行列式制瓶机械：连续80年不断取得进步

据Leo Diehm*报道，行列式制瓶机械一直以来持续不断地得到改进和提高，以便满足其用户和瓶罐玻璃市场不断增长的需求。虽然人们在这个过程中尝试开发了很多新的产品，但是最初的“两步”式（“two step”）行列式玻璃瓶罐成型工艺现在仍然在行业中占据主要地位。

1924年，Hartford Empire公司中一个名叫Henry Ingle的工程师将其玻璃吹制机器申请了号码为1'843'159的专利。Hartford Empire公司就是现在Emhart Glass公司的前身，而这种玻璃吹制机器就是现在人们所熟悉的单组行列式成型机械。三年以后，经过进一步的深入研究和开发工作，第一台用于商用的四组行列式瓶罐玻璃成型机械在位于美国马里兰州巴尔的摩（Baltimore）的Carr-Lowry玻璃公司开始安装使用。

在接下来的80多年历程中，行列式制瓶机械为了满足其用户和瓶罐玻璃市场不断增长的需求，而持续不断地得到改进和提高。虽然中间曾经出现和试制过许多行列式制瓶机械新的产品，但是由于单组行列式成型机械所具有的优异的灵活性和性能表现，保证了其在玻璃瓶罐制造行业中相对于其它产品的优势地位。

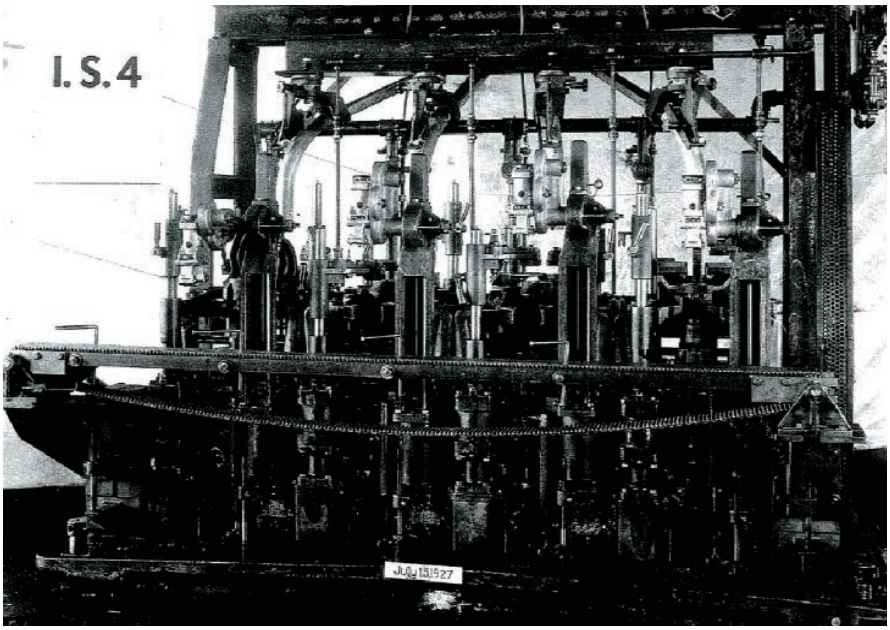


图1 1927: 第一台商用的四组行列式玻璃瓶罐成型机械。

驱动和发展

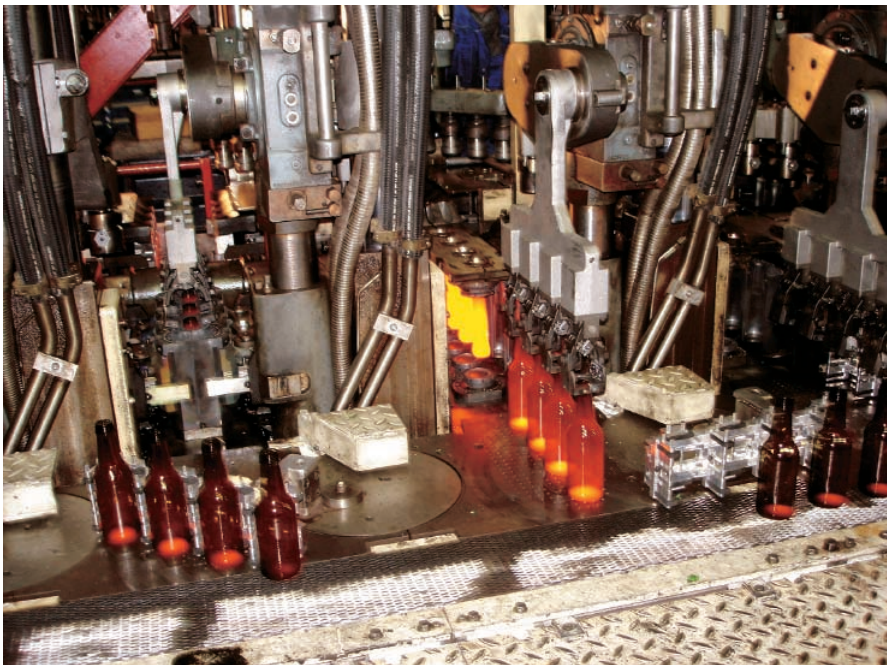
行列式制瓶机械发展自1927年开始商用的四组单料滴气动行列式制瓶机械。刚开始的时候，这种行列式制瓶机械被改进扩大为六组的机型。二十世纪五十年代，双料滴行列式制瓶机械已经开始出现了。紧接著，在1967年双料滴行列式制瓶机械的中心距离扩张到更大的尺寸，从5$^1/_2$英寸的料滴扩大到6$^1/_4$的料滴，这样，就可以利用双料滴行列式制瓶机械生产更大尺寸的玻璃瓶罐。在二十世纪七十年代中期，人们又研制出了三料滴行列式制瓶机械，其中心距离有4$^1/_4$英寸和3英寸两种规格。

为了减少生产工艺过程中多变的控制因素，在并行移动模具开放和闭合的行列式制瓶机械首次出现的时候，行列式制瓶机械也开始用电子定时系统取代不灵活的机械转鼓定时系统。在二十世纪八十年代和九十年代，行列式制瓶机械的发展步伐开始加快了：为了提高冷却效率和改善控制水平，人们研究开发出了先进的冷却系统，从而不但使行列式制瓶机械获得了更高的生产速度，而且还提高了玻璃瓶罐的生产质量。为了使行列式制瓶机械的产量得到提高，并且使其产品的精度和生产的重复性更好，人们又开发使用了许多气动、电动或液压驱动的伺服控制机械。但是，行列式制瓶机械性能的进一步提高还是来自于可编程运动控制设施的引进和使用，这种设施在避免生产过程中不能预知结果的人工调节操作基础之上，增强了行列式制瓶机械整体的灵活性。近几年以来，出现了可以更加灵活控制的行列式制瓶机械，它能够允许在生产过程中对吹吹法（BB）、压吹法（PB）、小口压吹法（NNPB）等工艺进行变更，甚至还可以在这个过程中调节行列式制瓶机械的中心距离。

经过80年以来的连续发展以后，目前行列式制瓶机械已经达到12组的高性能伺服机电控制水平，可以以尺寸为95mm的四料滴（Quad Gob）或5英寸三料滴（TG）进行生产。

情况已经非常清楚，过去正是由于人们对投资回报比率（ROI）提升的追求才促使了行列式制瓶机械的不断发展，现在和将来的情况仍将如此。从这个角度来说，通过提升行列式制瓶机械的性能、增强其灵活性、改善其制品的生产质量，可以进一步增加行列式制瓶机械

图2 装配有电子伺服控制系统的95mm 10组四料滴行列式玻璃瓶罐成型机械。



的投资回报比率。

选择最合适的行列式制瓶机械

怎样选择合适的行列式制瓶机械？这是一个非常复杂的问题，需要仔仔细细地考虑许多方方面面的一些因素。对于任何玻璃生产厂家来说，在选择行列式制瓶机械方面作出正确决策对于其成功运作都是至关重要的一件事情。

所谓“最合适的行列式制瓶机械”也即意味著它能够适应任何不可预知的瓶罐玻璃市场。所要考虑的一些主要因素包括有：全球和当地经济的强度、玻璃消费者的行为习惯、法规制度、其它种类的包装材料、能源消耗、相竞争的生产供应商以及罐装厂商的战略选择，所有这些因素都会连续不断地对瓶罐玻璃市场造成影响。所以，人们很难对行列式制瓶机械下一年将用来生产哪一种类的玻璃瓶罐进行预测，而一年的时光远远低于行列式制瓶机械的使用寿命。

“最合适的行列式制瓶机械”将会是以下一些因素平衡下来的最优结果，即满足玻璃制造工厂的特定需求，包括拥有最好的性能、最高的生产质量以及能够提供工厂所需要的灵活性等等。在对行列式制瓶机械的生产工艺作出评估的时候，需要回答以下一些问题，包括设备是否标准化、所需要生产的玻璃制品范围和偏差控制水平、转向新的标准时所需要花费的成本、设备投资和运行成本以及所期望的投资回报比率是多少等等。

考量行列式制瓶机械的一个重要因素就是其每分钟生产的瓶罐数量这一性能指标。可以用以下方法来估算每分钟合格成品瓶罐的预计生产数量，即用所使用的模具数量乘以瓶罐玻璃的实际生产周转次数，再对此结果用生产效率指标（pack to melt合格率）进行纠正和调整。***图3***中示例显示了合格率为90%的生产线的状况。图中可见，大约有8.5%的生产线损失直接或间接地与行列式制瓶机械相关。生产线故障、热端损失以及因生产的制品含有缺陷而被废弃处理，这些因素所造成的损失都是造成“将金钱扔进下水道里”的浪费。而改变生产品种、生产准备时间损失以及清洗所造成的损失这些因素都部分或间接地与行列式制瓶机械的性能参数相关联。

在评估行列式制瓶机械的投资回报比率的时候，有一个因素常常被人们从总体拥有总成本中忽略或者将其低估。行列式制瓶机械的维护成本、设备的使用寿命、生产工艺中的灵活性、故障时间以及是否能够升级改造，这些都是重要的投资回报比率衡量指标，与购买行列式制瓶机械所需要付出的初始购置成本一样重要。

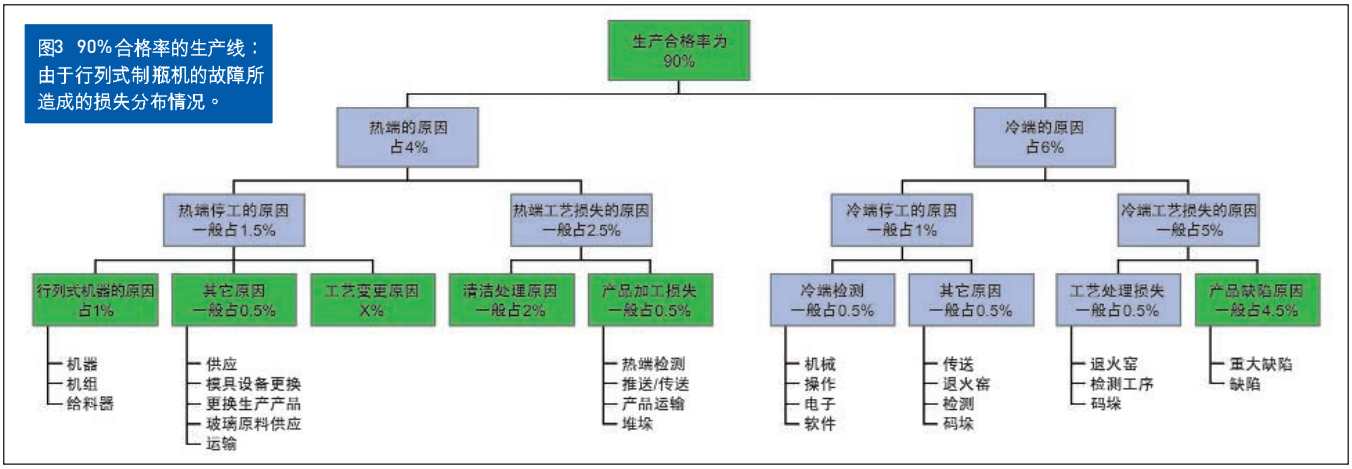
人们在选择合适行列式制瓶机械的时候，还需要仔细观察其最新的市场趋势，因为不同玻璃生产制造厂商在选择行列式制瓶机械设备时所作出的种种抉择都会在其市场趋势中得到显示和反映。

当前行列式制瓶机械的市场趋势

要了解行列式制瓶机械的市场趋势，可以通过主要的玻璃生产制造厂家的购买行为模式来进行判决，因为这些主要的玻璃生产制造厂家为整个玻璃生产制造行业设定了行业标准。这可以从Emhart Glass公司现在的行列式制瓶机械投资构成中得到最好的观察效果，其结果如***图4***所示。

一点也不令人奇怪的是，人们对于多模腔的需求这一趋势一直也没有中断过。在很多情况下，三料滴（TG）装置已经是行列式制瓶机械的一种标准配置水平，这对于保持玻璃生产工厂的竞争能力来说也是绝对必要的。现在，以前阻挡人们迈向四料滴（QG）装置的障碍甚至也已经开始消除。对于行列式制瓶机械机组数量的市场发展趋势来说，我们也看到了相同的趋势。自1927年以来，行列式制瓶机械的机组数量也一直处于稳步的增长之中。现在，对于一台新型的高端行列式

图3 90%合格率的生产线：由于行列式制瓶机的故障所造成的损失分布情况。



www.glassmediaonline.com

类型	名称	料滴类型	中心距	进入市场时间	可供选择的机组数量 6	8	10	12	16	机器驱动	模具开合
NIS	NIS	四料滴	95 mm	2005		■	■	■		电子伺服驱动	平行
		三料滴	5"	2000		■	■	■	■		
		双料滴	6 1/4	2000		■	■	■	■		
		单料滴									
AIS	6 1/4	三料滴	4 1/4	1976		■	■	■	■	气动 可选择伺服驱动	平行
		双料滴	6 1/4	1976		■	■	■	■		
		单料滴				■	■	■	■		
IS large	6 1/4	三料滴	4 1/4	1969	■	■	■	■	■	气动 可选择伺服驱动	弧线
		双料滴	6 1/4	1969	■	■	■	■	■		
		单料滴		1969	■	■	■	■	■		
	5 1/2	双料滴	5 1/2	1967	■	■	■	■	■	气动 可选择伺服驱动	弧线
		单料滴		1967	■	■	■	■	■		
IS small	5"	三料滴	85 mm	1997	■	■	■	■	■	气动 可选择伺服驱动	弧线
		双料滴	5"	1985	■	■	■	■	■		
		单料滴		1985	■	■	■	■	■		
	4 1/4	三料滴	3"	1977	■	■	■	■		气动 可选择伺服驱动	弧线
		双料滴	4 1/4	1950	■	■	■	■	■		
		单料滴		1927	■	■	■	■	■		

▲ 图4 目前Emhart Glass公司所生产的行列式玻璃瓶罐成型机械的分布构成图。

制瓶机械来说，其最小的机组指标在三料滴配置状况下一般是10组或者更多。

行列式制瓶机器的种类发展趋势

■ *5英寸双料滴行列式制瓶机械，可以转换为85mm三料滴或单料滴规格。*

这种型号的行列式制瓶机械在生产过程中能够很方便地对其中心距进行调节，为玻璃制品的生产制造带来了无与伦比的灵活性（扩大了产品的范围），再加上其在产品质量方面没有任何牺牲或降低以及其所具有的高性能，这使得其它种类的行列式制瓶机械在与其相比较的时候很难胜出。它既能够将市面上现存的3英寸的模具应用到85mm三料滴配置之中，也能够将$4^1/4$英寸双料滴模具应用到5英寸的双料滴配置之中，这些特性使它能够完全取代现存的$4^1/4$英寸双料滴配置和3英寸三料滴配置这两种种类的行列式制瓶机械。这是一种将原来的两种行列式制瓶机械合二为一的机器品种，不用受机器转换而带来任何额外费用上的影响。

■ *AIS型号$6^1/4$英寸双料滴行列式制瓶机械，可以转换为$4^1/4$英寸三料滴规格。*

这种型号的行列式制瓶机械是市场上最为普通的一种机型，它具有以下一些优点：在下料侧和吹制侧模具可以并行地开合、优化的气动系统、具有伺服控制的装置和中心距可以调节和转换等等。正是由于它具有很高的玻璃瓶罐产品生产质量、维护成本低廉、无与伦比的可靠性以及因大幅度地降低了模具设备的破损而使得拥有成本降低等等一些吸引人的优异特性，使得AIS型号的行列式制瓶机械吸引了众多的回头客。

■ *NIS型号5英寸三料滴行列式制瓶机械，可以转换为95mm四料滴或$6^1/4$英寸双料滴规格。*

自从电子伺服控制系统应用到行列式制瓶机械之中以来，行列式制瓶机械的生产线现在已经得到了全面的发展。由于玻璃瓶罐生产厂家对于行列式制瓶机械更高性能的追求持续增长，从而将行业标准水平不断提升，有理由相信，在行列式制瓶机械之中采用电子伺服控制系统将会变成一个重要的趋势。玻璃瓶罐生产厂家对于行列式制瓶机械更高性能的追求，也促使四料滴配置设备的出现。现在，玻璃制品的生产范围已经从典型的中心距适合生产5英寸三料滴酒瓶，延伸到配置95mm四料滴设备以便满足采用小口压吹法(NNPB)工艺生产啤酒瓶这一巨大的玻璃瓶罐市场需求。先进的伺服控制技术减少了生产工艺过程中的一些变动因素，同时也增加了行列式制瓶机械的可靠性和总产量，从而使其与传统的行列式制瓶机械相比较而言更加具有性能优势。在生产过程中可以通过调节行列式制瓶机械的中心距使其从以三料滴方式生产酒瓶转变为以四料滴方式生产啤酒瓶，这的确是一个非常出众的优点。现在，玻璃生产行业已经应用了三台12组四料滴的NIS型号行列式制瓶机械。

结论

随著80年以前第一台商用的四组行列式玻璃瓶罐成型机械的投入运行，对其进行改进和提高的工作至今仍然还在不断进行。1924年，最初由Emhart Glass公司发明的“两步式”（two step）单组玻璃瓶罐成型工艺已经经过历史的洗礼而成功立足，至今仍然是被认可和接受的唯一一种玻璃瓶罐成型工艺。

虽然玻璃瓶罐成型的基本工艺维持了不变，但是，行列式制瓶机械已经发生了巨大的变化。由于玻璃生产制造厂家对于更大、更快、更可靠和更加具有效益的行列式制瓶机械的需求不断增长，促使了行列式制瓶机械的模腔数量和机组数量也在稳步增长。但是，更大的变化和发展还在行列式制瓶机械的控制系统和灵活性方面。这种变化的结果最后使行列式制瓶机械具有更高的产能、更好的可靠性，同时也使行列式制瓶机械在可以连续变更机器的配置以便适应变化的市场需求方面具有更好的能力。

总的来说，过去80年以来，行列式制瓶机械所取得的种种改进和进步都是玻璃生产制造厂家和行业发展不断驱动的结果。种种理由可以让人们相信，行列式制瓶机械的这种发展过程还将不断延续下去。■

*** Leo Diehm，瑞士Emhart Glass公司行列式制瓶机械产品经理**
电子邮件：leo.diehm@emhartglass.com
网页地址：www.emhartglass.com