

# 机加工工厂设计中的加工设备选择与布局设计

□ 朱 光

**摘 要:** 从设备的选择到布局提出了一种行之有效的思考方法,以期用最少的加工设备和资金投入来满足业主的生产纲领要求,同时又以尽可能高的柔性来满足其可持续发展需求。

**关键词:** 设备选择 设备布局 优化 物流 可持续发展

**中图分类号:** TH181

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-4998(2006)02-0049-04

今天的市场已成为买方市场。随着市场的全球化,企业间竞争愈演愈烈,如果我们在工厂设计初期只着眼于制造出一流的产品,那么即使如愿,最终也未必能赢得市场。前期加工设备选型的错误及布局的不合理往往会导致后期生产成本的上升,而改变这些错误的代价往往是巨大的。因此,在工厂设计前期,产品的制造成本、设备的使用效率不应成为设计人员的思考盲点,合理选择加工设备,精益规划设备布局,高效组织并协调各生产要素,是降低产品的制造成本、提高生产率、赢在起跑线上的关键。

## 1 加工设备的选择

加工设备是根据产品类型、生产纲领、工艺规程等参数来选择的。如果设备的类型和数量选择得当,不仅可减少投资,提高设备利用率,降低设备维护、运行费用,还对完善设备布局、简化在制品周转、缩短生产链

等起着至关重要的作用。

### (1) 加工设备选择指标

①工艺可能性 工艺可能性是指加工设备在不同生产要求下实现加工工艺过程的能力。工艺可能性主要包括:加工设备可完成的工序种类;加工对象的类型和尺寸范围;能加工的材料和毛坯种类;切削用量的可能范围等。通常,在大批量生产中,因工序分散,可选用工艺可能性较窄的加工设备,如各种专机、组合机床等;在单件、小批生产中,由于工序集中,一台加工设备要完成尽可能多的工序,宜选用通用机床或数控机床,且工艺可能性要选得宽一些,以适应加工对象多变的需要。

②加工精度和表面质量 加工精度是指加工设备所能达到的尺寸精度、形状精度和位置精度,它受制于加工设备本身的几何精度、运动精度、刚度、抗振性、热稳定性、精度保持性和误差补偿策略等。设备加工精度

混合遗传算法收敛速度和精度都有明显改善,训练精度达到0.01时仅需410步(限于篇幅,测试数据从略)。

## 4 结 论

本文利用成组技术描述制造特征并利用BP神经网络来根据制造伙伴的历史制造记录评估其制造能力,针对神经网络的收敛速度慢及易陷入局部极小等缺点,提出了一种结合BP算法的混合遗传算法来同时优化神经网络的结构及确定网络各层之间的连接权值与阈值,明显地改善了网络的收敛速度和精度。实验结果显示文中所述方法降低了制造伙伴类型选择的难度,提高了选择速度及选择结果的合理性。

### 参考文献

- 1 X. N. Chu, S. K. Tso, W. J. Zhang, Q. Li. Partnership Synthesis for Virtual Enterprises[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2002, 19: 384~391
- 2 吕砚山,赵正琦. BP神经网络的优化及其应用研究[J]. 北京化工大学学报, 2001, 28(1)

- 3 周志华,曹存根. 神经网络及其应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2004
- 4 雄凌,赵明旺. 基于遗传算法的BP网络全局收敛的混合智能学习算法[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2000, 23(2)
- 5 王小平,曹立明. 遗传算法-理论、应用与软件实现[M]. 西安交通大学出版社, 2002
- 6 Srinivas M, Patnaik L. M. Adaptive Probabilities of Crossover and Mutations in GAs[J]. Institute of Electrical and Electronic Engineers Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 1994, 24(4): 656~667

△

(编辑 林 凡)

第一作者单位:西北工业大学机电工程学院博士生  
西安建筑科技大学机电工程学院

邮政编码:西安·710072

第二作者单位:西北工业大学机电工程学院

收稿日期:2005年8月

过高或过低都是不可取的,我们需要的是经济加工精度,即加工设备在其正常使用条件下能经济合理地达到的加工精度。

表面质量主要指被加工工件表面几何学特性及表面层物理品质。要注意其中的表面粗糙度等指标除与加工设备本身的抗振性有关外,还与影响切削稳定性的设备外因素有关,诸如:所采用的切削用量、切削液、工件材料、刀具(或磨具)的几何形状及材料特性等,若选择设备时仅注意设备本身而忽视上述设备外因素将是片面的,其效果可能事倍功半。

一般来说,采用自动化程度高的加工设备,避免人为因素干扰,是保证加工精度和表面质量稳定性的有效途径。

③生产率 生产率通常是通过加工设备单位时间内所能加工的工件数量或所能切除的材料量来衡量的。生产率主要取决于加工设备的切削时间、辅助时间以及分摊到每个工件上的调整、准备和结束时间。通常,选择高速、大功率、高刚度的加工设备是提高生产率的有效保证。

④可靠性 可靠性是指在规定的条件和条件下,加工设备保持其应有工作性能的能力。它主要与设备中关键零部件的精度保持性、耐磨性、耐用性、精度稳定性和抗干扰性有关,因此,要注意设备中一些关键零部件的选择,必要时可对欲购设备提出附加要求,对一些关键零部件质量或材质作出规定,还要注意设备可靠性与设备合理的使用期限及合理的精度储备有关。

⑤经济性 经济性是指加工设备质量、功能、成本的合理配合。在满足功能要求的前提下,设备结构要尽可能简单,技术采用合理,并遵循加工设备的系列化、零部件的通用化和标准化的要求,这对降低设备设计、制造及日后的维修、改造成本很重要。另外,选择节能、环保、寿命长的设备也是相当经济的,这可有效降低其使用成本。

#### (2) 加工设备选择程序

第一步:对被加工零件进行分类并初选加工设备,零件分类细化程度取决于生产类型,批量愈大,分类(或分组)应愈细。

①按加工工艺性对零件进行分类,把加工性质相同或相似的零件分在同一类;

②对已分类零件按加工尺寸和重量分组,并注意区分毛坯材料种类,以便加工设备的合理使用及切屑的分类管理;

③将精度要求高的同类件分在一组,以便合理使用精密加工设备来保证零件加工质量。

第二步:编制工艺路线,根据工艺规程和生产纲领对零件进行工艺分析,参考国内外同类零件的先进加

工工艺,编制各零件加工工序及工艺路线。

第三步:选择设备及其数量,测算各设备工作节拍(或单机工时),通过平衡各设备的生产能力,估算出整个生产线中所需要的设备及其数量。

第四步:优化,包括加工工序的优化和设备选型的优化,本文仅讨论后者的优化问题,主要可从以下两方面着手:

①设备利用率,从设备等待时间、设备负荷率、设备功能是否冗余来分析。大批量生产因采用专机和流水线较多,设备平均负荷率可在0.6~0.7之间;成批生产的设备负荷率为0.7~0.85;单件、小批生产因通用万能设备较多,负荷率可在0.85以上。

②资金利用率,从设备投资的资金占用、财务成本、投资回收期等技术经济指标来分析。

优化要对系统内全体设备作统筹考虑,整个系统的设备利用率和资金利用率都较高的方案为最佳方案。

## 2 加工设备布局设计

布局设计简单地讲就是系统中单元的选择及单元的排列组合。在完成设备选择后就要结合车间场地、空间结构特点及工艺约束对设备进行合理布局。要充分考虑设备之间在空间位置上的协调性,以确保生产系统物流畅通及设备的充分使用,加工设备的合理布局对加工系统中物流的合理性起到关键性作用。

#### (1) 加工设备布局原则

①工艺性原则 要求生产工艺过程合理并连续,生产各环节加工能力相匹配。工艺合理不仅可以避免某些配置的不平衡,减少生产过程中的中断、等待,还可以简化加工过程,减少不必要的作业,消除生产能力的冗余,缩短生产周期,从而充分有效地利用人员、设备、空间和能源。

②经济性原则 必须使系统的配置和布局确保产品综合成本的最低化和企业最终效益的最大化。加工系统的购入成本和使用成本将最终反映到产品成本上,要力求设备投资最低;设备的布置和使用高效、合理;物流经济、畅通。

③可持续性原则 在多变的市场中,要使加工系统体现最大的灵活性和柔性,以适应产品品种及产能的变动,为今后的可持续性发展留出空间。

④安全性原则 设备布置要严格遵循“安全第一”的原则,切实保证工人的操作安全,为职工提供方便、舒适、安全、符合职业卫生的工作环境。

#### (2) 加工设备的常用布局及比较

①流水线布局 常见于自动化生产线,设备为特定的产品而专门设计布局,以获得最大的效率,生产过



程分得很细,工位布置成一条或几条相连的线段。优点是生产效率高、产品质量有保证;缺点是系统柔性较低,仅局限于很少一类产品,生产准备时间长、物料处理难度大、调度复杂性高。

②机群式布局 加工设备按其工种和功能进行分群布置,把相同的操作和工艺过程集中在一起,形成各具功能的机群或功能块。优点是系统柔性较大,同组设备的负荷较易平衡,制造过程中物料运输的成本较低;缺点是生产效率低、周期长。

③单元布局 将某一类零件作为一个加工单元,把加工这一单元所需的各种设备集中在一起。优点是物流路线短,生产效率较高,生产管理简单,加工质量可靠;缺点是系统柔性取决于设备本身的柔性,当系统柔性要求较高时,成本提升较快。它比较适合多品种、小批量的制造企业中大量相似零件的加工制造。

④定点布局 产品在加工过程中固定不动或很少移动,工人和制造设备围着产品移动,多见于大型产品(船体、飞机等)的建造和装配。上述常用布局之比较如附表所示。

附表 加工设备常用布局的比较

比较项	流水线布局	机群式布局	单元布局	定点布局
投资	很大	小	中等	(很)大
柔性	很小	很大	大	小
效率	很高	低	高	中
物流成本	高	中	低	低
适合的生产模式	大批量	中、小批量	中、小批量	单件
产品生产周期	很长	短	较短	长
典型加工零件或产品	标准紧固件、汽车零件	一般零件	相似件,如轴类件	船体

### (3) 布局设计程序

第一步:划分生产块(流) 根据产品工艺资料(可按照前述“加工设备选择程序”的“第一、二步”建立),把具有相似加工工艺的产品或零部件归为一类,形成一个块(流),对没有共性但需求量较大的产品可单独划分为一个生产块(流);对需批量生产的工序也可单独作为一个生产块(流)。

#### 第二步:平面布置

①根据上述生产块(流)的划分情况进行生产区域设计,设计时要注意将物流量大的区域尽量安排得靠近些,并使各生产区域间通道宽敞,物流顺畅。

②在相应的生产区域内进行生产配置的设计。若生产块(流)是连续工艺流程,可布置为U型生产线或U型生产线组合。另外,应将进行批量生产的生产块(流)与其联系紧密的生产块(流)布置在一起,以便建立类似的连续工艺流程。

③根据车间空间、工艺约束、设备结构参数及动力参数,结合物流设计,合理确定选定的加工设备所在

位置以及设备缓冲区和仓库等位置,给出几个不同的初步布局方案。

第三步:物流考察 本文所述的物流特指工序物流,即各加工工序之间的物料流动。主要应注意以下三点:

①应确保物料能畅通无阻并沿最短路线流动,避免无谓的交叉和往返。建立一个前后连贯的工序或总体连续的工艺路线是满足本要求的关键。

②应有利于岗位设置及员工之间的交流与协作。物流设计要为岗位设置提供最大的灵活性,以确保在不同的需求下,实行不同的一岗多机配置中人员的流动和参与。

③物流路线的安排应确保人员的安全,避免可能发生的物损,应符合消防、劳动卫生等有关法规或条例。

第四步:瓶颈辨识 一方面,要平衡生产能力,尽量避免瓶颈的产生;另一方面,我们要充分利用瓶颈资源,平衡物流,极小化在制品的库存。瓶颈可从工序负荷比较表中考察每道工序的负荷来获得,也可通过实地考察类似系统的运行得到。

第五步:方案优化 根据零件的加工节拍,计算出加工设备、小车(或行车)、缓冲区以及仓库的负荷率,确定各个初步方案的生产能力,通过综合比较,选择工艺过程合理、负荷平衡、加工效率较优、生产能力较大的为最佳方案。在布局方案优化过程中,进行物流效率的分析和评判至关重要,这是布局方案优化所必不可少的。

## 3 设计评价

一个较好的布局设计方案应符合以下四个要点:

①满足产品生产纲领和加工工艺要求,工艺可靠,质量稳定。同时,对可能发生的生产纲领变化(如扩能)或产品的变化(转产)作了充分的考虑,在控制预算的前提下,系统加工柔性较高,发展潜力较大。

②一方面,设备布局合理,工艺路线流畅,中间环节少,系统生产率和物流效率均较高;另一方面,设备利用率高,运行费用低,人员配置少,投资省。

③采用当今较为成熟可靠的新技术、新工艺,迎合了技术发展趋势。所采用的工艺、技术在相当一段时间内不落伍,有一定的技术改造空间。

④绿色环保。除了遵循现行的中央及地方主管部门制定的法律、法规、规范和标准以外,还要对中央及地方主管部门制定的各种指导性文件及国外较为先进(严格)的规范标准有所响应,这是企业可持续发展的重要保证。

#### 4 示例

某公司委托设计一个船用半组合曲轴生产项目,项目要建一精加工车间,承担曲轴的散件加工、单套(散件红套成曲拐)、复套(曲拐红套成曲轴)、精加工等,生产纲领为年产160根曲轴。其制造工艺由曲拐制造(流程一)和曲轴成形(流程二)两部分组成:

流程一:毛坯→机械性能试验和探伤→精车两平面、外圆→镗红套孔→精车开档、曲柄肩→镗两侧缺口→探伤→船检→分组红套成曲拐;

流程二:多组曲拐整体红套成曲轴→车曲轴主轴颈、自由端轴、输出端法兰面→车曲柄销→船检→镗自由端、输出端法兰孔、链轮螺孔→车外圆、抛光→磁粉探伤→船检→包装、发运。

(1)设备选择 针对流程一,通过对其加工工艺分析,基本采用国产通用设备,其中的曲拐加工机床可通过普通立车改造来替代,成本是国外同类专用机床的1/4。在这部分国产设备的选择上有意识地额外提高了工艺可能性要求,以增加设备适应性。这样,除满足本项目曲拐加工外,还可对外承揽其它加工业务,由于国产设备价格相对较低,故所增加的投资并不多。

针对流程二,因要满足曲轴成形后大量苛刻的技术要求,决定引进国外曲轴专用加工设备,以确保曲轴的最后加工质量。受这部分设备专用性强、投资极大(单台500万美金以上)的限制,所选设备的适应性未作拓宽,仅以满足本项目纲领产量、规格要求为选择原则。但考虑到今后的发展,在这些曲轴专用加工设备旁预留了一块面积(目前暂为堆场),用于今后可能的设备添加。

(2)布局 由于单个曲拐最重近40 t,组装成曲轴后最大重量约287 t,最大长度近15 m,故合理分配起重能力对精益组织生产、降低厂房造价意义重大。经优化分析,设备采用机群式布局,把起重能力需求仅40 t的曲拐加工(流程一)布置在一跨,把起重能力需300 t的曲轴加工(流程二)布置在另一跨。机床布置与跨间平行。长加工设备尽量靠近各跨轴线并与之平行布置,以便在这些设备前留出半成品堆场。又因大规格产品相对较少,故把使用频率低的大型加工设备布置在车间末端,这样可使大吨位行车靠边,同时也减少了小吨位行车的运行距离,还方便了超大件的驳运(离门近)。考虑到今后的发展,在负荷高的设备(也是关键设备)附

近预留了设备添置场地。

此外,在布局中有意识地把车间分成机加工区域和钳工区域两块,使车间条块清晰、功能划分明确,其好处如下:

① 曲轴红套和曲拐红套区域(燃烧天然气加热)间距最短并沿墙布置,以利集中供气加热,散热容易且安全;② 通过中间平车通道的分隔,机加工区域可避开红套后打磨、修整所产生的粉尘和噪声;③ 钳工区行车使用频繁,集中靠门设置可避免影响其它共用轨道的行车使用,并有利物件的吊装出入;④ 便于人员的调度和管理。

#### 5 结束语

本文所述内容属工厂设计中工艺设计的一部分,其优劣对工厂建成后生产能力、效益的高低起着决定性作用。但目前,工厂设计常常被异化为建筑与公用的设计,工艺设计中这部分内容或因业主急欲开工而忽忽带过;或因已有现成工艺而一套了之,大多未把项目建设作为加工工艺新生的一个契机,结果是新瓶装旧酒,竣工后常常因生产工艺不合理,或设备选择及布局不合理而留下诸多遗憾,本文正是基于这样的考虑,对机加工工厂设计中的加工设备选择与布局设计进行了初步的研究和总结,希望工艺设计因其在工厂设计中的决定作用而有所强化。

#### 参考文献

- 1 魏大鹏. 丰田生产方式研究[M]. 天津:天津科技出版社, 1996
- 2 吴启迪,严隽薇,张浩. 柔性制造自动化的原理与实践[M]. 北京:清华大学出版社,1997
- 3 马玉敏,陈炳森,张为民. 基于敏捷制造理念下车间布局设计[J]. 组合机床与自动化加工技术,2002,41(4)
- 4 吴天林,段正澄. 机械加工系统自动化[M]. 北京:机械工业出版社,1992
- 5 宋力刚. 国际化企业现代物流管理[M]. 北京:中国石化出版社,2001

△  
(编辑 功 成)

作者单位:上海市机电设计研究院有限公司

邮政编码:200040

收稿日期:2005年9月

走新型工业化道路,实现可持续发展。

《机械制造》杂志社

·公益广告·公益广告·公益广告·公益广告·公益广告·公益广告·公益广告·公益广告·公益广告·公益广告·公益广告·公益广告·

