，一紧张就发作，一疲劳就加重，但是工作经常从白班直接干成夜班，身上难受，心里更难受。

“在你没有想到什么好办法的时候，一头雾水，心里就非常痛苦。”

“我们到底什么地方做得不对啊？”

就是到了精整，它也一样乖戾。

按说精整，不就是矫正板型，切一刀，把钢卷包起来吗？

手撕钢上来就跟你没完！

安志远说，你想不到极薄料在卷曲时“塌卷”的可怕样子，你需要极度小心地将外力逐步消减，一点一点、一点一点，你只好经常在机器上爬上去下。学日语出身的安志远本来也是爱干净的人，从那以后，每天一身腻腻的黄油。

张国星说太钢有个老传统，“你要和机器长在一起，对，道理我们懂。但这家伙也太难相处了吧”，“它好像就见不得你休息，它不休息时你不能休息，它休息时你也不能休息，它打哈欠你不能打哈欠。稍一分神，它就咳嗽给你看。”

吴琼说，学会开轧机，很简单，但是要轧好，就难了——大机器生产的钢卷不是千篇一律的，每个卷不一样，你得“悟”。

关键时期，团队只能拼了，每天工作12小时，测试、开会、吃饭都在现场。

会议室提示板写着的工作内容，永远是一样的。

研发、测试、开会，改造准备。

研发、测试、开会，改造准备。

……

这样的日子，一个月还可以，三个月还凑合，前后竟然两年多。

大家说苦就苦这儿了，每天做的事都一样，出现问题也都一样，一天一天的，一样的失败，一样的没有进展，你不知道做错了什么？甚至不知道做对了什么？

他们感觉是陷入了死循环了。

有段时间，人已经混沌到分不清日月周年了，他们只能靠加班饭的菜式来注释当日作业的某些要点，比如：

“鱼香肉丝饭那天改善了什么什么……”

“萝卜牛腩面那天决定了什么什么……”

“黄山骨头汤那天学习了什么什么……”

人开始疲惫。整个团队都在挫折中。

最困难的时候，项目进展“原地蠕动”，胡尚举说“匍匐前进”都比这快，做了这么多事，做了这么多天，你甚至不清楚到底是在进啊，还是在退？

只有一点是可以确定的：“未来还有很多很多的未知。”

大家不免心生恐惧。

终于有人说：“这个0.02，恐怕就不是我们这波儿人的事啊。”

作为团队核心，段浩杰说他“原来是个不爱说话的人”，参加研发时，他同时还要管理轧机作业区56名员工，很快他就变得“说话快、说话急、走路快”。领导几次提醒他，“要给人点反应时间哈”。

段浩杰忙得连给自己反应的时间都没有，研发团队、作业区，一个人一个样子，都有优点，都有缺点，但是事情一汪一汪涌来，不给他们反应的时间。

现场越来越严苛，比如不能有蚊虫，不能有震动，不能有尘土……

有段时间大家琢磨，是不是天气太热引起轧制不稳定？

怎么办，要不就晚上来轧？

于是他带着团队深夜12点进厂，3点开轧，轧到5点天亮，白天继续上班——但轧制还是不稳定。

“大家都是小年轻，日子久了，大家都脾

气躁躁的。”段浩杰知道大家憋得苦。他看着他们从打光棍，到找对象，到结婚，到生小孩，他手机里存着他们媳妇的电话，时常接到谁家媳妇愤怒的来电，问她老公死哪儿去了？

其实段浩杰年龄只比他们大一点点，心里也常窝一肚子火，让兄弟们钻轧机，几个星期可以，几个月可以，要是几年呢？那可怎么受得了？

他的脑袋也被手撕过好多次。

终于，终于，大家还是没有放弃。

今天想起来，大家都说，还好我们是一个天造地设的团队啊。

有个说法，搭建团队，要注意吸收“活跃的、看得开的”“爱开玩笑的”，会有奇效。

比如质量工程师任岩，就有点像《士兵突击》里的吴哲。再累再苦，他也能抖擞着大家开心、聚餐、打篮球，能缓一点儿是一点儿。他笑说“我的角色是鼓励大家做正确的事，咬着牙一次做对，才能次次做对。”“反正事情都发生了，何必内耗呢？”

比如喜欢开玩笑的胡尚举。为了帮助大家一起熬苦哈哈的日子，研究生胡尚举真的研究过，而且有结论——就是“浅睡眠”。具体方法是，烦躁时冲一杯茶，乘太烫喝不了，你就桌上趴一会儿，醒来茶凉了，一口下去，情绪也舒缓了脑子也清楚了，还可能有点灵感。

有一次仪表不知道哪儿烧坏了，胡尚举和伙伴们一点点查一点点找，7天7夜脑袋没挨过枕头，还是找不到，就说“要不浅睡眠里找找”，于是就在操作室地板上，你背靠我背靠你，不料没掌握好剂量，一下子“深睡眠”了，还赶上大领导来调研。旁边人赶紧要拍他俩，领导忙说不要打搅不要打搅，让他俩睡吧。

这一觉睡得结实。灵感没找到，但胡尚举说，我找到了我们团队的温度。

## 三

### 你所站立的地方



这是一个普通的日子。

机器依旧“啵啵”几声，依旧先吐出来是灰头土脸、皱巴巴的带钢，突然，橘子皮之后，紧接着一大段平平整整、亮亮闪闪的带钢若无其事地出来了——这是世界上第一段600毫米宽幅、0.02毫米厚度的极薄冷轧不锈钢精带。

大家伙简直不敢相信。

虽然没有持续多久，但只要有了这一段，就表明最近的一系列改造、修正起作用了。虽然尚不清楚究竟是哪一点、哪一组起了关键作用，但是范围缩小了，答案就在眼前了。

大家一起揉揉眼，目不转睛——这真是我们干出来的？

想起当初，他们也曾抵触过这项目，也曾多次恨恨地想掐灭了那股火焰。

本该高兴的时候，忽然有人泛起了些难过，心坎里一团干涸了许久的东西湿润了。

——这真是我们干出来的！

当然，这一天还不是终点，手撕钢的成功不是某一天、某一刻，而是前后又经历了许多天，又经历了多次反复，再剥离出一系列起决定性的因子，再分析、监测、固化，才逐渐建立起完整的工艺。

2018年6月15日，第一卷完美的0.02毫米厚度不锈钢薄带顺利下线。

质检员黄晓恒记得他们给第一卷正式达标的手撕钢取样的情景。

天气有点热，他们几个全神贯注，一个人负责剪，一个人负责裁，一个人负责摘保护膜，害怕汗滴到钢板上，旁边专门有人给他们擦脸——像做了一次紧张的“接生”。

（下转第4版）

