

机构创新设计实验

机械实验教学中心

奚鹰

2015.3.11

一、机构创新设计的方法概述

科学技术的最基本特征就是不断进步、不断创新。创新是人类文明进步的原动力。创新对人类科学的发展产生了巨大影响，而科学的发展则成为推动人类社会进步和社会变革的第一动力。

人类历史上有过无数的发明、发现和创新，对人类的生产、生活产生了非常深远的影响，极大地推动了生产力的发展，使得人们的生活水平不断地得以提高。可能一谈到创造发明、发现，人们就会认为是件很神秘的事，以为创新发明是专家学者的事，不是普通人的事，那么请先看一些实例。

传说鲁班在山上砍柴时，不小心手被草割破了，一般人可能会自认倒霉，而鲁班却对此产生了好奇心，他仔细观察这种草后，发现它的边上有一排锯齿，根据这个发现，鲁班发明了至今仍在使用的锯子；传说瓦特在观察到水烧开后蒸汽能将壶盖顶起，依据这个原理他产生了蒸汽动力的设想，并最终发明了蒸汽机，导致了第一次工业革命；还有大家非常熟悉的阿基米德在洗澡时发现浮力定理，从而检验出皇冠是否为纯金的故事；牛顿从树上的苹果会掉下来的现象发现万有引力的故事等等。

二 创新性思维的特征

创新性思维是一种人类高层次的思维，它有以下的特征：

1. 思维结果的新颖性、独特性

它指思维结果的首创性，具备与前人、众人不同的独特见解，思维的结果是过去未曾有过的。也可以说，是主体对知识、经验和思维材料进行新颖的综合分析、抽象概括，以致达到人类思维的高级形态，其思维结果包含着新的因素。例如，20世纪50年代在研究晶体管材料时，人们都只考虑将锗提纯的方法，但未能成功；而日本科学家在对锗多次提纯试验失败后，他们采用求异探索法，不再提纯，而是一点一点加入少量杂质，结果发现当锗的纯度降低为原来一半时，会形成一种性能优越的电晶体，此项成果轰动世界，并获得诺贝尔奖。又如，一般人头脑中只有唯一的现实空间，而数学家们却创造了四维空间、五维空间、…… n 维空间、超限数空间等，像这样的思维就具备推陈出新的特点，因而具有创造性。

2. 思维方法的多样灵活性、开放性

它指对于客观事物或问题，表现出勇于突破思维定势，善于从不同的角度思考问题，善于提出多种解决方案；能根据条件的发展变化，及时改变先前的思维过程，寻找解决问题的新途径。灵活、开放性也含有跳跃性的因果关系。苍蝇是人类憎恶的东西，可科学家们的创造性思维却跳出了死板的框框，经过对苍蝇与蛆的研究发现，这些人人痛恨的东西却饱含着丰富的蛋白质，可以用来造福人类。这不是将风马牛不相及的事连到一起了吗？这正是思维跳跃性的结果。

3. 思维过程的潜意识自觉性

创造性思维的产生，离不开紧张的思维和认真努力为解决问題所作的准备工作，但其出现的时机却往往是思维主体处于一种长期紧张之后的暂时松弛状态，如散步、听音乐、睡觉中。这就说明了创造性思维具有潜意识的自觉性，是因为人在积极思维时，信息在神经元之间的流动按思考的方向进行有规律的流动。这时候不同神经细胞中的不同信息难以发生广泛的联系，而当主体思维放松时，信息在神经网络中进行无意识流动、扩散，这时候思维范围扩大，思路活跃，多种思维、信息相互联系、相互影响，这就为问题的解决准备了更好的条件。

4. 顿悟性

创造性思维是长期实践和思考活动的结果，经过反复探索，思维运动发展到一定关节点时，或由外界偶然机遇所引发，或由大脑内部积淀的潜意识所触动，就产生一种质的飞跃。如同一道划破天空的闪电，使问题突然得到解决，这就是思维的顿悟性。

如何捕捉创造性思维？创造性思维是大脑皮层紧张的产物，神经网络之间的一种突然闪过的信息场。信息在新的神经回路中流动，创造出一种新的思路。这种状态由于受大脑机理的限制，不可能维持很长时间，所以创造性思维往往是突然而至倏然飞去。。如不立即用笔记下来，紧紧抓住使之物化，等思维“温度”一低，连接线断了，就再难寻回。郑板桥对此深有体会，他说：“偶然得句，未及写出，旋又失去，虽百思不能续也。”

一生有一千多项发明创造的爱迪生，从小有个习惯，就是把各种闪过脑际的想法记下来。这是一条重要的经验：先记下来再说，无论是睡觉还是休闲，心记不如笔记，切记此经验。

三 创新基本原理

创新和创造是人类一种有目的的探索活动，创新原理是人们在长期创新实践活动中的理论归纳。因此，创新原理也是指导人们开展创新实践活动的重要理论基础。创新原理主要有以下几种：

（一）组合原理

组合现象十分普遍，也十分复杂。如组合机构、组合机床、组合音响、组合家具等。几片透镜组合在一起可组成望远镜、显微镜。“阿波罗”登月计划的负责人讲，“阿波罗”宇宙飞船没有一项

技术是有新突破的，都是现有技术精确无误的组合结果。组合方式大致有以下几种类型：

1. 同类组合

它指两个或两个以上相同或相似事物的组合。例如双旋翼直升飞机，多翼、多发动机的飞机都可以认为是单旋翼、单翼和单发动机等同类事物组合而创造出来的。

2. 异类组合

它指两个或两个以上不同类事物的组合。例如带万年历的电话、带拍照功能的手机、航天飞机可以认为是飞机与火箭的组合……。

3. 附加组合

它是指在原有事物中补充加入新内容的组合。例如现代汽车的发展并不是一蹴而就的，它是经过不断的完善，逐步附加雨刮器、转弯灯、后视镜、收音机、电视机、空调、电话等设备而变得越来越现代化。

4. 重组组合

它是指将一个事物在不同层次上分解后，将分解的结果按新方式重新聚合的组合。如螺旋桨飞机的螺旋桨一般在机首，稳定翼在机尾。美国飞机设计师卡里格·卡图根据空气动力学原理对飞机进行重新组合设计，将螺旋桨放在机尾，而将稳定翼放在机首。重组后的飞机具有更加合理的流线型机身，提高了飞行速度，排除了失速和旋冲的可能性，大大提高了飞机的安全性。

5. 综合组合

综合是一种分析、归纳的创造性过程。综合组合不是简单的叠加，而是在将研究对象进行分析的基础上，有选择地进行重组。爱因斯坦综合了万有引力定理和狭义相对论中的有关理论，提出了广义相对论解析几何是综合了几何学和代数学的相关理论而产生的。

不论是哪种形式和内容的组合，大量的创新成果表明：随着科学技术的迅猛发展，组合型的创新成果占全部创新成果的比例越来越大，由组合原理产生出来的组合性的创新技法已成为当今社会创

(二) 还原原理

任何发明创造都有其创造的起点和创造的原点。创造原点即事物的基本功能要求，是唯一的。而创造起点即为满足功能要求的手段与方法，是无穷的。创造原点可以作为创造起点，但创造起点不能作为创造原点。研究已有事物的创造起点，并追根溯源深入到它的创造原点，或从原点上解决问题，或从创造原点出发另辟新路，用新思想、新技术重新创造该事物，这就是创造原理的还原原理。

设计洗衣机开始时的创造起点是模仿人的动作，用搓、揉的方法洗衣，但要设计能完成搓揉动作的机械装置，并要求它能适应不同大小的衣物并能对不同部位进行搓揉显然是十分困难的。如果改用刷的方法，要处处刷到也很难实现。如果用锤打的方法，动作虽简单，但容易损坏衣物或钮扣之类的东西。采用还原原理，跳出原来考虑问题的起点，从思考洗衣的方法还原到洗衣这一问题的创造原点——将污点从衣物上去掉，于是人们想到了表面活性剂，制成了洗衣粉，将衣物置于水中，加入洗衣粉，再对衣物进行搅拌就能将衣物上的污物除去，洗衣机就是一台搅拌机，于是创造出了简单、实用的洗衣机。在此基础上，通过对去污原理的进一步思考，又考虑到用加热、加压、电磁振动、超声波等技术创造出更优异的洗衣机。

（三）逆向原理

创造的逆反原理与创新思维中的逆向思维密切相关。创造的逆反原理是从事物构成要素中对立的另一面去分析，将通常思考问题的思路反转过来，有意识地按相反的视角去观察事物，用完全颠倒的顺序和方法来处理问题的一种创造原理。

过去人们总认为：人在楼梯上行走是天经地义的，如果有人提出“人不动、楼梯走”肯定会被认为是天方夜谭。然而，人们正是沿着这种逆反方向探索，终于设计出了自动扶梯。应用逆反创造原理，人们创造出不少的新产品。根据电话机的工作原理，人们创造出了留声机；将电风扇反向安装，人们做成了排风扇、发明了抽油烟机。当今世界上大量的新技术、新成果都是人们利用逆反原理不断探索创造出来的，是用传统思想方法所无法想象的。逆反创造原理正是要告诉人们：在创新的过程中，走前人没有走过的路、做前人不敢做的事、打破常规、向传统宣战、解放思想、异想天开、别出心裁，甚至倒行逆施。世界上的事不怕做不到，只怕想不到，只要想到了，才有可能做到。

（四）变性原理

一个事物的属性是多种多样的，逆反原理强调利用事物相反的属性。事实上，对事物非对称的属性如形状、尺寸、结构、材料等进行变化，也会导致发明创造，这种创造原理被称为变性原理。

火车车轮是在铁轨上滚动的，在铁轨的接缝处会产生冲击，发生强烈刺耳的噪声，如图10-1a。国外的一项无声铁轨的专利技术只是把接缝的形状稍作改变，见下图，使列车行驶的噪声大大降低。



变性原理示意图

（五）移植原理

移植就是把已知对象中的概念、原理、结构、方法等内容运用或迁移到另一个待研究的对象中。移植在大多数情况下是在类比分析前提下完成的。通过类比，找出事物的关键属性，从而研究怎样把关键属性应用于待研究的对象中——实现移植。类比特别需要联想，在移植过程中联想思维起着十分重要的作用。“联想发明法”、“移植发明法”都源于移植创造原理。

例如，如何使电影胶片以每秒24副画面作移动、停、移动的间隙运动，法国科学家卢米埃尔百思不得其解。但有一次当他在观察缝纫机工作时突然得到启发，缝纫针在扎入布料时布料不动，而当缝纫针提起离开布料时，布料才移动一定距离。他把这种原理移植到电影机中，解决了如何使电影胶片作间隙运动的难题。

（六）迂回原理

在创造活动中常会遇到棘手的难题，此时不妨暂时停止在该问题上的僵持，转入对下一步问题的思考，或从事另外的活动，或试着改变一下观点，或研究问题的另一个侧面，让思考带着未解决的问题前进。也许，当其他问题得到解决时，该问题就迎刃而解了，这就是创造中的迂回原理。人们常说“欲速则不达”，其中就包涵着迂回原理的道理。创新活动具有首创性，遇到困难是常事。创造者应当学会善于在困难中作“战略转移”，甚至“战略后退”在迂回中创造条件，在迂回中前进，逐步逼近成功的目标毛泽东同志指挥的“四渡赤水”战役是中国近代军事史中以弱胜强的伟大创举。在“四渡赤水”战役中，红军通过不断地迂回穿插前进，寻找战机，终于冲破人数超过红军数

（七）群体原理

俗话说：“三个臭皮匠，顶个诸葛亮”，意思是说群体可以形成智慧，可以形成创造力。现代社会中人们到处都可体会到群体的创造力量。每一个成功的公司、企业、集团的辉煌成就无不饱含着这些公司、企业、集团里大量人才的智慧。随着科学技术的不断进步，个人创造在离开了群体的支持后，将会遇到很大的困难，甚至一事无成。控制论的创造人维纳说得好，由个人完成重大发明的时代已经一去不复返了。美国在1942年研制原子弹时曾动员了大约15万人；1969年完成登月计划中，则动员了42万科技人员、2万家公司和120所大学，所有这些高水平的创造发明都是庞大的知识群体共同努力的结果。

（八）完满原理

完满原理也可称为完全充分利用原理。凡是理论上未被充分利用的，都可以成为创造的目标。创造学中的“缺点例举法”、“希望例举法”、“设问探求法”都是在力求完满的基础上产生出来的。我们平常所说的“让效率更高，让产品更耐用更安全，让生活更方便，让日子更舒服，让产品标准化、通用化，物尽其用，更上一层楼……”，都是在追求一种完满。充分利用事物的一切属性是完满创造原理追求的最终目标，也是创造的起点。

为了生活得更美好，人们发明了电冰箱，但电冰箱中的制冷剂却会破坏人们的生活环境，于是人们又创造出没有氟利昂或氯氟化碳的环保电冰箱；电池是人类的一项伟大发明，但它会污染环境，日本精工公司于是发明了一种不用电池而用小型发条为动力的石英表，该表只需充电3分钟即可走动3天……。

四、平面机构创意组合设计实验

一) 实验目的

1. 认识典型低副杆组、高副杆组、各种机构以及组成运动副的各种零件、联接件；
2. 设计实现满足不同运动要求的各种平面机构运动方案；
3. 学生自主创意组合、拼装各种平面机构传动系统。

二) 实验形式及要求

1. 提供给同学一个全开放式的、自由创意的、自主设计、自主拼装的实验平台；
2. 提供该实验台底座(安装平台)、低副杆组、高副杆组、各种机构如凸轮机构、间歇机构、齿轮传动、带(链)传动等机构、联接件；
3. 要求同学首先自己创意设计一种或多种机构传动方案；
4. 根据自己创意的机构传动方案，来选择实验所需构件及机构，并自主拼装实验平台。

实验装置及工具

(一) 实验平台

平面机构创意组合设计实验采用平面机构创意组合分析实验台，如图为该实验开放式平台构成环境。

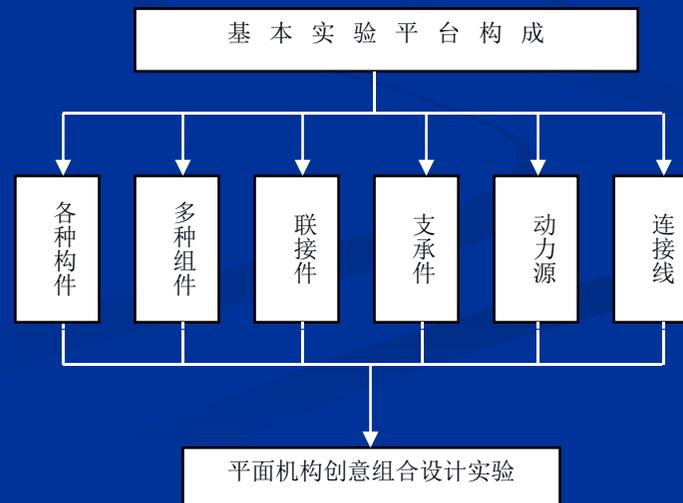
基本元件： 回转副元件结构：形式 I -IV；
横梁组件；

移动副元件结构： 连杆、导杆、摇杆等；
各种机构。

(三) 工具

扳手、内六角扳手、螺丝刀、直尺、橡皮锤等。

开放式实验平台构成环境



五、机构创意组合及运动参数分析实验

一) 实验目的

1. 认识典型低副杆组、高副杆组、各种机构以及组成运动副的各种零件、联接件；
2. 设计实现满足不同运动要求的各种平面机构运动方案；
3. 学生自主创意组合、拼装各种平面机构传动系统；
4. 了解传感器、数据采集、数据检测、数据处理与分析等原理；
5. 了解不同机构运动构件的运动规律，并对机构运动参数（位移、速度、加速度等）测定与分析。

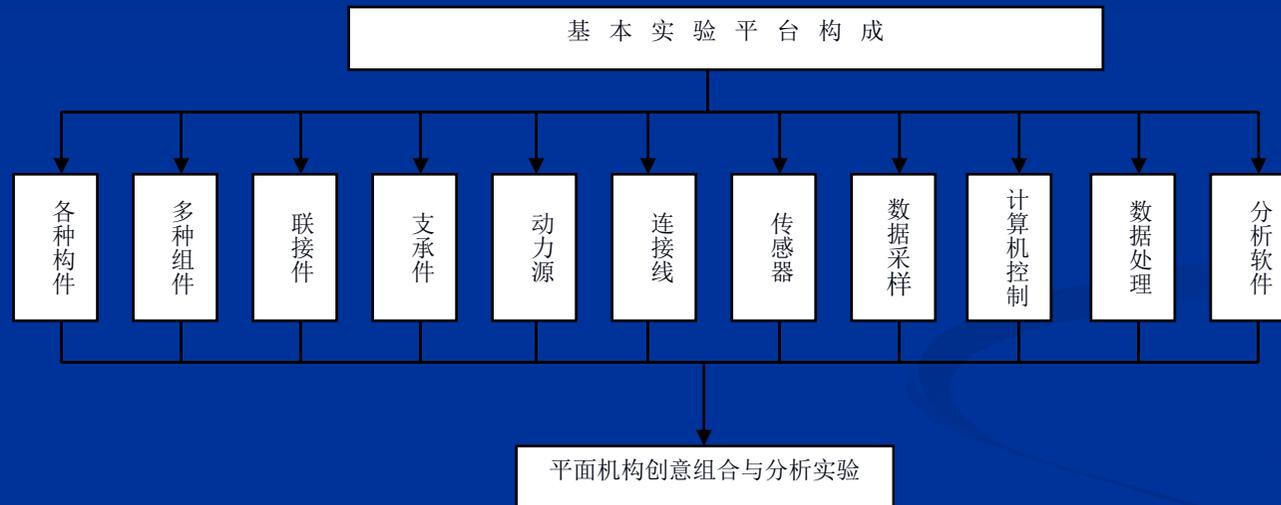
二) 实验形式及要求

1. 提供给同学一个全开放式的、自由创意的、自主设计、自主拼装的实验平台；
2. 提供该实验台底座(安装平台)、低副杆组、高副杆组、各种机构如凸轮机构、间歇机构、齿轮传动、带(链)传动等机构、联接件、线位移传感器、角位移传感器、检测系统及数据处理软件
3. 要求同学首先自己创意设计一种或多种机构传动方案；
4. 根据自己创意的机构传动方案，来选择实验所需构件及机构，并自主拼装实验平台
5. 安装传感器、数据处理、数据检测等部分连线；
6. 了解传感器、数据处理、数据检测等原理，并对机构运动参数（位移、速度、加速度等）测定与分析；
7. 完成一份实验研究与分析报告。

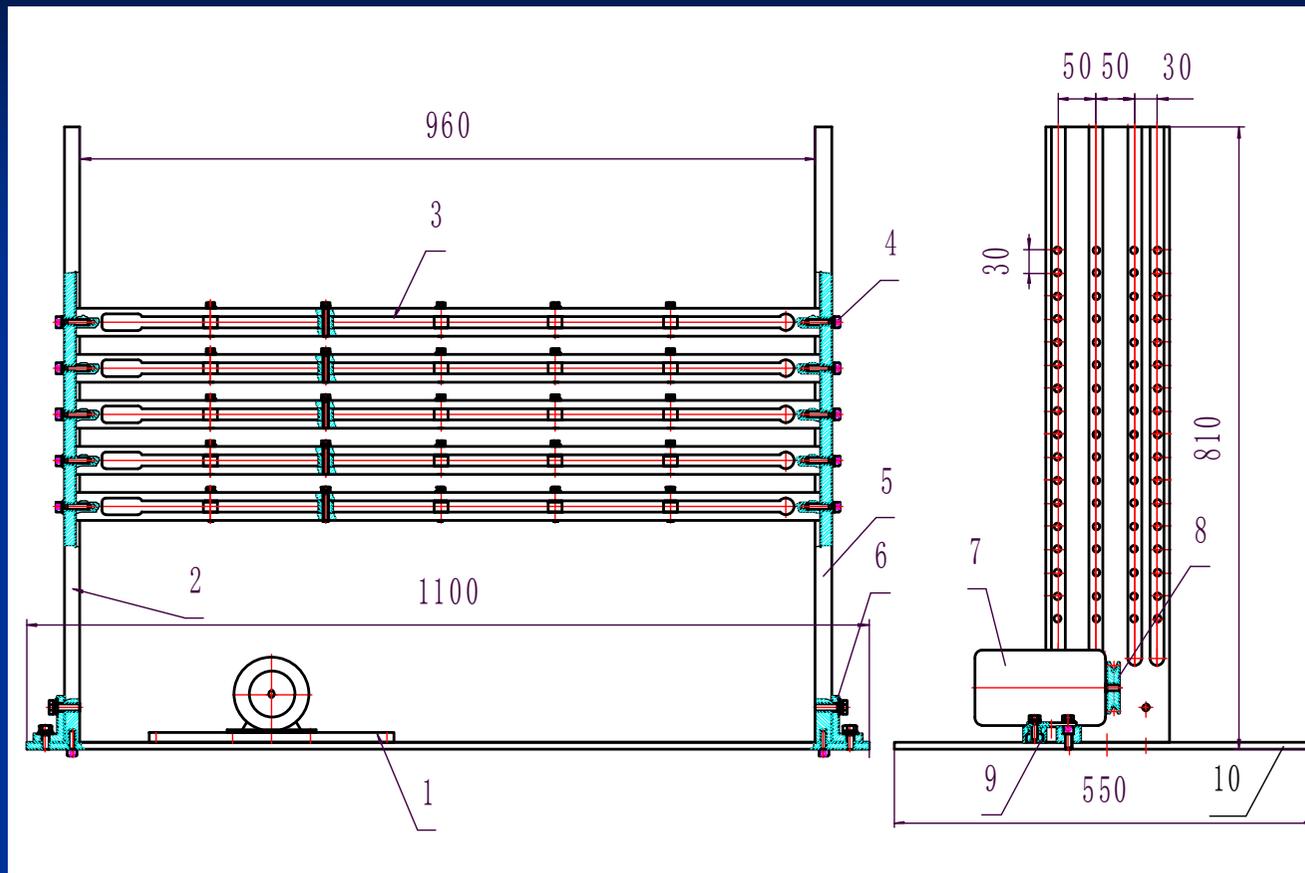
三) 实验装置及工具

(一) 实验平台

机构创意组合及运动参数分析实验采用PCC-II平面机构创意组合及参数可视化分析实验台，
图为该实验开放式平台构成环境和实验平台的基本组成。



开放式实验平台构成环境

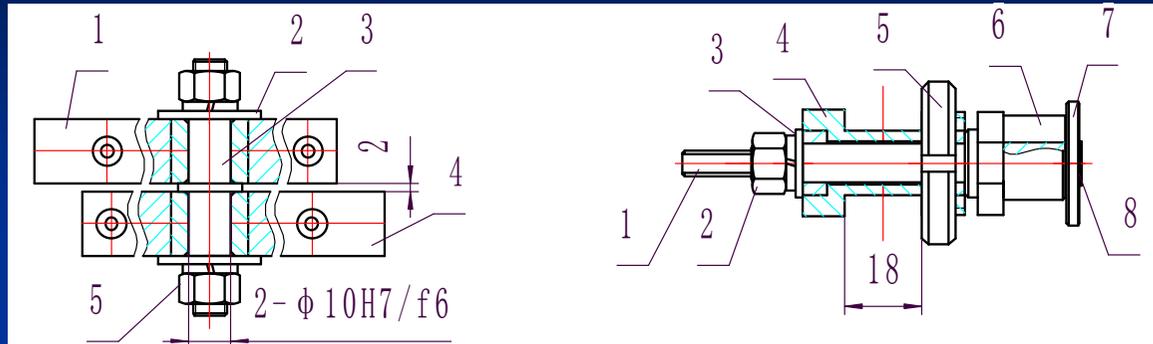


- 1、走条 2、左垂直支撑 3、横梁组件 4、内六角圆柱头螺钉M8X35 5、右垂直支撑
6、支承角钢 7、直流电机 8、电机带轮 9、走条螺母 10、底板

实验平台的基本组成

(二) 基本元件

1. 回转副结构

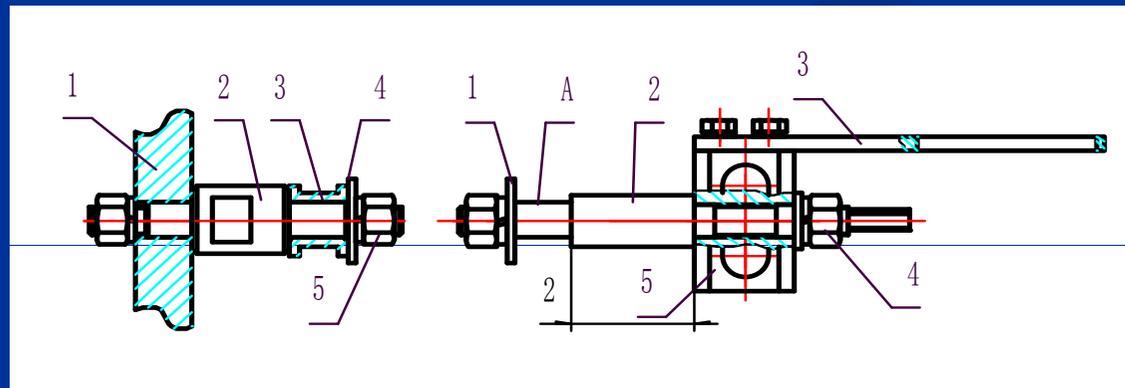


1 杆 I 2 大平垫 3 转销轴
4 杆 II 5 嵌件锁紧螺母 M8

回转付 I

1 回转轴, 2 嵌件锁紧螺母 M8, 3 平垫,
4 横梁固定套, 5 小圆螺母 M24×1.5, 6 键,
7 端挡圈, 8 沉头螺钉 M5×10

回转付 II



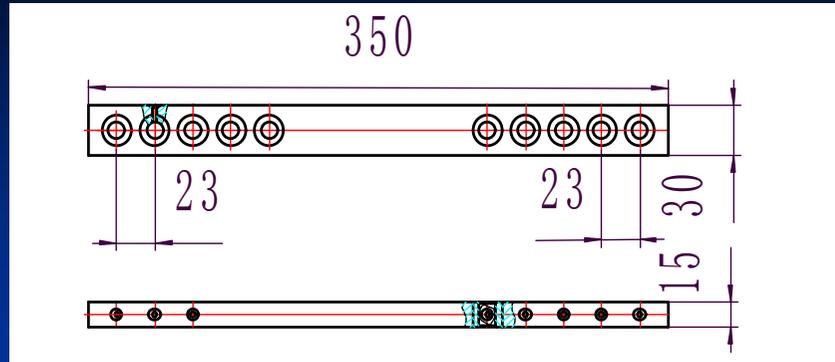
1、曲柄, 2、导杆销轴, 3、导杆销套,
4、大平垫 8, 5. 嵌件锁紧螺母 M8

回转付 III

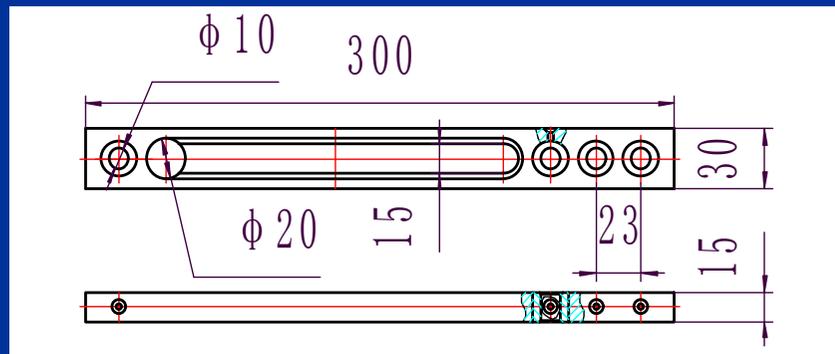
1、大平垫 8, 2、滑块轴, 3、线位移连接块,
4、嵌件锁紧螺母 M8, 5、滑块

回转付 IV

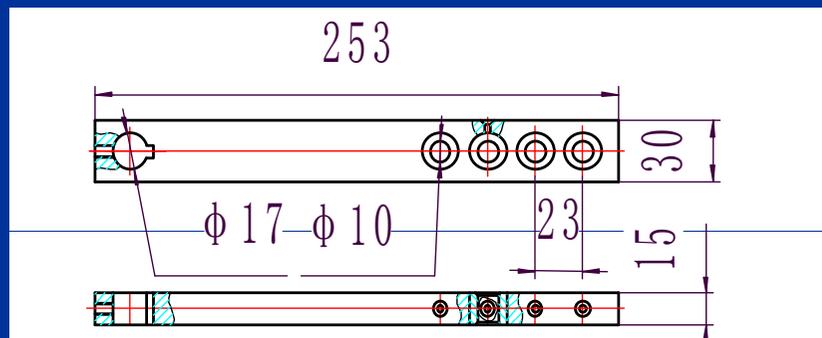
2. 移动副结构



连杆

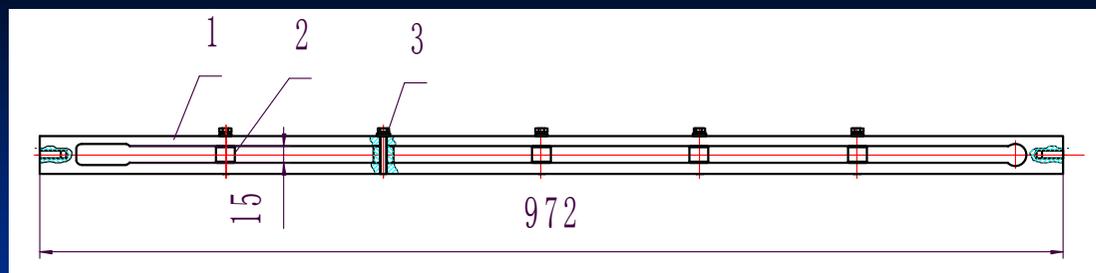


导杆



摇杆

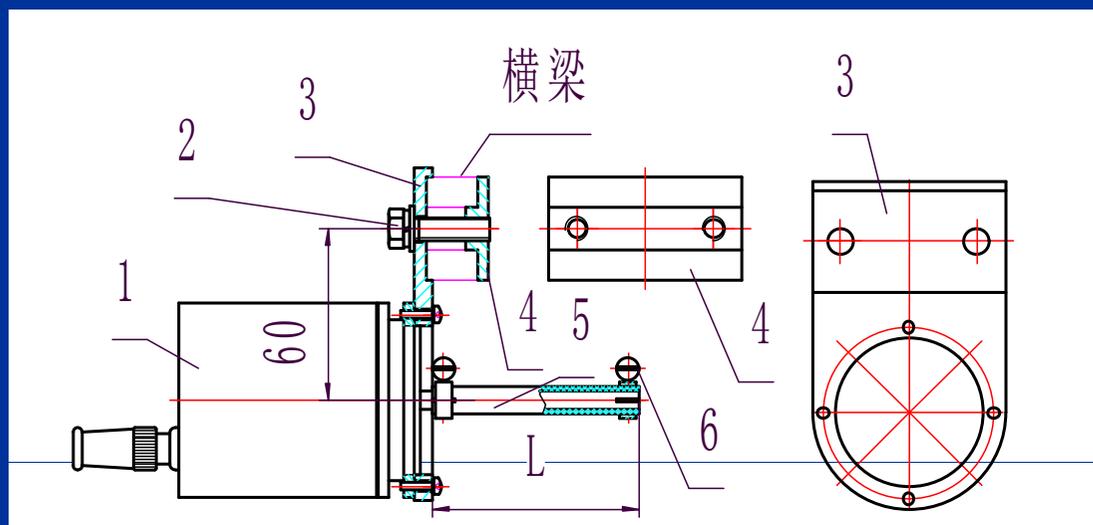
3. 横梁组件



1. 横梁 2、支承套 3、六角头螺栓M6X40
横梁组件

4. 传感器

4. 1光栅角位移传感器的安装方法：用于测量回转件或者摆动件的角位移。



1. 光栅角位移传感器 2、六角头螺栓M8X30 3、角位移传感器座
4、连接块 5、弹性联接套 6、卡箍
光栅角位移传感器的安装

(三) 检测与分析系统

实验台配备了硬件检测系统及软件分析系统，同时还具有两种调速方式。

硬件系统采用单片机与A/D转换集成相结合进行数据采集，处理分析及实现与PC机的通信，达到适时显示运动曲线的目的。该测试系统先进、测试稳定、抗干扰性强。同时该系统采用光电传感器、位移传感器和加速度传感器作为信号采集手段，具有较高的检测精度

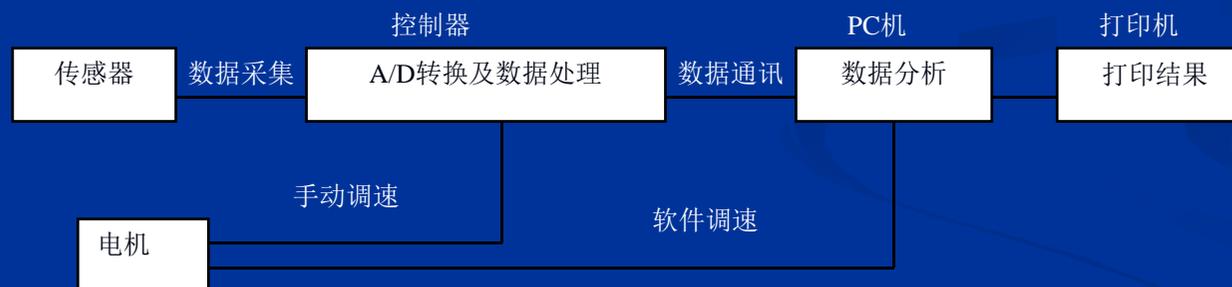
数据通过传感器与数据采集分析箱将机构的运动数据通过计算机串口送到PC机内进行处理，形成运动构件运动参数变化的实测曲线，为机构运动分析提供手段和检测方法。

本实验台电机转速控制系统有两种方式：

手动控制：通过调节控制箱上的两个调速按钮调节电机转速。

软件控制：在实验软件中用相关控件对单片机进行控制调节。

硬件系统原理框图如下：



实验装置检测原理示意图

1. 传感器安装

该实验台配备了一个光栅角位移传感器、一个直线位移传感器，可分别安装在旋转及移动构件上。在每种机构的输入及输出端均有安装位置。（见每种机构装配图的传感器安装位置）

2. 检测

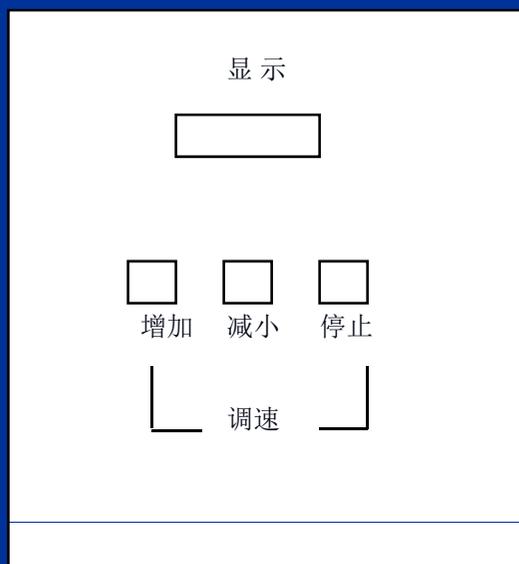
实验台配有数据检测箱一个，上有传感器接口，其面板及背板图如图所示

面板上三个键为调速键，依次为“增加”、“减小”、“停止”，显示窗口将显示调速等（0-20）

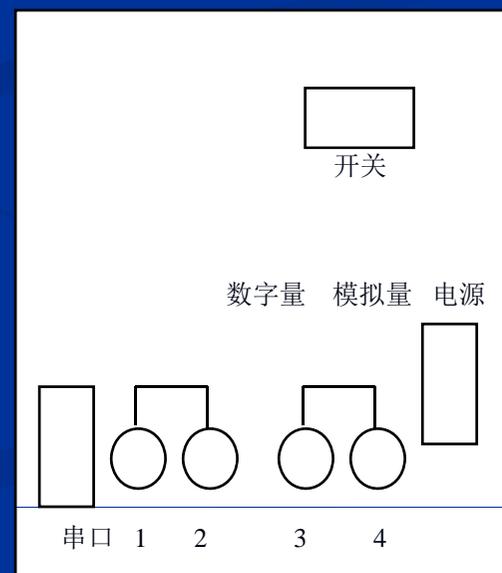
背板上有二个数字量接口和二一个模拟量接口，将光栅传感器接线接在“数字量1”上，直线位移传感器接线接在“模拟量2”上，即可。

（四）工具

扳手、内六角扳手、螺丝刀、直尺、橡皮锤等。



面 板



背 板