

新机器机构的 创造发明

— 机构综合

学荣 著
天出版社

责任编辑 刘 翼
封面设计 熊 克

李 学 荣 著
新机器机构的创造发明——机构综合

重庆出版社出版、发行（重庆长江二路205号）
新华书店经销 达县新华印刷厂印刷

*
开本787×1092 1/32 印张11.25 插页2 字数238千
1988年2月第一版 1988年2月第一版第一次印刷
印数：1—3,100

*
ISBN 7-5366-0017-8/TB·1

科技新书目：163—320 定价：2.95元

内 容 提 要

机器与机构日新月异，有许多按照传统的机构学，很难说明其构造与构思原理。本文面对这一新问题，企图加以解释，统一归纳“广义机构综合”，但是这不一定能够全面地解答这一新问题，因为解释问题与解答问题仍有相当远的距离，我国科技文献多属直呈式与叙事式，这类纯属工程技术基础的文献书籍，犹以国内现在教科书式的文体最为通行。本文一反常例，许多地方采用暗示式与累进阐发式文体。启发创造思维、粹取已得成果构思、导向“广义机构综合”这一多元结合体系，使人们在机构实现上获得更多的发明契机。

绪 言

从没有某种机器（或机构）到研制出某种机器（或机构）需要作出构思，由构思到初始意念的设计（运动综合）、设计出机构运动简图，这一过程可以认为是机构运动学综合（kinematic synthesis of mechanisms）的过程。当然，仅仅是初始设计（初始意念设计）可能还不足以毕其事，往往需要有研究阶段（主要是决定各项参数），这样反复研制，卒抵于成。

机构运动学综合（简称机构综合）不同于发明，发明是不定向研制、选题由发明者自定；机构综合是定向研制、由命题者规定任务。

发明一事未闻有发明学（亦正是当前许多人开发的课题），而机构运动学综合有其学。此二事其共性为从无到有，其异处在于发明事业漫无边际，而机构综合仅着眼于运动达成。

机构从纯刚体进入非纯刚体。狭义机构综合（纯刚体机构综合）有学，非纯刚体机构（广义机构综合）焉能无学。

从上逻辑推断，广义机构综合必有其学，但坊间尚未见有斯著，国内如此，国外亦然。

作者为填此空白，谨抒己见。由于机构之研究始于强制运动链，广义机构诞生则强制运动链概念遂有变异，运动链

概念改变则机构之概念亦随之而变。新的运动链与新的机构此二大概念是否可谓为广义机构综合之学。

狭义机构综合视运动规律为被指定者，一经达成即为机构综合之设计完成，不认效果，而事实上不得不考虑效果，此则在企业界设计师痛感此弊，已有孟宪源、洪允楣等工程师均切中此弊有所阐发。作者为弥补此缺陷，伸论运动与机构之关系，运动需区分属性，为机构综合更好地为生产服务奠定一清晰明确之概念。是否有当尚需求教于读者。

事实上不仅有关运动方面的论说，各种概念的重新拟定，例证是否贴切，推断是否正确等等，均需就教于读者。

纵观本论全局，最后可归化为一大问题：广义机构综合是汇各学科——诸元于应用，亦应有自身之学术体系。想来读完斯论可能质我作者，而作者亦正以此首先作出轮廓，就教于读者，改错、扩充，精工细镂有求诸先进。兹事体大，决不可能毕其功于一役，功成于某一人；以其有生命力，现场有需求，此学之大兴，指日可待，正作者所翘盼者也。

李学荣 1981年3月3日于
上海海运学院 广义机构讲座之际

目 录

绪言

第一节	什么是机构综合与机构综合的重要性	(1)
第二节	机构综合的难度	(18)
第三节	机构综合的创造性	(34)
第四节	机构综合的复杂性	(50)
第五节	机构运动学综合应用的广泛性	(66)
第六节	机构的运动与达成运动的机构	(88)
第七节	广义机构的多元性	(121)
第八节	广义机构之诞生	(137)
第九节	纯刚体机构的研究进展与局限性	(150)
第十节	机械化与自动化	(185)
第十一节	广义机构综合的诞生	(211)
第十二节	科学性与艺术性	(230)
第十三节	经验与技巧	(248)
第十四节	机构综合探讨方法改进之必要	(275)
第十五节	广义机构的功能与分类	(285)
第十六节	索引性文献的编制问题	(313)
第十七节	逻辑设计	(320)
第十八节	广义机构综合的基本问题、存在问题	(331)

第十九节 广义机构综合的定义性说明..... (337)

第二十节 结语..... (340)

参考文献..... (343)

后记..... (348)

第 一 节

什么是机构综合与 机构综合的重要性

机器分解开来无非是一些机构要素(如齿轮、齿条、链轮、链条、皮带、滑车、连杆、凸轮、螺丝、弹簧等等)组合而成;反之,有了上述机构要素,并不能随意拼凑成一部机器。这是因为机器要按照预期的规律运动,所以不能像儿童玩积木似的,随便拼凑一个花样都成。一部机器有它内在的组合、合成规律。研究机构的组成规律,便是机构综合。

用最简要的形象说明,机构是一部机器的骨骼图,而机构综合是研究机器组成规律的基本原理。由于产品日新月异,不论生产什么多半离不开机器,为了创制机器,所以研究机构综合学,便成为工业国家极端重要的大事。

若是有了一部机器,要分析它的运动规律,这便是机构分析。

机器五花八门,为了便于探讨,人们先从纯刚体的机构入手,研究纯刚体机构的组合、合成规律,这便是狭义机构综合。

狭义机构综合学是从数学、力学中分离出来的,目前已成为机械理论的重要组成部分。

古代人类为了生存,首先要熟悉、了解所处的环境,便

开始观测天文、地理、因探索天文、地理需要研究数学、力学、由于观测天文、地理，进而需求观测的仪器（如汉代张衡发明地动仪，唐代高僧一行与梁令瓚合作、研制成黄道游仪），这样便进入了机构的研究。时至今日，如要探讨狭义机构综合，仍然需要必备的数学、力学基础，这充分说明，学术渊源，其来有自。

为了开发更多更好、作用更为巧妙的机器，单靠纯刚体机构作为机器的骨骼图是远远不够的，需要拓展，这样便需要广义机构（不仅限于纯刚体机构作为机器的骨骼图）。

广义机构综合笼统地说，不仅限于纯刚体机构为主的运动规律探讨、混合机构运动规律的探讨，还要进行广义机构运动规律的探索，研究机构运动规律的制定，以及如何选取运动规律去适应产品设计的目的等等诸问题。至于按照指定的运动规律做机构设计时，也不仅限于采用纯刚体的构件。

实际上，现代的机构显然是决不限于纯刚体的构件，例如：在许多机器中包含有：绳索*、链条**、弹簧***、电门、马达、限位开关、程序控制等等以及液动或气动（带工作缸与活塞杆）的机构。

可见，仅仅研究狭义机构综合远远不能适应现代化的要求，因此广义机构综合的研究势在必行。

如前所述，约略地分辨了广义机构与狭义机构的区别，并笼统地说明了广义机构比狭义机构具有更为宽广的范畴。至于广义机构综合的内容究竟如何，广义机构综合的确切含义到底怎样正是本书需要讨论的主要内容。

*韧性构件 **半韧性构件 ***弹性构件

“机械工业是工业的心脏。”之所以这样说，是因为不论什么产品，要大量生产，便离不开机械。否则，要制成规格一致、价格经济，可以大量供应的商品几乎是不可能的。要强化劳动过程，提高劳动生产率，就非机械化、自动化生产不可。无论搞哪种产品的制造，首先要有制造这种产品的机器，所以说机械工业是工业的心脏。随着产品的不同，就需要各式各样的机器或机构去制造，而这些迥然不同的机器与机构首先要有人去设计，在设计过程中，其第一道工序就是做出创始意念设计——机构综合，因而提高机构综合的水平便成为发展产品的核心问题。

显然，要提高机械的设计能力，发展产品，跟上时代步伐，加速产品的更新换代，必须打破狭义机构综合的框框，大力研究广义机构综合，使其具有方法性，提高它的科学性，这可以说是发展机械化、自动化生产的当务之急。

近代科学发展的过程总是要依据大量的现象，进行仔细地观察与辨认，作出统计分析，透过现象抓住其实质，上升为理论。现在我们研究广义机构综合，所采用的方法也不例外。为此，我们首先要做一定的调查，找出若干事例，进行分析对比，求其异同（广义与狭义机构的异同，等效机构的异同，达到同一运动目的的手段与方法等等的异同），进行探讨，找出规律。

由此可见，广义机构综合的定义性说明及其内涵大要，需要等到许多事例展阅以后，而不是在未说明实例以前，贸然就提出来，这样缺乏说服力。所以我们不惮繁琐尽可能地多举一些事例，以便于研究思考，归纳统计，从中粹取

(extration) 其规律性*。因此希望读者能够仔细审阅这些事例，经过思考，如果能领悟若干规律，这样对于广义机构综合研究进展，具有非凡的意义。因为广义机构综合直到现在仅仅有一些学者提出来，还没有一套完整的、合乎逻辑的定型解释。所以要发动大家来共同研究。本书在这里只是抛砖引玉，略抒己见而已。

当然，作者在举出若干事例以后，要逐渐加深对广义机构综合内容的说明，希望读者将自行分辨的结果与作者的提示进行对比，互相印证。一切科学探索的对比、剖析、论证、无论经谁之手，进行操作，其结论应该是一致的，并行而不悖，如果不是这样，就会引起异议，导致争辩。本书的问世，希望得到广大读者的批评指正，以收互相促进，共同提高的效果。由此而能将尚未定型的广义机构综合，在我国首先有一个渐趋一致的看法，则本书的问世，将不为无益。

为了说明机构综合的重要性，现在让我们看一个近代产品、录音机绕带机构的例子。在介绍录音机绕带机构之前，为了提醒观察的重点，首先阐明以此作为采样的原因。

磁带录制设备，在现代科学技术工作中是不可或缺的。例如；程控装置、计算机的辅助设备、录音设备、录像设备等，都需要这种机构。因为各种设备上的韧性绕带机构都有一定的共性，所以通过对某种绕带机构的介绍，便可知其大要。此外这是一种机、电、韧性、弹性体的综合机构，是一种“非纯刚体”的混合机构，也是电、磁、声、机型的广义机构。然而这种机构，其运动规律和构造方式，相对地来说

*近代科学研究，收集大量研究实例 (sample)，粹取规律性，为常用方法之一。

还算是较简单的，因为它对运动规律的要求只是在不同方向上作纯粹的转动，其构造方式，无庸经过特殊训练，就能运用自如，小有损坏也易于修理。从运动的定性来说（型综合要求），只是：（1）正常的速度放带，（2）增速反绕（负向转动），（3）加速放带（正向转动），（4）正、负向转动切换，（5）随时停止，（6）其它。

读者至此可以掩卷默思，能否自行按照上面所提的前五个要求作出设计方案，即型综合。如果能做出来，可与下面的介绍进行比较，找出它们之间的优缺点，以提高机构综合水平。倘若暂时做不出来，经过这样一段思考，可以启发设计思路，经历一下机构综合的难关，从此知难而进，再阅读下面的介绍，就可以得到更为深刻的印象。

录音机的正常送带状态（见图1·1）是这样的，驱动轴由

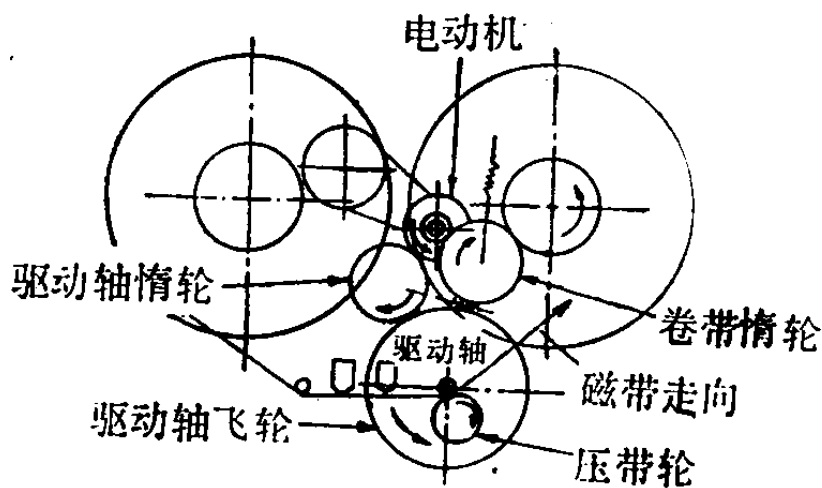


图1:1 正常送带状态

电动机驱动〔29〕*，作匀速转动。压带轮以一定的压力与驱动轴接触、促使磁带以匀速通过磁头，驱动轴上装有飞轮，

* 方括号内为参考文献号码

它既可以作为电动机的减速滑轮，又可以减少由于电动机转速不均匀或其余传动机构不均匀所引起的振颤。卷带盘以适当的转矩沿收带方向卷取从驱动轴来的磁带。

倒带状态如图1·2所示，将磁带倒回原带盘的快速反转

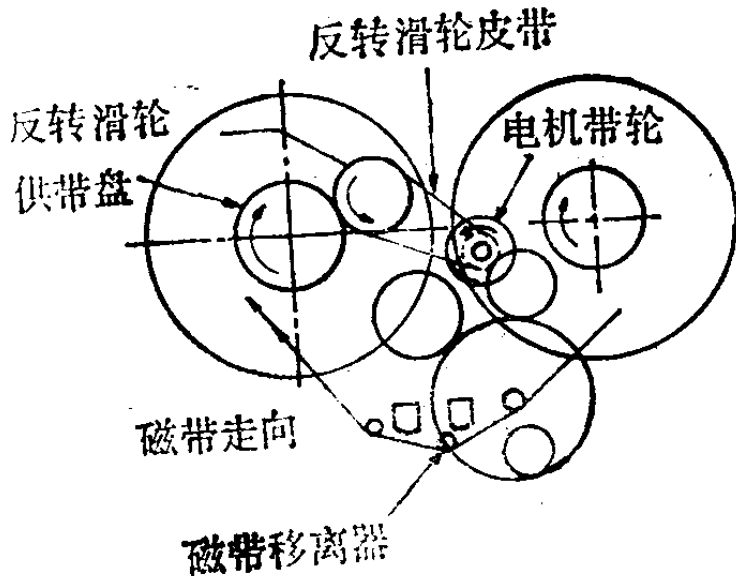


图1·2 倒带状态

动作，其方向与播放录音（简称再生）时的正常送带状态相反，其速度要求转快，通常是再生时速度的10~30倍。为避免磁带快速反转时磁带与磁头发生摩擦，要有一种磁带移离器装置（详后）随同倒带（REW）键按下，将磁带与磁头分开一定空隙，同时为了使磁带卷盘稳妥地收带，供带盘必须具有适当的反张力，这种反张力其所以生成，其中是弹簧在起作用。

顺快进状态如图1.3所示，与再生时的磁带运转方向相同，而速度要求与快速反转相同。为了避免磁带与磁头摩擦，也使用磁带移离器，将磁带与磁头分开，令有空隙，不致擦损，同时供带盘也应有一定的反张力，反张力的生成也

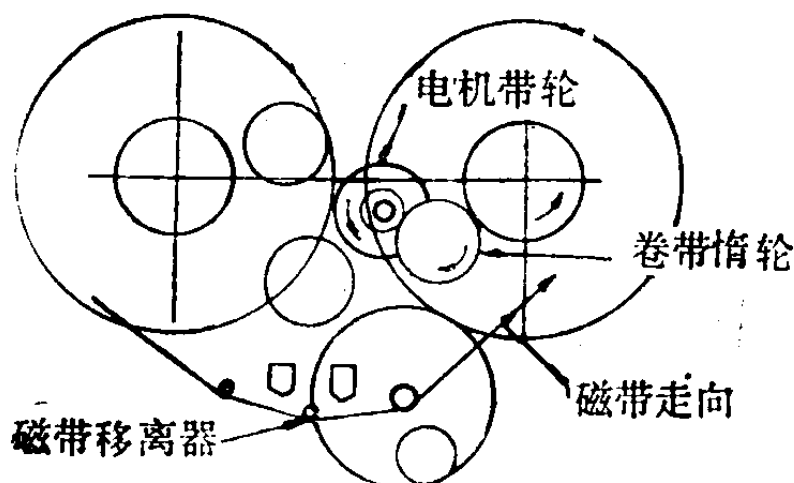


图1.3 顺快进状态

是依靠弹簧的作用。

从图示中，我们可以对这种录音机绕带机构的型综合知其大要。当然，这个录音机机构还需要其它的多种机构配合，才能适用，例如琴键机构的配合，通过按键操作使其完成正常送带，快速倒带，快速正转，停止等动作。在这里，我们仅就如何作出转动运动规律的达成加以简单介绍。对于录音机说来，仅有运动性质——定性规律（正、反、快、慢转）的达成还是不够的，还需要对于转动的定量分析（速度、加速度等）有一定要求。例如：（1）正常放带速度；（2）增速反转速度；（3）增速顺转速度；（4）由起步增速至正常放带的加速度；（5）由增速反转至停转时减速度；（6）由增速顺转至停转时的减速度；（7）各种速度切换时，以及在增减速度时，磁带无窜动；（8）其它。

上列的各项指标是要根据收录机与磁带的性能及强度的要求作出来的，根据这些运动定量的要求，才能定出各轮的尺度，机构的尺度——尺度综合。此外，马达的转速与特性又需与机构有相应的配合，才能构成良好的录音机构。

由此可见，对设计这样一个“仅以纯粹转动的组合变换”作为运动规律的录音机来说，其机构综合的难度已显然揭开。同时也可以看出，这样的机构综合，也决不是狭义机构综合所能包容的。

现在我们阐明这样一个问题。录音机的研制成功，主要的功绩应归之于电声学的研究结晶，但是没有机构学——特别是机构运动学的良好设计是不能完成这项发明，更不能作为商品供应。为了论证这个论点，我们对录音机机构要再略加剖析。但需声明，本文并不是专门讨论录音机如何设计，仅是为了说明机构综合对于现代化设备所起的作用与重要性，以及有些问题，乍看起来似乎与机构运动学的综合无关，而通过实践，终究从某些方面与它联系起来。

先说磁带经过音头（如图1·4及图1·5所示），在磁带前

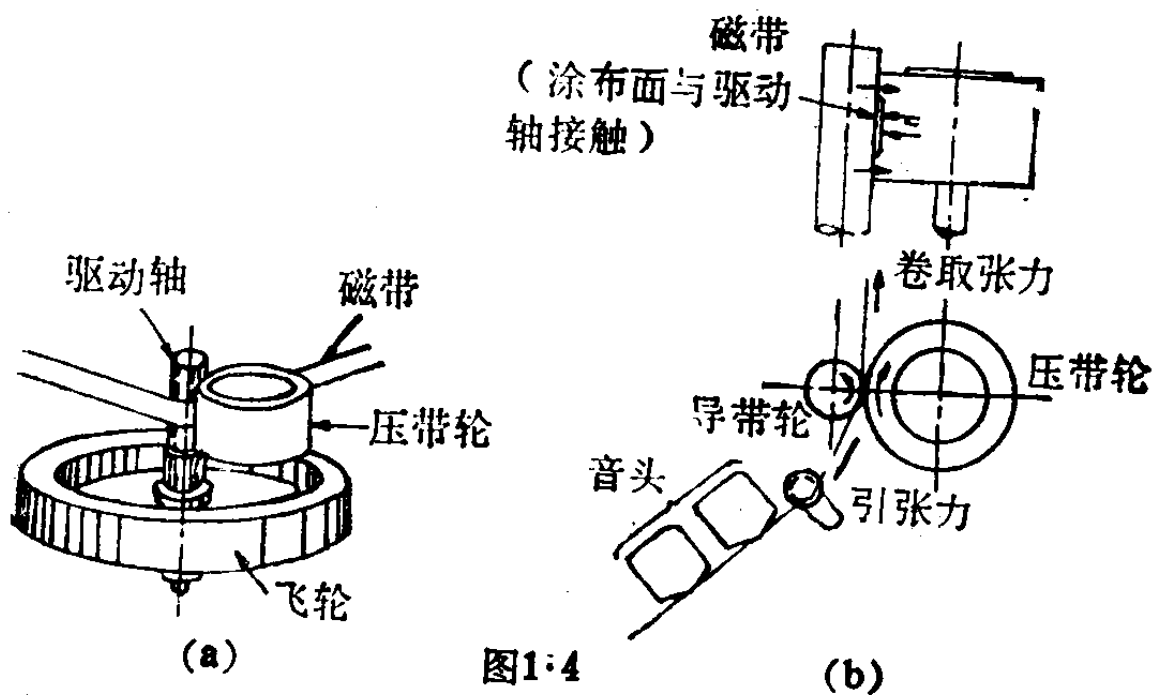


图1·4
 (a) 磁带在压带轮与驱动轴之间压着，
 (b) 由压带轮压着磁带从而驱动。

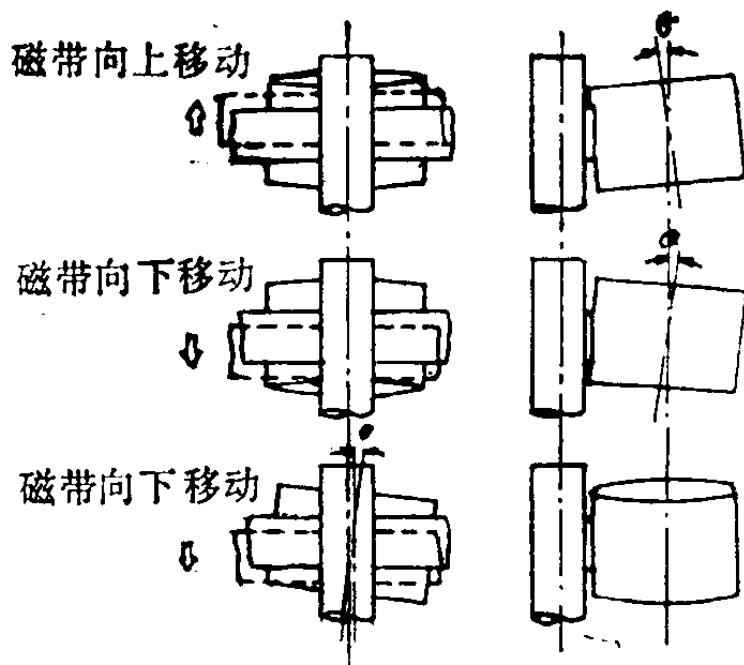


图1·5

压带轮与驱动轴间平行度影响压着力，磁带往压着力较强方向移动。

进与倒带时，一定要相对位置正确。其相对位置的正确与否，一方面要靠有适当的压着力使压带轮与磁带接触良好，另一方面要靠某些机构来保证磁带的正确运行。如果像图1·6

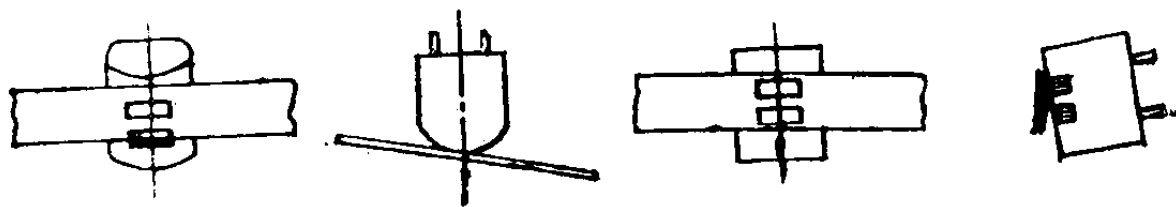


图1·6 磁带与音头的相对位置偏差。

- (a) 音轨偏差 (b) 空隙偏差 (c) 空隙角度偏差
(d) 音头前后倾斜

中产生的相对位置偏差：

1. 音轨偏差（在图1·6（a）中磁带偏上运行）；

2. 空隙偏差（在图1·6中磁带走行与磁头不成正交）；

3. 空隙角度偏差（在图1·6中磁带右高左低）；

4. 音头前后倾斜（在图1·6中磁带与磁头走行时不平行密贴接触）。这些运行偏差对于录音机的录放效果，其影响显然是巨大的。例如：立体声的录音磁带能将各种频率（音域宽广）的声音录制下来，如果发生音轨偏差，不仅丧失了立体声的效用，甚至唱不成声。总之，愈是高级的录音机，愈不允许有这些走行偏差。为了避免上述种种的偏差，就要采取相应的措施加以纠正和防止。

在图1.7中表示两种音头调整机构。一种是具有两个

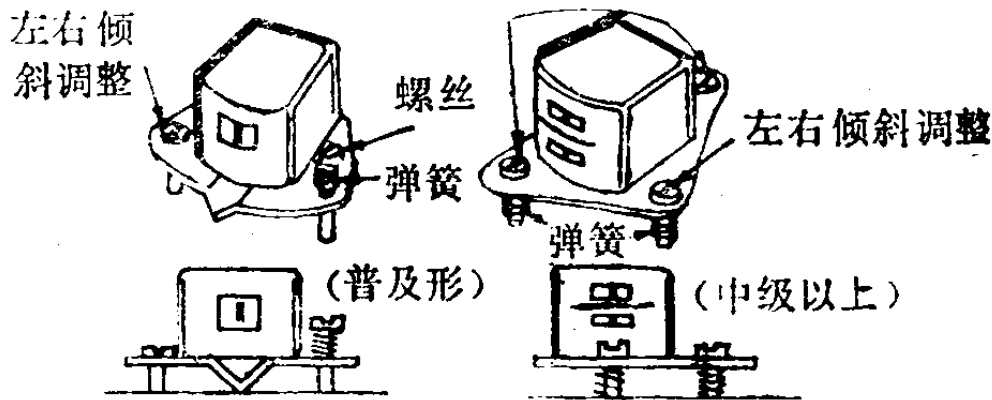


图1·7 两种音头调整机构

螺丝，而另一个有三个螺丝。显然运用三只螺丝的音头调整装置，要比仅有两只螺丝的调整机构为好。这是因为运用两只螺丝在调整时会由于左右倾斜的调整而影响高度及前后倾斜的调整。如果用三只螺丝就不至于顾此失彼。我们在精密仪器上往往使用三角架与三只螺丝作底盘调整，也就是因为这样能兼具有：上下、前后、左右的三向调整。由此可见，磁带的运行及播放的质量都与这小小的音头调整机构有关。这是一个最简单不过的事情，但忽略了它，影响很大。