

第一届全国技工院校教师职业能力大赛

教学设计

参赛项目类别	机械类	作品编码	
专业名称	数控机床装配与维修（0109）		
课程名称	数控机床 机械零部件拆装与调整	参赛作品题目	主轴轴承预紧力的 工程计算与调整
课 时	4	教学对象	数控机床装配与维修 技师班（一年级）

一、选题价值

（一）选题的独立性和典型性

本选题要求学生在完成主轴预装的基础上，计算主轴轴承预紧力，并设计试验，探究不同轴承预紧力与轴承组精度/主轴运行状态间的关系。课后运用试验结论，试验得出轴承组最佳预紧力，应用于主轴总成装配等后续工作。相关一体化课程及学习任务构架如图 1，括号中为具体所用学时。

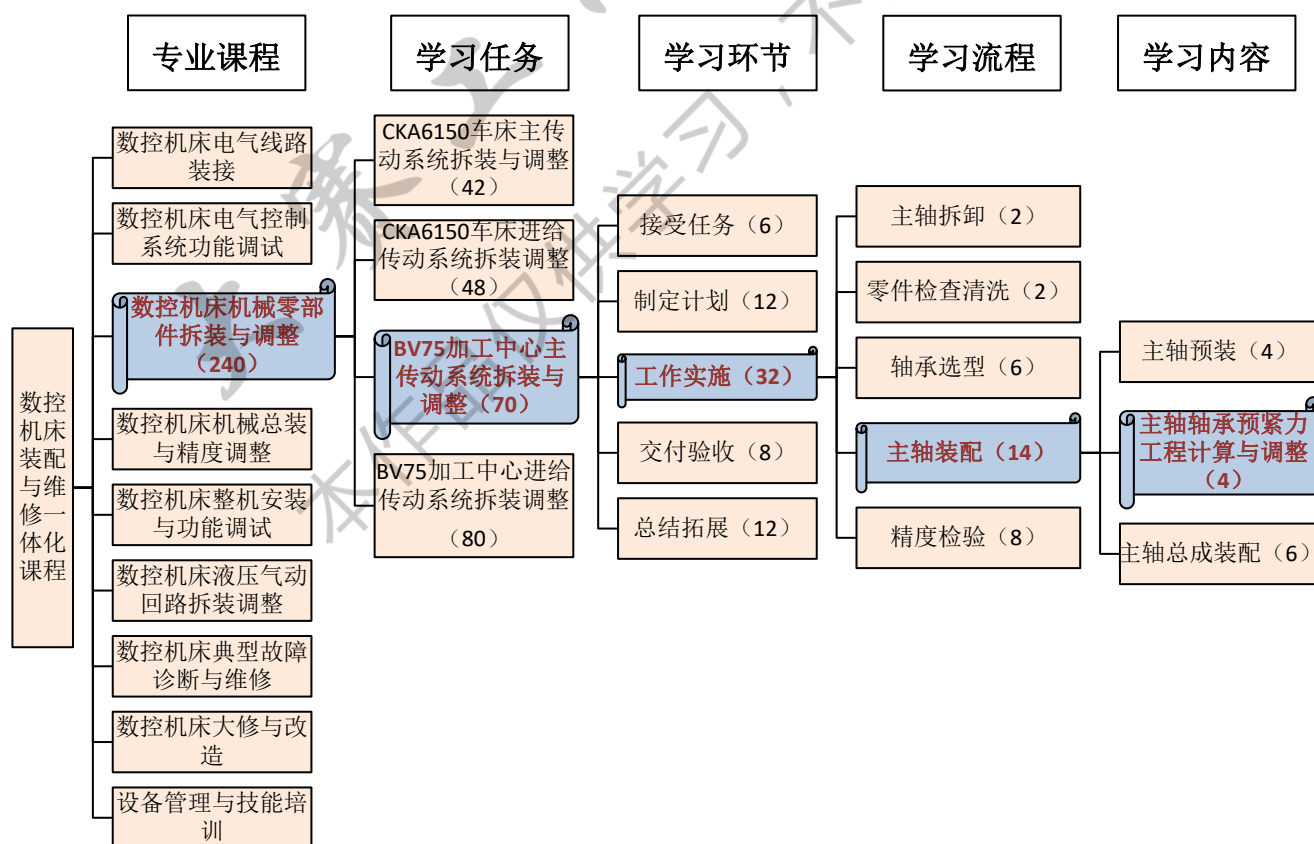


图 1 数控机床装配与维修专业一体化课程构架

本选题来源于一体化课程《数控机床机械零部件拆装与调整》中学习任务“BV75 加工中心主传动系统拆装与调整”中的一个**微任务**，其工作输入与输出相对独立且清晰，具有相对**独立性**。本微任务所属的课程来源于典型工作任务“数控机床机械零部件拆卸、返修、装配与调整”，所属学习任务源于代表性工作任务“BV75 主传动系统的拆卸、装配与调整”。主轴轴承预紧力的工程计算与调整是维修技师的关键技术之一。通过本微任务的工作和学习，能很好地培养技师层级学生通过试验法探究规律的方法能力，因此本微任务具有**典型性**。

（二）选题背景及特点

1.真实工作，真实要求

本微任务来源于企业真实工作，根据课标，将工作任务要求设计成学习任务要求。

本微任务所属学习任务来源于某数控技术有限公司的真实工作项目。该企业的机械工程部车间设在本学院内，为学院数控机床装配与维修专业实训中心之一。该企业于 2017 年 12 月承接某机械加工厂一批 BV75 加工中心的再制造项目，该项目要求对 10 台购置于 2007 年的 BV75 立式加工中心进行翻新改造，其中 4 台再制造任务委托本技师班学生完成，工期 10 个月。本工作任务主传动系统的翻新改造具体工作技术要求如下。

（1）拆卸加工中心主轴，清洗主轴套筒、主轴轴芯、法兰盘、同步轮。

（2）全面检查加工中心主轴所有零部件（轴承除外），并对照图纸进行精度检验和状态检验，重点检查配合面、重要接触面、受力结构、紧固用螺纹孔。

（3）更换主轴前轴承组和后轴承组，优先选用同品牌同型号轴承，次优先选用同型号轴承，最后考虑选用同性能轴承。

（4）装配主轴总成，遵照所选用轴承产品手册中的规定，对轴承组实施预紧，并根据运行状态精确调整轴承预紧力。完成总装后要求主轴锥孔跳动 $<0.006\text{mm}$ ，主轴在端键位置启动力 $<4\text{N}$ ，主轴周期性轴向窜动 $<0.008\text{mm}$ ，主轴锥孔径向跳动近端 $<0.005\text{mm}$ ，远端 $<0.01\text{mm}$ 。

（5）主轴在 5000rpm 转速下噪音 $<95\text{dB}$ ，主轴运行顺畅，平稳，无任何异常阻力。在 8500rpm 的压力转速下连续运行 30 分钟，主轴电机与主轴驱动器无过载、过热报警，符合《GB/T 20957 精密加工中心检验条件》和《GB/T 17421 加工中心检验条件》标准。

本学习任务的学习与工作要求完全按照该工作任务的要求进行设计，本微任务的学习与工作要求按照上文工作技术要求（3）、（4）进行设计。

2.工作过程对接学习过程

本微任务将企业实际的轴承预紧力调整工作创新设计成学生的探究性试验活动。

在实际工作中，为了精确对轴承组施加预紧力，首先需要确认轴承型号，查询产品手册获取相关参数并计算轴承组理论预紧力，随后对轴承组施加预紧并进行精度检测和运行状态检测，最后通过检测数据对轴承组的预紧力进行反复微调，以达到最佳预紧状态。

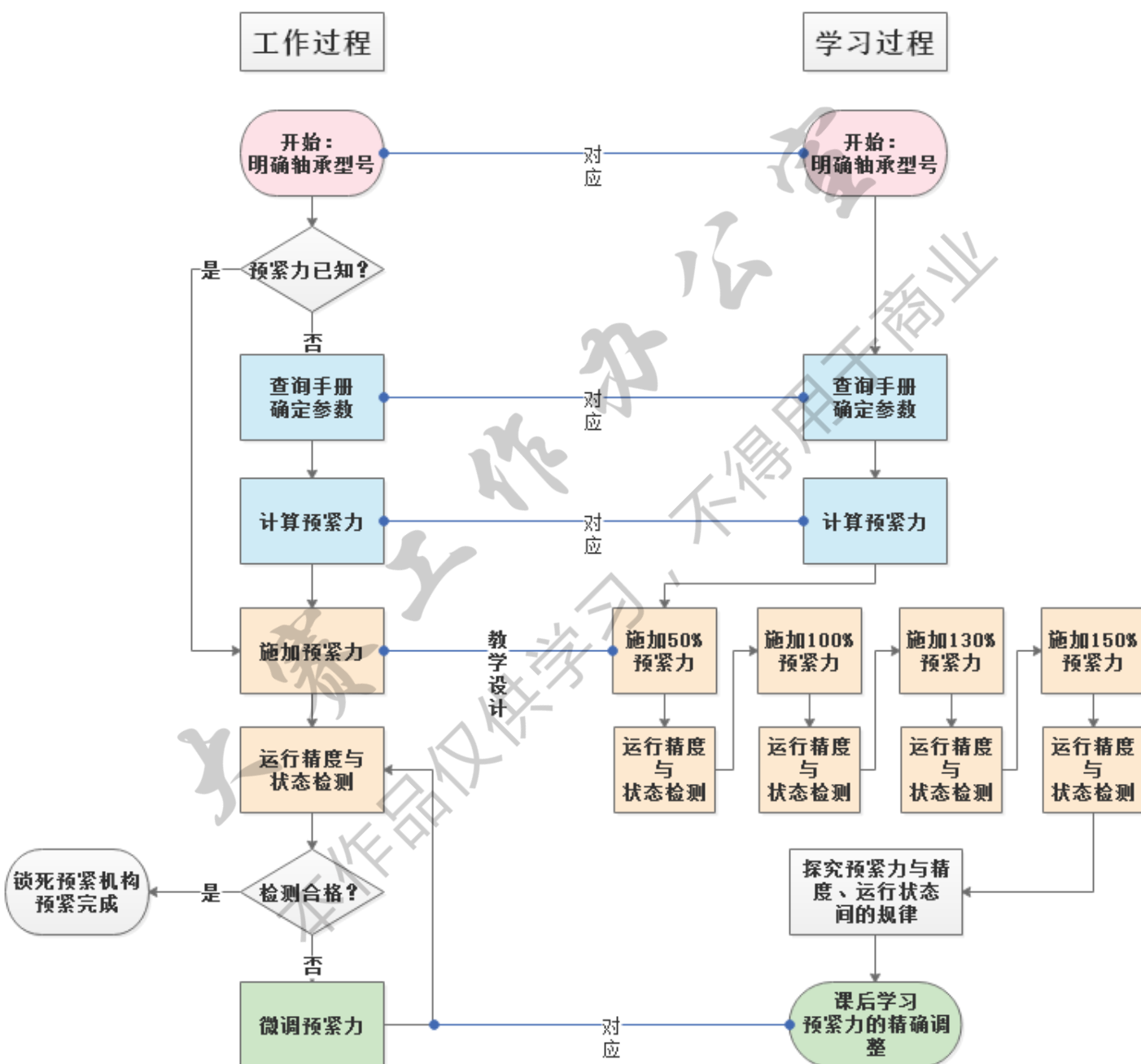


图2 工作过程与学习过程对应关系图

如图 2 所示，本微任务以实际工作过程为基础，将工作过程中的“反复微调预紧力”设计为“探究不同轴承预紧力（50%、100%、130%和 150%轴承理论预紧力）与轴承组精度/主轴运行状态间的关系”的探究性试验，将能力培养与工作岗位对接合一。

（三）学习价值

1.关键技术

在实际生产工作中，轴承故障在数控机床机械故障中占有较高比例，从维改协会年鉴统计上看，各类轴承故障在数控机床常见机械故障中占比约为 35%。现代轴承维修维护工作需要从业技术人员熟练掌握轴承预紧力的工程计算和精确调整。因此本微任务是维修领域的关键专业技术。

2.承先启后

本微任务上一环节完成了主轴的预装，学习了主轴规范装配方法；本微任务下一环节需要进行主轴总成的装配，同时学习主轴总成的精度调整。从知识结构上看，本微任务的知识是前一环节知识的验证，亦是后一环节知识的先行；从工作过程上看，“主轴预装→轴承预紧→主轴总装与调整”是一个连贯的工作流程。因此本微任务具有承前启后的重要作用。

3.理想载体

本微任务在学习和工作过程中，要经历“计算→设计试验方案→合作实施试验→分析试验数据→归纳试验结论”等活动，在此过程中，不仅培养了学生预紧力计算、调整等专业能力，同时有效地训练了学生独立学习、逻辑思维、试验总结等非专业能力。此外，在试验过程中，学生会观察到预紧力过大和过小对轴承组及主轴运行状态的影响，帮助其逐步建立起轴承预紧力故障现象与故障原因之间的逻辑关联，这对于故障诊断思路的形成至关重要。因此本微任务是培养综合职业能力的理想载体。

二、学情分析

微任务授课对象为数控机床装配与维修技师班，授课时间为技师第一学年第一学期。数控机床装配与维修技师班是从本校数控加工专业（数控车工、数控铣工或加工中心操作工）高级工班自由报名组建而成，总人数为 24 人，该技师班具体学情分析如下表 1。

表 1 学情分析与应对策略表

学生特点		应对策略
已知	1.加工中心主轴的基本概念与结构 2.主轴零件功能与特点 3.主轴装配工艺 4.能完成轴承的识别、选型与装配 5.能按照工艺要求，规范地进行主轴装配	1.企业专家访谈，课前学习，完成作业 2.自学、听讲、交流有机结合，轮换进行 3.自主设计试验、自主实施试验、自主评价试验 4.以熟练进行主轴总成，轴芯总成和轴承组的装配为基础，实施探究性试验 5.快速识别本学习任务轴承，支撑后续学习 6.试验过程严格要求，巩固装配工艺，复习操作流程
未知	1.轴承预紧力的概念与作用 2.轴承预紧力的施加方式和工程计算 3.不同轴承预紧力与轴承组精度/主轴运行状态间的关系	
优势	1.动手能力强，对实操工作有主动性 2.习惯于通过团队合作进行学习 3.能够在实际工作中发现问题，并通过请教企业专家，查询互联网等方式尝试解决问题	1.设计课前企业专家访谈 2.通过设计试验、实施试验、总结试验完成逻辑思维能力训练 3.设置适当的自学内容，并设置两两互讲环节，制造自学动力
劣势	1.独立进行探究性学习的能力不强 2.逻辑思维和推理判断能力仍需要持续不间断地培养	4.实操互评制度，激励实操活动 5.通过团队合作，快速高效规范地完成试验的实施

此外在学期初，借助学院自主开发的“综合职业能力评价管理系统”中的评价数据（如图 3 所示），回溯本班学生高级工阶段的成绩，将综合职业能力评价中非专业能力得分最低的 8 位学生设为 4 个大组的组长和小指导员，每个学习任务之前组成临时学习小组，进行针对性课前培训，在学习活动中负责组织教师指定的小组学习活动及进行实操示范。通过对这 8 位学生委任职务，委托职责，制造责任压力，进而转化为进步动力，实现**分层教学与差异化教学**。

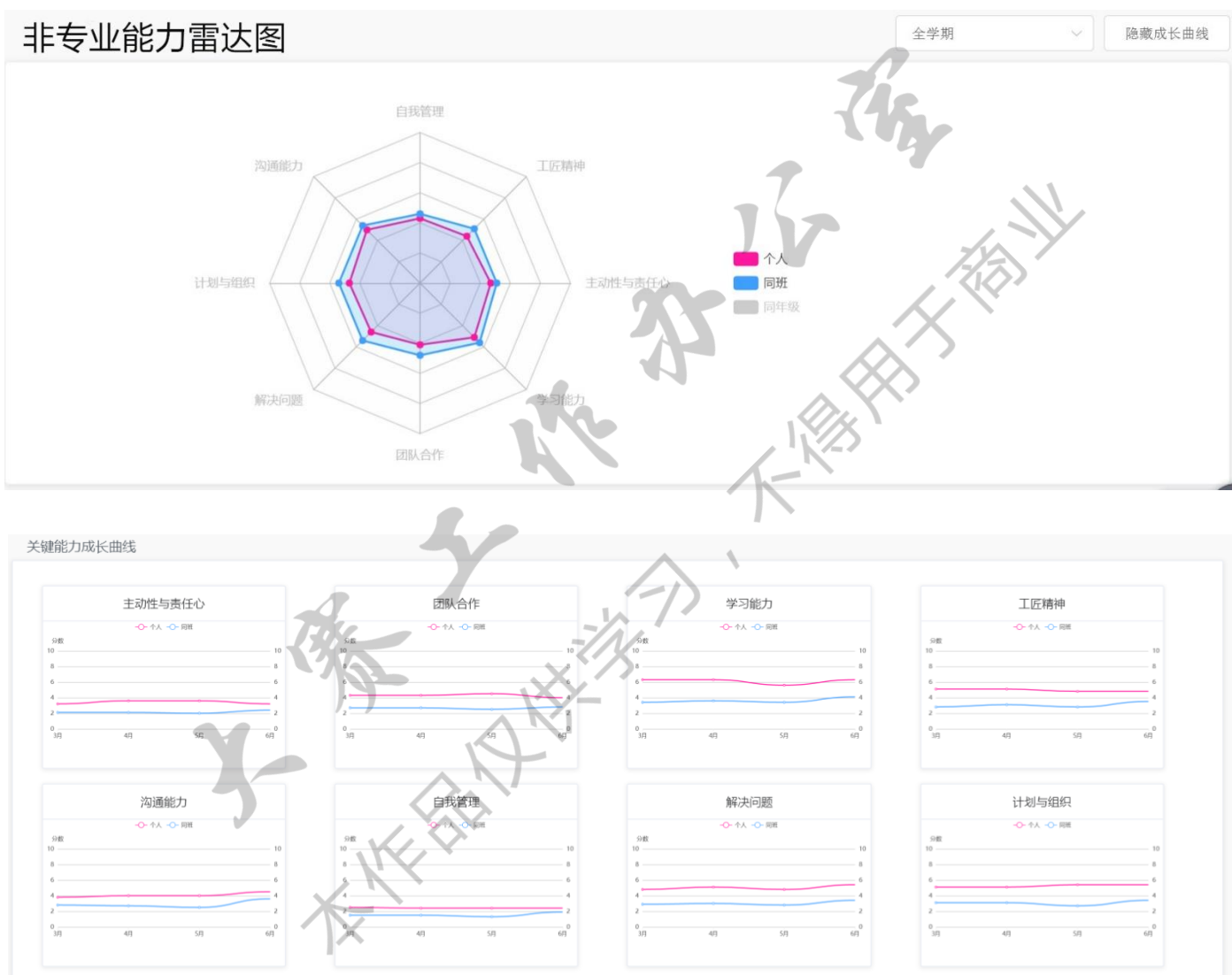


图 3 本班某小指导员非专业能力雷达图与成长曲线

三、学习目标

（一）课前目标

通过企业专家访谈，能准确、专业地描述主轴的预装流程，分析并写出前次课主轴预装精度超差的原因，同时完成蓝墨云班课中轴承预紧力概念与作用的习题。

（二）课中目标

1.能独立查阅资料，并依据资料计算轴承的预紧力。

2.通过信息页的学习，在工作页的引导下，完成试验、记录、总结、讨论等活动，探究不同轴承预紧力与轴承组精度/主轴运行状态间的关系。

（三）课后目标

阅读资料，以小组为单位，通过已学习的试验法进行试验，精确调整理论预紧力，最终得出下一环节需要的最佳轴承预紧力数值，同时反思课堂操作过程中的问题，提出解决措施。

四、学习内容

（一）微任务概述

本微任务在设计时，充分考虑了工作过程和学习过程的完整性与连贯性，具体内容见表 2：

表 2 微任务描述

承前设计	在上次课，学生按照装配工艺，对主轴总成进行了预装，但由于 事先未告知学生关于轴承预紧力的相关要求 ，学生未对轴承组实施预紧，导致学生预装的主轴精度检验超差。在上次的课堂上，学生已经针对主轴精度超差自发进行了小范围讨论。
微任务概述	针对主轴精度超差和学生自发讨论，教师布置本次课的课前作业：采访企业专家，描述主轴预装的过程和本组对于精度超差原因的预测，听取企业专家的讲解与点评，解除心中的困惑，同时学习轴承预紧力的概念与作用。随后进入课堂，学生在信息页和工作页的引导下，学习轴承预紧力的施加方式、 计算方法（重点） ，计算出轴承组理论预紧力。再通过探究性试验，研究不同预紧力作用下的轴承组精度与主轴的运行状态，经过数据总结分析与讨论， 得出不同轴承预紧力与轴承组精度/主轴运行状态间的关系（难点） 。
启后设计	延续课堂内容，课后依据资料调整轴承组理论预紧力，参照课堂上的试验过程，对理论预紧力进行精确调整， 最终得到轴承组最佳预紧力 ，应用于后续主轴的总装，达到企业要求的精度，完成主轴的再制造工作。

（二）学习内容

本微任务以工作过程为基础，设计了学习流程，对应的具体学习内容如表 3。

表 3 学习与学习环节对应表

学习环节	学习内容
课前环节	前次课主轴预装后精度超差的原因 轴承预紧力的概念与作用
课中环节	轴承预紧力的施加方式 轴承预紧力的计算方法（重点） 不同轴承预紧力与轴承组精度/主轴运行状态间的关系（难点）
课后环节	轴承组预紧力的精确调整

（三）学习重难点

本微任务的学习重难点与破解策略见表 4。

表 4 学习重难点与破解策略

学习重点	破解策略
轴承预紧力的计算	通过自学→听讲→互改→二次自学→互讲的学习活动，辅以教师适度的引导和指点，让学生在自学者、批改者、反思者和讲解者中依次进行角色转换，通过看、听、写、说、思等手段，从多个角度帮助学生完成重点内容的学习。
学习难点	破解策略
探究不同轴承预紧力与轴承组精度/主轴运行状态间的关系	1.设计并实施探究性试验，分别以 50%理论预紧力、100%理论预紧力、130%理论预紧力和 150%理论预紧力预紧轴承组，设计并实施精度检测和运行状态检测，进行平行试验，获取数据，分析数据，探究规律，得到初步结论； 2.利用展览馆展示法轮流参观，组内组间进行讨论，组间对比，组内反思，互补完善等方式，获得最终结论。

五、学习资源

(一) 学习场地资源

本学习任务的场地布置及使用示意图如图 4 所示。

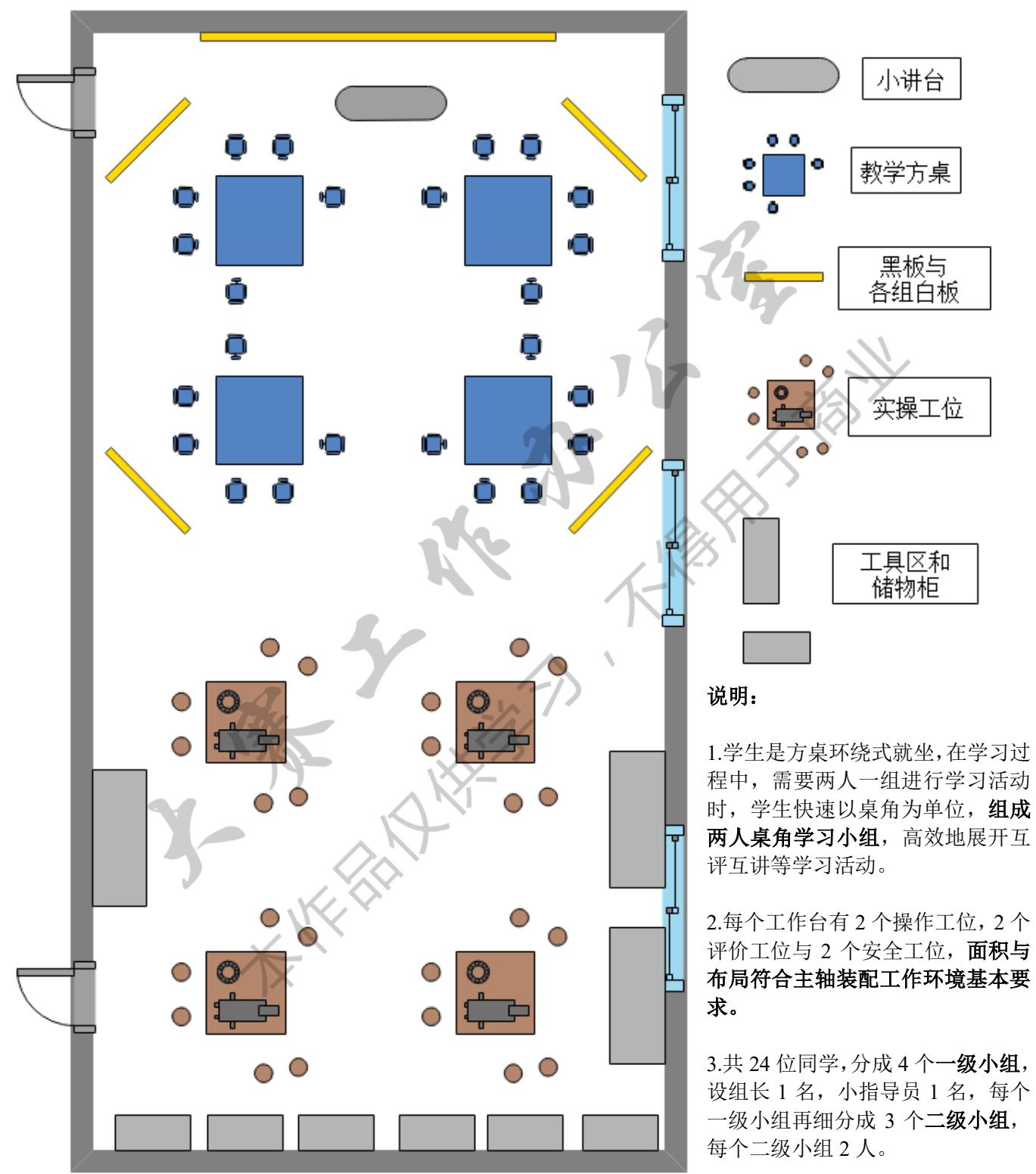


图 4 学习场地布置及使用示意图

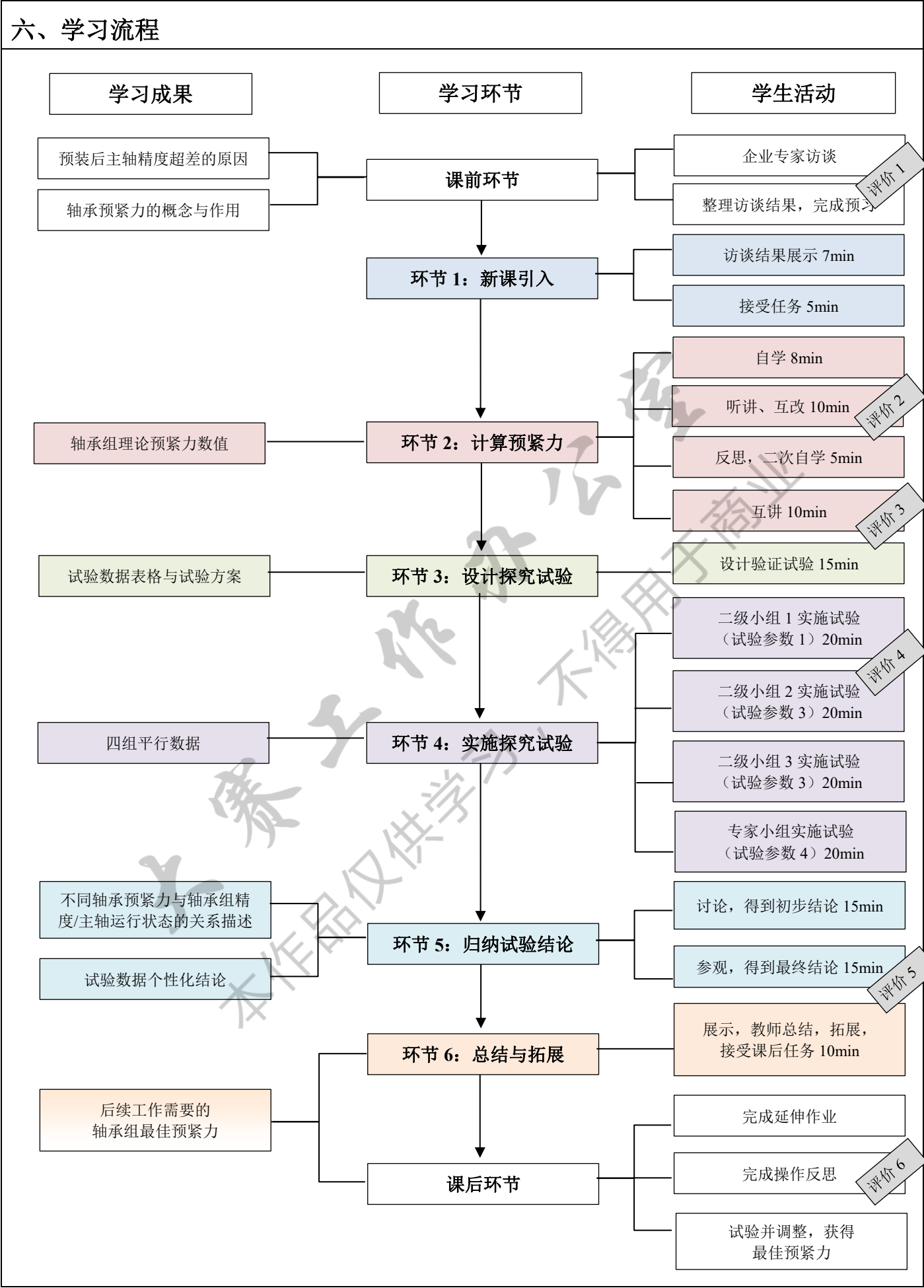
（二）学习软/硬件资源

本次学习任务的学习软/硬件资源及使用要点如表 5。

表 5 学习软/硬件资源及使用要点列表

环节	资源名称	数量	资源要点与作用
课前环节	某数控技术有限公司	N/A	通过该资源进行专家访谈，达成课前目标 激发学习兴趣
	蓝墨云班课	N/A	信息化平台，用于发布资源，上传评价，完成课前预习题等
环节 1 新课引入	学习任务的任务书	N/A	明确学习任务与要求 教师口头叙述
环节 2 计算 预紧力	轴承（7014C，7012C）	1 套/组	轴承为本微任务核心学习对象
	信息页，工作页（具体内容见附件 1、2）	1 份/人	获取轴承型号，查询关键参数，获取预紧力计算公式 设置引导问题和任务书，引导学习内容的推进
环节 3 设计探究 试验	试验设计任务书	1 份/人	获取设计任务的具体要求
环节 4 实施探究 试验	实操工具（力矩勾头扳手，千分表等）	1 套/组	利用力矩勾头扳手，精确施加轴承组预紧力
	主轴总成	1 套/组	获取试验数据
	轴承（7014C，7012C）	1 套/组	获取操作过程的照片与视频
环节 5 归纳试验 结论	工作页（引导问题）	N/A	引导学生完成试验数据的分析与总结
	试验记录及结论	1 份/组	将全班认可的学生成果翻转为学习资源，获取试验最终结论。获取试验特殊现象及其分析，完成课中的适度拓展
环节 6 总结与拓展	SKF 精密轴承样本（电子版）	N/A	提供自学的资料性文件，锻炼学生自学能力
	NSK 精密滚动轴承产品样本	1 份/人	
课后环节	试验操作中的照片与视频	N/A	学生在试验过程拍摄的照片与视频，翻转为学习资源，获取操作过程的违规点和异常点，用于课后反思与提升
	本组的试验数据	1 份/人	确定最佳预紧力，用于下一环节的学习与工作
其他资源：白板、白板笔、投影仪、彩笔、尺子、手机、工作台			

六、学习流程



七、教学实施过程

教学环节	学习内容	学生活动	教师活动	教学手段	教学方法	设计意图
课前环节	<p>访谈内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 向企业专家描述本组主轴预装的操作流程和对精度超差原因的预测，请企业专家进行讲解与点评 <p>预习题</p> <ul style="list-style-type: none"> • 轴承预紧力的基本概念和作用 	<ul style="list-style-type: none"> • 依托学校企业资源，依照教师要求，访谈企业导师 • 整理访谈录音和视频，制作成可以用于展示的 PPT 或者视频 • 阅读蓝墨云班课中的资料，完成教师布置的预习作业 	<ul style="list-style-type: none"> • 跟踪学生的访谈，在学生访谈结束后，对学生访谈的企业导师进行回访，导师给出访谈小组的分数 • 监督检查网络资料的阅读情况和预习作业的完成情况 	企业专家访谈	讲授 翻转课堂	通过企业专家访谈，探究上次课主轴精度超差的原因，激发学生学习兴趣，建立轴承预紧力的概念，明确本微任务的重要性，总结预习情况，引入新课
环节一： 新课引入	<ul style="list-style-type: none"> • 小组间互相听取访谈结果，明确前次课主轴预装后精度超差的原因，学习轴承预紧力的基本概念 	<ul style="list-style-type: none"> • 展示访谈结果 • 听取教师点评与总结 	<ul style="list-style-type: none"> • 听取学生汇报访谈内容 • 点评与总结学生的汇报内容，讲解轴承预紧力的基本概念，引入新课 	<p>制作 PPT</p> <p>PPT 讲解</p> <p>蓝墨云班课</p>		

七、教学实施过程

教学环节	学习内容	学生活动	教师活动	教学手段	教学方法	设计意图
环节二： 计算 预紧力	<p>信息页主要内容：（具体见附件1）</p> <ul style="list-style-type: none"> • 轴承预紧力的概念 • 轴承预紧力的作用 • 轴承预紧力的施加方式 • 轴承预紧力的计算公式 <p>工作页引导问题：（具体见附件2）</p> <p>第一步，确定前轴承和后轴承的品牌规格型号；</p> <p>第二步，确定前后圆螺母的规格型号；</p> <p>第三步，确定计算公式；</p> <p>第四步，查表确定轴承关键参数；</p> <p>第五步，确定主轴轴承平均运行速度；</p> <p>第六步，计算轴承的预紧力；</p> <p>第七步，确定圆螺母拧紧系数；</p> <p>第八步，计算圆螺母拧紧力矩</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 接收信息页与工作页，独立阅读信息页，完成工作页中的引导问题，计算实训用轴承的预紧力 • 在完成工作页引导问题的基础上，桌角小组交换工作页，听取教师讲解，订正题目，记录笔记，并给出对方计算部分的评分 • 完成订正，记录和评分后，返还对方工作页，审视对方的批改，进行反思和二次自学 • 在完成二次自学的基础上，桌角小组轮流互讲轴承预紧力计算的方法和流程，并给出对方讲解部分的评分 	<ul style="list-style-type: none"> • 监控学生自学、反思、讲解的过程；对学习进度较慢的同学进行指导；解答学生提出的问题，同时发现共性问题和有价值问题 • 讲解轴承预紧力的计算，重点突出方法的使用和步骤的递进 • 讲解巡视过程中发现的共性问题和有价值问题 	<p>桌角小组 分组</p> <p>信息页、 工作页引导</p> <p>角色转换</p>	<p>桌角小组学习</p>	<p>通过自学→听讲→互改→二次自学→互讲的学习活动，让学生在自学者、批改者、反思者和讲解者中依次进行角色转换，通过看、听、写、说、思的多重手段，从多个角度帮助学生完成重点内容的学习</p>

七、教学实施过程

教学环节	学习内容	学生活动	教师活动	教学手段	教学方法	设计意图
环节三： 设计探究 试验	<p>试验任务书 (具体内容见附件3)</p> <p>试验要求：</p> <ul style="list-style-type: none"> 按照 50%，100%，130%和 150%四个不同等级的预紧力进行前后轴承的装配，每个二级小组选用一种等级的预紧力，每个二级小组前后轴承预紧力的百分等级一致 第一个二级小组进行装配，第二个二级小组负责安全协助，第三个二级小组负责评价。完成一次装配后，进行轮换，150%理论预紧力的试验由组长和指导员组成的专家组实施 试验的数据先记录在白板上，实验结束后誊抄在工作页中 <p>表格要求：</p> <ul style="list-style-type: none"> 按照 50%，100%，130%，150%四个不同等级的预紧力进行表格设计 关键性能必须包括（但不限于）：主轴启动力、前轴承端面跳动、前轴承对后轴承配合面跳动、主轴锥孔跳动、主轴运行平稳性 留有填写最终结论和同学打分的区域 	<ul style="list-style-type: none"> 阅读任务书，明确任务 以 6 人小组为单位，自由选择方法（关键词法，卡片法，头脑风暴法等），小组讨论试验方案 以 6 人小组为单位，完成试验数据表格的设计，并将表格绘制在本组白板上 	<ul style="list-style-type: none"> 设问并强调引导问题，引导试验方案的设计 监控小组活动的组员参与度 控制表格的合理性和逻辑性，及时发现并纠正逻辑性错误 	<p>设计试验</p> <p>制作表格</p> <p>引导讨论</p> <p>任务书</p>	<p>试验教学</p> <p>引导教学</p>	<p>通过引导，让学生自主设计试验，完成破解学习难点的第一步</p>

七、教学实施过程

教学环节	学习内容	学生活动	教师活动	教学手段	教学方法	设计意图
环节四： 实施探究 试验	<p>装配过程中完成以下检验：</p> <ul style="list-style-type: none"> 前轴承端面跳动 前轴承对后轴承配合面跳动 主轴锥孔跳动 主轴启动力矩 主轴运行的平稳性 <p>同时将实验数据填写在本组表格中。</p> <p>(图五) 检验例图</p>	<ul style="list-style-type: none"> 二级小组 1（装配组）以 50%理论预紧力完成轴承组和主轴总成的装配。二级小组 2（安全组）完成安全监督工作，拍照摄像，留下过程性证据。二级小组 3（评分组）完成对装配组试验过程的评分 二级小组 2 转换角色，担任装配组，以 100%理论预紧力完成装配工作，二级小组 3 转换为评分组，二级小组 1 转换为安全组 二级小组 3 转换角色，担任装配组，以 130%理论预紧力完成装配工作，二级小组 1 转换为评分组，二级小组 2 转换为安全组 组长和小指导员组成专家组，以 150%理论预紧力完成装配工作，其他成员进行观摩 小指导员辅助教师，指导本组的工作进度，解决力所能及的问题 	<ul style="list-style-type: none"> 在四个工位间不断进行巡视，完成以下工作： 1.安全巡视与安全隐患预警 2.监督各个组员是否各司其职，重点关注平时不积极的学生； 3.督促各组的试验进度 4.对个别问题进行单独指导 5.发现共性问题，进行集中讲解 6.发现有价值问题，记录，布置为课后思考拓展问题 	<p>实时评分</p> <p>互相监督</p> <p>控制变量试验</p>	<p>任务驱动</p> <p>试验教学</p>	<p>针对学习难点，按照试验方案，完成试验，获取轴承组和主轴在不同预紧力下精度检测和性能检测数据，为后续的规律探究与归纳收集前期数据，同时在试验过程中，引导学生观察到预紧力异常对轴承组及主轴运行状态的影响，帮助其逐步建立起轴承预紧力故障现象与故障原因之间的逻辑关联</p>

七、教学实施过程						
教学环节	学习内容	学生活动	教师活动	教学手段	教学方法	设计意图
环节五： 归纳试验 结论	<p>在阅读任务书，审视本组试验数据的基础上，独立回答完成以下引导问题：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 将试验结果转化为图示 • 通过图示总结规律 • 解释本组的现象与规律 <p>应整理并掌握的规律：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100%理论预紧力下的各项精度略低于130%理论预紧力下的各项精度，原因在于由于常年使用导致主轴轴芯总成尺寸小于设计尺寸，因此需要更大的预紧力 • 预紧力越大，轴承组轴向窜动越小，轴承端面跳动越小，主轴锥孔跳动越小，直到达到精度极限；预紧力越大，轴承启动力矩越大，基本呈线性正相关 • 主轴运行的平稳性与轴承预紧力的大小并无直接联系，需要在高速运行状态下进一步研究 	<ul style="list-style-type: none"> • 在获取试验数据的基础上，再次阅读工作页中，独立回答引导问题 • 小组讨论引导问题的答案，整理归纳初步结论 • 以小组为单位，展览馆法进行轮流参观，每组留下一名讲解员，负责向前来参观的同学进行讲解和答疑 • 小组内在参观过程中进行讨论，发现别组的优点和问题，反思本组结论，进一步完善最终结论。参观结束后对投票选出最佳小组 	<ul style="list-style-type: none"> • 参与小组讨论过程，进行必要的点拨和指导 • 参与学生的展览馆展示，及时发现错误结论，收集记录学生讨论中有价值的争论点，用于最后的讲解与点评 • 适当参与讨论，引导讨论的顺利进行，保证讨论的范围和方向不出偏差 • 指挥整个参观过程的推进，控制现场秩序，对于参与度较低的学生提出问题，适当提醒 	<p>任务书引导</p> <p>引导问题引导</p> <p>参观互评</p> <p>思维碰撞</p>	展览馆法	<p>针对学习难点，通过问题，引导学生有目的地讨论，总结本小组的试验结论，再通过轮流参观、互评选优、结论分享、教师点评等活动，完善试验结论</p>

七、教学实施过程						
教学环节	学习内容	学生活动	教师活动	教学手段	教学方法	设计意图
环节六： 总结与拓展	<ul style="list-style-type: none"> 最佳组有价值的结论 不同轴承预紧力与轴承组精度/主轴运行状态间关系的最终结论 	<ul style="list-style-type: none"> 听取最佳组的结论分享并做必要记录 听取教师总结，并记录课后作业 	<ul style="list-style-type: none"> 点评最佳组的结论，总结本学习任务的完成情况，对各组进行表扬，点评与鼓励 布置课后作业 提前预知下次课的主要内容和课前准备工作 	学生分享 教师总结	讲授	总结重要知识，鼓励与点评，最后查漏补缺，进行课后完善，并通过课后学习与试验，获得轴承组最佳预紧力，完成与下次课的衔接
课后环节	<ul style="list-style-type: none"> 轴承组预紧力的精确调整和轴承组最佳预紧力的获取方法 查阅相关资料，学习“零预紧轴承”，并将其特点和应用实例总结出来；计算 SKF 71924 CD/HCP4A 轴承在 TDT 配对组合下，以平均转速 8000rpm 时的预紧力 	<ul style="list-style-type: none"> 阅读资料，通过试验进行精确调整，获得轴承组最佳预紧力，运用于后续主轴总装 各小组上交试验照片和视频，同时各个二级小组对照评分表 and 对应视频，反思本组试验过程实际操作中出现的错误和违规操作，总结问题并准备在下次课进行汇报 抄画表格数据，完成课后作业，上传作业和个人自评，提交工作页 	<ul style="list-style-type: none"> 及时跟进学生课后总结，反思，课后作业等 观看学生试验的照片与视频，查漏补缺 	蓝墨云班课 小组反思		

八、学业评价

（一）评价设计思路

本微任务在评价方面，共设计有 6 次评价，评价总分为 120 分（其中评价 5 为加分项，理论满分 20 分），总分按百分制换算，作为本微任务成绩。本微任务最终成绩作为本学习任务的阶段性成绩，参与最终的评分。具体分数组成如下图 5 所示，其中综合职业能力得分库是本院自主开发的“综合职业能力评价管理系统”的一部分，用于记录和评价学生在校期间所有学习任务的综合职业能力得分。

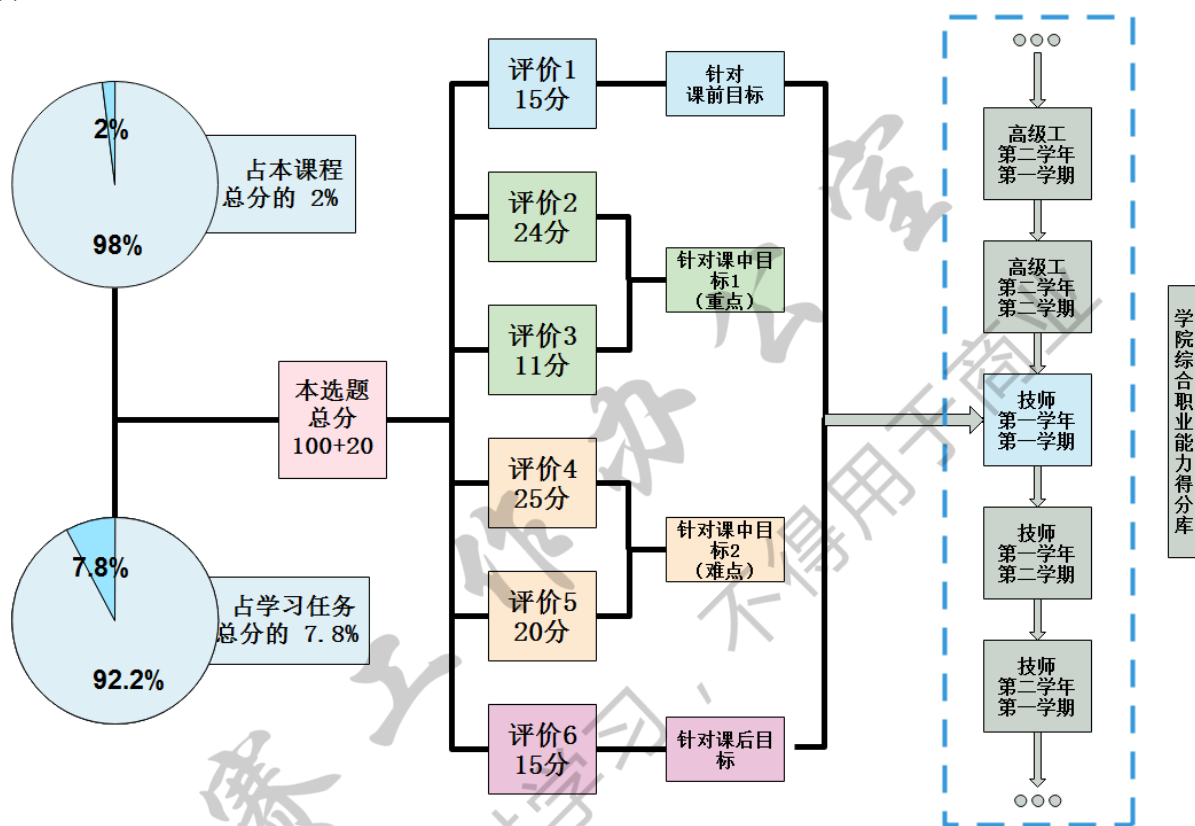


图 5 学习任务学业评价结构图

本微任务在评价设计过程中，遵循了以下原则。

1. **简易原则**。评分表的项目配分设置有 1-0 档和 2-1-0 档两种类型，尽可能地降低配分区间的大小，1-0 档分别表示做到与否；2-1-0 档分别表示做得好、做到、没做到，评分无需进行过多的主观评判，以更快捷地获得准确的评价结果。

2. **多元原则**。第一设计维度为评价者维度，包含有第三方评价、教师评价、学生互评和学生自评，评价者尽可能多样化，力求评价结果的客观。

3. **全过程原则**。第二设计维度为评价环节维度，整个评价设计涵盖了课前，课中和课后，保证评价环节涵盖了学生活动的全过程，以达到评价内容的完整。

4. **多角度原则**。第三设计维度为评价角度维度，整个评价设计包含了过程性评价和结果性评价，兼顾了专业能力和非专业能力的评价，在部分评价中还要求学生留下照片，视频，录音等可反馈溯源的过程性材料，以保证评价过程的多角度化。

（二）学业评价实施细则

本微任务学业评价的实施细则如下表 6 所示：

表 6：学业评价实施细则表

《主轴轴承预紧力的工程计算与调整》学业评价实施细则				
序号	所处环节	评价者	评价方式	评价内容
评价 1	课前环节	企业专家 教师 (课前)	企业专家直接针对小组表现直接给分，满分 9 分。蓝墨云班课根据预习题的完成情况自动出分，满分 6 分	针对预习完成情况的评价。访谈过程表现，参与度，记录问题的完整度，沟通能力，礼貌。个人课前资料阅读与预习情况
评价 2	环节 2 计算 预紧力	学生（互评） 教师 (2min)	1-0 两档评价，互评部分满分 12 分，师评部分满分 12 分，共计 24 分	针对课中目标 1 的评价。学生在自学过程中的准确度，积极性，卷面情况等
评价 3	环节 2 计算 预紧力	学生（互评） 教师（1.5min）	互评+师评两 1-0 两档达标型评价，互评部分满分 6 分，师评部分满分 5 分，共计 11 分	针对课中目标 1 的评价。学生在互讲过程中的语言表达，沟通交流，技术问题阐述等
评价 4	环节 4: 实施探究 试验	学生（互评） (同步完成)	轮换型互评，2-1-0 三档达标型评价，满分 25 分，评价过程拍照摄像留证据	针对课中目标 2 的评价。学生在试验过程中的规范操作，安全意识，协同合作，5S 管理等
评价 5	环节 5: 归纳试验 结论	学生（互评） (1min)	互评，投票型评分，属于加分项，理论满分 20 分	针对课中目标 2 的评价。学生最终结论的准确性，结论价值，美观程度等
评价 6	课后环节	学生（自评） 教师（课后）	自评+师评，自评 10 分。师评 15 分，针对拓展问题给分	针对目标 1 和课后目标的评价以及综合自评

（三）评价界面、评价表、评价标准展示

1.评价 1 与评价 6 展示

蓝墨云班课评价界面：

返回 主轴装配测试 分析					返回 答案列表 智能标签	
#	姓名	学号	得分	用时	题目详情	
1	杨宇翾	1340637	6	6'41"	刘涵 6次 不同位置多次测量 计算平均K值 处理结果:最 终修配调整法兰盘上凸台 高度值 2017-10-23 14:45 +2经验值	
2	马健华	1340706	6	8'3"	许殿章 1. 6次 2.不同位置多次测 量取平均数最后按K=K +0.02 不同位置有误差去平均数 2017-10-23 14:45 +4经验值	
3	刘鑫	1340646	6	9'45"	于永涛 至少四次 取平均值 因为取平均值比较稳妥 考虑随机性1 2017-10-23 14:45 +3经验值	
4	赵光远	1340668	5	3'27"	唐英迪 六次 测量公差确定需在 不同的位置多次测量的值 进行加权计算平均值! 写 最接近的值 2017-10-23 14:45 +2经验值	
5	范振	1530149	5	6'32"	于丰硕 六次在不同的位置多次进 行测量, 进行加权计 算平 均值 用加权平均值来消除测量 误差 2017-10-23 14:45 +2经验值	
6	夏叔同	1340672	5	6'53"	王振宇 需要在不同的位置多次测 量, 测量后把所有的值想 加再取平均值, 因为是手 工测量所以, 这样处理降 低误差 2017-10-23 14:45 +2经验值	
7	王彦锦	1340451	5	7'6"		
8	白明杨	1530144	5	8'10"		
9	郭宁	1341216	5	9'12"		
10	阙超	1341209	5	9'30"		
11	王振利	1530152	4	5'27"		
12	于永涛	1530025	4	7'58"		
13	干添铤	1340704	4	8'24"		

2.评价 2 与评价 3 展示，轴承预紧力学习与互讲评价表（表 7）

表 7：轴承预紧力的计算学习评价表、讲解评价表

轴承预紧力计算学习评价表			
学生互评部分（评分人： ）			
自学部分			
项目	配分	得分	备注
完成所有内容的学习	1		
正确确定轴承规格型号	1		
正确确定圆螺母规格型号	1		
计算公式抄写正确	1		
关键参数正确	1		
运行速度正确	1		
预紧力计算正确	1		
预紧力计算过程完整	1		
拧紧力矩计算正确	1		
拧紧力矩计算过程完整	1		
书写整齐美观	1		
工作页整洁	1		

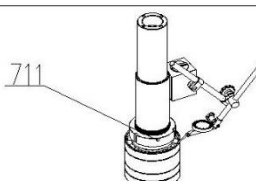
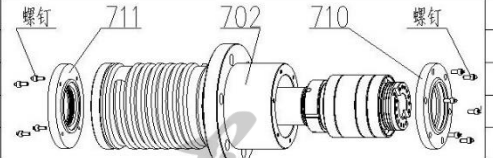
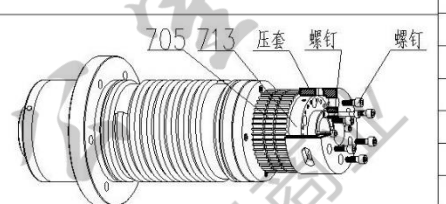
讲解部分			
讲解内容完整	1		
讲解内容没有技术性错误	1		
讲解过程中音量适中	1		
讲解过程中吐字清晰	1		
讲解过程中和你有眼神交流	1		
讲解过程有耐心	1		
教师评价部分			
完成所有内容的学习	1		
正确确定轴承规格型号	1		
正确确定圆螺母规格型号	1		
计算公式抄写正确	1		
关键参数正确	1		
运行速度正确	1		
预紧力计算正确	1		
预紧力计算过程完整	1		
拧紧力矩计算正确	1		
拧紧力矩计算过程完整	1		
书写整齐美观	1		
工作页整洁	1		
积极参与讲解	5		
	总分		

3.评价4, 试验过程评价表(表8), 评价依据是主轴装配工艺表(表9)。

表 8: 试验过程评价表

主轴装配评价（评分人：_____）			
项目	配分	得分	备注
检查轴承	2		
前轴承配对正确	2		
力矩扳手使用正确	2		
前轴承端面跳动检验正确	2		
前轴承对后轴承配合面跳动检验正确	2		
后轴承配对正确	2		
主轴启动力检验正确	2		
主轴锥孔跳动检验正确	2		
装配过程配合默契	2		
装配过程 5S 管理细致	3		
装配过程无意外发生	2		
试验结束后主动拆卸主轴	2		
	总得分		

表 9：主轴装配工艺表

装配工艺过程卡片		产品型号	ZZY2014	部件图号	7101	共 7 页
		装配部门		部件名称	主 轴	第 6 页
工 序 号	工 序 内 容	辅 助 材 料	工 序 过 程 示 意 图			工 时 定 额 (分)
6.	磁力表座不动,让表头触在轴承外环端面,转动外环检查端跳允差 ≤0.02.					
7.	第“5”序和第“6”检验跳动超差可通过调整预紧螺母上3各项级螺钉或轻敲螺母对应方向达要求止。					
8.	主轴套筒(702)与装配的主轴相装后在装加热的后轴承内环。					
9.	前、后法兰盘(710)、(711)装配,注意前法兰盘上个紧固螺钉需涂防松胶。					
10.	部装的主轴装配镶装隔套(724)、皮带轮(705)、胀套(713)					
11.	由工装压套压住皮带轮,用同一分组的螺钉(M8X25)紧固并涨紧胀套,如能保证皮带轮与螺母间隙≤0.5也可	压套;DIzq73-33				
12.	如果能保证皮带轮与螺母轴向间隙 ≤0.5 也可不用压套。					
		编制(日期)	审核(日期)	会签(日期)	批准(日期)	
		吴乃刚	2014.7.21			
标记	处数	更改文件号	签字	日期	处数	标记

九、教学反思

（一）目标达成情况与设计特点

1.评价达标，目标达成

通过所有评价与评分的汇总统计，本微任务学生平均分为 80.5 分，其中最高分为 92 分，最低分为 69 分，从工作页等的作答情况看，本微任务的学习目标均已达成。8 名非专业能力需要重点提升的学生也得到了充分的培养，具体学生得分如图 6 所示。

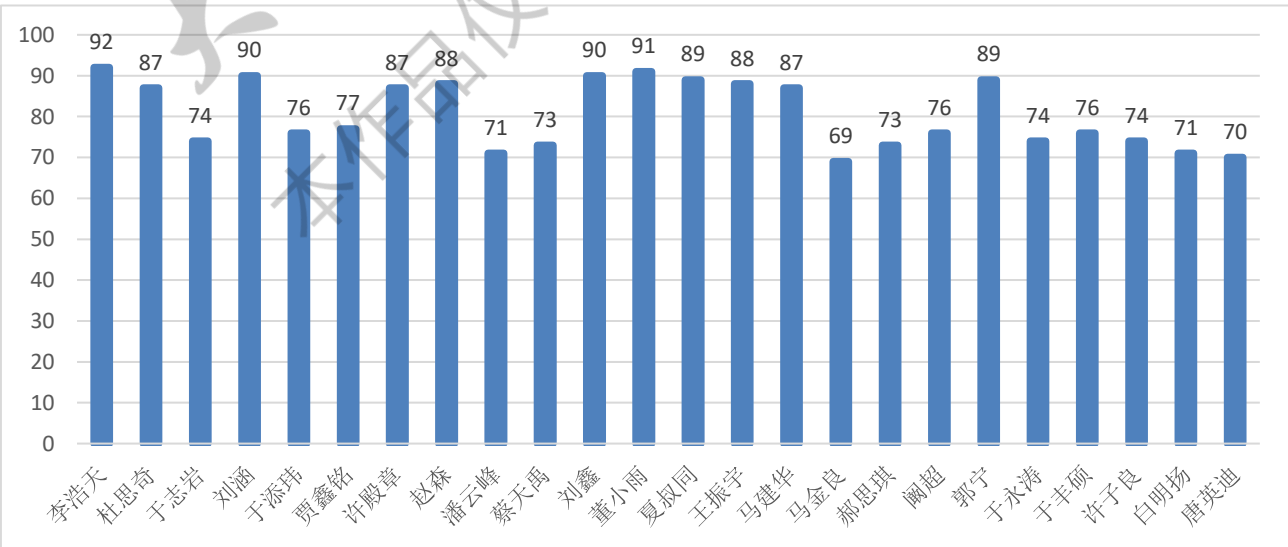


图 6 学习任务总分直方图

2.问题引导，能力本位

本学习任务采用了 PBL（Problem-based Learning，问题式学习）模型作为底层设计框架，充分考虑到了工作任务与学习任务的关联及各自内在的逻辑关系。具体来讲，在主轴预装环节设下伏笔，引导学生在工作过程中自主发现问题，并尝试在课后解决该问题；课上通过自学互讲，引导设计试验，自主实施试验，讨论总结试验的过程，有效地培养了技师层级学生的逻辑思维能力，推理判断等核心综合职业能力。

3.方法灵活，学生中心

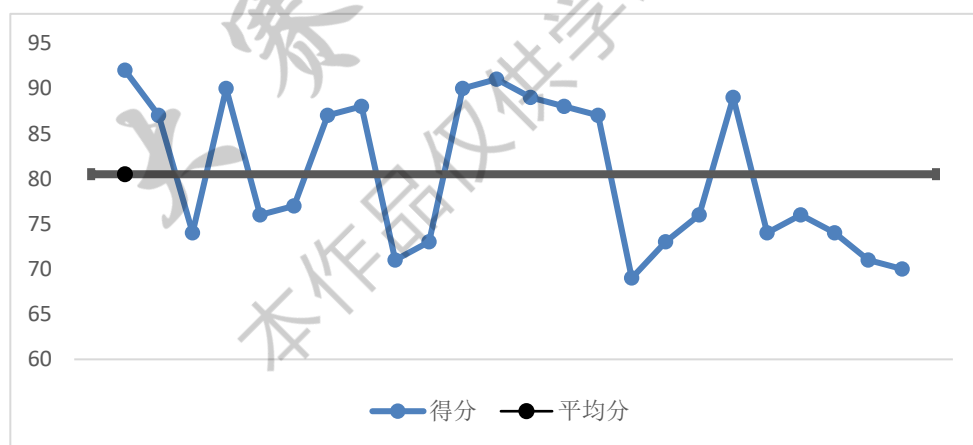
计算预紧力环节，采用“桌角小组法”高效快捷地完成了自学、互改、互评、互讲；实施探究试验和归纳试验结论环节，独立思考和小组合作穿插进行，有机结合，学习过程合理分组，采用“展览馆法”进行充分的讨论与学习，在学生中心的指导思想下，破解了学习重点与难点。

4.资源共享，工学一体

本微任务充分发挥了学院企业资源，从任务来源、学习内容、学业评价方面与企业对接。特别是第四小组，受企业专家的启发，得到一个可以指导实际工作的，极具价值的结论，真正体现了理论教学与实践教学的融通合一，专业学习与工作实践的学做合一，能力培养和工作岗位对接合一。

（二）不足与改进

如图 7 所示，从学生评价得分上看，分数标准差为 8.01 分。经过分析溯源和必要的面谈，发现分数标准差主要来源于学生自学的效率和准确性。虽然在学情分析中，教师已经发现了学生的差异并进行了分层与差异化教学设计，但是差异的消除并非一朝一夕，因此在后续的教学工作中，教师将逐步尝试“一强一弱”有针对性的桌角小组分组策略，必要的单独辅导，开设数学能力小辅导班等方式，对学生个体的差异性投入更多的关注与精力。



最高分：92 分
最低分：69 分
平均分：80.5 分
标准差：8.01 分

图 7 学习任务个人分数与平均分折线图

附件：1.本微任务信息页

2.本微任务工作页

3.本微任务试验任务书

附件 1:

信息页

滚动轴承的预紧

除极特殊场合下应用的零预紧轴承，其他所有的滚动轴承和滚动轴承组，都是在被施加一定预紧力的状态下运行。预紧力，又叫做预负荷，是作用于滚动体和轴承内外圈之间的力，为非外部负荷引起。施加预负荷的原因，主要有以下四方面：

- 增加轴承系统刚度
- 提高轴承运行精度
- 减小轴承运行噪音
- 延长轴承使用寿命

轴承的预紧力一般分为轴向预紧力和径向预紧力。其中，径向预紧力是通过控制滚动轴承滚动体的尺寸大小，公差带，以及内外圈的沟曲率来精确施加的。整个预紧力的施加过程完全在轴承的制造过程中完成，同时预紧力施加完成后不可再更改，因此对于轴承及轴承组的径向预紧力，在实际工作中只需要正确选型即可，几乎不做计算和调整。因此，在实际工作中，我们常说的轴承预紧力，一般是指轴承的轴向预紧力。

机床主轴轴承和轴承组的预紧力，必须经过精确计算和精确施加。**预紧力过大或者过小，都会对主轴的运行产生不良影响。**

在机械设计手册中，我们可以找到轴承预紧力的计算公式，该公式通过径向载荷，基本额定静载荷，最小载荷常数和平均工作转速即可计算出最小轴向预紧力（感兴趣的同学请查阅成大先版《机械设计手册》第 2 卷，第 7 部分 238 页）。但是在实际工作中，由于不同厂家同一规格的轴承，性能差异极大，所以我们通常会依据轴承生产商提供的公式来计算预紧力，这一公式一般会写在轴承的产品样本和使用说明书中。

通过轴承生产商提供的公式，我们就可以计算出轴承的预紧力了。不同轴承生产商提供公式都不尽相同，下面两个公式分别来自于两家大型百年轴承生产商：日本 NSK 和瑞典 SKF。

$$\bullet F_{a \min} = (C_{0a} \cdot n^2) / (100 \cdot N_{\max}^2) \quad (\text{日本 NSK 株式会社})$$

其中 C_{0a} 为轴承基本额定轴向静载荷； N_{\max} 为前轴承极限转速； n 为轴承平均运行速度

$$\bullet F_{a \min} = f \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_{HC} \cdot G_{a,b,c} \quad (\text{瑞典 SKF Co.,Ltd})$$

在实际生产中，我们通常用圆螺母拧紧时产生的轴向压力，来提供轴承所需的预紧力，如图 1 所示。那么为了保证轴承预紧力的准确施加，圆螺母的拧紧力矩就必须精确控制。只有圆螺母在准确的拧紧力矩下被紧死，圆螺母产生的轴向压力才可以刚好等于计算出的轴承预紧力，已完成轴承的预紧。

那么如何计算圆螺母的拧紧力矩呢？其实很简单，用下面这个简单的公式就可以方便地计算出圆螺母的拧紧力矩：

$$M_t = (K \cdot P_0 \cdot d) / 1000$$

其中：

M_t ：拧紧力矩，单位 $N \cdot m$

K ：拧紧力系数，查表可知，常数无单位

P_0 ：轴向压力，由轴承预紧力公式计算得出，单位 N

d ：螺纹的公称直径，单位 mm

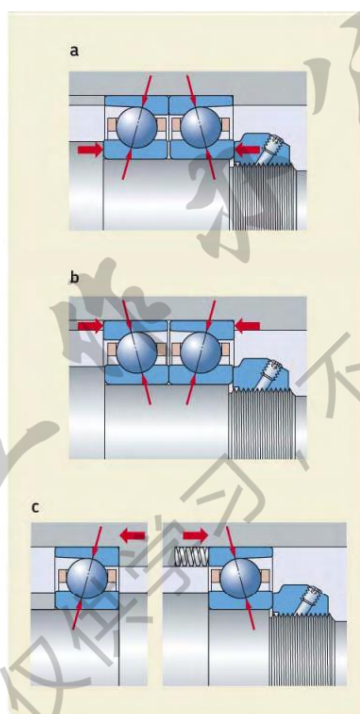


图 1：利用圆螺母对精密轴承组施加预紧力

附件 2:

工作页

活动：滚动轴承的预紧

现在我们已经知道了轴承预紧力大小的计算方法和施加预紧力时圆螺母拧紧力矩的计算方法，那么我们现在就实际应用一下所学的知识，根据引导，计算出我们维修车间中刚刚进行完维护保养的主轴，其轴承组的预紧力大小以及我们在装配过程中圆螺母的拧紧力矩。

计算 BV75 加工中心主轴轴承的预紧力和圆螺母的拧紧力矩。
第一步，确定前轴承和后轴承的品牌与规格型号。
观察轴承侧面的激光打印标记，确定前轴承的品牌为 NSK，规格型号为 ()；后轴承的品牌为 NSK，规格型号为 ()。

第二步，确定前后圆螺母的规格型号。
观察圆螺母正面的标识，确定前圆螺母规格型号为 NF M70X2.0，后圆螺母规格型号为 ()。

第三步，确定计算公式。
轴承轴向预紧力计算公式为 ()；
圆螺母拧紧力矩计算公式为 ()。

第四步，查表确定轴承关键参数。
查阅表 1，确定：
前轴承基本额定轴向静载荷 C_{0a} = ()；
前轴承极限转速 N_{max} = ()；
后轴承基本轴向额定静载荷 C_{0a} = ()；
后轴承极限转速 N_{max} = ()。

表 1：NSK 70 系列常见轴承尺寸与性能参数表

基本尺寸/mm			基本额定静载荷/kN		极限转速/rpm		轴承代号
d	D	b	Cr	Coa	脂润滑	油润滑	
35	62	14	19.5	14.2	8500	12000	7007C
40	68	15	20.0	15.2	8000	11000	7008C
45	75	16	25.8	20.5	7500	10000	7009C
50	80	16	26.5	22.0	6700	9000	7010C
50	80	16	25.2	21.0	6700	9000	7010AC
60	95	18	38.2	32.8	5000	7500	7012C
60	95	18	38.0	33.8	5000	7500	7012AC
70	110	20	48.2	42.5	5000	6700	7014C
70	110	20	45.8	41.5	5000	6700	7014AC

第五步，确定主轴轴承平均运行速度。

根据实际工作情况，BV75 主轴的平均运行转速为 4000 转每分钟，因此确定前轴承平均运行速度 $n =$ ()，后轴承平均运行速度 $n =$ ()。

第六步，计算轴承的预紧力。

将确定的参数带入到公式中，进行计算，计算得出前轴承预紧力 $F_{a\min} =$ ()；后轴承预紧力 $F_{a\min} =$ ()。写出计算过程：

第七步，确定圆螺母拧紧系数

查阅国家标准和产品手册，确定前圆螺母拧紧系数为 5.25，后圆螺母拧紧系数为 4.98

第八步，计算圆螺母拧紧力矩。

将确定的参数带入到公式中，进行计算，计算得出前圆螺母拧紧力矩 $M_t =$ ()；后圆螺母拧紧力矩 $M_t =$ ()。写出计算过程：

表格誊抄区：

课后拓展：

1.请查阅相关资料，学习“零预紧轴承”，并将其特点和应用实例写总结出来。

2.自行查阅《SKF 精密滚动轴承样本》，计算 SKF 71924 CD/HCP4A 轴承在 TDT 配对组合下，以平均转速 8000rpm 时的预紧力。

评价环节：

姓名：

轴承预紧力计算学习评价表			
学生互评部分（评分人： ）			
自学部分			
项目	配分	得分	备注
完成所有内容的学习	1		
正确确定轴承规格型号	1		
正确确定圆螺母规格型号	1		
计算公式抄写正确	1		
关键参数正确	1		
运行速度正确	1		
预紧力计算正确	1		
预紧力计算过程完整	1		
拧紧力矩计算正确	1		
拧紧力矩计算过程完整	1		
书写整齐美观	1		
工作页整洁	1		
讲解部分			
讲解内容完整	1		
讲解内容没有技术性错误	1		
讲解过程中音量适中	1		
讲解过程中吐字清晰	1		
讲解过程中和你有眼神交流	1		
讲解过程有耐心	1		
教师评价部分			
完成所有内容的学习	1		
正确确定轴承规格型号	1		
正确确定圆螺母规格型号	1		
计算公式抄写正确	1		
关键参数正确	1		
运行速度正确	1		
预紧力计算正确	1		
预紧力计算过程完整	1		
拧紧力矩计算正确	1		
拧紧力矩计算过程完整	1		
书写整齐美观	1		
工作页整洁	1		
积极参与讲解	5		
	总得分		

姓名:

预紧力试验评价（评分人：_____）			
项目	配分	得分	备注
检查轴承	2		
前轴承配对正确	2		
力矩扳手使用正确	2		
前轴承端面跳动检验正确	2		
前轴承对后轴承配合面跳动检验正确	2		
后轴承配对正确	2		
主轴启动力检验正确	2		
主轴锥孔跳动检验正确	2		
装配过程配合默契	2		
装配过程 5S 管理细致	3		
装配过程无意外发生	2		
试验结束后主动拆卸主轴	2		
	总得分		

附件 3:

试验任务书

轴承预紧力与轴承组精度/主轴运行状态间的关系试验

我们刚刚完成了轴承预紧力计算的学习，在前文中我们已经知道**轴承预紧力过大或者过小，都会对主轴的运行产生不良影响**。那么我们怎么知道自己计算出的预紧力在实际场合中是合适的呢？预紧力的大小，对主轴到底有什么样的影响呢？

为了得到这个问题的答案，我们必须要在实际主轴上调整我们的计算结果。调整的方法很简单：**多次装配主轴，改变前后轴承组的预紧力，通过检验主轴的关键性能参数，列表对比不同预紧力下主轴的关键性能参数**。请同学们以小组为单位，设计一份表格，以二级小组为单位，完成轴承预紧力与轴承组精度/主轴运行状态间的关系试验。

试验要求：

- 按照 50%，100%，130%，150%四个不同等级的预紧力进行前后轴承的装配，每个二级小组选用一种等级的预紧力，每个二级小组前后轴承预紧力的百分等级一致；
- 第一个二级小组进行装配，第二个二级小组负责安全协助，第三个二级小组负责评价。完成一次装配后，进行轮换；
- 150%理论预紧力的预紧试验由小组组长和指导员完成，其他同学观摩；
- 试验的数据先记录在白板上，实验结束后誊抄在工作页中。

表格要求：

- 按照 50%，100%，130%，150%四个不同等级的预紧力进行表格设计；
 - 关键性能必须包括（但不限于）：主轴启动力、前轴承端面跳动、前轴承对后轴承配合面跳动、主轴锥孔跳动、主轴运行平稳性；
- 留有填写最终结论和同学打分的区域