

差速传动的配齿与应用

程守常 编著

岑军健 审订

2.41

国防工业出版社

内 容 简 介

本书介绍了外啮合差速传动的原理、分类、特点和各种实际应用。重点例举了差动切削机构的应用，对于可视为差速传动机构的一种变通应用的滑移齿轮机构和齿轮回曲降速机构，也作了扼要说明。

差速传动机构的配齿影响差速传动广泛应用。本书讨论了各种配齿方法，并提出了一种创新而实用的查表配齿法。应用这种方法，不仅简易方便，而且可以根据不同的要求得到最佳的配齿。用变位齿轮配齿时，牵涉到变位系数的计算。为减少读者困难，本书介绍了变位系数的简便计算方法。对于差速传动的派生机构——滑移齿轮机构的配齿方法，本书也作了详细介绍。

本书可供从事机床、机械设计和技术革新者，以及机床、机械专业院校的师生参考。

差速传动的配齿与应用

程 守 常 编著

岑 军 健 审订

责任编辑 李永亨

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张17³/₄ 413千字

1986年10月第一版 1986年10月第一次印刷 印数：0,001—4,220册

统一书号：15034·2977 定价：4.35元

目 录

常用符号的意义及单位	1
绪论	2
第一章 差速传动的原理	4
一、差速传动的种类	4
1. 第一类差速传动	4
2. 第二类差速传动	4
二、差速传动的派生机构与组合	4
1. 差速传动的派生机构	4
2. 差速传动的组合	5
第二章 差速传动的应用实例	6
一、应用第一类差速传动的差切机构	6
1. 径向差切机构	6
(1) 螺纹差切机构	6
(2) 凸轮差切机构	6
2. 轴向差切机构	9
(1) 螺纹差切机构	9
(2) 凸轮差切机构	14
3. 周向切削机构	14
(1) 行星传动差切机构	14
(2) 曲柄传动差切机构	14
4. 多向差切机构	16
(1) 串联差切机构	16
(2) 并联差切机构	16
二、应用第二类差速传动的差切机构	16
三、应用差速传动的非切削机构	17
1. 绕线机构	17
2. 搅拌机构	17
3. 计量示值机构	18
4. 差动分度机构	18
5. 间歇操纵机构	18
四、变通应用差速传动的机构	19
1. 齿轮回曲降速机构	19
2. 滑移齿轮变速机构	19
第三章 差动机构的配齿	20
一、差动机构配齿的要求和基本内容	20
二、差动机构用标准齿轮配齿	20
1. 标准齿轮配齿的依据和方法	20
2. 算法配齿的缺点和标准齿轮配齿表	23

3. 标准齿轮配齿的局限性	24
三、差动机构用一般齿轮配齿	25
1. 一般齿轮配齿的依据和方法	25
2. 算法配齿的缺点和一般齿轮配齿表	27
四、查表配齿算例	28
第四章 变位齿轮变位系数的简化计算	264
一、简便公式	264
1. 影响 ξ 的因素	264
2. 简便公式简介	264
二、计算实例	265
第五章 滑移齿轮机构的查表配齿	269
一、滑移齿轮机构的配齿要求	269
二、滑移齿轮机构用标准齿轮配齿	272
1. 同模数同齿数和法	272
2. 不同模数不同齿数和法	272
三、滑移齿轮机构用一般齿轮配齿	277
参考文献	279

常用符号的意义及单位

I、II、III: I 为动力输入轴, III 为套在 II 轴上的空心轴 (见图 1)。

A 、 A' : Z_x 与 Z_c 、 Z'_x 与 Z'_c 的标准中心距 (mm)。

$A_{\text{装}}$: 差动齿轮组的安装中心距 (mm)。

$A_{\text{小}}$ 、 $A_{\text{大}}$: 数值小、大的 A 或 A' (mm)。

C : II (Z_c)、III (Z'_c) 相差一转时, II (Z_c) 的转数。

C_{max} : 最大的 C 。

f_0 : 齿顶高系数。

i 、 i' : 转速比, 指 Z_c/Z_x 、 Z'_c/Z'_x 。

l : 走刀总行程, 圆柱凸轮的 $l = t$ (mm)。

m 、 m' : Z_x 、 Z_c 、 Z'_x 、 Z'_c 的标准模数 (mm)。

$m_{\text{小}}$ 、 $m_{\text{大}}$: $A_{\text{小}}$ 、 $A_{\text{大}}$ 上齿轮的模数 (mm)。

m_p : 模数比, 指 m'/m 。

n_I 、 n_{II} 、 n_{III} : I、II、III 轴的转速 (r/min)。

S : 转差率, 指 $|n_I - n_{III}|/n_I$ 、 $Z_{j\text{差}}/Z_x Z_c$ 、 $1/C$ 。

S_{min} : 最小的 S 。

S_0 : 进刀量 (mm/r)。

t : 丝杠或圆柱凸轮螺旋线导程 (mm)。

v : 切削速度或齿轮节圆线速 (m/min)。

Z_x 、 Z_c 、 Z'_x 、 Z'_c : 差动机构的主、从动齿轮及齿数, 合称差动齿轮组。

Z_{Σ} : 差动齿轮组的总齿数。

$Z_{\Sigma\text{min}}$: 最小的 Z_{Σ} 。

Z_1 、 Z_2 、 $Z_{\text{中}}$ 、 $Z_{\text{行}}$: 小齿轮、大齿轮、中心齿轮、行星齿轮的齿数。

Z_h : 一对齿轮副的齿数和, 按情况指 $Z_x + Z_c$ 或 $Z'_x + Z'_c$ 。

$Z_{h\text{差}}$: 两齿轮副齿数和之差。

Z_p : 齿和比, 指 $(Z_x + Z_c)/(Z'_x + Z'_c)$ 。

$Z_{j\text{差}}$: 齿积差, 指 $|Z_x Z'_c - Z'_x Z_c|$ 。

α_0 、 α : 标准压力角、啮合角 ($^\circ$)。

ΔA : 指 $|A - A'|$ (mm)。

δA : 指 $|A_{\text{装}} - A'|$ 或 $|A_{\text{装}} - A|$ (mm)。

η : 机构效率或滑动系数。

λ : 中心距分离系数。

ξ : 变位系数。

ξ_c 、 $\xi_{c\text{限}}$: 总变位系数、 ξ_c 的限值。

ξ_1 、 ξ_2 、 $\xi_{1\text{限}}$ 、 $\xi_{2\text{限}}$: Z_1 、 Z_2 的 ξ , ξ_1 、 ξ_2 的限值。

绪 论

图1是一种定轴式差速传动机构。如果传动组中的 $i \neq i'$ ，则当轴 I 主动旋转时，II、III 两轴转向相同而转速不等。适当分配传动组中各齿轮的齿数（简称配齿），可以在 n_1 很大的情况下得到转差率 s 各不相同的差速传动。定轴轮系圆柱齿轮外啮合差速传动（下简称差速传动或差动机构）是一种比较简单的差速传动。因此得到广泛应用，并日益受到重视。

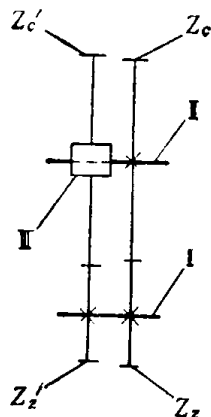


图1 差速传动简图

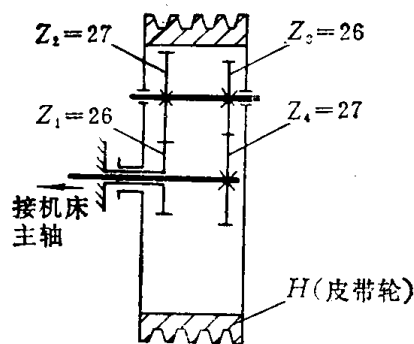


图2 行星减速皮带轮示意图

由于这种差速机构具有上述特点，因而正适合金属切削机构的要求，即同时得到大的 v 和各种相对于 v 要小得多的 s_0 ，以满足高速切削刀具快慢进退或停止的需要。众所周知，为使金属切削机构达到这一要求，而且要求操作方便或自动控制时，金属切削机构一般都是由带、链、齿轮与齿轮、齿轮与齿条、螺旋副、蜗轮副等各种传动机构组合而成的；有的还要用伞齿轮改变传动方向；有的还专备快速电机组成另一条传动链作快进或快退。这样，就很难兼具大速比、高效率、结构紧凑、易于加工和便于维修等优点。所以有的用上了行星齿轮传动。行星传动虽有体积小、结构紧凑等优点，但设计计算、制造装配都比较麻烦，而且大速比和高效率往往难以兼得。象图2这样的行星减速皮带轮，当 $i = 13.82$ 时， $\eta < 50\%$ 。如果在传动链中用上述差动机构，就可以较好地兼备或基本上兼备上述诸条件，而且组合变换较多，可以满足不同工作条件的需要。其中用得较多的是螺纹差速传动切削

● 这是 $2K-H$ 正号机构，其转化机构的速比和效率分别为

$$i_{AB}^H = (-1)^2 \frac{27 \times 27}{26 \times 26} = 1.078$$

$$\eta^H = \eta_1 \eta_2 = 0.95 \times 0.95 = 0.903$$

式中 η_1 、 η_2 ——两齿轮副的啮合传动效率。

行星机构的速比和效率分别为

$$i_{H4}^A = i_{AB}^A = \frac{i_{AB}^H}{i_{AB}^H - 1} = \frac{1.078}{1.078 - 1} = 13.82$$

$$\eta_{H4}^A = \eta_{AB}^A = \frac{i_{AB}^H - 1}{i_{AB}^H - \eta^H} = \frac{1.078 - 1}{1.078 - 0.903} = 0.446$$

如为负号机构，则情况相反， η 可高，而 i 不大〔1〕。

上述计算，最好结合有关图表进行，否则易错。

● 单级行星传动 $i = 2.8 \sim 12.5$ ，单级少齿差行星传动 $i = 10 \sim 160$ ，而此类传动的 S 可以达到数千分之一。当然，差动机构中的 S 与变速机构中的 i 是两个不同的概念，但不少需用 i 大的场合，若用 $C (= 1/S)$ 代替 i （在计算中， S_C 与 S 成正比）将会显得非常优越，详见下文图7a与图7b、图13与图14的对比说明。

机构和凸轮差速传动切削机构。前者能以一种输入转速得到多种进给速度，进刀行程 l 可较大，多用于轴向切削机构；后者便于安排进给的快慢或停止，但 l 较小，宜用作径向切削机构。因此，本书以用得较广的差动金属切削机构（简称差切机构）为主进行介绍。

应该指出，差切机构也有其固有的局限性。当配齿已定时，一组差动齿轮（四件）一般只能得到 $1 \sim 3$ 档、最多不超过 5 档 S ，即只能得到 $1 \sim 3$ 最多不超过 5 组 v 与 S 。不能像通用机床那样在大范围内适应多种切削用量的需要。当然，也可以用差速传动的派生机构与组合来获得较多的 v 和 S 。（见第一章第二节），但一般说来，不能像通用机床那样设置一大套变速机构，否则将会因机构庞杂而失去其优点。因此，差切机构通常只用作各种半自动、全自动专用金属切削机床或对运动有类似要求的其他机械。

差速传动除可用于差切机构外，还可应用于某些少或无切削加工机床及大量的非切削工作机械；再就是比较图 1、图 23 及图 24 可以发现，用得十分普遍的滑移齿轮变速机构与差动机构有很多共同点而且可以互相变换，所以可以把它看作是差速传动的变通应用。总之，差速传动具有一系列独特的优点，应用非常广泛，而且尚可开拓延伸。为使读者掌握差速传动的特点和应用方法本书将分类介绍一些各具特点的成熟的应用实例及应用设想。因为机械是根据不同工作情况来设计的，为简便起见，所举的实例均未列出具体的参数（原有数据，有些因配齿欠佳而不尽合理），读者掌握了本书的配齿方法，不难选定合理的参数。

差速传动的优越性虽一再为实践所证实并日益为人们所重视，但如何按切削用量所需之 S （对差切机构来说）或转速图规定的各种 i （对滑移齿轮机构来说）及所需的结构尺寸等情况，对传动组合理配齿却一直停留在试算凑合阶段，既费时又易错，更难迅速摆出多种方案供比较优选，因而影响最佳设计，使其应用范围和优点受到限制。例如常见的差切机构均为 $Z_{h\pm} = 0$ 或 1（等于 1 的，简称一齿差），常见的滑移齿轮机构的齿轮副均为同模数 m 同齿数和 Z_h 。 $Z_{h\pm} = 0$ 或 1 的差切机构会因受到齿轮齿数的限制而使 S 值较大而可供选取的范围较窄，难以满足不同工况的需要。因此，有的差切机构仍需另设机构减速，整机简化不多；有的为取得小 S 而增加轮齿，使机构笨重庞大；有的因取不到小 S 而无法采用优越的凸轮差切机构。而一齿差还由于采用 $\Delta A = 0.5m$ 而未用变位齿轮致使传动噪音大、轮齿磨损快，传动质量降低。模数齿数和相同的滑移齿轮机构常因受到种种条件的限制而使结构设计不够合理和难于满足变速要求。由此可见，用试算法配齿往往限制了这种具有独特优点的差速传动的应用和推广。因此，本书把配齿作为重点按差速传动的上述两种应用方式分开讲解。由于差切机构应用较广，故以差切机构的配齿为重点作详尽介绍，并举例使读者熟悉掌握。至于滑移齿轮机构的配齿，因其传动原理、配齿表的制造根据均与差切机构相同，仅是配齿表的形式因使用目的不同，而在差切机构配齿表的基础上作了进一步的归纳整理，因而查找方法也稍有不同罢了，故在第五章中讲解较为简要。

为使配齿能适应更广的范围，配齿时往往要用到变位齿轮。变位齿轮的优越性为人所共知，但变位系数的确定较为麻烦。为了提高计算效率，本书综合有关资料总结出一套有足够精度的简便计算公式，并附有一些计算实例供读者试用，以便比较完整地解决差速传动的配齿问题。

本书有一小部分资料取自机械期刊，因已与原作不尽相同，注明出处，恐反贬美，故从略，编著者请求谅解并表示感谢。

第一章 差速传动的原理

采用差速传动时, 通常要求在取得 v 的同时有不同的 s 可资利用。因此, 可按 s 的情况分类讨论差速传动的原理。

一、差速传动的种类

1. 第一类差速传动

由
$$S = |n_1 - n_2| / n_1$$
 可得
$$S = |Z_z Z'_c - Z'_z Z_c| / Z_z Z'_c$$

结合图 1 可知:

当 $Z_c < Z'_c$ 、 $Z'_z < Z'_c$ 时, I、II 均减速。其中 $i > i'$ 时, $n_1 - n_2$ 即 $Z_z Z'_c - Z'_z Z_c$ 为负; 反之, $i < i'$ 时, $n_1 - n_2$ 即 $Z_z Z'_c - Z'_z Z_c$ 为正。两者效果一样[●], 都使 S 随 $Z_{j\pm}$ 的减小而减小并趋向于零, 即趋向于 $n_1 = n_2$ 。显然, $Z_{j\pm}$ 必为 1、2、3、……等正整数, 当 $Z_{j\pm} = 1$, $Z_z Z'_c$ 最大时, S 最小。

当 $Z_z > Z_c$ 、 $Z'_z > Z'_c$ 时, 也会出现上述情况。因 I、II 均加速, 一般不用, 但当受结构条件限制时也可采用。

这类差速传动的 S 均很小, 特称微差传动, 差切机构中用得最多。

2. 第二类差速传动

在图 1 中, 若 I、II 两轴有一根加速而另一根减速, 则 S 随 $Z_{j\pm}$ 的增大而增大, 可获得很大的 S (经中介惰轮使 I、II 转向相反的不属此类差速传动讨论范围)。此类差速传动在差切机构中常用于执行机构的快移和变向 (两类差速传动交替时)。

二、差速传动的派生机构与组合

1. 差速传动的派生机构

在绪论中已经提及, 配齿既定的差动齿轮组的 s 是一定的。但在不改变配齿的情况下, 利用相邻齿轮的联动或分离, 可使微差传动派生出两种很有用的差动特例。

(1) 高差传动

在图 1 中, 当 Z_z 与 Z_c 、 Z'_z 与 Z'_c 有一对啮合而另一对脱开时, 则 Z_c 、 Z'_c 就一个转而另一个停, 两者产生很高的、类似第二类那样的差速传动, 特称高差传动。显然, 一组差动齿轮组可以有两种 s 不等的高差传动。

(2) 零差传动

在图 1 中, 若将 Z_c 、 Z'_c 锁联, 由 Z_z 或 Z'_z 单独传动, 则 Z_c 、 Z'_c 一起转动, 即差速为零, 特称零差传动。此类传动可满足执行机构只转不进的需要。同样, 一组差动齿轮组可以有两种输出转速不等的零差传动。

至于如何达到上述目的, 可根据工作情况选用滑移齿轮、离合器与制动器、轮与插销等多种结构形式 (详见第二章)。

● 在螺旋或凸轮差切机构中, 应注意螺旋线旋向, 在此意义上, S 要分正负号。

2. 差速传动的组合

在图 1 中, 若在 I 与 II 或 I 与 III 上再加进一对齿轮 Z_2'' 、 Z_3'' , 则可使两类多种差速传动有更多的组合; 若使 I 也可变速, 则变化更多, 不但可满足多种切削用量、多种切削方式的需要, 还可使执行机构进退快慢或停止更加灵活自如。如何达到上述要求, 除在结构上要善于巧妙组合外, 关键在于配齿。由于要获得不同的 S , 配齿以后, 绝大多数差动齿轮组的 $Z_{h\pm} \neq 0$, 故当两齿轮副的 m 相同时, $\Delta A \neq 0$, 且随 i 与 i' 差值的增大而增大; 而正常的传动又要求 $\Delta A = 0$ 或限制在一个适当小的数值内。这个问题如何解决, 将在第三章作详尽阐述。

第二章 差速传动的应用实例

在结构设计合理的情况下，一组差动齿轮组已经能够满足金属切削中零差、微差、高差三种传动的需要，只有在必要时，才再加一齿轮副与原有的齿轮副组成第二类差速传动。故本章主要介绍应用第一类差速传动的差切机构，并按它与其他机构的结合方式分别叙述。

一、应用第一类差速传动的差切机构

1. 径向差切机构

(1) 螺纹差切机构

例1：图3为一种既能铣削箱孔端面，又能镗削箱孔内壁的切削机构。

当离合器结合、制动器脱开时，动力由I传经 Z_z 、 Z'_z ，使 Z_c 、 Z'_c 即Ⅲ、Ⅳ作微差传动。Ⅲ经刀盘使铣刀高速旋转切削箱孔端面；Ⅳ使轴端伞齿轮与随刀盘旋转的另一伞齿轮作微差传动。于是，丝杠使螺母（铣刀）径向微量进给。当离合器脱开、制动器制动时， Z'_c 、Ⅳ及轴端伞齿轮不转，另一伞齿轮仍转，两伞齿轮作高差传动，丝杠转得很快并使铣刀快速退回（镗孔情况见例17）。

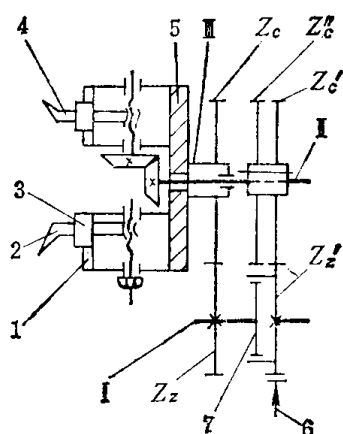


图3 例1机构示意图

1—滑道；2—镗刀；3—滑块；4—铣刀，
5—刀盘；6—制动器；7—离合器。

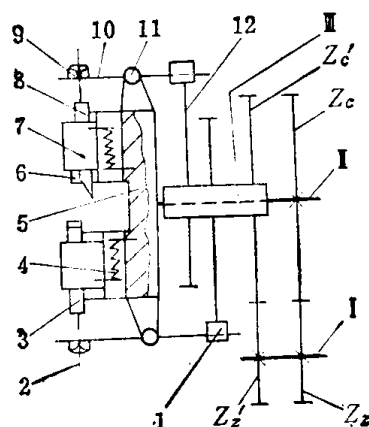


图4 例2机构示意图

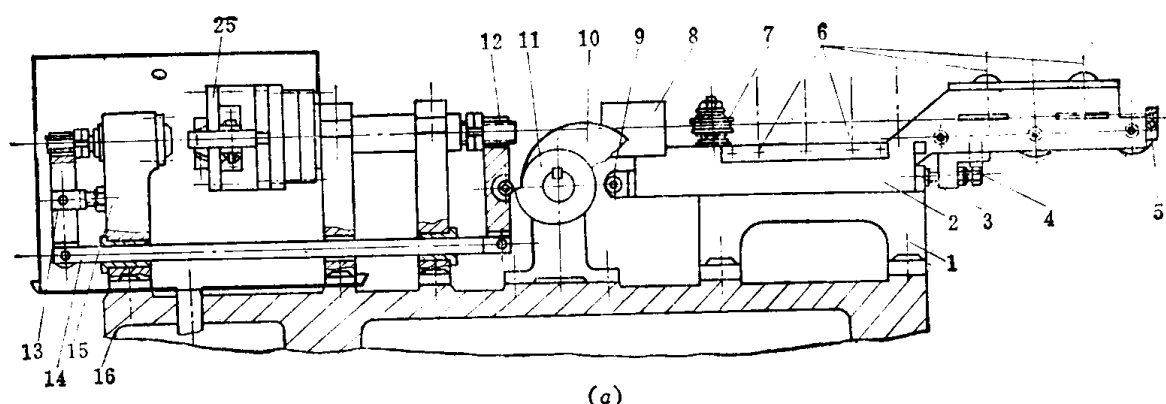
1—滚轮；2—螺钉；3—槽刀；4—弹簧及座；5—刀盘，
6—滑道；7—滑块；8—切刀；9—锁母；10—杠杆，
11—绞链座；12—凸轮。

(2) 凸轮差切机构

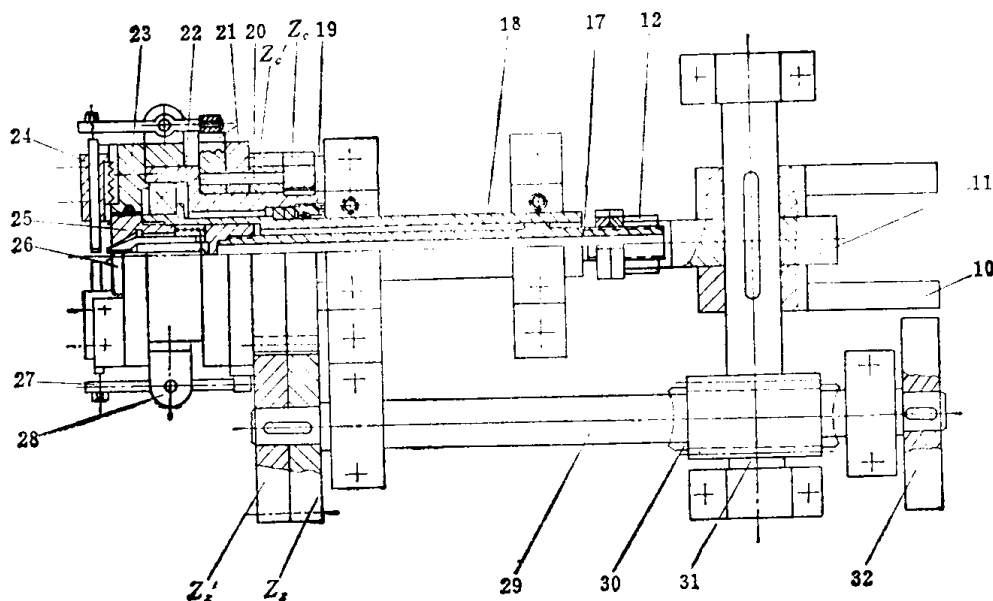
例2：图4为专用车槽切断机床切削部分示意图。动力由I传经 Z_z 、 Z'_z ，使 Z_c 、 Z'_c 即Ⅲ、Ⅳ作微差传动。Ⅲ经刀盘使两刀高速旋转切削的同时，使滚轮与装在Ⅲ上的凸轮作微差传动。于是，滚轮沿着凸轮外圆曲线徐徐滚动，经杠杆使两刀径向微量进给。刀具的形状及安装方式不同，可执行车槽、切断或铣削平面（像图3那样装刀）等不同功能。将凸轮曲线各段做成不同的升程，便可使刀具快进、工进、快退或停止，并可使两刀循序配合进行。

就进给比较，图4机构显然较图3机构简单、灵活，但走刀总行程 l 不及图3的大，且须求得较小的 S ，故可视情况选用。

图4机构的退刀是瞬时的，效率较高，且用途很广，现以图5结构分四部分作详细介绍。



(a)



(b)

图5 专用车槽切断机结构

1—滑架座；2—滑动架；3—定程块；4—调距螺钉；5—导向板；6—调节螺钉；7—校直轮；8—送料器；9—滚轮及芯轴；10—送料凸轮；11—夹紧凸轮；12—后夹紧杠杆；13—前夹紧杠杆；14—传力杆；15—前夹紧部分；16—床身；17—接杆；18—空心轴；19—螺盖；20—联销；21—凸轮；22—车头；23—刀盘；24—滑块；25—锥母；26—弹簧夹头；27—杠杆；28—绞链座；29—轴；30—蜗轮副；31—分配轴；32—皮带轮。

送料校直装置（见图5a）：该装置对料丝送进并校直。其主要零件均装在滑架座1燕尾导轨上的滑动架2上。向前送料是靠滑架座空腹中的拉簧实现，返回是靠送料凸轮10、滑动架2及前端面上的两个滚轮9完成的。滑动架2上装有常用的三球送料器8。送料时，送料器锥套内锥面压三球向里夹紧料丝。返回时，锥套后退使三球向外松夹。调距螺钉4可微调送料长度。分别用两平面轴承压紧的十个校直轮（五个平置、五个竖布），在滑动架2返回时校直料丝。其中各有三个固定、两个装在燕尾块上并用调节螺钉6调位。滑动架2尾部的导向板5，对料丝起导向和清洁作用。

如原材料不是成卷圆丝而是直棒或直管，则可将校直部分改成料斗，斗下设对滚式、夹钳式或重锤式等送料装置以自动送料。

控制部分（见图5b）：控制部分决定整机程序（送料、夹紧、切割、滑动架返回校直料丝、松夹）和工效。它可分作两部：后部为用平键装在分配轴31上的两送料凸轮10和一夹紧凸轮11，动力由双

槽皮带轮 32、蜗轮副 30 传来；前部车头 22 上空套两进刀凸轮 21、 Z'_2 （两者用联销 20 联锁）和用平键装着 Z_2 ，动力由皮带轮 32 经 Z'_2 和 Z_2 传来。

车头部分（见图 5b）：固联的车头 22 与刀盘 23 相当于图 4 的刀盘，四根联销 20 合起来相当于图 4 之Ⅲ。车头经一个 209 轴承和两个 100807 轴承，用刀盘 23 和螺盖 19 锁紧在空心轴 18 上不允许窜动。其进刀动作同图 4。

夹紧部分（见图 5a、b）：当夹紧凸轮 11 经滚轮推进后夹紧杠杆时，一方面经两调节螺母、接杆 17 推动与它相连的弹簧夹头 26；另一方面又经传力杆 14，使前夹紧杠杆 13 下端向前、上端向后推动前夹紧部分 15 内的弹簧夹头（内部构造与车头内夹紧机构相同），使两夹头同时受它们前面的锥母 25 的内锥面挤压而共同夹紧工件。夹紧凸轴 11 由最高点突然转到最低点时，两夹头被套在其上的弹簧弹回松夹。

这种高效机床借因配齿局限于一齿差而出现绪论中说的某些不足^①，故一直未见制锁厂以外的行业应用，且近年来已有被扭轴进刀机构〔2〕替代之势。实际上，只要配齿合理，一些缺点是可以克服的。它比扭轴进刀机构合理^②，凡线材、棒料、管件的车槽、切断、甚至薄壁管件的旋压成型^③，均可用由此机构组成的高效自动机床加工，极宜在轻工及五金机械行业使用。重工业中高频拉管焊接机前的飞锯机，也可用此机构，加以改进^④。

例 3：某液压阀有一小而长的孔，孔中要加工多个沉割槽，要在普通机床上单刀加工是很困难的，而用图 6 的专用机床就能比较顺利地解决。

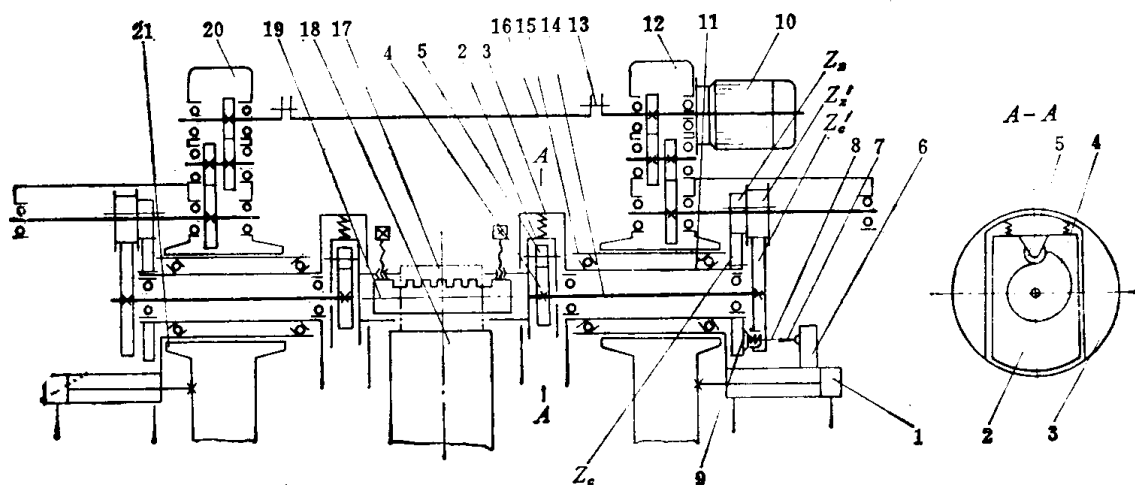


图 6 挖内沉割槽专用机床示意图

1—油缸；2—滑板；3—刀盘；4—凸轮；5—滚轮；6—行程开关；7—撞头；8—撞杆；9—撞块；10—电动机；11—空心主轴；12—主动动力头；13—万向接头；14—凸轮轴；15—滑套；16—同步轴；17—工件；18—鼓轮；19—刀具；20—被动力头；21—支架。

- 此处 l 只几毫米，若 l 大了，一齿差因 S 太大进刀太快，就难于和凸轮机构结合。
- 扭轴进刀，刀尖成圆弧运动，不能始终对正轴心，特别是当 l 大时更甚，不利于切削。
- 在切刀前，加装一对可自转的成形轮，即可旋压出葫芦状的黄油嘴等小件。
- 现有的飞锯机是采用一被管件切口顶着前进的大锯片，进行强力切断的。切口质量差，锯片易顶裂，火花飞溅，噪音很大。在文献〔1〕中有此机示意图，其原理相同，但结构更复杂。采用类似图 5 的车头机构，以工件管端碰行程开关来控制夹紧，在整机随管前进中两刀由外向内沿管周切穿管壁。断管掉下，开关复位，机构松夹并被弹簧拉回再进行下一循环，效果较好。

电动机 10 的动力由减速齿轮传经 Z_s 、 Z'_s ，使 Z_c 、 Z'_c 作微差传动。 Z_c 、 Z'_c 又分别经空心主轴 11、凸轮轴 14，使刀盘 3、凸轮 4 作微差传动。刀盘 3 用自身导槽，驱使滑板 2 连同用螺钉紧固在它上面的割槽刀 19 作高速旋转，并切削工件；凸轮 4 经滚轮 5，推动滑板 2 在刀盘 3 导槽内作径向微量进给。

当凸轮转一周完成进刀全行程即加工完一工件时， Z_c 、 Z'_c 刚好相差一转， Z'_c 导孔中的压杆 8 被 Z_c 上的撞块 9 压向后，撞头 7 碰行程开关 6 发讯延时 0.5~1 秒，电机停转。但转动惯性使压杆 8、撞块 9 错开，撞头 7 被弹复位并离开行程开关 6，刀具 19 也随滑板 2 被两弹簧弹回退出工件并为下次切槽作准备。

当切削浅、窄的一、二条小槽用一个动力头时，万向接头 13、同步轴 16 等件可不装。当切削深、宽多条大槽、两动力头成对同用时，应调整好同步轴 16，注意两凸轮 4 的位置相对应；两滑板 2 的移向应一致；两动力头的行程及转速也须相同。主动力头 12 上装刀具，被动力头 20 上装支承刀具的套或顶尖等机件。

此机床结构紧凑、刚性好、工效高，刀具易于制造、不易磨钝（与单刀相比）、钝后修磨方便。显然，要实现上述传动， s 须足够小（原介绍 $s = 1/210$ ），用“一齿差”传动是难于实现的。

2. 轴向差切机构

(1) 螺纹差切机构

A. 螺母轴移差切机构

例 4：当图 7 机构的离合器结合、丝杠主动旋转时，动力经 Z_s 、 Z_c 、 Z'_s 使螺母齿轮 Z'_c 与丝杠作微差传动，带动滑台、主轴箱及刀具轴向微量进给。当离合器脱开、丝杠停转，可启动快速电机经光杆、 Z'_s 使 Z'_c 与丝杠作高差传动，便可驱动执行机构快进或快退（这种设计，其实只要配齿合理，用一个电动机带动光杆就可完全达到同样的目的）。

为说明某些场合用 C 代替 i 的优越性，今用图 7 与图 8 相比较。

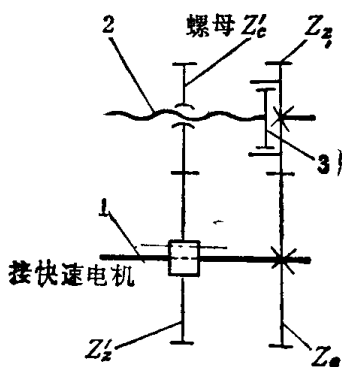


图 7 例 4 的机构示意图

1—光杆；2—丝杆；3—离合器。

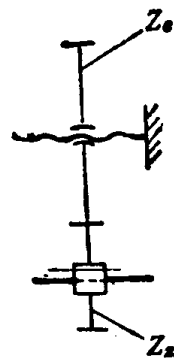


图 8 与图 7 比较的结构示意图

设图 7 机构的 Z_s 、 Z_c 、 Z'_s 、 Z'_c 的齿数，依次为 30、35、37、43，则由 C 的定义可知，

$$C = \frac{30 \times 43}{30 \times 43 - 37 \times 35} = -258$$

意即丝杠转 258 转时， Z'_c 转 259 转，带动执行机构轴移一螺距 t 。

令两图机构丝杠的 t 相同，则要达到同样效果，必须

$$Z_s = 20 \text{ (滑键齿轮不可能做得太小)}$$

$$Z_c = 20 i = 20 \times 258 = 5160$$

显然这是不现实的, 必须另置减速齿轮。由此可见, 在这种场合, 差速传动也有明显的优越性。

例 5: 如将图 7 的 Z_c 刻度并装上手轮, 便可作精密机床上的手动微量调刀机构。离合器结合, 手轮经差动齿轮组使拖板刀架微动; 离合器脱开, 手轮经光杆、 Z'_z 、 Z'_c 使拖板刀架快移。

例 6: 图 9 机构, 动力由 I 传经 Z_z 、 Z'_z 、 Z''_z 使 Z_c 与 Z'_c 作微差传动 (Z'_c 比 Z_c 稍慢); 与 Z''_c 作第二类差速传动 (Z''_c 比 Z_c 快得多)。当离合器左脱右合时, Z'_c 带执行机构向左慢 (工) 进; 当离合器左合右脱时, Z''_c 带执行机构向右快退, 达到在输入转向、转速均不变的情况下低速工进、高速快退的目的, 较图 7 机构灵便。

例 7: 图 10 的倒顺动力头除能执行图 9 机构的功能外, 还能快速空进, 结构也更合理紧凑。

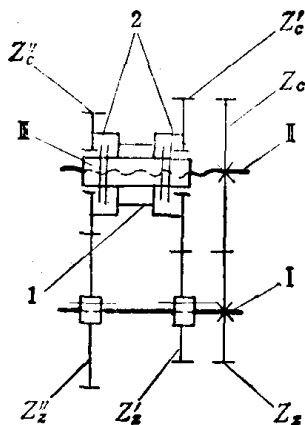


图 9 例 6 机构示意图

1—中间座; 2—电磁离合器。

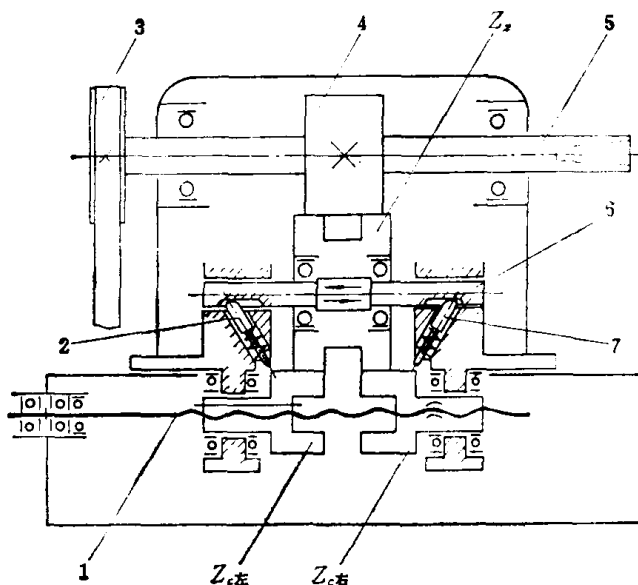


图 10 倒顺进给动力头示意图

1—丝杠; 2—左插销; 3—皮带轮; 4—主轴齿轮;
5—主轴; 6—凸轮轴; 7—右插销。

手柄处于“中”位 (图示位置): 动力由皮带轮、主轴、主轴齿轮传经双联齿轮 Z_s 使滑键齿轮 $Z_{c左}$ 、螺母齿轮 $Z_{c右}$ (正螺纹) 作微差传动 (同向正转, $Z_{c右}$ 比 $Z_{c左}$ 稍快), $Z_{c右}$ 带着拖板连同紧固其上的动力头低速右进。

手柄处于“后”位: Z_s 及凸轮轴左移, Z_s 、 $Z_{c左}$ 脱开, 右凸轮 (轴上弧面) 由低到高压右插销入 $Z_{c右}$ 齿槽销住, $Z_{c左}$ 仍转, 与 $Z_{c右}$ 形成高差传动。因丝杠不能轴移, $Z_{c右}$ 便拉拖板、动力头快速左退、直退至碰块碰到行程开关 (图上未画) 时电动机停转。

手柄处于“前”位: Z_s 及凸轮轴右移, Z_s 、 $Z_{c左}$ 脱开, 右凸轮使右插销弹出, 左凸轮压左插销入 $Z_{c左}$ 齿槽销住, $Z_{c右}$ 仍转, 与 $Z_{c左}$ 形成另一种 S 的高差传动。 $Z_{c右}$ 带着拖板、动力头快速右进, 直进至刀具快接触工件时再把手柄扳回“中”位, 恢复工进状态。

该动力头的优点之一是结合电器元件, 很易实现机床的半自动或全自动。

例 8: 图 11 的直、锥孔镗头的功能与图 9 机构类似, 但有独特巧妙之处。

镗锥孔: 动力由 Z_1 、 Z_2 花键轴传经 Z_z 、 Z'_z 使 Z_c 、 Z'_c 作微差传动 (一起正转、 Z'_c 比 Z_c 转得稍慢)。 Z_c 又经轴套、导键、主轴、平键使螺母与被 Z'_c 传动的正牙丝杠作微差传动。于是, 螺母便推与其同向同速转动的主轴沿轴套斜孔低速前进, 亦即形成刀具的旋转和斜进的复合运动, 在工件上镗出

锥角为 2α 的锥孔。用拨叉（图上未画）使 Z_z 、 Z_c 脱开，螺母停转，丝杠仍转，两者作高差传动。由于丝杠不能轴移，便拉螺母迅速后退，螺母又经它后面档圈使主轴、刀杆、刀具快速后退。

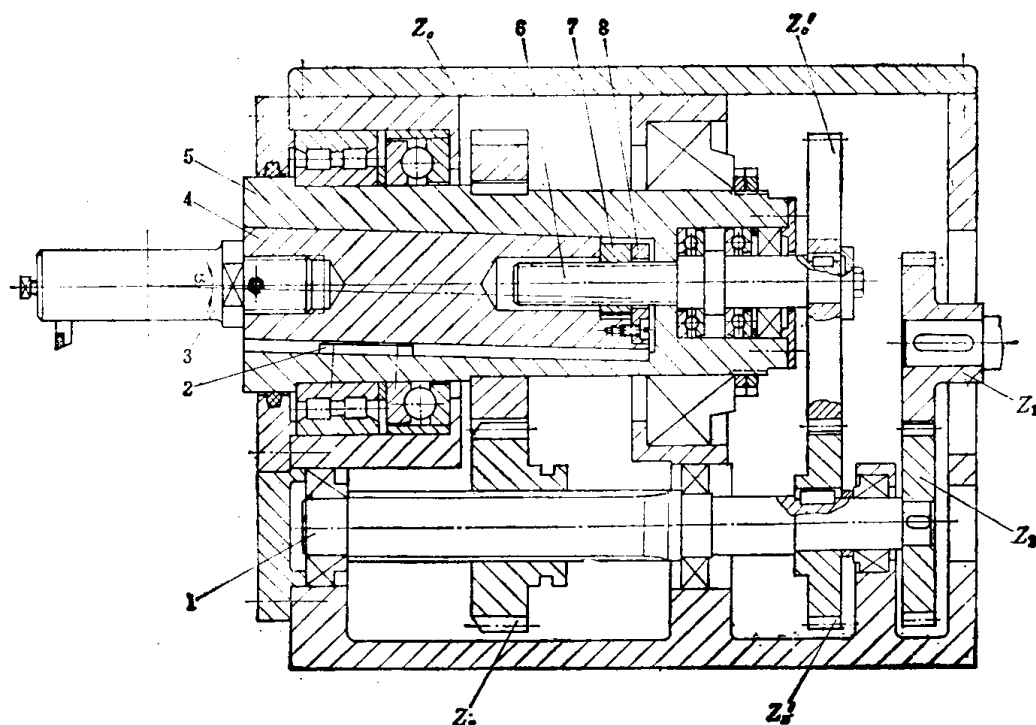


图11 直、锥孔镗头结构图

1—花键轴；2—导键；3—刀杆；4—主轴；5—轴套；6—正牙丝杠；7—螺母；8—档圈。

镗直孔：当档圈退至轴套孔底时（中间应加平面轴承），螺纹副间产生极大的摩擦力，迫使螺母连同主轴等零件一同随丝杠正转。这时，刀具只转不进，若镗头装在滑台上被其他动力驱动轴移，便可镗削直孔；若被驱使径进，则可切槽或刮削平面。停止滑台运行，拨 Z_z 、 Z_c 再度啮合，便又可镗削锥孔，方便灵活。

若为提高工效，可将 Z_z' 做成与 Z_z 一样可以滑移。这样，便可脱开 Z_z' 、 Z_c' ，啮合 Z_z 、 Z_c ，使单独转动的螺母与停止转动的丝杠作另一种S的高差传动，刀具便可快速空进。

此镗头的优点是镗孔精度高，光洁度可达 $\nabla 6$ 以上；和滑台结合，可在同一轴线上镗出直、锥孔来；退刀时刀具不转，不会在已加工面上划出螺旋线。

B. 丝杠轴移差切机构

例9：在图12中，轴主动正转时，超越离合器A结合而B打滑， Z_z 、 Z_z' 使螺母齿轮 Z_c 与滑键齿轮 Z_c' 即正牙丝杠作微差传动（ Z_c' 比 Z_c 转得稍慢），使 Z_c 不能轴移而驱使丝杠低速左进（前端可直接装刀或活联其他执行机构）。轴主动反转时，B结合而A打滑， Z_z' 、 Z_c' 、丝杠均不转， Z_c 单独正转与丝杠作高差传动拉丝杠快速右退。退刀时刀具不转，不会在已加工面上划出螺旋线。

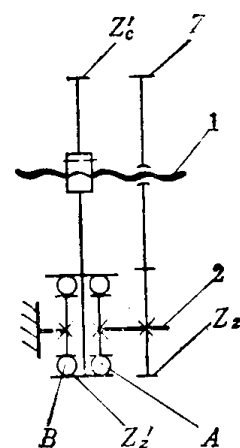


图12 例9机构示意图

1—丝杠；2—轴。

例10：图13的机构是一种可以装在滚齿机上用飞刀加工不同模数蜗轮的切向进给装置。其结构

简单, 调整方便, 齿面接触率较好, 可切出 $\nabla 6$ 、6级精度的蜗轮。如用整体飞刀(刀、杆一体), 则其优越性更明显^①。

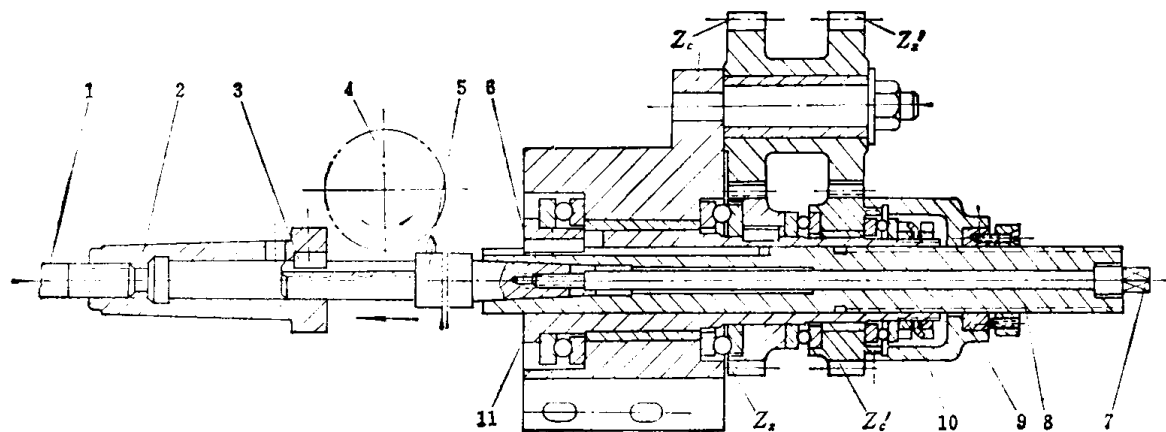


图13 飞刀切向进给装置结构图

1—螺钉; 2—锥套; 3—导键 1; 4—工件; 5—飞刀及刀杆;
6—导键 2; 7—拉杆; 8—螺套; 9—螺母; 10—盖套; 11—外套。

用螺钉拧紧在主轴锥孔内的锥套, 通过导键 1 将动力传经飞刀刀杆。飞刀在高速旋转切削的同时, 将运动传给被拉杆拉紧在它外锥面上的螺套, 螺套又经导键 2、外套、平键、差动齿轮组、盖套与螺母作微差传动, 从而使刀杆微量轴向进给。

该装置的 $S_0 = 0.0024 \text{ mm/r}$, $S = 1/2500$, 一齿差显然难以实现。

例11: 图 14 是一种装在被修理的机床上并借助原机床动力进行箱孔镗铰刮平面的专用装置。它能在输入转速转向都不变的情况下使刀具转动切削外, 还能依次得到三种不同的进给速度。

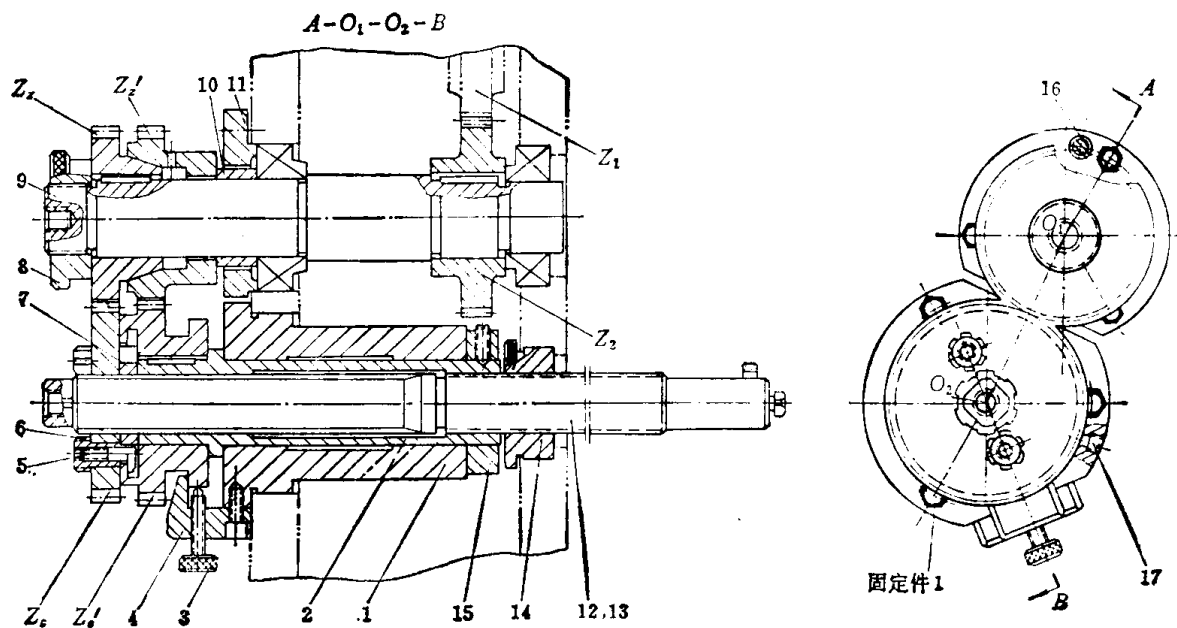


图14 镗、铰孔括平面装置结构

1—外套; 2—螺母套; 3—滚花螺钉; 4—防松挡块; 5—钩形螺钉; 6—梅花螺母; 7—防转垫圈;
8—滚花螺母; 9—轴; 10—隔套; 11—盖; 12—镗杆; 13—铰刀杆; 14—导向套; 15—锁紧螺
母; 16—紧定螺钉(调轴承间隙用); 17—平定端紧定螺钉(堵注油孔)。

● 整体飞刀有很多优点, 尤宜加工螺旋角大的多头蜗轮。要制造螺旋角 $>12^\circ$ 、A级精度以上的多头蜗轮滚刀, 专业厂也不容易。整体飞刀的有关设计资料, 详见文献[3]。

镗孔：拧紧滚花螺母 8 使 Z_2 、 Z'_2 靠 1:3 锥面锁联。动力由 Z_1 、 Z_2 及轴 9 传经 Z_2 、 Z'_2 使处于脱开状态的 Z_2 、 Z'_2 作微差传动（滚花螺钉 3 在松开状态）。 Z_2 、 Z'_2 又分别经花键、平键使镗杆 12 与螺母套 2 作微差传动，镗杆 12 比螺母 2 转得稍快而低速工进。

括平面：镗孔到某一轴向位置（此瞬间加工表面为一 $t = S_0$ 的螺旋表面），拧松滚花螺母 8，使 Z_2 、 Z'_2 脱开，拧紧两梅花螺母 6（滚花螺钉 3 仍松开）经两钩形螺钉 5 锁联 Z_2 、 Z'_2 （防转垫圈 7 上有两叉口将钩形螺钉卡住不动）。此时， Z'_2 不起作用， Z_2 使 Z_2 、 Z'_2 作零差传动，镗杆 12、螺母套 2 同速旋转，镗刀只转不进刮削孔的端面。

铰孔：使 Z_2 、 Z'_2 、 Z_2 、 Z'_2 都脱开，拧紧滚花螺钉 3 锁死 Z'_2 ， Z_2 、 Z'_2 作高差传动，螺母套 2 不转，铰刀杆 13 单独转动以比镗削快得多的速度进给。

该装置因用于维修，求结构简单而不追求工效：操作多为手动；无径向进刀机构；退刀必须改变输入转向。若欲做成专用机床，可参照以上有关实例的原理改进：变手动操作为机动，增设径进机构，加装 Z''_2 、 Z''_2 ，让 Z''_2 经离合器使螺母套 2 比镗杆 12 或铰刀杆 13 快得多，便可不改变输入转向快速退刀（并紧螺母 15、外套 1 之间应设减摩件）。

在工作要求近似的情况下，差速传动的结构和效率较行星传动优越。现特举功能与图 14 轴进机

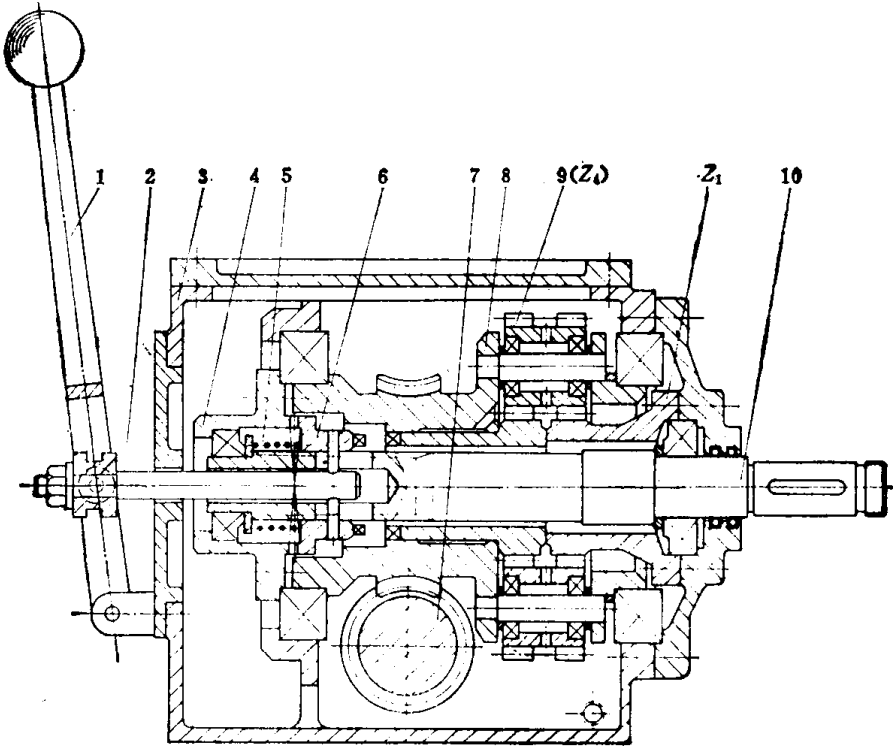


图15 双速行星进给机构结构图

1—操纵手柄；2—拉杆；3—机壳；4—爪形齿盘；5—弹簧；6—爪形离合器；
7—蜗轮副；8—行星架；9—行星轮系；10—输出轴； Z_1 、 Z_4 —中心轮。

构等类似的图 15——双速行星进给机构比较鉴别。图 14 机构的传动路线如下：

当双向爪形离合器 6 在弹簧作用下与中心齿轮 Z_4 结合时，传动路线为涡轮副 7 —— 星轮架 8 —— 行星轮系 9 (Z_4) —— 离合器 6 —— 轴 10 低速输出。

操纵手柄 1 使拉杆 2 左移，离合器 6 与爪形齿盘 4（与星轮架 8 固连）结合时，传动路线为涡轮副 7 —— 星轮架 8（爪形齿盘 4）—— 离合器 6 —— 轴 10 高速输出。

此机构采用行星传动、涡轮传动，无非是为获得低 s_0 ，这与图 14 等轴进机构目的无异，不过图 15