



基于同步工程的发动机生产 精益建线模式探索

东风汽车有限公司设备制造厂 （湖北十堰 442022） 周培明

发动机是汽车的核心部件，也是企业产品成本构成的核心部分。近年来，随着国家推行更加严格的排放和能耗法规，以及市场对汽车节能、环保需求的趋势，使得汽车新能源动力的争夺战升级，传统动力汽油机、柴油机技术亦不断革新，发动机更新换代已成为企业的迫切需求和自觉行动。

然而，建大批量发动机生产线要比建汽车总装线的投入高很多，生产线的质量控制、缸体缸盖的加工精度要求等远比组装整车高，特别是对于大批量投产新型发动机，既存在技术风险，也存在市场认知与推广风险。中国的汽车工业在建厂规模和工厂设计方面走过很多弯路，并且付出很大的代价，有的甚至危及生存。因此，如何实现发动机生产的

“同步化、模块化、柔性化、精益化”显得尤为重要。

发动机建线方式的演变

1.大规模生产的刚性生产线

在20世纪90年代以前，由美国福特公司首先倡导的单一品种、大批量生产的建线模式仍然较为流行，新建或扩建发动机生产线大部分都是按照大批量生产方式进行工艺布置的刚性生产线TL（Transfer Line）。由于当时发动机产品的生命周期较长、品种单一，工艺设计的重点主要是如何保证机体加工的精度和进一步提升生产效率。

- 60工序：加工挺柱孔；
- 70工序：加工曲轴孔、凸轮轴孔、缸孔及顶面；
- 80工序：压装缸套；
- 90工序：珩磨缸套孔及曲轴孔；
- 100工序：去毛刺、最终清洗；
- 110工序：压堵、试漏及检测；
- 120工序：入库。

（2）产品换型生产的要求 产品换型时间的要求为1.5h/次。

我们根据产品的特点，将品种转换时需要更换的部件（夹具、刀具、辊道等）进行模块化设计。比如各工序使用组合夹具，产品换型时只需对定位和夹紧模块进行简单拆卸、安装，即可满足不同缸体的要求。

对于加工中心设备，通过程序的切换完成不同缸体的加工，实现柔性生产。

在换型生产前，生产管理部门需要事先做好物料的准备和人员的部署，使工艺人员、检查员和操作工人提前获悉工作指令，高效率参与工作，同时确保品种转换工作完成后线上、线边不遗留在制品。

结语

根据发动机多品种、大批量、高质量的生产要求，通过分析产品特性、确定工艺原则、制定工艺流程、策划换型生产方式，完成了这条半柔性生产线的规划和设计；在设备选型的过程中，根据产品特性，配置了欧美设备、日本加工中心、国产辅机，既充分保证产品的加工精度，又能够控制项目的总体投资，体现了国内一流的工艺水平和较高的投资经济性。 MW （收稿日期：20110418）

2. 柔性生产线

为解决产品的变型生产和便于更换品种, 柔性生产技术被引进了汽车生产。20世纪80年代开始, 可换主轴箱机床、加工中心、CNC专机在生产线上占有的比重日益增加, 由其组成的柔性生产线FML/S (Flexible Manufacturing Line/System) 是发动机制造技术的又一次革命, 其突出特点是生产线具备了柔性, 可实现对同一技术平台产品的加工或类似产品的加工, 缺点是设备初期投资规模较大, 生产效率也受到一定限制。

3. 敏捷精益柔性生产线

为解决发动机多样性与经济性日益突出的矛盾, 满足变品种、变批量生产的需要, 进一步提高柔性生产线的生产效率, 敏捷柔性生产线AFTL (Agile Flexible Transfer Line) 开始导入发动机的生产, 其主要目标是:

- (1) 对变化的市场需求快速作出反应。
- (2) 满足汽车发动机“多品种、变批量、高效率、低成本”的需要。
- (3) 符合“精益生产”原则——用最小投资赢得最大经济效益。

发动机精益建线模式

精益生产方式综合了大批量生产与小批量生产方式的优点, 力求在大量生产中实现多品种和高质量产品的低成本生产, 精益建线模式已经是汽车制造业界的共识。目前, 国内乘用车企业中, 广州本田走出了一条“以市场为导向、少投入、快产出、滚动发展”的典型发展道路, 与其共同发展的东风本田发动机有限公司, 在1999年投产之初, 年生产能力仅有3万辆, 经过6万辆、12万辆、24万辆的分步能力提升, 目前年产能已扩大到36万辆, 生产线能交替生产1.3~2.4L共2大类5个品种的发动机。商用车企业建新工厂也多采用分批滚动式发展模式, 以“一次规划、分步实施、滚动发展”的模式作为精益建厂方针。

EQ4H发动机是由东风商用车发动机厂生产的EQH145-30、EQH160-30、EQH180-30、EQH200-30发动机的总称(见图1)。这4款发动机由东风商用车技术中心自主开发、拥有完全自主知识产权, 均

为四冲程、水冷、直列四缸、增压中冷、电控共轨柴油发动机, 额定功率分别为107/2 400、118/2 400、132/2 400、147/2 400kW/(r/min), 采用BOSCH高压共轨燃油喷射系统, 排放达到国Ⅲ水平, 具有升级为国Ⅳ的潜力。作为东风商用车公司天锦(D530)载重车的核心动力, 其动力性、经济性、可靠性等各项指标都处在同类产品前列。

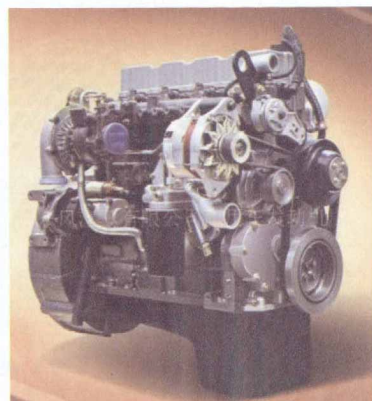


图 1

EQ4H发动机生产线建设规划遵循精益建线方针, 在与整车同步开发初期, 建设2 500件/年的柔性试制平台; 在批量生产阶段, 采用一次规划、分步实施模式, 先期实施1万件/年的生产纲领, 预留3~6万件/年的发展空间。生产线兼顾考虑EQ4H升级产品EQX7发动机的通过性。

1. 东风EQ4H发动机初期建线模式

在与天锦(D530)载重车同步开发阶段, 先拟定一个较小批量的生产纲领, 以尽可能少的投资成本, 构建一个既能满足生产准备阶段产品试制技术需要, 又能满足产品投放市场初期产量需求的试制平台, 既能确保EQ4H发动机产品性能, 同时对于该发动机未来大批量制造的加工工艺验证都具有重大的意义。

以EQ4H发动机生产中的缸体缸盖加工工艺方案为例, 利用工厂已有的3台Storm 1400卧式加工中心, 配备相应夹具、刀辅具, 完成缸体、缸盖全部机加工工序加工(见图2、图3)。其主要特点如下:

(1) 仅以3台加工中心为主, 构建了EQ4H发动机缸体、缸盖柔性试制平台, 快速实现了2 500件的年产纲领, 满足了新品同步试制与小批量投产进度的要求。

(2) 验证了EQ4H发动机缸体、缸盖的加工工

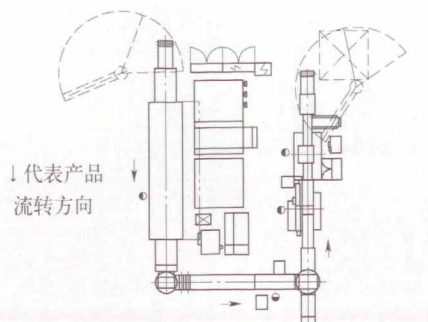


图2 EQ4H发动机柔性试制平台平面布置

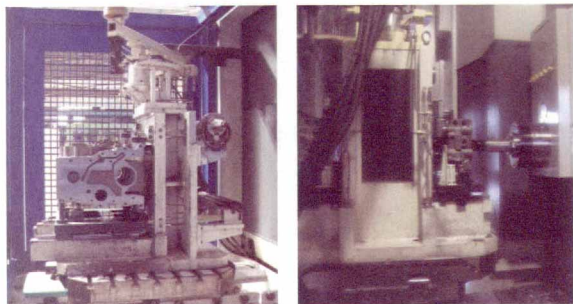


图3 EQ4H发动机缸体、缸盖柔性试制平台

艺性能、工艺路线和工艺方案。

(3) 验证了可用于大批量生产的工装系统的精度及可靠性。

(4) 验证了可用于大批量生产的刀具结构形式及切削参数。

在柔性试制平台上得到验证的工艺方案，可以直接复制到大批量生产的建线中，使后期的EQ4H发动机的1万台及3万台纲领建设能够快速、低风险、滚动式地得以实现。

2. 东风EQ4H发动机大批量生产建线模式

由于采用与天锦（D530）载重车同步开发工程，2008年4月投产，当年便取得销售1 754台的好成绩，东风商用车公司随即启动EQ4H发动机1万台能力生产线建设，其中缸体线机加设备完全由东风汽车有限公司设备制造厂研制，全线采用8台DM800II卧式加工中心及4台CNC专用机床，其中CNC专机主要完成缸孔粗镗、曲轴孔及凸轮轴孔精镗、精铣顶面及精镗缸孔、精加工挺杆孔，其余工序全部在加工中心上完成。生产线在2008年5月启动，10个月后即顺利完成预验收，2009年EQ4H发动机销售突破1万台。

由于EQ4H发动机良好的市场反应，东风商用

车公司决定于2009年10月启动3万台能力生产线建设，其中缸体线由东风汽车有限公司设备制造厂在1万台能力生产线基础上，采用工序能力再分配、工艺复制、能力扩展等方式研制，全线采用19台DM800II卧式加工中心及12台CNC专用机床，交货周期缩短到8个月，2010年5月顺利完成预验收，2010年EQ4H发动机销售突破3万台。

3. 东风EQ4H发动机规模生产建线模式与常规建线模式建设周期比较

由于EQ4H发动机与整车同步开发了发动机柔性试制平台，规模化生产建线采用一次规划、分步实施的精益建线方式，使得装载该款发动机的东风天锦迅速打开并占领国内中卡市场，其可靠、专业的产品性能不仅得到业内专家的肯定，更得到市场和用户的认可。2009年，在第二届中国国际卡车节油大赛中，D530天锦所配置的EQ4H发动机因其突出的经济性被授予最节油发动机奖，东风天锦获得节油冠军，在国内中卡市场被誉为中卡价值标杆，引领中卡行业发展趋势。

图4为常规建线模式与EQ4H发动机建线模式建设周期对比，从中可以看出，如果按照常规的模式设计制造该发动机生产线，是不可能在如此短的时间内完成规模化生产的，只有按照精益建线模式滚动发展，才能得以实现。

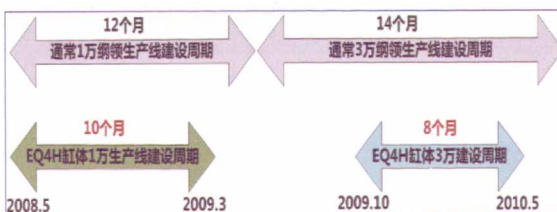


图4 常规建线模式与EQ4H发动机建线模式建设周期对比

结语

EQ4H发动机采用的同步开发、一次规划、分步实施、滚动发展的精益建线模式，既满足了东风商用车新一代中卡发展要求，又避免了大批量投产新型发动机存在的技术与投资风险，以最小风险达到了经济规模，是目前适合中国国情和经济稳妥的汽车工业建厂模式。MW

(收稿日期：20110506)