

第 1 章

那个年代的技术启蒙

青少年时代，我多次感受到了社会中灰色和无常的一面，我们看到的社会与学校教育中说的完全是两回事。怎么样才能把命运掌握在自己手中？一位与我有同样经历的小学同学写信对我说，人要有“一技之长”，才能在社会上立足。所以，从进工厂起，我就有了个理想：奋斗十年，成为工程师。

☆ ☆ ☆

真正的原创性的研究和设计是非常锻炼人的，也非常有挑战性。这样做出来的产品，对公司来说也掌握了真正的技术。在我二十年研发工作经历中，这样的技术上深层次的项目不多。事实上，现在很多国内 IT 公司的研发部门也是如此。我见到的一家国内 PC 大公司的名校毕业生，在外观堂而皇之的研发中心津津有味地做着整机级的模拟用户使用时的测试。没人告诉他们，这不能算是研发。

人的一生可能重要的就是那么几步，机会也就是那么几次，如果都走对了，又都抓住了机会，那么就会有所收获。回顾二十年来走过的职业道路，对我的人生起重要作用的第一步就是心诚遇良师，在那个技术紧缺的年代让我得到了受益终身的技术启蒙。

得天独厚的师承

1977年，在阳光明媚的5月，我进了宿迁无线电厂工作。今天，已极少有人知道这家厂了，但当时这家厂还是有些名气的，是个藏龙卧虎之地。工厂里负责新产品设计的队伍中有在“文革”中遭解散的南京无线电工业学校（“南无”）的校长、教导主任、系主任及各科教师。其中有中国第一代电化学专家叶厚禹，第一代无人驾驶康拜因（拖拉机）的无线电控制设计者赵骥，第一代无线电专家洪瑞楫，第一代雷达设计师赵柏林，第一代飞机机械师龚维蒸，还有靠“自学成才”的在20世纪60年代即成为国营华东电子管厂工程师的张世昌等几十位杰出人才。

这些人才，多是因政治运动，先被排挤到学校，再被下放到宿迁。在文革后期，宿迁县依靠这些人才办起了宿迁无线电

厂。叶校长当了厂革委会副主任，教导主任俞家琦任新产品部门负责人。工厂的产品是晶体管图示仪和集成电路测试仪以及微波测试仪器。他们给这个小城留下了一批代表中国电子技术水平的产品和一些至今仍为人津津乐道的故事。他们收到的国外亲友寄来的各种技术资料 and 从 1860 信箱订来的影印本原版杂志，像美国的 Microwave 和 IEEE 的杂志也引起了我们年轻人极大的求知兴趣。

1977 年底，工厂举办了“微波漏能测试仪新产品设计 / 生产鉴定会”。会上来了很多领导，包括电子工业部科技局、生产调度局的局长和处长，省电子局局长及县里的领导。在吃饭时的座次上，大家推让不已。因为从级别上讲，部、省来宾应坐上席，但来的贵宾中多为“南无”20 世纪 50 ~ 60 年代的毕业生，面对原校长和老师他们都不好意思坐上席，后来还是叶校长坐了上席。产品通过生产鉴定后，电子部还拨款在宿迁无线电厂建了全国最先进的微波屏蔽暗室，包括从美国进口的微波发射和接受设备。这是迄今为止这个小城得到的最高级的电子设备。据粗略估计，20 世纪 60 ~ 70 年代，在中国的电子工业中，不论是企业还是政府部门中的技术骨干和管理干部，其中有 1/5 是“南无”的毕业生。

那时候这些“南无”的老师们都工厂的新产品设计部门，工作气氛既严谨认真又轻松幽默，还有常见的知识分子互相不服输的较劲心理。好像是约定俗成一样，每天下午 3 点钟左右大家会到走廊中间的一间大房子里休息一下，聊聊天，老师们也会谈谈设计中的技术问题。我们年轻人多是充当他们的听众。

有一天大家起哄，让年近六十岁的赵骥老师与年轻的刚毕

业两年的大学生，也是数学解题高手的陆伟青比做高等数学题，有人找来同济大学的高等数学习题集，选了五道题。两人同时开始做，结果是陆伟青先做完，但是做错一题；赵老师晚了六分钟做完，结果是全对。赵老师说，高等数学题自己已有二三十年没做了。我们问他为什么现在还能记住这么多微积分公式。他说在西南联大读书时，高等数学题做了两三千道，把能找到的题目都做了，所以做微积分题就好像做加减法一样，永远不会忘掉了。在他们这一批工程师中，功力深厚的绝非少数。像龚维蒸老师推导机械传动中的“简谐运动”公式，一口气可以写四大黑板，完全不用看书。

龚维蒸老师原为系主任，戴一副圆圆的眼镜。他当时已有50多岁，头发花白，白白胖胖，身材与人一样给你一种敦厚的感觉，看着他，脑中就会自然冒出“一团和气”四个字。他是南工（现东南大学）双专业1950年毕业的本科生，也是20世纪60年代中国第一本《无线电设备结构设计》教材的编写者。在工厂是结构设计室的主任。

当时有六七个高中毕业生跟他学模具设计和仪器结构设计，我是其中一个。我们每天半天学习结构设计专业理论，半天工作。龚维蒸老师主要给我们上四门课：《机械制图》《材料力学》《冷冲模设计》《无线电设备结构设计》。他讲课深入浅出，循循善诱，结合实例。总是鼓励人，从不批评人，也从没见过他发脾气，是一位真正的敦厚长者。当时我们基础实在是太差，他讲完一点，总是会问我们：听懂了吗？因为我的好问和勤奋，很快在几个人中脱颖而出。技术上有任何问题，龚老师都能回答得清清楚楚。有一次龚老师对我说，你提的问题不错，都是经过了你的思考。可能正是因为这一点，龚维蒸老

师教给我的技术要比别人更多一些。

一年多的上课使我打下了良好的无线电设备结构设计理论基础，我当时还花半个月的工资买了美国材料力学权威铁摩辛柯写的《材料力学》一书，硬啃了很长时间。一直到后来我读了大学才知道，龚老师为我们选的课是多么准确和有效，使我们一点弯路没走。我的一个大学老师跟我们说的是：学好《机械制图》《材料力学》，给你半个工程师。对一个电子产品结构设计工程师来说，真是金玉良言。我跟着龚老师学习设计了十几副冷冲模具，包括复合模具、连续跳步模，并成功地投入生产。看着自己的设计从脑中设想变为图纸，再成为零件并做成产品，心中就特别地开心。

那时做仪器框架设计，没有铅型材，框架是用薄钢板涨筋加折弯做成的。涨筋模是比较有难度的模具。龚老师设计了零件和做这个零件用的4“哈夫”涨筋模具，生产时要用200吨的冲床来做。开始试冲时模具被卡死，不能脱模，我们跟在后面看着龚老师调整模具的滑块行程、配合精度，增加润滑，提高卸模力，问题一步步被解决，从中学到了很多实际经验。

我跟龚老师保持了二十多年的来往，但奇怪的是想写下一些比较特殊的事情却什么也写不出。不过每到过年，我去看他时，听他说话，真是如沐春风的感觉。他的那种淡泊从容加上对专业领域的透彻掌握，实是一种人生难达到的境界。而且他是那种有求必应的人，所以工厂很多技术事都会找他帮忙。只可惜我从他那里只学到了技术知识，没有学到他那种气定神闲的心态。十多年后，有一次我被叫到生产线上去处理问题，别人都面部紧张，看我面带微笑，问我怎么不急，我说是吗？我才知道那种表情原来是“胸有成竹”的自然流露。

我的另一个师傅是张世昌，因为工厂要自制一套4开制版机（用来做PCB胶片的机器，即大型工业照相机），他点名要我去。我被抽调到这个产品设计小组跟他学做结构设计，实际上主要是制图，将他的设计思想用图纸表达出来。第一天到这个产品设计小组，他让我削支铅笔，结果他不满意。他自己削了一支让我看：用中华2H铅笔，笔杆前端削成20mm长的圆锥，铅芯露出圆锥5~6mm长，再用细砂纸将铅芯磨成圆锥形，铅芯尖头直径0.2mm。然后他用丁字尺画了一条直线，一边画，铅笔一边转，铅笔与图板倾斜成60度。他说，这样笔尖不会一下被磨秃。削好铅笔后，他让我写0~9的阿拉伯数字。我写完后，他说，你数字写得不错，我推荐你去财务科。看我脸涨得通红，他说“8”字要这样写：我看着他用了四笔，每笔一个半圆写成了标准的仿宋体“8”。就这样我跟着他一丝不苟地开始了制图工作。他教会我选择三视图的技巧，运用局部剖视图和重复剖面图的表达方法，特别是强调要精确、简洁、完整地表达零件，不能少表达一个要素，也不要多画一个视图。“让水平低的人也能看懂你的图，才是一张好图纸”，“好的工程图纸就是一幅艺术画”。这些设计理念，深深地影响了我。他极富创意，教会我巧用机械原理，实现制版机结构和传动的设计。我们设计的滚珠丝杠传动副一个人站上去，用手轻轻转动手柄，就能把人从轨道上带走，使我感到了机械的神奇。一个个想法从图纸变为实体零件，也使我渐渐地喜欢上了技术工作。

一次，有一台冲床的“冲头把”断了，它的头部是球形的，按当时的加工条件，高精度球形金属零件是比较难加工的。张世昌老师后来想出了在铣床上用倾斜的铣刀盘旋转时画出的圆弧加上用铣床分度头进行微小的步进分度，在铣床实现

了球形加工，并通过手工打磨使球面达到了光洁度的要求。

在没有高精度的测平仪时如何测出一个物体的表面平面度？张世昌老师教我们可以站在屋内面对窗户，看光线透过窗框在被测平面上的投影。当你移动被测平面，而窗框的某一条线投影在被测平面上清晰度都始终如一，则被测平面已高度平整。

张世昌老师还是一个多才多艺的人，他做的古筝，被淮阴地区剧团长期使用。他甚至教我们自己制作小提琴，告诉我们做小提琴要用什么木料和什么特别的剖料方式，并带着我们在木材厂的原材堆放地里四处找寻合适的木料。这个问题在我后来带的多个研发团队中，作为有奖问答，几乎无人答出。

他给我，也是给那个小城留下最深的影响的也是一项匠心独运的设计。当时有一出大热的话剧叫《于无声处》，各地都在排演。此话剧有两个多小时，要反映的情节是 24 小时。张世昌老师用一座钟改变传动比，加上硬纸板做成大钟面和表针，用缝纫机做车床加工精密零件。钟做成后，挂在舞台上，演出时，这个钟成功地反映了剧情需要的时间变化。

张世昌老师家住县图书馆。他太太是 20 世纪 50 年代的北大图书馆系毕业生，当时是县城图书馆馆员。星期天我去借书时，常看到他一家都在图书馆院中读书。他看的杂志、书籍面非常广，比如《化石》《乐器制作》等冷门杂志。我从小就养成了阅读的习惯，但限于文学类。进工厂后，因工作需要也常借技术书看。受他的影响，我开始读《地理知识》《航空知识》《科学画报》《化石》《考古》《摘译》等五花八门的杂志。

工厂主产品 JT—1、JT—3 晶体管图示仪畅销全国。这种设备每台成本几千元，销售价 75000 元，市场竞争也不激烈。

1977—1978年是我学习技术的最幸福时光。那样的学习、工作条件，可能今天的研究生和一流企业也不能具备。工厂环境在当时也称得上是花园工厂，有良师，有一个好工作，有技术可学，衣食无忧，没有什么竞争，还有一个自己心仪的女孩是同事，刚刚从生活的阴影中走出来的我，真的好像是来到了理想中的乌托邦。

我是1970年随父母从南京下放到宿迁农村的，1974年在宿迁中学高中毕业，1977年才进这个厂，岁月蹉跎。实际上，在我初中毕业时就面临着不能读高中的问题。当地的中学校长说，我们贫下中农的子女还不能读高中，怎么能轮到你们呢？那时不知是一种什么力量促使我一门心思要读高中。后来经过父亲的努力，才进了公社高中。随后父亲恢复工作到了县城，我也转学到了宿迁中学。

青少年时代，我多次感受到了社会中灰色和无常的一面，我们看到的社会与学校教育中说的完全是两回事。怎么样才能把命运掌握在自己手中？一位与我有同样经历的小学同学写信对我说，人要有“一技之长”，才能在社会上立足。所以，从进工厂起，我就有了个理想：奋斗十年，成为工程师。当时文革刚过，全民学英文、学技术，工程师寥寥无几，是大众心目中千里挑一的人物。

1978年起，国家落实知识分子政策，原南京无线电工业学校复校，老师们陆续回宁。

“山中无老虎，猴子称大王”，我成为工厂结构设计的骨干分子。当时，中国医科大学的张作范等三个老师发明了立体幻灯投影仪的原理样机，与我们工厂技术合作进行产品化开发。我在沈阳与他们做联合设计一个多月，得到了一次技术锻

炼，也知道了光学行业是以 0.001mm 为精度单位的。后来，我们做成了 5 台样机。立体幻灯投影仪可以用来做医学解剖教学，他们和我带着样机到卫生部做演示。让我印象最深的是，卫生部的一个办事员比大学老师“牛”得多。

后来我独立承担了设计一条仪器生产流水线的任务，为此特地到福州福日电视机厂参观，当时该厂有中国第一条从日本进口的电子产品流水装配线。回来后，从规划、设计装配图到零件图，然后再选定调速电机、继电器、调速控制器、减速箱、链条、轴承，全部都由我一个人承担。记得我在上海的北京东路第一五金店选定需购物品后，当即借用店里的电话通知厂里电汇款项，只留下一张工厂介绍信，订购物品即让我带走了，那时人与人之间的互相信任是现在的人做不到的。流水线设计制作完成后，第一次在宿迁无线电厂实现了仪器生产连续流水作业。

三年寒窗

1978 年，我参加了高考，可惜没考上。主要原因是当时我的工作已经不错了，没有全身心投入复习，现在看来是鼠目寸光。原本准备来年再考，可突然来了读大学的机会，那就是中央广播电视大学开办并且冬季就招生，1979 年 2 月开学。开始并没打算读，可是读电大有一个好处是可以带薪上学。就这样，通过简单考试，我开始读电大。另一方面，工厂新产品设计又需要人，所以我读电大的三年是一边读书，一边工作。

大学的三个要素：名教授、图书馆、实验室，实际上电大仅具备了第一个。当时授课的大多是清华、北大的老师。电大

也成就一批名师，像教 Basic 语言的谭浩强、教英文的郑培蒂被媒体评为全国学生最多的老师。他们走到哪里，都被优先照顾，因为到处都有他们的学生。电大是全国统一教材、统一上课，通过电视同步传到各地。由于当时还没有有线电视，只能无线接收。县里电视差转台常出故障，刮风下雨天线摇摆，转播效果更差，屏幕上往往是雪花飘飘。一节课耽误了，就无法弥补，全靠自习。电大采取的是宽进严出，考试是全国统一试卷，考试地点相对集中。我们考试是在地区的淮阴市，完全没有普通大学老师、学生面对面的种种便利。我们那个班开始有 50 多人，一学期下来就不见了一半，一年后还剩 15 人，到毕业时拿到毕业文凭的只有 8 个人。

读电大的三年，因为是一边读书，一边工作，时间根本不够，所以每天只能睡 4~5 个小时，整整 3 年几乎天天如此。尽管时间很紧张，我还是十分注意锻炼身体。我多年的习惯是冬天用冷水、夏天用热水洗澡。冬天清晨 5 点钟左右就起床，围绕县城跑一圈，大概 5000 米，再洗冷水澡。然后去办公室读书，到点再去上课。夏天则去运河游泳，每天横渡运河两个来回，大概有 800 米。所以尽管这样辛苦，身体还是很好，只是人变得精瘦，体重从 120 斤变成 97~98 斤。而且以后十年，体重未超过 100 斤。为什么有那么大的恒心？除了成为工程师的理想，“书中自有颜如玉”才是真正的最大激励。

我的中学是在“批林批孔”和“反击右倾翻案风”的政治运动中度过的，数理化的基础很差。因此在学高等数学时往往需要将中学教材找出来看相关内容再学大学教材，这样做一道题目会需要一两个小时，有时心情很沮丧。我们同学中的王宇、邵军做数学题的灵活性和反应速度是我们大多数人不能达到的。之所以我可以和他们一样，能一关一关地闯过来，可能

是比他们多花了一倍的时间。勤能补拙，我有了自己的体验。记得在上有机化学课时，半学期下来，我对这门课的基本概念都没有建立起来，化学反应的来龙去脉完全搞不清楚，上课时就是晕晕的。后来是找来中学的化学课本，再读了一些相关科普读物，才有所领悟，慢慢地读了进去。

后来，毕业设计使我找回了自信。我做的是“RL—2微波漏能结构设计”，那也是我们工厂实际研究的一个新产品，用来探测微波设备的微波泄漏能量。微波设备包括雷达、电视发射台等，超过 $30\text{mw}/\text{cm}^2$ 的微波对人体是有害的。在毕业设计答辩上，我从探测原理讲起，结合挂图介绍了主要器件——传感器。又介绍了为将传感器上获得的讯号能在表头上显示出来，需设计放大电路和转换电路，这就是电路设计工程师的工作。另一方面，为了让电路板和读数据的表头能放在合适的位置，需要设计一个支撑架；为了电路不受干扰，需要考虑 PCB 走线的电容效应，还要设计一个屏蔽罩，以防电磁辐射；为了保证移动中可正常使用此产品，特别要考虑防振设计；又为了传感器便于手握，特别要设计合适的形状、大小和重量。而这些就是电子产品的结构设计。我还重点介绍了产品中需要的一种材料：它既要能够被制成异型，又要能耐高温不变形，还要对微波无反射，包括为找到这种材料（氮化硼）所做的研究设计过程。

我的报告使评委们认为我是老师出身，善于表达。其实那时我是一说话就脸红的人，平时很少与人交流，只和几个投机的人才会有话说。之所以能滔滔不绝地进行讲解，是因为真正用心地做了这个毕业设计，是“肚子里有”才说得出口。也是因为这次答辩，后来我被请去做了电大兼职《画法几何》的辅导教师，才真正开始锻炼口头表达能力。

我之所以比较详细地叙述这件事，是想说明这样真正的原创性的研究和设计是非常锻炼人的，也非常有挑战性。这样做出来的产品，对公司来说也掌握了真正的技术。在我后来的二十年研发工作经历中，这样的技术上深层次的项目不多。事实上，现在很多国内 IT 公司的研发部门也是如此。我见到的一家国内 PC 大公司的名校毕业生，在外观堂而皇之的研发中心津津有味地做着整机级的模拟用户使用时的测试。没人告诉他们，这不能算是研发。我的一个感觉是这些年来国内很多 IT 大公司研发越来越浅，远不如 20 世纪 80 ~ 90 年代的企业。所以，整体上现在我们工业技术与发达国家相比可能离得更远。当然有些公司除外，像华为、中兴等。

第 2 章

十年磨一剑

设计管理的一个通则是，把技术问题解决在前端，将大大降低新产品失败的风险和成本，这是技术管理者要关注和研究的重要课题。

☆ ☆ ☆

我接触过很多的工程师，发现他们虽然在 R&D 部门工作了好几年，但并没有掌握他们那个专业的知识和技能。更糟糕的是，他们不知道做那个专业应该学些什么。没有一个好的师傅指导，会走很多弯路，甚至于就此碌碌无为。

☆ ☆ ☆

一个成熟的结构设计工程师，就是在自己的专业内能将设计“一次做对”，并达到图纸表达清晰、准确、完整，设计的产品结构最简、成本最低。

☆ ☆ ☆

写技术论文不仅使自己进一步理清思路，也会加深对问题的理解，因为你写的时候才会发现，有些问题原来自己并不很清楚，给别人讲课也是如此。写和讲看起来都是在帮别人，实际上也是于己有益的事。后来，我对工程师的要求都是要会做、会写和会讲。

初生牛犊不怕虎

我的父母已在 1980 年调回南京工作，因此我也积极寻求回南京的机会。1984 年，经人介绍并经考试，我进了南京熊猫集团东方无线电厂。工厂原为南京无线电厂的收音机车间，后成为熊猫集团控股厂，主要产品是熊猫牌收录机和组合音响。

我先是在工艺科结构室，主要的工作是：在产品的设计阶段审查设计部门的结构设计图纸工艺性；在生产阶段承接设计部门的技术，写工艺流程卡（作业指导书）和处理生产线的技术问题。

就现在看，后一个工作任务就是现在很多公司里工程部的职责。而前一个工作任务在大多数公司没有专门部门承担，这也是很多研发部门新产品样机做得可以，但在进行批量生产时问题百出的原因之一。一个通则是，把技术问题解决在前端，将大大降低新产品失败的风险和成本，这是技术管理者要关注和研究的重要课题。

半年后发生了两件对我有影响的事。第一件事是描图员忙不过来，我去客串帮忙，在描一张图时，顺便改掉了一个明显的设计表达错误。按理描图员是不应做任何改动的，所以这引起了那位设计师的不满。好在负责结构设计的副所长就在旁