

费因曼的科学洞察力

诺贝尔奖金物理学奖获得者美国加州理工学院教授 R. P. 费因曼不幸于 1988 年 2 月去世。就在这个月的《今日物理》上发表了他写的长文《挑战者号事故调查中一个外行人的内行见解》。从这篇文章我们可以清楚地看到，他为人正直，办事认真，具有非凡的科学洞察力。这篇文章很长，在这里我们只能作简单的介绍。

在挑战者号失事后几天的一个星期五，美国国家航空航天局（NASA）代局长、费因曼教授以前的学生 Graham 打电话邀请他参加事故调查。他本来不想参加，因为他原则上不愿为政府做任何事情。经过他的朋友们和他妻子的劝说，他才同意了。下一个星期一的下午四时，他接到通知，他已被邀请参加以前国务卿罗杰斯为首的委员会，并且应在星期三到华盛顿开第一次会议。星期二他就到附近的喷气推进实验室找人了解航天飞机的情况，收获很大。人们告诉他，热气流曾经几次烧穿密闭用的 O 圈，气流可通过氯酸锌油灰中的孔洞侵蚀 O 圈。他们还告诉他许多有关发动机的事情，当他们看到航空飞机爆炸的时候，他们都认为是发动机的问题。费因曼工作得非常紧张，就象他当初在洛斯·阿拉莫斯研制原子弹时那样，因此他就象海绵吸水那样接收了所有的信息。星期三一早他飞往华盛顿。

在从星期三开始的三天内部和公开的委员会会议上，NASA 官员提供的材料很少，来自空军的 Kutyna 将军详细地介绍了 Titan 火箭事故调查的情况。罗杰斯却表示：他们的调查方法很成功，但不适用，因为在航天飞机事故中得不到如此之多的信息。费因曼认为，这种看法显然是错误的，因为对载人的航天飞机的监测越是仔细，得到的信息会越多。罗杰斯安排再下一个星期四到佛罗里达州肯尼迪航天中心去继续调查。

费因曼对五天内不工作的状况很不满意。经过交涉，他获准单独去 NASA 继续在 JPL 开始的调查，了解到了密封问题很早就被发现以后的一些情况。NASA 过去的报告一方面说密封需尽快加以改进，另一方面又说，只要采取高压检漏等措施，装置继续飞行是安全的。然而，费因曼看了这些报告后指出，这二点是互相矛盾的。他还指出，同一个计算机模型去分析在如此复杂条件下哪一小块橡胶会被烧坏，他是不相信的。后来果然发现，高压检漏还会使油灰中出现孔洞，这对密闭有损。他认为 NASA 过去的态度（认为即使有小小的漏气，航天仍可成功）是十分危险的。

星期天 Kutyna 将军打电话给费因曼：“你是一位教授，请问低温对橡胶密封有何影响？”费因曼知道，以前发射时的最低温度是 15°C ，而失事的那次是零下 2°C 。他回答：“它会变硬，失去弹性”。

周末的纽约时报发表了一篇谈到密闭问题的文章，为此委员会在星期一临时召开内部会议，会上获悉 NASA 雇员从录象中看到，刚升空时就有烟从一个连接部位逸出的迹象。更有意思的是，有人送来的一份报告说，制造助推器的公司的工程师们曾经指出，在零下 2°C 弹性会消失，密封会出问题，他们建议不要在 15°C 以下发射。费因曼随即向 NASA 询问低温下橡胶 O 圈的弹性，得到的回答是，在一定温度和压力下压挤橡胶二小时再松开，橡胶将在几小时内蠕变回去。这样的回答是毫无意义的，因为他问的是发射后几分之一秒内发生的情况。如图 1 所示，固态助推器连接部分的 O 圈被放置在间隙之中，O 圈直径 12ft、长约 37ft。当火箭内部压力增大时，由于连接部分壁厚约大三倍，所以连接部上面的火箭筒会鼓出去使 O 圈和火箭筒间出现间隙。为了保持密封，O 圈应该

在几分之一秒内向外膨胀以填补空隙。因此橡胶的弹性在这里起关键的作用。

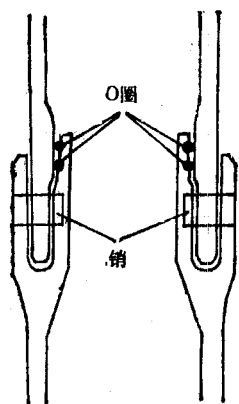


图1 航天飞机助推器的O圈问题

星期一晚饭时，费因曼看到桌子上有一杯冰水，他想到在第二天的公开会议上他可以做的事情是，将一块橡胶样品浸入冰水之中，随后挤压它变形并观察结果。第二天（即1986年的2月11日）一早，正下着小雪，他到铺子中买回一些钳子、夹子之类工具，又到Graham办公室取二块1.5in长的橡胶，做了实验。他在委员会公开会议上当众演示，在冰水温度下受挤压的橡胶失去了弹性。这很可能是事故的部分原因。后来委员会的所有成员都同意这一点。纽约时报报道了他的冰水实验。在会上他没有时间对实验的意义和重要性加以充分的说明，而记者们则解释得很圆满。国家广播公司也在晚间新闻中及时播出。

公开会议后的星期四委员会成员到了肯尼迪中心。观看的一系列照片显示：一点火就有烟气从密封处泄漏出来，后来烟气暂时受阻，最后射出了火焰。他们得到的情况进一步说明，火箭公司的工程师们坚持过不宜发射的意见，而经理人员在军方压力下同意了发射。

两天后，大家回华盛顿，而费因曼在罗杰斯的勉强同意下又继续留下调查了几天。他又发现了发射台上有冰，发现了发射当天早晨的温度数据不准，其原因是仪器从箱子里搬出来的时间太短。他们模拟当时的情况做了实验，校正了温度读数。

费因曼回华盛顿后，参加了对公司的一位

经理人员的公开质询。据说，当初军方的某人要他脱下“工程师”帽子，戴上“经理”帽子，使他改变了观点。

为了弄清楚工程师和管理人员之间的差异，费因曼对发动机部门的三位工程师和一位经理提出了一个问题：“发动机故障在飞行失事中的几率有多大？”三位工程师的回答是1/200，而经理的回答是1/100000。他又访问了航空电子学部门。

委员会最后一次会议讨论了向总统提出的九点建议。但是，第二天，费因曼在办公室中听到罗杰斯说：“我想我们应该增加第十项建议，即委员会强烈建议NASA继续获得行政当局和国家的支持……”。在委员会的四个月的工作中从未讨论过这一问题，所以费因曼认为这仅仅是罗杰斯的想法，他不同意。后来他给罗杰斯发了一份电报：“除非不加第十项建议和我的报告不加修改地放进附录，我就不在主要报告的前页上签名”。经过Kutyna将军的调解，最后双方同意把第十项建议改为结束语中的一点想法，把“强烈建议”改为“主张”，同时费因曼的报告列入了附录。

费因曼认为，20年前准备登月时，NASA的每个成员都是互相合作的，很像在洛斯·阿拉莫斯制造第一颗原子弹的情况。那时，管理人员和科技人员间没有矛盾，因为他们都在做同一件事情。后来，为了说服国会，NASA及官方过分夸张地说，发射航天飞机很经济，可以频繁地发射，很有希望获得重大的科学发现。在每一篇有关的报刊文章中都讲到微重力实验的应用，例如可以制药，制备合金等，但是费因曼没有在任何科学论文中看到任何一次这种实验的任何一个结果是非常重要的。NASA的上层人士宁愿听不到科技人员的不同意见，这样他们在试图要求国会批准他们的计划时就能更“诚实”一些。所以费因曼得出的结论是：工程师、科学家一方和管理人员另一方之间缺乏共同的利益，是双方合作变坏的根源，这样就引起了一场灾难。

（吴自勤根据 Physics Today 1988 年第 2 期

第 26--37 页编译）