

讲演13:

## 从设计角度浅析如何建设高品质的轴承工厂

中机十院国际工程有限公司总经理 余保民

进入二十一世纪以来，我国轴承行业快速发展，轴承市场需求迅猛增长，尤其在“十一五”期间，轴承工业保持了持续稳定发展的良好局面，取得了巨大进步。到“十一五”末的2010年，全行业实现主营收入1260亿元，年产量150亿套，主营收入和年产量年均递增分别为18.2%和20.11%。2011年全行业实现主营收入1420亿元，同比增长12.7%；轴承产量180亿套，同比增长20%；实现了“十二五”规划的良好开局，2011年国务院发布了《工业转型升级规划（2011-2015）》，这也是改革开放三十多年来国务院第一次把工业作为规划对象发布实施的中长期规划，工信部也相继发布了《工业转型升级投资指南》、《机械基础件 基础制造工艺和基础材料产业“十二五”发展规划》（简称“三基”规划）和《全国轴承行业“十二五”发展规划》，在“三基”规划中将高速、精密、重载轴承列为11类机械基础件的首位，标志着国家对轴承行业发展的重视，也意味着轴承行业进入了新的发展机遇期。

与此同时，我们也应清醒地意识到我国轴承行业低水平扩张、低效益运行的粗放式发展方式没有得到根本改变，与国外先进轴承生产企业相比还有一定的差距，外资轴承公司在华投资迅猛，对我国轴承企业的发展将带来较大的影响。

面对未来，国内轴承生产企业如何应对这种发展趋势和市场变化，我认为：发展的切入点是以贯彻国家转型升级规划为契机，以落实国家“三基”规划和行业“十二五”发展规划为抓手，抢抓“十二五”发展机遇，以通过技术改造和产品更新换代为突破口，在新建或改建轴承工厂时，通过科学的建厂规划、选用先进的加工工艺及装备和先进的工厂设计来建设高品质的轴承工厂，促进企业转型升级和结构调整，推动自主创新，解决我国轴承行业“质不如人”和“技不如人”

的问题。

## 一、外资轴承公司在华投资情况

### 1、在华投资建厂情况

到 2011 年末，八大跨国轴承公司，除日本不二越公司外，其它七家公司在中国均有投资生产轴承以及相关产品的生产工厂。其中：瑞典 SKF 有 10 家工厂，德国 Schaeffler（舍弗勒）有 5 家工厂，美国 TIMKEN 有 5 家工厂，日本 NSK 有 10 家工厂，日本 NTN 有 6 家工厂，日本 JTEKT（捷太格特）有 6 家工厂，日本 NMB（美蓓亚）有 1 家工厂。

除此之外，还有日本椿中岛公司有 2 家工厂（钢球），日本恩彼碧公司有 1 家工厂（带座外球面轴承）。据不完全统计，世界知名轴承公司在华有 46 家生产企业。

### 2、在华设置区域总部及技术中心情况

外资轴承公司，除了在中国设立生产基地外，已经或正在完成在华发展的战略布局，主要表现为：设立中国总部基地和中国技术中心，统筹其在中国的生产与销售、人才招聘与培训、科研开发与技术服务、技术交流与战略合作选择，同时销售网络、物流中心等都一应俱全，不仅装备精良，而且规模大、起点高。

到 2011 年末，八大跨国轴承公司，有 6 家公司设立了中国总部，分别是：日本 NSK、瑞典 SKF、德国 Schaeffler、日本 NTN、美国 TIMKEN 和日本 JTEKT。有 5 家公司设立了中国技术中心，分别是：日本 NSK、瑞典 SKF、德国 Schaeffler、日本 NTN 和美国 TIMKEN。

## 二、中国轴承企业和国外先进轴承企业的差距

国内轴承产品与国外先进轴承企业产品相比可概括为中低端产品“质不如人”，高端产品“技不如人”。在产品质量、制造技术、生产环境、质量管理四

个方面差距主要有：

### 1、产品质量

1) 动态性能差距：尽管在静态精度上与国外先进水平比较接近，微小型轴承质量已达到 NSK 产品水平，但真正反映轴承使用状态的动态性能（振动、噪声、摩擦）尚有一定差距，尤其是滚子轴承、中大型球轴承差距较大。

2) 产品的一致性差异：同一批轴承中各种质量参数的离散度较大，如公差分布的正态曲线呈丘峰状而不显尖峰；疲劳试验最高寿命与最低寿命之比有时相差 100 倍以上。

3) 寿命可靠性低：这是国内外用户反映最普遍、也最强烈的问题，国内产品一般使用寿命平均只能达到国外产品的一半左右。

### 2、制造技术

国外先进轴承企业批量较大的轴承产品，基本上是采用自动线生产，从零件上料、装卡、加工、检验、清洗、装配、涂油、包装等一系列的加工工序，完全靠高精高效自动化设备完成，专有加工系统（大部分是企业自主开发）和先进的检测技术如自适应磨削技术、在线检测技术、故障自诊断技术等已普遍使用，减少人为因素影响产品质量，精益生产理念、制造执行系统 (MES)、ERP 技术和绿色生产在生产中已广泛采用。

### 3、生产环境

国外先进轴承企业不仅关注制造技术，对生产环境也同样重视，并且建设是一步到位，如厂房外观、车间地坪、厂房吊顶、管道吊架及管道走向，磨削液、超精油和清洗油集中循环系统，岗位送风、集中空调、全室通风、油雾净化处理系统等。

### 4、质量管理

国内企业普遍存在：关注符合性质量的多，关注适用性质量的少；关注产品

质量的多，关注过程质量的少；关注使用问题的多，关注质量改进的少；关注销售服务的多，关注工程服务的少。这些现象的存在，本质上是对质量认识还不深刻、不精细、不到位。质量投入也没有受到足够重视。

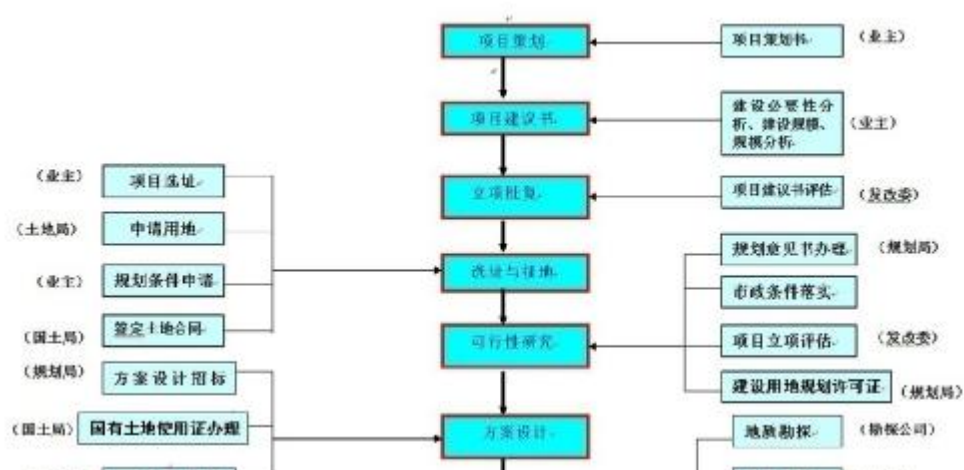
国家对机械基础件行业发展已高度重视，针对所存在的问题，必须从企业自身着手，除加大技术研发和强化管理外，注重持续性、针对性的技术改造或建设先进的新工厂是缩小差距的必要手段。

中机十院国际工程有限公司是服务轴承行业的唯一专业设计院，承担了国家“一五”至“十一五”期间大量的轴承企业工厂建设及技术改造项目设计，完成了约70%的重点骨干企业的新厂建设和技术改造项目设计，十几年来，也承接了一大批外资企业在中国投资项目的工程设计、工程监理和工程总承包工作，积累了丰富的工厂设计和建设经验。要建设高品质的轴承工厂，工程设计是关键，工程实施是保障。本文从工程设计的角度，对建设高品质轴承工厂需要关注的重点和思路进行探讨。

### 三、关注的重点和思路

#### 1、遵守建设程序是高品质工厂建设的基础

“先立项，后设计，再施工”是项目建设的基本程序，要建设高品质的轴承工厂，不论是技术改造项目还是新工厂必须按程序建设，禁止边勘察、边设计、边施工的三边工程和不切实际的赶工期工程。工厂建设程序见图1。



## 2、按合理的流程设计是高品质工厂建设的保障

合理的设计流程是确保建厂设计方案的前提,按流程对拟建工厂生产、管理、组织、过程、控制及服务等进行系统分析和规划制定科学的建厂方案,以保证工厂各系统协调运行有序;各种资源(物资、设备、人员、能源、信息、资金、空间)得到充分利用;创造较好的安全、环境与卫生条件,使生产工人职业健康得到有效的保障;良好的可扩展与发展余地;较少的日常费用(物料搬运、储存与保管费用)等来实现新工厂的目标。合理的工厂设计流程见图2。

与此同时,工厂设计的许多目标也极易受外部环境和企业内部运行影响。

外部环境影响:经济条件、市场条件、政府报批要求和限制、政策导向等。

企业内部运行影响:工厂内部也是一个多目标的运行过程,其中有些目标和

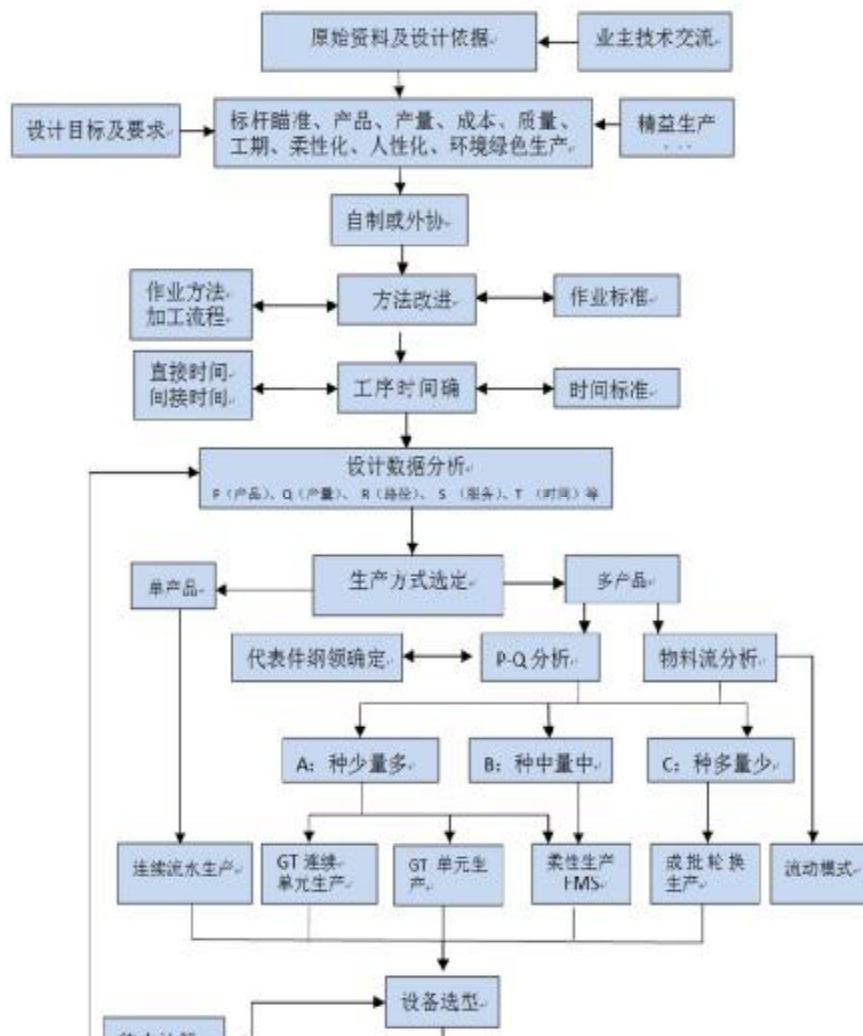
要求还是相互矛盾的，例如自动化与灵活性，高精度、高效率与少投入资金，企业领导（决策者）的传统偏好、意愿等与先进理念之间的矛盾等，这些因素设计者很难预计也无法控制。

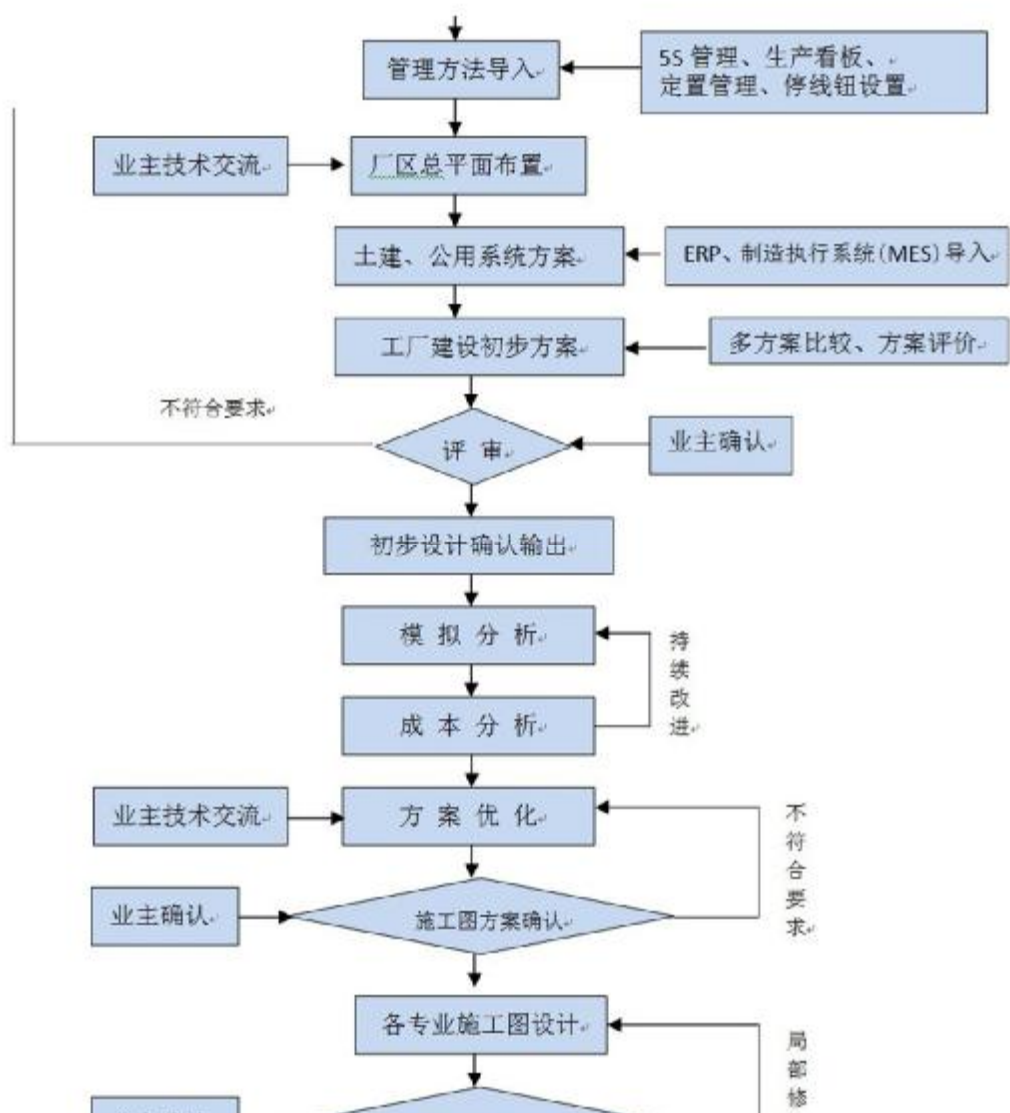
### 3、合理的厂址选择关系到企业长远稳定发展

在新建工厂之前，对建厂地区和地点进行评估确定合理的厂址是十分必要的。厂址选择对工厂的建设、生产、经营、长远发展具有重要影响，必须慎重决策。

#### 1) 地区选择

厂址选择首先要进行地区的选择，除考虑当地政府的招商条件外，还应当考虑合理利用现有的工业基础和交通运输条件，考虑原材料供应、产品配套、工艺协作、技术协作、人力资源和信息交流等协作配套条件，同时也要关注当地的政策环境、税收环境和用地环境。





## 2) 地点选择

在确定的地区内进行地点选择时，应着重考虑地形地质条件、厂外配套设施条件、环境条件等因素。

(1) 地形、地质和气象条件：厂址应便于排除山洪和免受洪水威胁。严禁选在有泥石流、滑坡、断层、洪水淹没、地震基本烈度高于9度、Ⅳ级自重湿陷性黄土和Ⅲ级膨胀土等地段。

(2) 厂外配套设施条件：尽量选择配套条件完善的熟地或开发区，以减少外部配套投资，同时确保供电、供水、供热的能力和质量。

(3) 环境条件：轴承产品是精度较高的机械基础件，轴承生产的环境应能保证产品清洁度、可靠性等，厂址周边不能有排放粉尘、烟尘及腐蚀性气体和引起震动的厂矿企业，尤其不能在所选厂址的上风向。

## 4、合理的工艺设计是确保产品质量的关键

### 1) 合理确定建厂规模和生产纲领

建厂规模和生产纲领主要取决于市场规模和市场上已有的供给量。如果市场容量很大，超过了工厂的“经济规模”，原则上讲，工厂可以按“经济规模”进行设计。否则，应根据当时的市场需求，从“滚动发展”到“经济规模”生产。同时，工厂生产规模需要适应企业的资金筹措计划、战略发展规划，满足“一次



规划，分步实施，滚动发展”的要求。

## 2) 精益生产理念与工厂设计相融合

精益生产是已被实践检验行之有效的生产组织体系和方式，被越来越多的企业学习和借鉴。精益生产追求零库存、准时制、价值流、质量观等理念，在生产各个环节尽可能消除生产运行可能发生的浪费。精益生产方式的特点就是把销售(即市场)看作是生产的起点，用市场拉动装配、装配拉动加工、加工拉动原料，按市场需求从后道工序逐次向前道工序下订单。其核心是使生产要素和资源得到最合理的配置，在恰当的时间将必要数量的零部件送到需要的生产工位，实现“准时化”生产。在规划设计阶段把精益生产理念与工厂设计相融合，为后期工厂运行推行精益生产创造条件。

## 3) 合理确定生产组织形式

依据生产纲领及产品精度要求，从工厂总体角度出发，对整个生产系统进行最合理的安排，即确定企业的生产组织形式。

(1) 为了使生产系统能够有效的运转，在系统内依据分工来合理设置生产部门和辅助部门。

(2) 根据轴承的品种、产量、精度要求确定生产组织形式和加工体系。

◆单件生产体系，适合重型、特大型轴承多品种、小批量生产；

◆批量生产体系，适合起始经济规模生产；

◆连续生产体系，适合品种少大批量的适度经济规模生产；

◆JTT生产体系，基于零库存、准时化的精益生产体系，它的核心是消除浪费、持续改善。它融合了单件生产方式及大规模生产方式各自的优点，同时避免了单件生产方式高成本的不足及大规模生产方式低柔性的缺点。

◆FMS生产体系，基于柔性化的生产体系，是集自动加工、物流、信息流三个子系统组合在一起的全自动制造生产体系，也是目前最先进的制造系统。

#### 4) 合理进行设备及工艺平面布置

##### (1) 布置原则

◆工艺性：尽可能保持生产过程的连续性，避免生产工艺的交叉或不合理的等待。

◆经济性：工件加工中的运送路线要短、要合理，充分利用生产使用面积，提高厂房单位面积生产率。

◆安全性：设备之间要留出合理的操作距离和检修空间，车间内设置合理的通道，保证物流搬运通畅。

◆保密性：为保证外来参观人员有序参观，保证生产工艺和设备不被外人接触，应合理设置参观通道。

##### (2) 布置形式

◆机群式布置：是指把同种类型的设备集中布置在一个地方。这种布置方式常用于用同样的设备来制造各种不同的部件。多用于品种多、批量小的生产类型。

◆生产短线布置：根据产品工序和精度要求，组成生产短线。多用于品种适中、批量生产的生产类型。如：轴承套圈车加工生产线，磨加工生产线，轴承自动装配涂油包装生产线。

◆自动生产线布置，按产品的加工过程顺序配置设施，把多台轴承专用机床连接起来，配以自动运输装置，布置成一条或多条专门的加工生产线。这种形式适合于品种少、批量大的生产类型。

(3) 工艺设备平面布置必须具有灵活性，以适应产品或工艺调整更新的需要。

#### 5、厂区规划和建筑造型是企业的形象

厂区规划和建筑造型是企业的形象，反映企业实力和品味，要做到“远看有势、近看有形”的气势和效果。

##### 1) 厂区规划

厂区规划包括总平面布置和厂区竖向设计。

### (1) 总平面布置

以厂区地形特征为条件，考虑节约用地，尽量减少土方量，有效利用厂区土地和空间，保证退界尺寸、公用设施接口与区域规划相适应。以工艺流程、物流为依据，按生产工艺顺序，使产品有单一流向，避免物流逆向和交叉，确定工厂各生产、生活、管理、能源供应、配套站房、厂区管线布局等公用设施的定位和分区，合理组合建筑物，发展联合厂房，使建、构筑物布置疏密得当。同时考虑各建筑物之间符合消防规范要求兼顾厂区绿化。根据物流量及工艺流向确定厂区运输道路及车间内物流通道宽度及合理布置，正确处理道路宽度、散水绿化和管线之间的间距。

### (2) 厂区竖向设计

竖向设计与总平面布置是密不可分的，特别是在地域范围大、地形起伏较大的场地建厂，在功能分区、路网及其设施位置的总体布局上，除须满足规划要求的平面布局关系外，还受到竖向高程的影响。所以，在合理利用场地地形进行总平面布置的同时，必须兼顾“平面”和“竖向”在布置上的要求，保证场地在建设 and 生产中的合理性、经济性。竖向布置形式按照平土方式基本上可分为平坡式、阶梯式和混合式三种。根据布置形式确定厂区建筑物、构筑物、道路、雨污水排放、露天场地等标高设计。根据各部分的设计标高要求进行土方平衡。

### 2) 建筑造型

建筑造型除满足特定的工艺要求、结构承载及公用系统等基本功能的要求外，还应结合工业建筑的特点，从时尚造型、环境优美、空间宜人等方面考虑，创造“远看有势、近看有形”的建筑外观。远看有势，就是要体现出厂区建筑简约大方、气势宏伟的特色；近看有形就是建筑不但需要做到有品味，更应该在建筑细部上做文章，处处要体现细节成就完美的设计原则。如：压型钢板屋面渗漏

问题，实体墙面与压型钢板墙面及窗台等接缝处雨天渗水问题，窗户与钢结构墙面的衔接问题，雨棚、厂房大门与压型钢板墙的衔接问题，屋面采光带防渗漏问题等一些细部处理。

## 6、合理选择厂房结构形式和围护结构形式

合理选择厂房结构形式和围护结构形式可以降低造价。

### 1) 厂房结构形式

根据生产工艺要求和材料、施工条件，选择适宜的主体结构，厂房主体结构主要有钢筋混凝土结构和钢结构两种形式。

钢筋混凝土结构由于施工周期长、厂房柱网和跨度受限，目前的工业厂房一般较少采用，仅使用于有特殊要求的场合，如电镀车间、酸洗磷化车间、配套用房等。

钢结构厂房以施工便捷造价合理，能满足工艺生产大跨度、大空间的要求，在目前的厂房建设中占据绝对优势。



图3 360°直立缝双锁卷边屋面

### 2) 厂房围护结构

屋面围护结构采用双层压型钢板（内敷50-100mm岩棉保温层）的比较多，渗漏是压型钢板屋面的顽疾。为了解决屋面雨水渗漏问题，目前，国内已广泛采用了360°直立缝双锁卷边屋面，使得屋面防水系统的整体性大大提高。360°直立缝双锁卷边屋面形式见图3。

墙面围护构造，一般1.2m（窗台）以下为空心砖实体墙围护结构（混凝土空心砌块外贴面砖或石材），1.2m（窗台）以上压型彩钢板围护结构（为双层压型钢板内敷50-100mm岩棉保温层）。结构形式见图4。



产生重要影响。  
来越重视生产  
环境和人性化设计。

### 1) 合理设计车间地坪

车间地坪除要经常承受机械磨损、重物冲击、运输工具、堆放重物外还要满足生产工艺和产品精度的要求,因此地坪设计除了考虑地面耐磨、耐冲击外还要考虑生产和美观需要。近年来,在许多新建和改建的轴承生产厂房中,根据设备类型和生产工艺要求,采用的地坪主要有混凝土地坪、复合耐磨地坪、环氧砂浆涂装地坪、环氧自流平地坪等,外资企业也有采用聚氨酯地坪的。

### 2) 厂房应有良好的通风和与生产相适宜的洁净度、温湿度条件

根据工艺要求厂房选用合适的通风形式(自然通风、机械通风和混合通风)。对锻工、机加工宜选用自然通风方式。热处理通常采用混合通风方式。而磨工相

对较封闭采用机械通风和岗位送冷风及新风系统。对精研、装配等全封闭区域采用新风比例较高的集中空调系统保证工作区有适合的温度、湿度，车间内送排风系统按微正压设计以保证工作区域的洁净度。若条件允许，空调系统可采用变风量和变水量系统以降低空调系统的能耗。

3) 对联合厂房，根据生产工序的不同，应合理设置隔断和吊顶，以满足各生产区域消防、通风、温度、湿度和洁净度要求。

4) 对批量较大精度要求较高的轴承，为保证产品质量的一致性，其磨削液系统、超精油系统和清洗油系统应采用集中循环供回系统并合理设置站房、供液管路和回液管路。

5) 厂房应有良好的采光和照明

采光和照明直接影响轴承加工精度及产品装配质量，进而对产品质量造成影响。应根据不同工序的作业照度要求，优先采用自然采光（对钢结构厂房，自然采光措施有两种：屋面设采光带，为保障透光效果，应采用凸出屋面的弧形采光带，以便在风、雪、雨天气有自净功能。厂房墙面设带窗或条窗增加厂房侧面采光），若自然采光不能满足工艺要求，应合理选用照明灯具，满足作业照度要求。在不降低照明质量的条件下力求减少照明系统的电能损失，作业照度要求合理配置照明开关，以便于照明控制，节约用电。

8、信息化建设和工厂建设同步实施以提高企业核心竞争力

条件允许的企业，信息化建设和工厂建设同步实施来保证企业的精益化生产，此外，企业的信息化水平已经成为企业核心竞争力的关键。企业信息化建设与工厂设计要在以下三个方面进行有机结合：工厂信息管理系统、工厂智能化系统、信息基础平台建设。这些系统应根据公司发展情况，本着总体规划、突出重点、分期实时、逐步完善的原则进行。

1) 工厂信息管理系统(MIS)：包括产品研发与技术管理系统、生产管理系统、

物流信息管理系统、制造执行系统 (MES)、财务会计系统、人力资源及薪酬管理系统、办公自动化系统 (OA)、质量控制系统 (包含质量在线监测系统)。

2)工厂智能化系统：包括电话系统、安全防范系统(包括一卡通管理系统)、有线广播系统、远程会议系统、有线电视系统、消防自动化系统等。

3)信息基础平台建设：信息基础平台是整个信息系统的基础工程，包括网络整体架构设计、数据中心或中心机房(安防中心、网络机房、网络室)、综合布线、硬件设备、网络管理及网络安全运行平台等内容。企业ERP管理、MES管理、物流信息、供应链、日常办公等主要业务都要通过该信息基础平台进行。企业内的所有计算机、打印机、扫描仪、IC卡设备、显示屏、安全防范系统、一卡通系统等都通过该平台连接成为一个整体。

#### 9、按国家的相关要求进行绿色生产设计

依据住房和城乡建设部发布的《绿色工业建筑评价导则》，从工厂的选址、厂区规划、物流组织、生产工艺选择、设备选型、厂房建筑节能、公用动力、环保设施的配套、节能技术的运用、三废的治理等方面按导则要求进行系统考虑，设计和建设绿色轴承工厂。

## 四、结束语

一项技术改造项目或一个新工厂建设往往投入很大且建成后不易更改，应尽可能避免选址不当、物流不畅、土地和建筑面积利用率低、运行成本高等问题，在工程设计与建设中投入足够的时间、精力、费用很有必要。随着信息技术、系统工程、物流技术等技术发展，将精益生产、工厂设计、系统工程、绿色生产等领域的知识与长期专业从事轴承工厂设计的工程技术专家的丰富设计实践进行融合，借助计算机辅助技术、信息技术，实现工厂的科学设计，使工厂的系统资源得到最有效的配置和优化,建设高品质轴承工厂