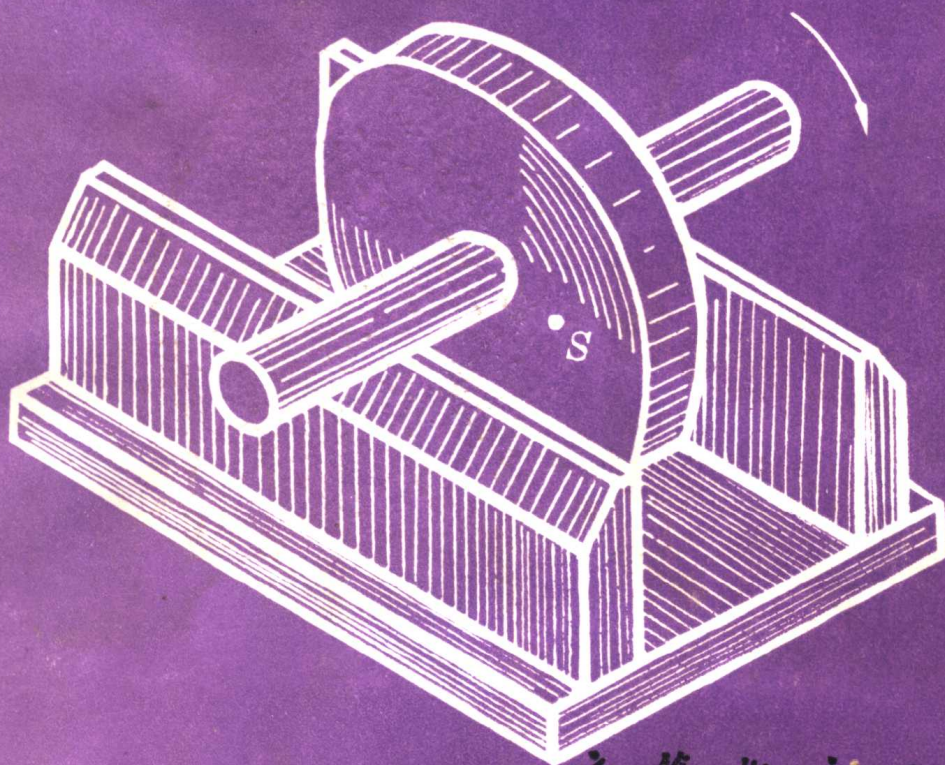


高等学校教材
郑文纬 主编

机械原理实验指导书

(第二版)



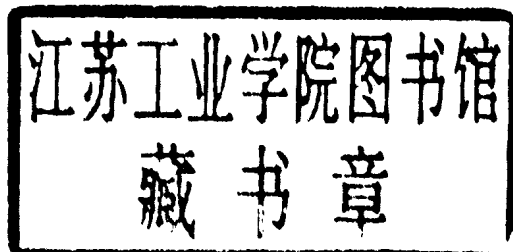
高等教育出版社

高等学校教材

机械原理实验指导书

(第二版)

郑文纬 主编



高等教育出版社

本书是受高等学校工科机械原理课程教学指导小组的委托，在1964年人民教育出版社出版的《机械原理实验指导书》的基础上，按照1987年国家教委审定的高等工业学校《机械原理课程教学基本要求》中对于实验的基本要求而重新编写的。

本套实验指导书共包括十三个实验，其中一至十为各校采用较多的包括电测的常规实验；而十一至十三则为微型计算机(Apple-II)辅助实验，作为新实验探讨的一个方向。每个指导书后均附有实验报告。

本书可作为高等工业学校《机械原理》课程的实验教材，也可供有关工程技术人员参考。

(京)112号

高等学校教材

机械原理实验指导书

(第二版)

郑文纬 主编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

开本787×1092 1/16 印张 6 字数 130 000

1964年4月第1版 1989年2月第2版 1993年2月第4次印刷

印数14 133—17 785

ISBN7-04-002129-3/TH·195

定价: 2.30元

第二版 序 言

《机械原理实验指导书》(第二版)是受高等学校工科机械基础课程教学指导委员会机械原理课程教学指导小组的委托,在1964年人民教育出版社出版的《机械原理实验指导书》(第一版)的基础上,按照1987年国家教委审定的高等工业学校《机械原理课程教学基本要求》中对于实验的基本要求而重新编写的。其主要目的是为了适应当前的教学发展,与已出版的教材配套,使在加强实践环节、培养学生的能力方面起一定的作用。本书实验项目的选择主要以《机械原理课程教学基本要求》中所确定的项目为主,各校可根据专业需要和学校的实际情况自行选择开设。

实验指导书的通用性问题一直是编者反复推敲的问题。特别是因各校的设备在一些实验项目上差异较大,实验原理和方法也就各不相同,一份指导书很难做到互相通用。如回转构件动平衡实验目前各校所使用的设备大体分为机械补偿式和希季柯夫式动平衡机以及电子闪光式动平衡机三类。前两种基本是利用共振原理进行测试,故合编成一个实验;而后者完全是另一种测试方法,另有代表性,故另编一个实验供选用。其他新近发展的电测实验,更是百花齐放、多种多样,故只能择其一种有实验设备可提供的或简易可行的作为代表。

此外,本书选择不同项目的三种使用微型计算机辅助实验作为探讨。因为它们可在计算机屏幕上以图形揭示构件或机构各运动参数间的关系,颇为形象生动,而且改变参数容易,引起变化显示迅速而直观。在微型计算机已广泛应用于各高校的今天,充分发挥其在机械原理实验领域中的作用,应该是一个方向。

本书在编写前重新广泛征求了各有关高校的实验指导书和意见,其中有重庆大学、江西工学院、福州大学、上海工业大学、南京化工学院、华东化工学院、陕西机械学院、南京航空学院、成都科技大学、山东冶金工业学院、北京建筑工程学院、镇江船舶学院、天津大学、吉林工业大学、西安交通大学、北京林学院、北京钢铁学院、辽宁建筑工程学院、西北工业大学、太原工学院、合肥工业大学、华中工学院、浙江大学、华南工学院、清华大学、南京工学院等廿六所高校(以来信先后为序,校名以当时为准)分别提供了所用的实验指导书、有关教学资料和编写意见信。因此,本书的编写是在各兄弟学校有关教师的辛勤工作和热情支持的基础上进行的。

参加本书具体编写工作的有张融甫(实验一、十、十二)、钱庆蕊(实验二、十一)、郑星河(实验三、十三)、郑文纬(实验四、五、六、七)、吴慈生(实验八、九)、朱刚恒(实验九),并由郑文纬负责主编。本书承上海交通大学邹慧君、吕恬生、沈乃勋三位同志审阅,并提供了不少有益意见。

编者深望各兄弟学校及有关同志继续对本书予以关心和帮助,多提宝贵意见。最后谨向以上各高等学校和为本书出版作出贡献的同志们表示深切的谢意。

编者

1988年9月

· I ·

12/6/88

六十一

4

第一版 序 言

本套实验指导书系以大连工学院、山东工学院、上海机械学院、汉口机械学院、北京航空学院、北京钢铁学院、西安交通大学、合肥工业大学、华中工学院、华东化工学院、华南工学院、成都工学院、南京工学院、南京航空学院、唐山铁道学院、浙江大学和清华大学等17所高等工业学校的来稿为基础，按照1962年5月审订的《机械原理教学大纲(试行草案)》中对于实验的要求而进行选编的。其主要目的是为了配合目前的试用教科书，使实验课能有相应的辅助教材，从而对尚未开出大纲所要求实验的院校能有所帮助，对于已开出实验的院校在减轻实验指导书的编写、印刷等工作上亦有裨益。但由于实验项目很多，且对于同一实验的实验方法和设备亦互有差别，因此我们在遵照机械原理课程教材编审小组所制定的“编选细则”的同时，还尽量根据最需要的项目、较成熟的内容、以及应用较广的方法和设备来选择内容。为了贯彻“少而精”的原则，在选编时对于实验方法、原理论证和设备的选择上也作了一定的努力。

选编工作自1963年10月开始，于1964年4月集中在南京工学院进行最后选编定稿。经过逐次讨论和反复修改后决定先选编“机构运动简图的测绘和分析”等十种指导书。其中一至五系大纲建议的必做项目，六至十可作为补充内容，各校可根据自己的情况选用。

为了增加指导书的通用性，我们除对所选的内容力求符合教学需要外，在设备的介绍和实验原理方法等方面的叙述上亦尽可能做到有一定灵活性，在份量上亦有一定程度的变通余地。

本实验指导书所应用的符号以人民教育出版社1963年出版、黄锡恺主编的《机械原理》为主，在应用符号较多的地方增加与西北工业大学等校编《机械原理》所用符号的对照表，以便于各校应用。

参加本套实验指导书选编工作的有南京工学院郑文纬(实验一)、浙江大学冯骏良(实验二、三、六)、哈尔滨工业大学孟宪嘉(实验四、五)、北京钢铁学院沈蕴方(实验七、十)和华南工学院黎庶慰(实验八、九)五位同志。并由郑文纬同志负责主选编。最后经高等工业学校机械课程教材编审委员会机械原理课程教材编审小组黄锡恺委员审阅。

由于选编通用性的实验指导书尚属初次，且我们对于在机械原理实验课中如何贯彻“少而精”原则的认识也很不够，因此本实验指导书内容的选择是否恰当，其通用性是否良好都存在着一一定的问题，深望各兄弟院校及有关同志对这次选编工作多多提供宝贵意见，以便今后改进。

选编者

1964年

目 录

(一) 机构运动简图的测绘和分析	1
(二) 齿轮的范成	7
(三) 渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定	12
(四) 回转构件的静平衡	17
(五) 回转构件的动平衡(使用机械共振式动平衡机)	21
(六) 回转构件的动平衡(使用电子闪光式动平衡机)	29
(七) 平面机构在机架上的平衡	34
(八) 机械运动的线位移、线速度、线加速度电测法	39
(九) 轮系效率的电测法	43
(十) 机械构件角速度和角加速度测定	48
(十一) 按已知运动规律综合平面凸轮机构(计算机辅助实验)	53
(十二) 渐开线齿轮的范成(计算机辅助实验)	68
(十三) 按已知轨迹综合平面四杆机构(计算机辅助实验)	76

(一) 机构运动简图的测绘和分析

一、目的

1. 学会根据各种机械实物或模型, 绘制机构运动简图;
2. 分析和验证机构自由度, 进一步理解机构自由度的概念, 掌握机构自由度的计算方法;
3. 加深对机构结构分析的了解^①。

二、设备和工具

1. 各类典型机械的实物(如: 牛头刨床、插齿机、缝纫机机头等);
2. 各类典型机械的模型(如: 内燃机模型、油泵模型等);
3. 钢皮尺, 内外卡钳, 量角器(根据需要选用);
4. 三角板, 铅笔, 橡皮, 草稿纸(自备);
5. “机构运动简图的绘制”电教片^②及放像机。

三、原理和方法

1. 原理

由于机构的运动仅与机构中所有构件的数目和构件所组成的运动副的数目、类型、相对位置有关, 因此, 在绘制机构运动简图时, 可以撇开构件的形状和运动副的具体构造, 而用一些简略的符号(见教科书或机械设计手册中有关“常用构件和运动副简图符号”的规定)来代替构件和运动副, 并按一定的比例尺表示运动副的相对位置, 以此表明机构的运动特征。表 1-1 为常用符号示例。

2. 方法

(1) 测绘时使被测绘的机械缓慢地运动, 从原动构件开始仔细观察机构的运动, 分清各个运动单元, 从而确定组成机构的构件数目。

(2) 根据相互连接的两构件间的接触情况及相对运动的特点, 确定各个运动副的种类。

(3) 在草稿纸上徒手按规定的符号及构件的连接次序, 从原动构件开始, 逐步画出机构运动简图的草图。用数字 1、2、3、…分别标注各构件, 用拉丁字母 A、B、C、…分别标注各运动副。

(4) 仔细测量与机构运动有关的尺寸, 即转动副间的中心距和移动副导路的方向等, 选定原动件的位置, 并按一定的比例尺画成正式的机构运动简图。

^① 如果课程不要求作结构分析, 则该项内容可不做。

^② 《机构运动简图的绘制》电教片已由中央音像出版社出版, 可以在做实验前放映, 以指导学生更好地进行实验, 并使学生开阔眼界。如学校无放像设备, 可以不用。

表 11

名称		符	号
低副	转动副		
	移动副		
	螺旋副		
高副	凸轮副		
	齿轮副		
构件	活动构件		
	机架		

$$\text{比例尺 } \mu_l = \frac{\text{实际长度 } l_{AB}(\text{m})}{\text{图上长度 } AB(\text{mm})}$$

四、步骤和要求

1. 对绘制指定的几种机器或机构模型的机构运动简图,其中至少有一种需按确定的比例尺绘制,其余的可凭目测,使图与实物大致成比例,这种不按比例尺绘制的简图通常称为机构示意图。

2. 计算机构自由度,并将结果与实际机构的自由度相对照,观察计算结果与实际是否相符。

3. 对上述机构进行结构分析(高副低代、分离杆组、确定机构级别等)①。

五、思考题

1. 一个正确的“机构运动简图”应能说明哪些内容?
2. 绘制机构运动简图时,原动件的位置为什么可以任意选定?会不会影响简图的正确性?
3. 机构自由度的计算对测绘机构运动简图有何帮助?

① 见第1页脚注①。

机械原理实验报告

实验名称	机构运动简图的测绘和分析				
学生姓名		学号		组别	
实验日期		成绩		指导教师	

一、测绘和分析计算

编号		机构名称		自由度		级别	
----	--	------	--	-----	--	----	--

编号		机构名称		自由度		级别	
----	--	------	--	-----	--	----	--

编 号		机构名称		自 由 度		级 别	
-----	--	------	--	-------	--	-----	--

编 号		机构名称		自 由 度		级 别	
-----	--	------	--	-------	--	-----	--

编 号		机构名称		自 由 度		级 别	
-----	--	------	--	-------	--	-----	--

二、思考题讨论

三、心得和意见

(二) 齿轮的范成

一、目的

1. 掌握用范成法制造渐开线齿轮齿廓的基本原理；
2. 了解渐开线齿轮产生根切现象的原因和避免根切的方法；
3. 分析比较标准齿轮和变位齿轮的异同点。

二、设备和工具

1. 齿轮范成仪；
2. 圆规, 三角尺, 绘图纸, 剪刀, 两枝不同颜色的铅笔或圆珠笔(学生自备)；
3. 放像机及“齿轮范成实验”电教片。①

三、原理和方法

范成法是利用一对齿轮互相啮合时其共轭齿廓互为包络线的原理来加工轮齿的一种方法。加工时, 其中一轮为刀具, 另一轮为轮坯, 二者对滚时, 好象一对齿轮互相啮合传动一样; 同时刀具还沿轮坯的轴向作切削运动, 最后在轮坯上被加工出来的齿廓就是刀具刀刃在各个位置的包络线。为了看清楚齿廓形成的过程, 可以用图纸做轮坯。在不考虑切削和让刀运动的情况下, 刀具与轮坯对滚时, 刀刃在图纸上所印出的各个位置的包络线, 就是被加工齿轮的齿廓曲线。目前

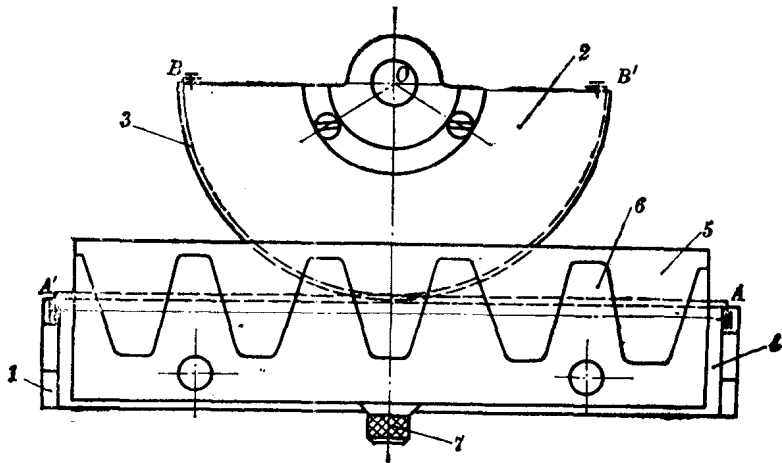


图 2-1

① “齿轮范成实验”电教片已由中央音像出版社出版, 可以在做实验前放映, 以指导学生更好地进行实验, 并可使学生开阔眼界。如学校无放像设备, 可以不用。

生产中大量使用渐开线齿廓,故刀具齿廓必然亦为渐开线。为了逐步地再现上述加工中刀刃在相对轮坯每个位置形成包络线的详细过程,通常采用齿轮范成仪来实现。齿轮范成用的仪器虽有多种型式,但其基本原理是相同的。现就某一范成仪(如图 2-1 所示)简介如下。

圆盘 2 绕固定于机架 1 上的轴心 O 转动。在圆盘的周缘刻有凹槽,槽内嵌两根钢丝 3,其中中心线(图 2-1 中圆盘 2 上虚线为钢丝 3 的中心线)形成的圆相当于被加工齿轮的分度圆。两根钢丝的一端分别固定在圆盘 2 上 B 、 B' ,另一端分别固定在拖板 4 的 A 、 A' 处,拖板可在机架上沿水平方向移动,钢丝便拖动圆盘转动。这与被加工齿轮相对于齿条刀具的运动相同。

在拖板 4 上还装有带刀具 6 的小拖板 5,转动螺旋 7 可使其相对拖板 4 垂直移动,从而可调节刀具中线至轮坯中心的距离。

在范成仪中,齿条插刀的已知参数是:

压力角 α ;

齿顶高系数 h^* ;

径向间隙系数 c^* ;

模数 m ;

被加工齿轮的分度圆直径 $d(=mz)$ 。

四、步骤和要求

1. 根据已知的刀具参数和被加工齿轮分度圆直径,计算被加工齿轮的基圆、最小变位系数、最小变位量、标准齿轮的齿顶圆与齿根圆直径以及变位齿轮的齿顶圆与齿根圆直径。然后根据计算数据将上述六个圆画在同一张图纸上,并沿最大圆的圆周剪成圆形纸片,作为本实验用的“轮坯”。

2. 把“轮坯”安装到仪器的圆盘上,必须注意对准中心。

3. 调节刀具中线,使其与被加工齿轮分度圆相切。刀具处于切制标准齿轮时的安装位置上。

4. “切制”齿廓时,先把刀具移向一端,使刀具的齿廓退出轮坯中标准齿轮的齿顶圆;然后每当刀具向另一端移动 2~3 mm 距离时,描下刀刃在图纸轮坯上的位置,直到形成两个完整的轮齿时为止。此时应注意轮坯上齿廓形成的过程。

5. 观察根切现象(用标准渐开线齿廓检验所绘得的渐开线齿廓或观察刀具的齿顶线是否超过被加工齿轮的极限点)。

6. 重新调整刀具,使刀具中线远离轮坯中心,移动距离为避免根切的最小变位量,再“切制”齿廓。此时也就是刀具齿顶线与变位齿轮的根圆相切。按照上述的操作过程,同样可以“切制”得到两个完整的正变位齿轮的齿廓曲线。为了便于比较,此齿廓可用另一种颜色笔画出。

五、思考题

1. 记录得到的标准齿轮齿廓和正变位齿轮齿廓(如图 2-2 所示)形状是否相同?为什么?

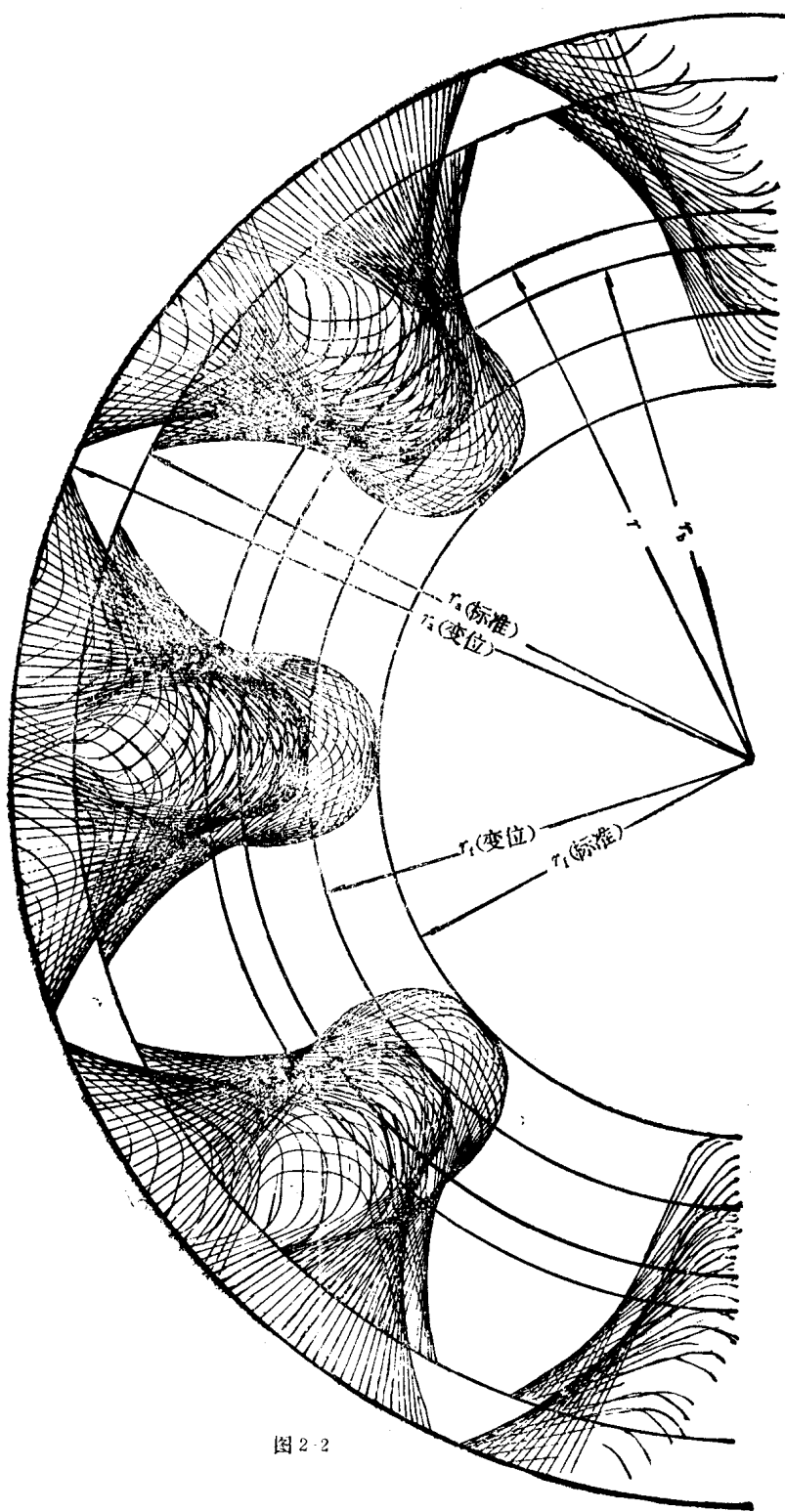


图 2 2

2. 通过实验,你所观察到的根切现象发生在基圆之内还是基圆之外?是由于什么原因引起的?如何避免根切?

3. 比较用同一齿条刀具加工出的标准齿轮和正变位齿轮的以下各参数尺寸: $m, \alpha, r, r_b, h_a, h_f, h, p, s, s_a$,哪些变了?哪些没有变?为什么?

4. 如果是负变位齿轮,那么齿廓形状和主要参数尺寸又发生了哪些变化?

机械原理实验报告

实验名称	齿轮的范成			
学生姓名		学 号		组 别
实验日期		成 绩		指导教师

一、原始数据

1. 齿条: 模 数 $m =$ mm;
 压力角 $\alpha =$ ($^{\circ}$);
 齿顶高系数 $h_a^* =$;
 顶 隙系数 $c^* =$ 。
2. 齿轮: 分度圆半径 $r =$ mm。

二、齿轮几何参数计算

名 称	符 号	计算公式	计 算 结 果	
			标准齿轮	变位齿轮
齿 数	z	$z = \frac{2r}{m}$		
最小变位系数	x_{min}	$x = h_a^* \frac{z_{min} - z}{z_{min}}$		
基圆半径	r_b	$r_b = r \cos \alpha$		
齿顶圆半径	r_a	$r_a = r + h_a^* m + xm$		
齿根圆半径	r_f	$r_f = r - (h_a^* + c^*) m + xm$		

三、思考题讨论

四、心得和意见