

机械加工中技术革新創造过程的研究

中国科学院心理研究所劳动心理組

問題的提出

技术革命、技术革新是提高我国劳动生产率的主要手段之一。建国十年,特别在大跃进以来,全国广大职工在响应党的以增产节约为中心大鬧技术革命的号召下,出现了許許多多生产革新者、技术創造发明家。这些革新者、发明家解决生产中关键問題的过程中,技术創造思维是怎样进行着的,解决問題的原則、途径是怎样寻求的,形象在創造过程中起着什么样的作用,原型启发又是怎样引起积极的效果,心理学工作者对这类問題研究得愈深入,則心理学在联系实践促进技术革命上将起着更大的作用。本研究的目的是从机械加工方面入手,針对着上述問題进行研究。

去年我們曾就这些問題作了一些試探性的研究,結果表明:有計劃有系統的采用原型启发,对促进工人們創造革新起了一定的作用^[1]。对启发方式問題我們又曾进一步的探究,采用了語文作为启发工具,結果也获得了肯定的效果^[2]。关于技术創造发明的問題,当然不仅只限于原型启发,为此,有必要对这些問題作进一步的研究。

我們曾运用訪問、現場观察以及通过解决生产实际中的問題等方法进行研究。曾先后有計劃、有系統的訪問了几个工厂的技术革新者和有过許許多多創造革新經驗的老工人,并在現場观察了許許多多技术革新的表演。最后在长辛店機車車輛制造厂通过弹簧吊杆(機車零件)加工机械化的問題,作了較系統的研究。

根据訪問、观察与現場試驗的材料表明,革新者在解决技术的矛盾面前最感到困难的,是如何找到解决問題的适当原則、途径。这正如 A. H. 列昂节夫^[3]所指出的:发明家、合理化工作者在解决新任务过程中,最困难的同时也是思维活动具有最創造性的阶段,是在于寻求解决任务的适当原則、途径的阶段。П. М. 雅科布松^[4]也曾把寻找原則的阶段看作是发明家饱受最大“苦恼”的阶段。我們在研究的过程中,看到有些革新者是通过“尝试錯誤”的办法,有些則利用已有的类似的經驗在头脑里通过概括的联系而获得解决問題的途径和方法的。也有不少革新者在問題解决之后对任务解决的原則、途径并不是很清楚的意識到的。因此如果把机械加工方面革新者創造的某些經驗,經過分析、比較、运用心理学的一些原理加以归类,总结出来解决每类型問題的适当原則、途径。这将使技术革新者、合理化建議者在解决技术改革的过程中,思考就具有一定的指向性,从而可避免一些无結果的尝试,少走一些弯路,加速技术革新的实现。这正象 Г. С. 科斯克克^[5]所指出的:在解决任务时把新任务归入任务的一定范畴或类型,可以使寻求解决途径簡易化。

解决問題的原則和途径

在机械加工工人技术革新中,他們所采用的一般原則、途径是很多的,例如提高机床

轉數,改進刀具,加大吃刀量,採用一刀多刃、多刀多刃,使用代用原材料,改良勞動組織、操作方法,合併工序,創制新的工夾具等等;這類的例子是很多的,同時每類例子中,如前所述,都有更具体的原則可尋;找到了這種原則,有關的課題就等於解決了大半,余下的只是從物質、加工方面去具體實現計劃,也就是原則的檢驗、具體化而已。

我們根據訪問和觀察,僅就機械加工工人創制工夾具的工作中初步歸結出下列原則,但這也不過是舉例的性質。

很多工夾具的創制是採用了尋找圓心(軸心)的原則。這原則之所以重要,是因為現代機械運轉絕大部分是圓周運動。例如旋床、鏜床、銑床、鉗床等,都是以圓周運動來切削加工物的,即使機頭本身只作往返直線運動的插床、鉋床,但由於工作臺能作圓周轉動,因而也具有圓周運動的性質。大家都知道,圓心(軸心)又是圓周運動的必要條件。因此,尋找圓心的原則對以圓周運動進行金屬切削就特別顯得重要。事實上有許多技術革新者有意或無意的遵循了這個原則,創造了許多特殊的胎具、夾具,使工作效率提高數倍或數十倍。

為了把這條原則說得更具體,把問題歸類分得更細,我們把找尋圓心的原則又分為圓心在加工物上和圓心不在加工物上兩大類型。下面再就每類舉出一些工作物作為實例:

前一類型最簡單的例子如三通閘車削胎具。圖 1 中 A 、 B 、 C 是三個不在同一平面上的加工面, D 為車刀,革新者由於找到了這三個加工面的共同圓心交點 O ,因而創造了一個能先後按次將這三個加工面轉向刀 D 的簡單的胎具。又例如減壓閘車削胎具,圖 2 A 、 B 、 C 是三個在同一平面上的加工面,但各有其軸心。革新者根據找圓心的原則創造出

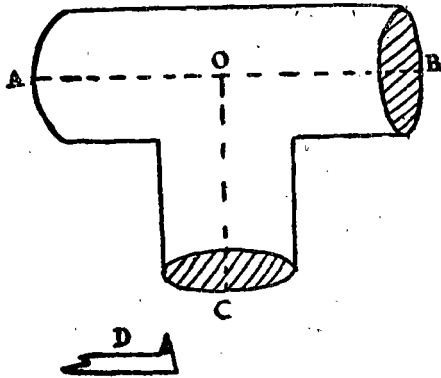


圖 1 三通閘示意圖

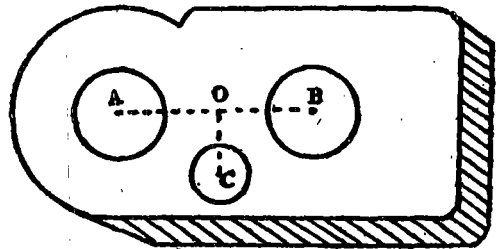


圖 2 減壓閘示意圖

一個能依次將 A 、 B 、 C 三個加工面的軸心移至 O 來加工的胎具。較為複雜的例子如撒砂器。圖 3 A 、 B 、 C 是三個既不在同一平面又沒有共同軸心的加工面。所需胎具在加工 A 和 C 時,共同軸心是 O ,而在加工 B 時則應向前移動一段距離, O' 移至 O ,以適應於車刀 D 加工。又例如搖駒(圖 4)加工方法的改變,從鉋床轉到旋床加工,也是由於革新者察覺出 AB 弧與 AC 弧各自的圓心 O 和 O' 。

屬於後一類型(即圓心不在工作物上)的,包括簡單的想象圓心和複雜的想象圓心,前者例如拱架柱鉋弧刀架,圖 5 A 、 B 弧為加工面,原用鉋床用手移刀來加工,只有找到了想象的圓心 O 才創造出鉋弧刀架裝置。刀柄 EF 沿著 CD 軌道左右走刀,裝在鉋床頭上前後移動,代替用手移刀來鉋成弧面。又例如滑承(圖 6)的加工方法之所以能以旋代鉋,

也是由于革新者发现了它的想象圆心 O ,才有可能制出胎具,把 AB 与 CD 二加工物的想象圆心重合在 O ,于是便能两块一起卡在胎具上进行车削。马蹄铁(图 7)的车削胎具最后之所以能够成功,也是由于革新者通过“尝试错误”的办法找到了它的想象圆心。加工面 AB 弧原用人工手移刀架刨削,革新者企图以旋代刨,曾把加工物一块块的摆成一个

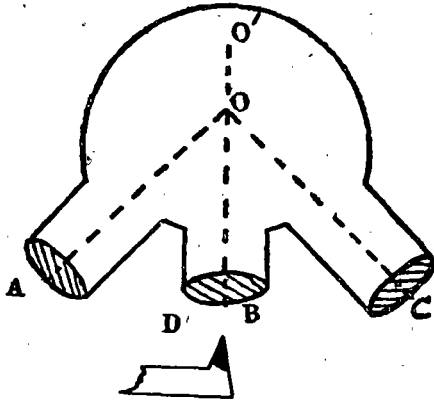


图 3 撒砂器示意图

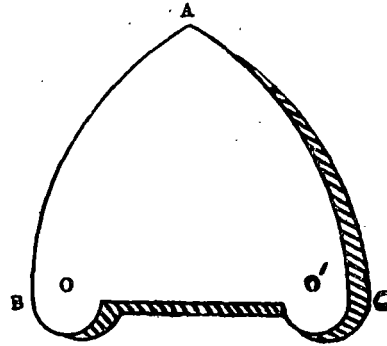


图 4 摇驹示意图

圆,开始试摆 4 块,划出的圆与加工物所要求的弧度不符,又试摆 3 块,划出的圆的半径正好就是图纸上 AB 弧的半径,革新者由于采用了试误的办法找到了这个圆周,也就是找到了三块马蹄铁的共同圆心 O 了。所以这个专用胎具最后作成了。球形瓦车削刀架装置创造的例子,图 8 工作物 AB 在立旋台上以 CO 为轴作水平旋转, D 上下移动走刀, E 点的轨迹就成了 FG 弧, FG 弧又随工作物 AB 以 CO 为轴而旋转,其轨迹即成一球面,亦即车削出内圆球面。由于这位革新者利用了他已有的类似经验,通过概括的联系,因而没有经过“尝试错误”阶段很快就把问题解决。最后还可以举出插汽缸圆弧装置为例(图 9) AB 是插床机头,只作上下往复运动,它与 OE 交点 B 借滑块可作左右移动,以 O 为圆心, OE 为半径, AB 上下移动时, E 点的轨迹就成为 CED 弧。 CED 弧再前后作直线运动(插床工作台移动——走刀)即成为所要求的加工弧面。

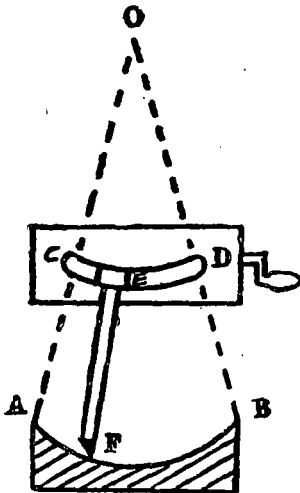


图 5 拱架柱的加工装置示意图

除了上列举出的简单的想象圆心外,还有复杂的想象圆心类型,例如车削圆球装置(图 10)。卡盘上装两把刀,刀尖 A, B 外向,卡盘连在车头上作圆周旋转,刀架上装一空心轴,工作物的柄穿在轴内,圆头 C 与刀尖相接。刀旋转时, A, B 两点所划圆圈落于 C 上。 C 又以 BD 为轴而自转,即等于圆圈以 BD 为轴而自转,其轨迹即成一圆球而带有柄 D 的加工物。又例如罗旋伞齿轮的铣齿装置,铣齿刀安装在铣床主轴上旋转,轮坯在特制的卡具上不但本身自转还绕中心滚动。上述两例,都是比较复杂的,如果革新者对

这些圆心或轴的相互关系认识不清,那就不用说创制,即使是使用怕也会有困难。

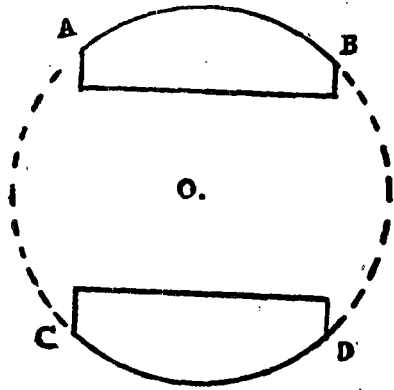


图 6 滑承及其胎具示意图

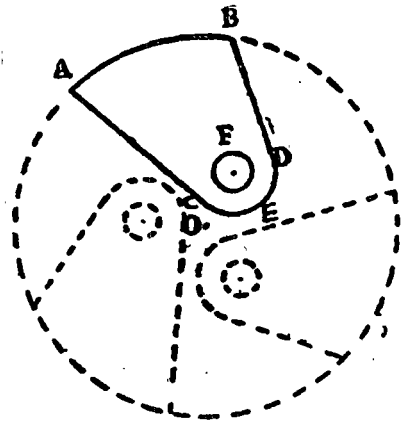


图 7 马蹄铁及其胎具示意图

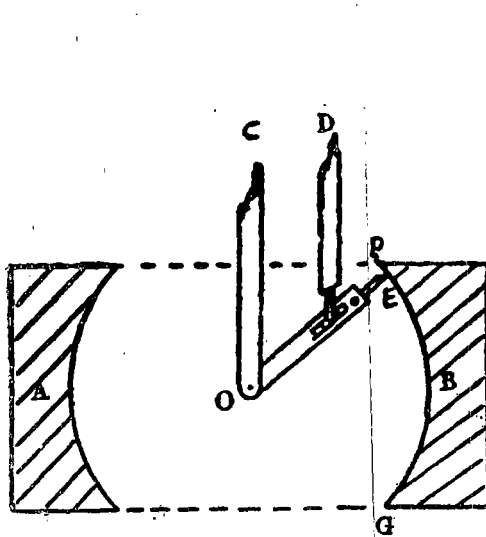


图 8 球形瓦加工法示意图

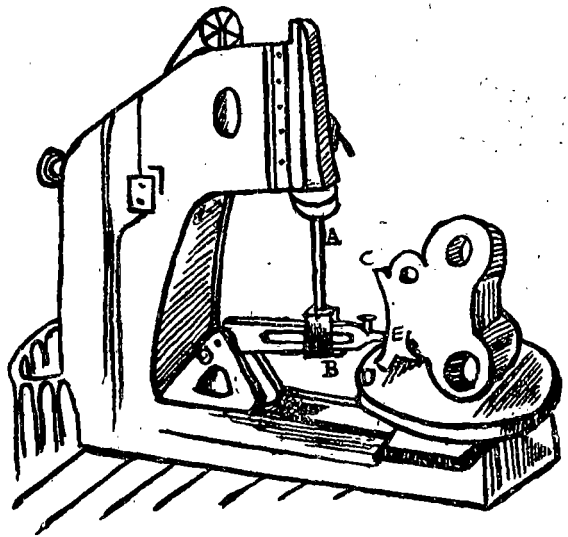


图 9 汽缸插圆弧装置

上述例子有些是由于加工物形状奇特,妨碍人们察觉出圆心或轴心,有些是由于加工物本身具有互相干扰的特点,扰乱人们对它的认识,因此,事先分析对象整体与部分的相互关系,对寻找圆心有很大的帮助。Л. И. 安茨费罗夫^[6]曾指出:在解决创造任务中,对象的弱成分或弱属性常被对象的其他成分掩蔽,因此,在解决过程中必须揭露对象的内容,并要依次相继的合乎逻辑的分析对象的内容,抽出其中主要的、本质的关系。例如上述的摇驹,由于它的形状本身存在着相互干扰,强成分(弧)掩蔽着弱成分(圆心)。又例如上述的马蹄铁,由于它的中心孔 F(见图 7)与弧 CED 是同心圆,很容易引起人发生错觉,误认为弧 AB 与弧 CED 是同心。事实上就曾发生了这事例,在革新者以试误办法找到它的圆

心前,有一位工人就曾犯过上述的錯誤,直至試驗失敗才发觉二者不同心。又例如插汽缸圓弧裝置的例子,据革新者的回忆,只有当他把汽缸从臥放轉到立放后,他才模模糊糊的想出走圓弧的办法。为什么汽缸摆的位置被轉了一个 90 度后,使他在解决問題的道路上前进了一步?从心理学角度可以作这样解释:这位老师傅干插汽缸圓弧的工作已有七、八年,在他发明这个裝置以前,他一向都是把汽缸臥放在工作台面上(图 11),使插刀垂直往复运动,手轉工作台来加工 AB 弧,显然,在这种情况下弧面与插刀的关系在他的头脑里

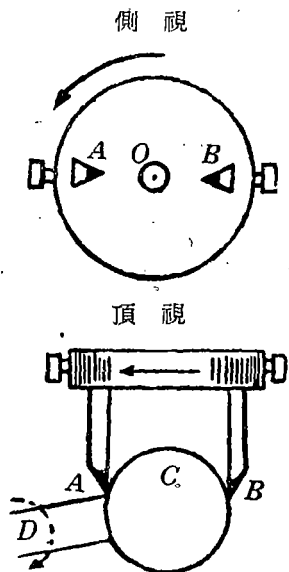


图 10 車圓球示意图

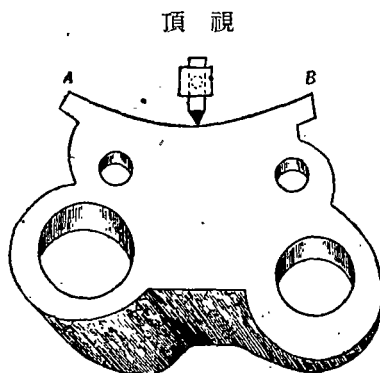


图 11 汽缸原来加工时頂视图

已产生了巩固的定型的习惯联系。这是不容易引起他产生更新的念头的,在思考过程中他曾想到过用立旋加工这个弧面,正是由于 AB 弧处在这样的位置,很容易引起他产生这样的联想,因为旋床机头是作圆周运动的。只有当他把汽缸轉了一个 90 度后(图 12), AB 弧与插刀两者产生了新的关系。由于外部情景改变,使他多年来对两者关系的习惯联想被打破,在他的头脑里产生了新的联想。由此可见,在思考过程中分析对象部分与整体的关系,从不同的角度去察觉加工物与加工工具的相互关系,对寻找解决問題的原則途径是显得何等重要。

除了上述的找圆心(軸心)的重要原則外,我們从工人的創造新工夹具的經驗中还初步看到了其他的原則,茲再举出,作为輔例:

寻找座标的原則:这类型的例子有下列几个:車削“退拔”(带梢)工件的装置(图 13)。刀柄 E 沿軌道 CD 移动,刀尖所指方向不变,移刀的力量沿 OX 軸作直綫运动,当刀在橫座标上移至 F 时,刀尖在縱座标上的位置是 G,繼續沿 OX 軸移动刀柄,由于軌道 CD 的限制,刀尖必然終于走成 AB 直綫。如 AB 代表切剖面,即工作物沿 HI 軸旋轉,結果就車成带梢状的工件(图 14)。又例如車削带梢的貨車大軸(图 15)的装置,是用齿輪和鍊条改变橫进刀的位置,齿輪的原动力来自溜扳箱縱进刀的移动,亦即縱进刀、橫进刀成一定的

比例关系。这种比例关系是通过车头轉数、絲槓轉数，成对的齒輪大小和鍊條的接法而确定的。

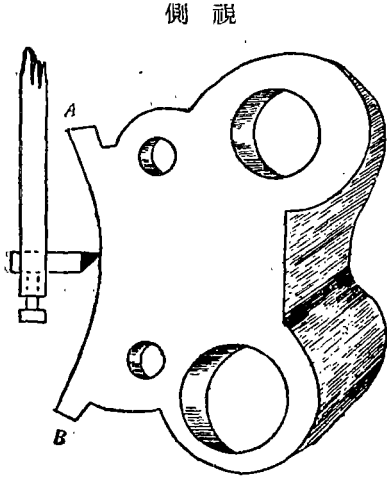


图 12 汽缸轉 90° 后的側視圖

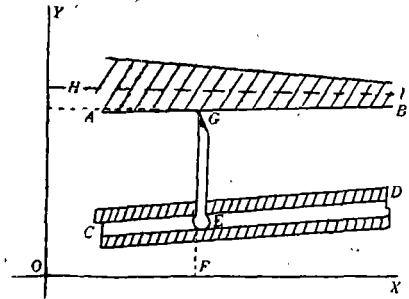


图 13 退拔加工軌道示意圖

改变运动方式的原则：例如旋制动缸方法的改变。原先是将工作物卡在車床卡盘上，以刀架上的刀切削它的內圆。由于制动缸又大又重，旋轉起来不免摆动，既不能保証質量，效率又低。后改制成一条軸，軸上安有刀盘，卡于卡盘与尾架之間，制动缸套在軸上并卡在刀架上。革新者只是改变了相对运动(从工作物轉动改为刀轉动)，就解决了質量与效率的問題。又如旋风車絲(槓)的例子，工作物卡在卡盘与尾架之間，照常旋轉，在刀架上另装一电动机带动一把刀尖向內的圓环形铣刀架，套在工作物上旋轉，这样，工作物及刀架均作切削运动的旋轉，大大提高了效率。

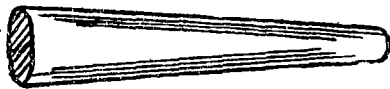


图 14 退拔工件示意圖



图 15 貨車大軸示意圖

原則的驗證和創造过程的分析

为了驗證上面列举的寻找圓心的原則，我們在长辛店机車車輛制造厂选择了一个久未获到解决的弹簧吊杆(图16)加工机械化問題。并企图通过这项工作对創造革新过程作具体的研究分析。

据了解，在全国铁路工厂系統中，至目前为止，弹簧吊杆弧面 A 主要是由鉗工用手鏟成的。这不仅效率低費体力，而且难保証質量，在历次技术革命运动中，工人們曾多次提出了以机械代替人工加工的要求。但由于沒有找到解决問題的适当途径，这个要求始終沒有实现。过去曾有位工人企图用靠模的办法(图17)，在鉋床上加工，鉋刀杆既沿 AB 軌道移动，同时又作前后进刀运动。这位革新者沒有考虑到，由于 AB 軌道弧度过小，軌道

两端形成了死角,钝刀不易移动。同时,更重要的是在这种情况下,刀尖的运动不能永远都指向着工作物弧面 A 的中心 OO' 轴(图 16),因此没有成功。失败的尝试并没有阻止工人们革新这个项目的要求。另一位革新者看到了上述车圆球的现场表演后,从中获到启发,想到车圆球的原理是否可以应用到弹簧吊杆加工机械化问题上。我们了解了工人们对于革新这个项目的要求,就选定了该项工作作为具体研究的对象。

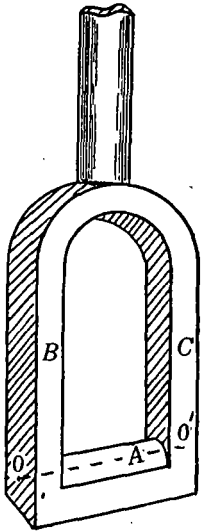


图 16 弹簧吊杆示意图

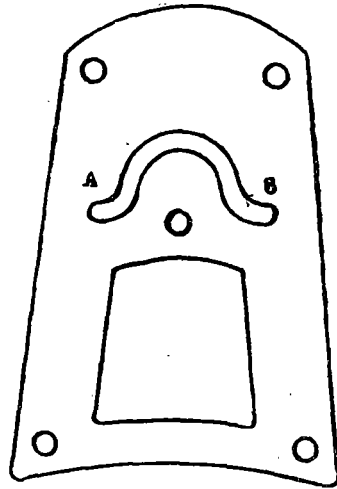


图 17 弹簧吊杆靠模示意图

首先我们访问了这位师傅,了解他怎样从车圆球方法获到启发。原来他是从这两件加工物的外形相似性获到启发的,认为弹簧吊杆加工的部分(图 16 弧面 A)与圆球有部分类似的地方,他把弧面 A 看作是圆球的一半,因而就联想到用车圆球的方法来加工弹簧吊杆的弧面 A 。但到底怎样把车圆球的原理具体应用到弹簧吊杆上去,当时他是弄不清楚的。这正如他自己所说的:“只是一种模模糊糊的想法”。就是只有了试作新工具的意念,但还没有摸到具体方法、途径。

我们根据加工物的特征进行分析,并作过多次的“思维实验”。例如曾想到用样板刀刮,用机械銼床来銼,以及用端头銼或臥銼来加工,后来都因不符合这一工作物的要求而作罢,最后我们认为这个问题的困难在于如何正确处理工具与工作物轴心的相互关系。加工物既是一个隐在 BC 两条臂之间的弧面(图 16),为了加工这个弧面,刀具就必须伸入 BC 的中间,而刀架又必须放在 BC 之外,同时又要使刀具以工作物弧心为圆心作 180 度弧线运动,而且刀尖又必须永远指向工作物弧面的中心(轴)。我们根据这些条件,制作了第一个模型(图 18)。在刀架 A 上安两刀柄 B 、 C ,刀尖成 90 度。刀架可作往复转动 90 度,每刀各铇 90 度,合为所需要的 180 度(图中虚线)。

我们把这个硬纸做成的模型作为原型进行启发。但在模型呈现前,为了进一步了解师傅们对解决这个问题的思考是否有所进展,又再度提出了一些问题:过去是否考虑过运用本车间插汽缸圆弧装置的原理来解决这个问题;在看过车削圆球的革新表演后,对弹簧吊杆的解决是否想到了具体的办法。查明了师傅们对解决这个问题仍旧没有新的观念后,我们把这个模型呈现出来,立即引起了师傅们明显的定向反射,把模型作“示意式”的圆弧切削

“表演”后,更引起了他们的兴趣,随即引起一连串的思惟活动,提出了一些改进的办法:为了使工作物便于装卸,刀架的一边最好有活动的装置;为了便于调整刀架轴心与加工物轴心合而为一,刀架上 OO' 两点穿以空心小轴,以便用划针定出加工物轴心位置等等意见。并进一步引起师傅们想到刀架与加工物二者如何被卡在刨床工作台面上那样具体的问题。因为刀架与工作物两者中必须有一个不动而另一个又必须能移动才能达到切削的目的。为了解决这个矛盾,其中一位师傅经一夜的思考后,放弃原先的想法(利用刨床作动力带动刀架)另想出新的方案:另作一套专用工具分别把工作物和刀架座夹着,以风动汽缸作动力拉动刀架转动。最后这个模型还引起了另一位受过技术理论训练的年青师傅作出更新的想法。过去他曾对这问题思考过,最初他也曾想过用靠模的办法来解决这问题,经过脑中“思惟的实验”证明这办法不能满足刀尖在运动的每一点上必须永远指向工作物轴心的要求,就放弃了这个想法。其后,又想到用牙条带动一个上面安上刀的半圆齿轮,牙条直线运动通过半圆齿轮变成圆周运动来切削加工物的办法。但由于这位年青师傅当时想得不够具体,正如他自己所说的:“当时仅只想了一下,并没有画出草图”。同时信心又不足,所以没有把这种想法提出来。他第一次见到这个模型后,脑子里的暂时联系立刻活跃起来,从前没有想得具体的或没有想到的,由于作为新刺激物的模型的呈现,就使他旧有的暂时联系不仅复现,而更重要的是在旧基础上产生了新的接通。看来,半圆齿轮怎样与工作物发生关系,半圆齿轮以什么作为支点才能作出圆弧运动等等问题,在他的脑子里先前是没有明晰的形象的。只在第一次看到了这个模型受到了启发后,他的创造观念才获到具体化。

我们根据这位年青师傅的想法,又作出了第二个模型(图19)。这个模型与第一个模

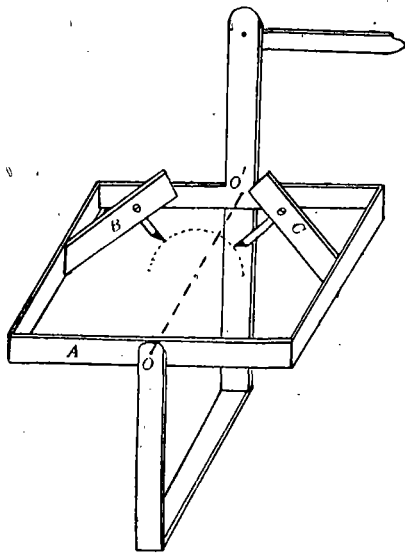


图 18 弹簧吊杆加工装置第一次模型

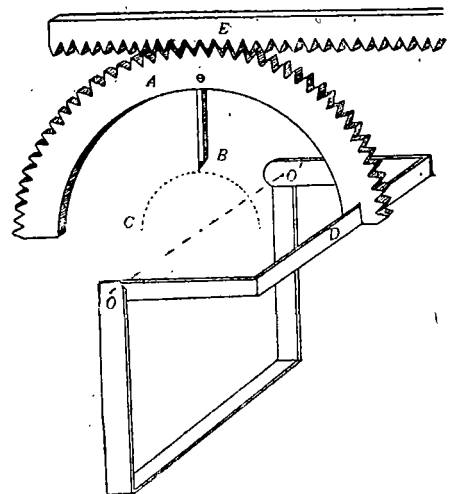


图 19 弹簧吊杆加工装置第二次模型

型最大的差别是以一个半圆齿轮 A 代替原来两把刀柄, 一把刀 B 代替了两把刀的切削运动。但工作物与刀具转动中心 OO' 的相互关系没有改变, 也就是说, 它同样满足了下面两点技术要求: 刀具必须能作 180 度的运动, 刀尖永远对着加工物 C 的轴心 OO' 。这个模型把这位年青师傅原先没有想得具体的地方具体化了, 即半圆齿轮借刀架 D 的支撑, 由牙条 E 的拉动, 就可以作圆弧切削运动。

我们把第二个模型作为原型, 再度呈现给师傅们看, 并又作了“示意式”的切削“表演”。和先前一样, 引起了师傅们提出了一些问题, 例如半圆齿轮要多厚多宽才能承受切削运动时所发生的抗力: 在这样狭小的空间内什么样的刀才合用等等, 最后, 关于制作这套装置的程序问题也被提出来。分析了这套装置最困难的部分, 先做刀架部分, 卡工作物的机构以及以什么作动力等问题, 以后再订。由于第二个模型比第一个有了很大的改进, 通往问题解决的途径比前更具体, 所以师傅们提出的问题也就愈深化, 就连有关材料力学那样的问题(如齿轮承受的抗力)也提出来了。

由此可见, 技术发明创造的过程, 就是人们对外界事物、现象的本质联系和关系逐步深入反映的过程, 也就是从感觉到思维的辩证的过渡。这正象 B. M. 基多罗夫^[7]所指出的: 创造过程绝不是突然发生的, 无准备的, 存在有某种不能解释的“质”的飞跃, 也不是什么“上帝的启发”, 相反, 这个过程正证明学者的思想不断的发展过程, 在整个过程中前后是有联系的。从我们研究的具体例子也说明了这点。师傅们在着手创造这个机构前, 曾对问题的解决有过一些想法, 就如我们自己制作第一个模型的过程, 也同样是经过许多次头脑里的“思维实验”的, 绝不是什么突然发生的, 无准备的。在创造者最初只有创造意念时, 也就是革新者对问题的解决没有找到适当原则、途径前, 革新者对工作物与准备创造的工具之间的关系只反映两者的外部特征的非本质的联系、关系(从车削圆球联想到弹簧吊杆的弧面 A)。当我们提出第一个模型后, 革新者虽然意识到问题解决的适当原则、途径, 开始意识到工作物与准备创造的工具之间的本质联系、关系, 但思考的过程远还没有深化, 这从他们提出的问题可以说明。他们对第一个模型提出的问题的性质, 大部分还只局限于感性的问题(如刀具与加工物定位的问题, 刀具与工作物如何安置的问题)。在第二个模型呈现时, 革新者提出的问题就不同了, 问题的性质是比较抽象而带有技术理论的问题(如半圆齿轮、及刀具承受抗力的问题)。这也就是说, 由于革新者对问题的思考愈来愈深入, 所以对事物的联系、关系, 也就反映得愈深刻。

形象和技术理论知识在技术创造过程中的作用

从上述的例子可以看出, 创造者在着手进行创造前, 如果头脑里没有明晰的创造形象, 则创造思维是难以发展的, 创造观念也不可能实现。H. Д. 里维托夫^[9]曾把空间表象的准确真切性看作是技术创造活动的重要条件之一, 并认为在意识中没有被创造的空间形象, 则所谓技术的想象和技术的思维是难以实现的。根据我们半年多来访问的材料及现场验证的结果, 也证明这点。某木器厂老师傅创造的双龙自动线脚机, 在机器创造出来前, 整个机器的轮廓、齿轮的形状、大小, 各部件的空间距离, 各零件彼此间的关系等等, 都完全清晰地呈现在创造者的头脑里。北京汽车制造厂的老师傅回忆他创造自动烘漆机时, 也有类似情况。机器制造出来以前, 整个机器的结构, 各部件的关系, 被烘物在机器中

移动的方向和速度等等,都清楚的意識到了。在弹簧吊杆加工机械化的例子中,更具体的看到形象在技术創造开始阶段的重要性。上述这位年青师傅,正是由于对整个机构的輪廓,它各部件的空間关系缺乏明晰具体的形象,因而妨碍了他的創造思惟的发展,另一位老师傅也由于对被創造物的形象沒有想象出来,因而感觉到所謂模模糊糊的想法。我們提出的第一个模型,引起了师傅們在头脑中获得一个明确的形象。由此,使这位师傅的創造思惟发展了一步,跳出原来所想的圈子,以风动汽缸拉动刀架的办法来解决加工物与刀架摆放位置的矛盾,同时使那位年青师傅的創造观念进一步的具体化了,又引导出第二个模型所依据的初步形象。

但必須指出,在技术創造进程中,形象在一定的条件下可以产生消极的效果。特別当創造的形象沒有結合技术理論进行分析、計算,甚至“思惟实验”的验证,就根据所想象的形象进行加工制作,則往往会导致无益的尝试或导致錯誤。例如前述的拱架柱铇弧刀架装置的例子。革新者根据了另一个現成的瓦垫铇弧的装置,制造了新的铇弧刀架。他所依据的是一个半径 2,000 毫米凸弧的靠模装置(图 20)。靠模装置 AB 的半径是 2,000 毫米,加工面的弧面 CD 半径应该是 2,000 减去刀长 EF (約 80 毫米)。但由于此弧面半径很大,半径略小一些(即 1,920 毫米)所铇成的弧面并未超出公差許可范围,所以这个加工凸弧面的靠模装置仍然可以使用。这位革新者受到了这个原型的启发,在脑子里就产生了一个明晰的形象。但由于他沒有进行技术理論的分析、計算工作,就进行制造。結果由于他所制造的凹弧面的

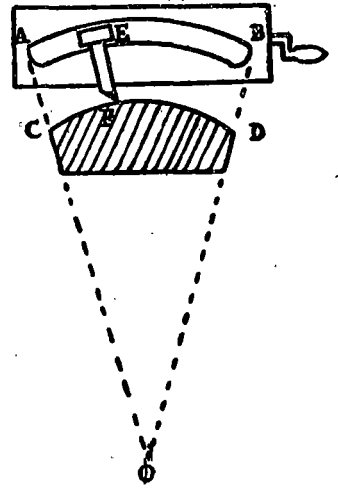


图 20 瓦垫的铇弧装置示意图

铇刀装置(见图 5)軌道半径 180 毫米,加上刀长 80 毫米,共 260 毫米。这样铇出弧面自然不合要求(半径 180 毫米)。实际上,这个装置軌道半径应为 180 毫米减去刀长 80 毫米(即 100 毫米)。直至做成之后才发现这个錯誤。另一个例子同样可以說明这問題。长辛店机車厂有一位革新者創造了一个組合車刀切削刀架,左右两边各装上两把刀,由于革新者把两边的刀刃都作同一方向,結果在进行切削时使用一边的两把刀沒有发生問題,但当使用另一边的两把刀就必须打反車,所用机床一打反車,卡头便自行脫落,所以不能进行切削。直至把两边刀具的刃口改为相反方向,两边才能先后作切削运动。刀具方向問題解决后,車出的活仍然不合乎技术要求,經過技术分析,这才发现所用的合金刀虽然硬度不小,但刃口不鋒利,后改用风鋼(高速鋼)刀,才彻底解决了这問題。又例如該厂工人发明的插汽缸圓弧装置的例子,創造者由于原型的启发对創造物的形象产生了一个較为完整的輪廓,在試制过程中发现刀杆 OE (见图 9)作上下移动所走出的圓弧軌迹沒有达到汽缸 CED 弧的范围,不能进行切削。后經過技术理論分析、計算,在 OE 橫杆中按上一块滑块,才解决了这問題。

在我們所进行的現場实验中,同样看到了形象的局限作用。由于我們提出的模型很具体,在一定程度上阻碍了工人們的思考活动。例如有的师傅看到这模型后,提出这样的問題:刀架底座是否必須要做成圓形?另一位师傅提出,支撐刀架的架座是否一定要这

样?等等(其实这些部分我们是随便剪成的)。

因此,在創造过程中,对創造的形象必須結合技术理論进行分析、計算,有时甚至要进行头脑里“思惟的實驗”,圍繞加工物的特点、要求,提出种种問題进行反复思考,然后动手制作,这样就可以避免形象的消极作用。我国許多工厂搞技术革命都采用了“三結合”的形式,从心理学的角度来分析,这是很有科学根据的。一般而論,工人們由于具有丰富的实际經驗,同时有許多老工人往往又是多面手,这就使得他們具备了想象創造形象的良好条件。在他們的头脑中具有大量的动觉的、視觉的、听觉的技术表象,这些技术表象在新的情景下就有可能产生新的形象。但对技术理論的知識就往往不如工程技术人員;在正确領導之下,二者相結合,这就使得技术革命創造过程大大縮短。正如一位发明剃齿机的老工人所說的:工人做出实物模型,启发了技术員画出設計草图,技术員創出了設計草图,又启发工人們的思考,互相启发,最后把剃齿机制造出来了。

原 型 啓 发

我們去年曾对原型启发問題进行了試探性的研究,結果指出用示意草图和語文作启发工具,都曾收到一定的效果。我們在本項研究中又运用了硬紙装成的立体模型进行启发,也产生了积极的效果,促进了技术革新的实现。但經過半年多以来的訪問、調查,我們发现,革新者利用原型来創造形象,解决技术矛盾的問題,情况是极其复杂的。根据現有的材料分析,发明家、革新者所利用的原型絕不仅限于某种机器或自然界某个事物的简单外形。很多的情况是利用机器运动的状态,或人的操作的性質、速度而获到启发的。例如上述插汽缸圓弧装置的发明,发明者所利用的原型却是他本人插床上一个零件的运动状态。从外表观察,这个零件的形状和他所創造的插圓弧装置毫无类似之点,只是这个零件的运动状态和这个装置的运动状态有点类似。事实上这位老师傅确实是在偶然观察到这个零件的运动状态而获到启发的。又例如另一位老师傅发明研磨滑閘的机器,据他的回忆,开始时是联想到利用曲轴运动的状态来創造这个机器。經過头脑中的“思惟实验”,証明利用这办法不能达到技术的要求,于是又联想起多年前看到过的一部帶有六把鉋刀装置的特殊鉋床的运动状态而获到启发。

另一些革新者利用人的操作特征而創造出新机器,例如长辛店机車厂自动氧气切割机 and 减压閘涨圈研磨机的发明,前者是利用了人手操作的稳定状态,后者是模拟了发明者本人手工操作的速度才把問題作彻底的解决。由此可見,原型所包括的范围是多种多样的,物体的运动状态,操作者本人操作的特征等等,都可作为原型,而不仅限于外界事物的简单形象。

原型在什么样的条件下才会引起积极的效果,我們对这問題有过成功的經驗,也有过失败的經驗。一般而言,如果革新者对某个革新对象曾作过种种嘗試,思考过一番,在这样的条件下提出原型,会引起革新者的定向作用,引起积极的思考。上述弹簧吊杆加工机械化的例子,可以說明这点:由于革新者对問題的解决有需要,曾进行过多次的思考,所以当我們呈現出第一个模型时,就立即引起他們的兴趣,引起了他們积极的思考,提出許多問題和想法。相反,我們在另外情景中曾提出过扁弹簧加工胎具化及半自动車削螺絲装置的两項建議,原型提示却沒有引起积极的效果。虽然我們对工人們提出过加工胎具

的示意草图及半自动車削螺絲裝置草图，但都沒有引起他們的定向作用。失敗的原因之一，是師傅們對這問題原先沒有作過思考。我們在实际工作中所遇到的情况，与列昂节夫^[3]的實驗結果大致是相符的。他曾提出，在下述的两种条件下提示才会起积极作用：即被試者对任务的解决曾运用了許多种不适当的方法；被試者对解决任务的兴趣仍未消失。

討 論

1. 我們运用了訪問、現場观察及現場試驗的方法，研究了机械加工中技术革新的創造过程，所获得的材料，对于了解和促进技术性創造思维可能有所助益。关于其中加工物形状特征如何影响着技术革新者的形象知觉、图形辨認，以至于新工夾具的創造；所获得原則的进一步的驗證和原型启发深入的研究等問題，除繼續采用訪問、观察总结經驗及現場驗證外，还应在控制比較严格的實驗室条件下进行研究。

2. 前述的許多实际例子，絕大部分是与几何学有关的，我們認為，如果革新者具有一些几何学的知識，并能运用这些知識，这将使問題的解决有帮助。例如上述創造加工馬蹄鉄胎具的例子，如果革新者运用几何作图的方法，首先找出它的加工弧面的圓心，則問題的解决就不需經過試誤的阶段了。大家知道，机械加工的任务是通过工作母机来改变加工对象的形状，而几何学正是研究物体形状变化規律的科学。因此，在几何教学中，特别是在技工学校的几何教学中，应更多的联系机械加工方面的某些实际事例，提前或重点进行教学，这对培养年青技术工人們的創造思维，将会起到一定的作用。

3. 提示启发形式与效果問題，在已往工作中我們曾运用了模式图，实物图作为启发工具，也采用过語文启发。在本研究中我們又采用了立体模型作为启发工具。但到底那种提示方式最生效果，最能引起思维积极活动。初步認為当被創造的对象在构造上比較复杂，运动的时空关系不易清楚的想象出来时，采用立体模型作为启发工具，比用示意图或語文会有較大的效果。因为立体模型容易使人得到一个明晰的空間形象；根据这个形象进行思考，会使得思维活动具有指向性与选择性。有关原型启发的問題是技术創造活动极复杂的問題，尚有待进一步的研究。

4. 在我們的訪問材料中，看到有些革新者是以画大样(創造物的真实尺寸)来思考創造对象的結構，有些則以示意草图进行思考，有些則用工程图、工程技术上的符号进行思考。这种差异除了与革新者的文化程度与技术理論水平及創造对象不同有关外，是否也与革新者的思维类型有关，这也是值得研究的問題。

結 論

1. 我們根据許多技术革新者，合理化建議者的发明創造的經驗及現場观察，初步总结出有关机械加工中創制工夾具的原則、途径。这些原則、途径虽然沒有全部加以驗證，但可以認為，如果把这些原則再度运用到生产实际中去，对促进技术革新将会起一定的作用。

2. 通过原則驗證的具体实例，我們观察了創造活动的整个过程。在这过程中明显的看到了革新者对創造物与加工物两者的联系、关系的認識，是由外部的、非本質的特征过渡到本質特征的認識。創造过程也就是革新者对事物关系、联系認識深化的过程。

3. 我們在本項研究中曾在不同情景下运用了原型启发的原則, 結果表明: 只有当革新者对革新对象进行过思考, 大脑皮質中存在着这些旧联系时, 运用原型才起到明显的积极效果, 我們在实际工作中所得到的結果又是与列昂节夫的实验研究結果相符合的。

参 考 文 献

- [1] 心理学报, 1959年, 第1期, 36頁。
- [2] 同上, 1959年, 第2期, 109頁。
- [3] 苏联心理学会議上的报告, 1953年, 5—10頁。
- [4] П. М. Якобсон, Процесс творческой работы изобретателя, 1934, 74頁。
- [5] 心理学报, 1958年, 第3期, 10頁。
- [6] Вопросы Психологии, 1957年, 第3期 187頁。
- [7] 同上, 1957年, 第6期, 107頁。
- [8] 同上, 1958年, 第6期, 41頁。

(1959年10月15日收到)

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ТВОРЧЕСТВА НОВАТОРСТВ В ТЕХНИКЕ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

(Сектор психологии труда Института психологии АН КНР)

В данной статье описаны результаты работы по изучению процессов творческих мышлений в производстве новых средств путём обобщения опытов новаторов и естественных исследований на месте работы. Предварительно считали, что изыскание соответствующих положений, решающих задачу, изложение задачи в определенных категориях и типах способствуют к решению задачи. Исследования показали, что в процессах производства новых средств изыскание отношений между продуктами переработки и диаметрами (осями) средств является одним из важных положений для решения задачи. Это относится к геометрии. Поэтому повышение качества обучения геометрии в мастерских училищах способствует к развитию творческих мышлений у станочников.

В процессах творчества в условиях сравнительно сложной конструкции предметов и трудности воображения двигательных временно-пространственных отношений применение стереомоделей как средств указаний приводит к положительным результатам. Автор также остановился на вопросах о том, что формы продукт переработки вызывают восприятия новаторов, о указаниях прототипов и о типах мышлений и др. В процессах творческой деятельности новаторы сознают отношение между созданными ими средствами и переработанными ими предметами от несущественного познания в существенное. Только при определенных условиях указание прототипов даёт активный эффект.

A STUDY OF THE CREATIVE PROCESS OF TECHNICAL INNOVATION IN MACHINE WORK

(Division of Industrial Psychology, Institute of Psychology, Academic Sinica)

The process of creative thinking of innovators was studied by means of summarizing their experiences and controlled experiments in some machine shops. The results indicate that classification of the problems of innovation into appropriate categories may facilitate the process of problem solving. In the course of new tool construction, one of the most important principles for problem solving is to find out the relations between the centers (or axes) of parts and tools. The knowledge of geometry is necessary for the development of creative thinking for workers, this branch of science should be properly enforced in technical schools.

If the object of innovation is complex in structure and the relations between space and time in its operation is complicated, a solid model used as prototype is favorable for the worker's imagination. Authors also discussed the influence of the geometrical form of the parts upon the perception and thinking of the innovator, the function of prototype, types of creative thinking, etc. In the course of creative activity, the innovator's cognition of the relations between the object and the tool to be constructed become more and more complete as the creative work goes on. Only under certain conditions would prototype show its effective result.