

由气门芯的联想

北京大学 武际可

大部分人都骑过自行车，而自行车轮胎上都有一个不起眼的小东西：气门芯。如图 1 所示是目前流行的两种典型的气门芯示意图。

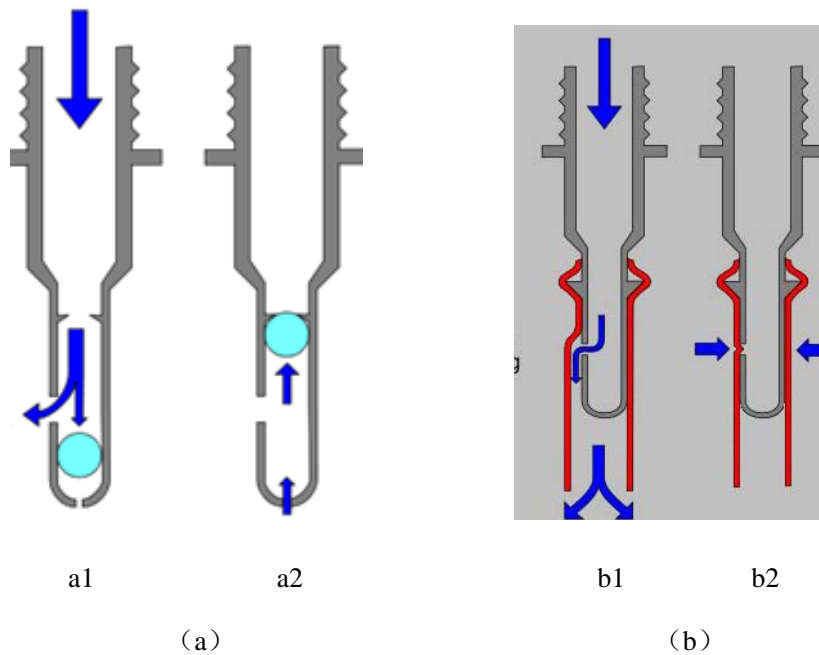


图 1

气门芯的功能是，只准轮胎进气而不准出气。

如图 1(a)，当 a1 进气时，小球下滑空气能够进入轮胎；当 a2 不进气时，外面的气压低，这时小球上方会有少量空气流出，由伯努利定律知，小球上方气流速度大，于是压强要小，而小球下面的压强大，所以小球被顶到上面堵住排气孔不让空气外泄。如图 1 (b) 当 b1 进气时，橡胶套管被空气压力挤出一个缝隙，空气可以从气孔进入轮胎；当 b2 不进气时，由于有弹性的橡胶套管回复原来形状，再加橡胶套管外面的气压高，把套管紧压在气孔上，又堵住气孔不让空气外泄。总之，两种方案，都是只让空气进入不让空气外泄。

自行车发明是很晚的，至今才不过一百多年，自行车上这种形式的气门芯发明得也不会太早。其实，类似气门芯的这种只让空气一个方向运动的阀门，发明得是相当早的。

如图 2 所示，是一个自行车上的打气筒的原理图。当活塞往左推时，A 门打开，活塞上的 B 门关闭，这样空气就从 A 门进入轮胎。而当活塞往右拉时 A 门关闭 B 门打开，允许空

气从 C 进入气筒。当活塞来回推拉，空气就不断从 A 门进入轮胎。实际上，所有的空气压缩机和鼓风机的原理，都是和这个打气筒的原理是一样的。现在如果把 C 门与容器连接，则这个打气筒就变成了抽气泵，活塞不断来回，容器中的空气就越来越稀薄。

在这里，气筒的 A、B 这样的阀门所起的作用和气门芯的作用是一样的，无非是允许空气从一方通过而不许倒流。



图 2

追本溯源，利用和打气筒原理差不多的鼓风器具的发明可能是最早的。我国古代，在大约公元前 5 世纪的春秋时代的末期，就已经发明了一种皮囊鼓风机。是用皮制的一个大口袋，通过一定的机构推拉，使皮袋一鼓一瘪，用来鼓风，当时称为“橐”。橐是用皮做的，其功能和现在吹气用的“皮老虎”相似。至迟在战国时期，出现了多橐并联或串联的装置，名为“橐籥（音 tuóyuè）”，汉代又称之为“排橐”。如下图就是在山东滕县出土的汉代冶铁画像石中的锻铁作业用的鼓橐。后来到了汉代又出现以畜力驱动的橐。想来那里面一定都装有类似打气筒上的阀门的东西。



图 3 汉画像石上的“橐”

鼓风橐的发明非常了不起。如果说一般木材燃烧时能得到大约 1000°C 的温度，陶器就是大约在这个温度下烧制成的。所以我国考古发现在 4000—6000 年以前就出现大量的陶器。铜的冶炼大约也是需要 1000°C 左右的温度，所以青铜器的出现也大致和陶器的使用同期或稍后。人们采用鼓风的橐加强燃烧后，就可以得到大约 1500°C 以上的温度。而铁的熔解温度大约是 1500°C 。所以只有在橐出现并且大量应用之后，人们才逐渐掌握了冶炼和锻造铁

的技术。瓷器的生产需要大约 1200°C 以上的温度。所以也是在汉代以后中国才逐渐有瓷器的生产。在一定意义上可以说，鼓风机囊的发明，推进了人类社会从青铜时代向铁器时代的转化。

后来，中国人又发明了鼓风用的风箱。明代宋应星著的《天工开物》上就绘制了若干幅风箱图。该书在介绍冶铁时说：“扇爐風箱必用四人、六人帶拽。”说明需要用相当大的风箱。

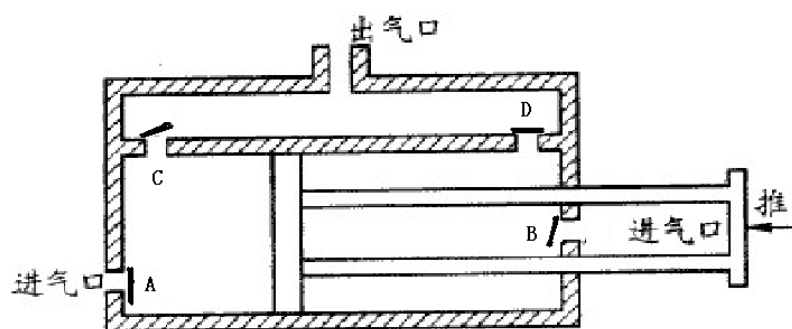


图 4 风箱的原理示意



图 5 明代宋应星《天工开物》关于风箱的插图

阀门的原理用在鼓风上和用在水泵上本来是一样的，只不过将图 2 关于打气筒的原理图中的介质由空气换为水就可以了，我们的鼓风机囊和风箱虽然有上千年的历史，然而这样简单置换就可以得到的发明，却不是中国人实现的。中国人为了救火，一直到宋代还是用桶提水，直到明末才有传教士把西方的水泵技术传入中国。图 6 是明末（1627 年）出版的由传教士邓玉函口授、王徵笔录的《远西奇器图说》中关于压水机用于救火的两幅插图。

值得顺便指出的是，单靠水泵的吸力能够提升水的高度的极限是意大利学者伽利略（Galilei Galileo, 1564-1642）所最先发现的。他在 1638 年出版的《关于两门新科学的对话》书中说：“一次我见一座蓄水池装有一台水泵，错误地认为这种装置可以花较少的劳力将水提上来，或者要比普通水桶得到的更多。水泵的扳手带动它的装在上部的吸管和阀门，所以水是被吸力而不是像把阀门放在底部的那种泵靠推力提上来的。只要蓄水池的水面在一个确定的水平之上，这种泵工作得很理想；但是低于这一水平时水泵就不工作了。我第一次注意到这一现象时，我想这台机器坏了；但是当我叫来工人修理时，他告诉我问题不出在水泵上，而是水位下降得太低，致使水上不来；他补充说，用泵或者基于吸引原则的其他机器，要把水提升到高于 18 库比特，即使再高毫发高度也是不可能的；不论泵是大是小这是提升高度的极限。”这里说的库比特，是意大利当时的一种长度单位，18 库比特约合现今 10m 左右。这就大约是大气压力换算为水的高度。所以要想水泵提水高度超过 10m 左右，就需要使用靠压力送水而不是单靠吸力来吸水。《远西奇器图说》中所介绍的水统，就不仅是靠吸力把水射向高处的。



图 6 《远西奇器图说》中两幅插图

应当强调的是引起世界范围的产业革命，蒸汽机的发明和推广，实际上是紧紧和阀门的巧妙应用密切相关的。如图 7 所示的蒸汽机原理图，由滑动阀控制的气门 A 和 B 随活塞的位置和飞轮转动到一定位置相交互开闭，就把单向送来的蒸汽推动转变为机器的旋转运动。

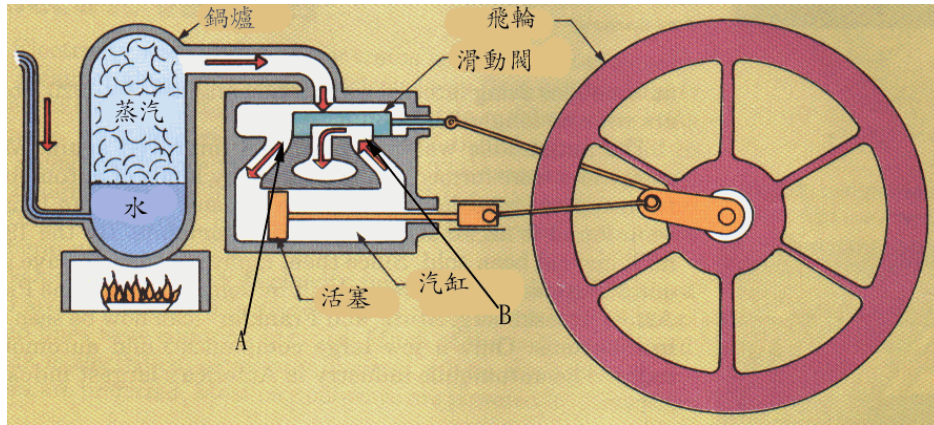


图7 蒸汽机原理图 阀门不仅在从青铜时代向铁器时代的转化、在推进产业革命中都起过关键的作用。它在科学发展史上也是占有一席之地的。

在古代，西方的哲学家们因袭亚里士多德学派的观点，认为“大自然厌恶真空”。就是说世界上没有真空，一旦有空隙，空气必定去填充。这种观点沿袭了一两千年，禁锢着人们的思想。上文我们引述，是伽利略在 1638 年最早从抽水机发现水位超过大约 10m（准确地说，是 10.336m），抽水机就抽不上水来。但到底是由于什么原因，彻底弄清楚这个问题，还是由阀门的应用解决的。

伽利略的学生托里拆里（Evangelista Torricelli, 1608-1647）1644 年用将一盛满水银的 4 英尺长的玻璃管倒立在水中，发现了管顶的空隙，这就是后人称为的真空。格里克（Otto von Guericke, 1602-1686）在 16 世纪 40 年代第一个发明了抽气泵，他发现了获取真空的办法，实际上就是我们图 2 所示的那种抽气泵。他製造了一個大銅球，並裝上抽气泵，當球內的空气快被抽掉時，球突然爆破掉而且声音震耳欲聋，葛里克认定大气压力是使球体碎裂的主因，后来在造出更坚固的球，抽气时就不再破碎了。同时他花大力改进抽气泵的阀门。于是在 1654 年 5 月 8 日的雷根斯堡，他向德意志帝国国会和国王费迪南德三世展示，抽过真空后的球体无法用 30 匹马分开。而后在 1656 年，在他的故乡马德堡重作示范，这次示范用了 16 匹马（分为两组，每组 8 匹），当时他当任马德堡市的市长。这就是科学史上著名的“马德堡半球实验”。

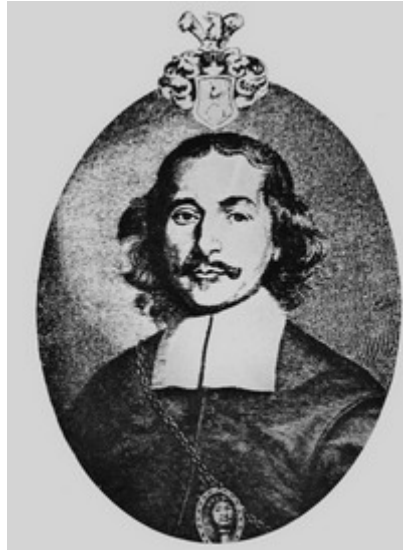


图8 格里克像

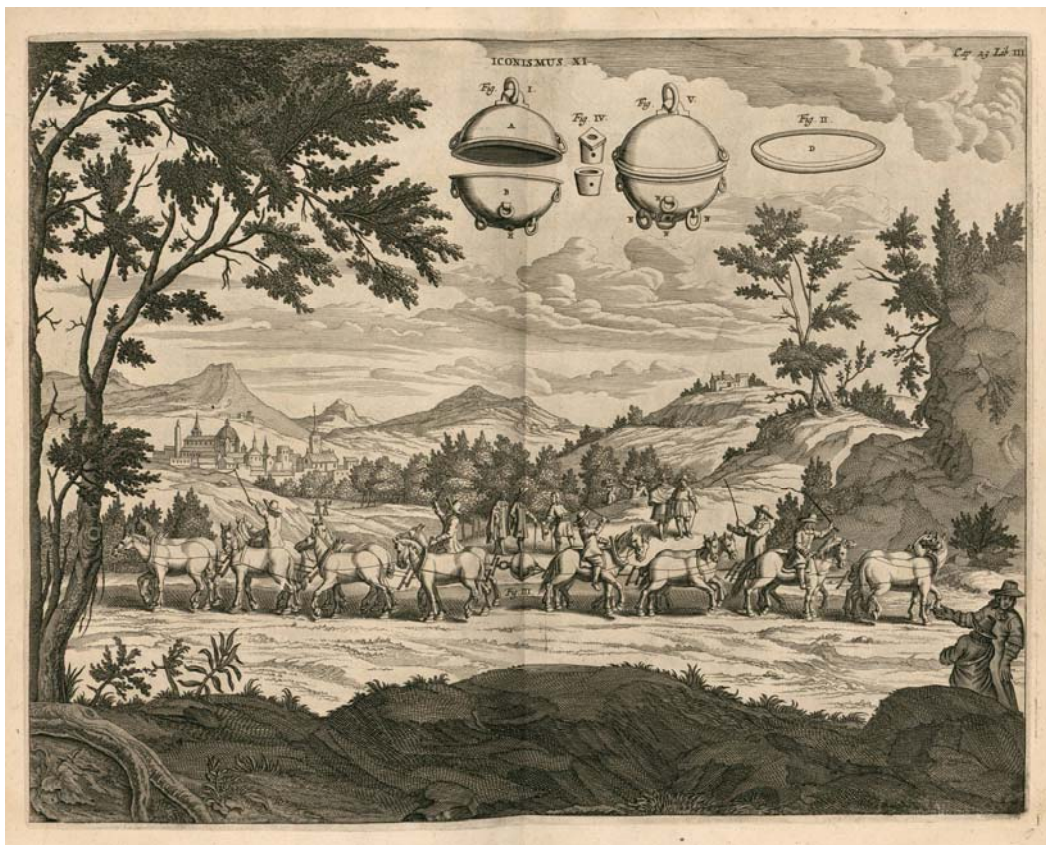


图9 马德堡半球实验

英国化学家和自然哲学家玻意耳（Robert Boyle，1627-1691）。伦敦皇家学会创始人之一，由于研究气体性质而闻名，是近代化学元素理论的先驱。他研究气体性质的主要工具就是打气筒或抽气泵，用它可以制造较高的真空。玻意耳的著作：《关于空气的弹性及其效果

的物理力学新实验》(New experiments physico-mechanicall, touching the spring of the air and its effects), 1660 年出版, 英文。以系统的实验论证了气体的弹性。在 1662 年根据实验结果提出:「在密闭容器中的定量气体, 在恒温下, 气体的压强和体积成反比关系。」后人称之为玻意耳定律。马略特在 1676 年发表在《气体的本性》论文中把这个定律表述为: 一定质量的气体在温度不变时其体积和压强成反比。

波意耳和马略特的定律是人类关于物性的认识上第一个重要的定律。从格里克到波意耳, 他们两人令人信服地实证了真空的存在, 验证了真空的一些重要性质, 并且获得了对空气弹性的认识。这一切, 都是依赖于抽气泵, 而其中的关键, 又是阀门。当时著名科学家胡克 (Robert Hooke, 1635-1703) 是波意耳的助手, 正是他帮助波意耳一次又一次地改进抽气泵才有那些重要的实验结果。胡克也由于帮助波意耳的研究认识到空气的弹性, 受这一结果的启发, 才开始后来研究固体物体的弹性而得到后来所说的胡克定律。

值得一说的是, 在波意耳发表他的实验结果后, 引起了一场论争。英国大哲学家霍布斯 (Thomas Hobbes, 1588—1679) 持坚决反对的态度, 发表了针锋相对的著作《物理学对话录》, 说波意耳的那些实验是不可信的, 因为它不是建立在严格逻辑推理的基础上。当然最后以霍布斯失败而告终。这场论争, 是新的实验科学战胜纯粹以思辨来认识事物, 在方法论上的胜利。格里克和波意耳的空气泵, 在当时实在代表了最先进的实验手段, 他们进行的实验表演邀请皇帝和外交使节来参观, 犹如现今的大型粒子加速器一样风光。

从本文开始, 我们列举的人类历史上几桩举足轻重的大事, 虽然形式各异, 但其中起关键作用的却是一个不起眼的小小的阀门。可见一个小小的发明, 只要灵活运用是会得出意想不到的效果的。

在人类的科学技术的发展中, 阀门也随之发展。现今已经有各种类型、各种不同用处、各种尺寸、在各种极端条件下使用的阀门。在内燃机、蒸汽机、压缩机、泵、气压传动装置、液压传动装置、各种自动控制系统中、车辆、船舶和飞行器乃至自行车中, 都是不可或缺的部件。阀门的改进和生产, 在很大程度上反映了一个国家的科学技术发展水平。阀门发展的历史, 是整个科学技术发展的历史的一个缩影。