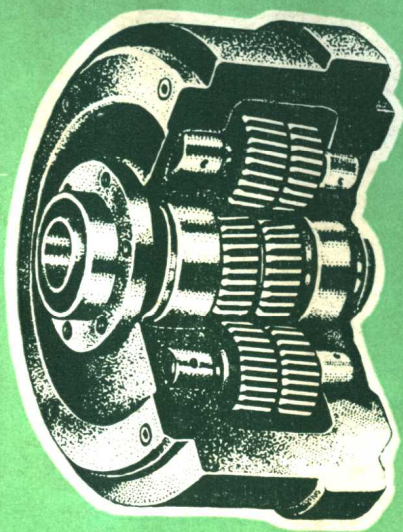




周福尧

齿轮差速器 及差动调速技术

河北人民出版社

齿轮差速器及差动调速技术

周 福 尧

河 北 人 民 出 版 社

一九八一年·石家庄

齿轮差速器及差动调速技术

河北人民出版社出版 (石家庄市北马路19号)

河北新华印刷一厂印刷 河北省新华书店发行

787×1092毫米 1/32 37/8 印张 78,000字 印数: 1—2,100 1981年9月第1版
1981年9月第1次印刷 统一书号: 15086·156 定价: 0.35元

序 言

差动调速技术是常见几种调速方法之一。它具有设备装机容量少、投资少、调速精确、差速器本身也能自动调速等特点。

目前差动调速技术已广泛应用在冶金、机床、起重运输、纺织印染等工业系统，并在生产中发挥了巨大作用。

“差速器”是差动调速之核心设备，它具有重量轻、体积小、速比大、效率高、容易制造等特点；它能减速，能增速，也能差动调速。

采用差速器，传动装置可用交流电动机代替直流电动机进行各种类型调速，有时还可以比直流调速更巧妙地解决各种复杂的调速难题。

我多年来从事差动调速和差速器设计、研究工作，曾对差速器之效率、扭矩分配、功率分配等进行了研究测定，并结合测定数据推导了一些必需之计算公式，进而对差动调速理论进行了探讨。在小型工业试验基础上又设计了一些大功率差速器设备、大型差动调速工业生产自动线，已经投产，并取得了良好效果。特别在改造现有生产工艺设备时更突出体现出差动调速技术之优点。根据试验研究和设计实践，并参阅有关资料，编写了这本小册子。书中介绍了差速器基本知识，差速器设计与计算实例，差动调速工作原理、应用实例、设

计计算注意要点等。可供冶金、机床、起重运输、纺织印染等工业系统从事工艺、设备的研究、设计和生产人员参考。也可供冶金、纺织印染等方面的高等院校师生参考。

周福尧

一九八一年三月

主 要 符 号

A ——太阳轮（同轴线齿轮）

B ——太阳轮（齿圈，同轴线齿轮）

E ——行星轮

F ——行星轮

C ——外壳支架（行星架）

Z_A ——太阳轮 A 齿数

Z_B ——太阳轮（齿圈） B 齿数

Z_E ——行星轮 E 齿数

Z_F ——行星轮 F 齿数

V_A ——太阳轮 A 之速度

V_B ——太阳轮（齿圈） B 之速度

V_C ——外壳（行星架） C 之速度

v_A —— A 相对 C 之速度

v_B —— B 相对 C 之速度

S ——差速器之调速范围

i_{AB} —— C 固定时 A 与 B 之速比

这个速比很重要。 i_{AB} 为正值是外齿差速器，其值大于 1 时为减速，其值小于 1 时为增速；

i_{AB} 为负值是内齿差速器

i_{CB} —— A 固定时 C 与 B 之速比

i_{AC} —— B 固定时 A 与 C 之速比

M_A —— A 之扭矩

M_B —— B 之扭矩

M_C —— C 之扭矩

η_{AB} —— C 固定时，功率由 A 流向 B 时效率

η_{BA} —— C 固定时，功率由 B 流向 A 时效率

η_{CB} —— A 固定时，功率由 C 流向 B 时效率

U ——行星轮组数

n_A ——太阳轮 A 之转速

n_B ——太阳轮（齿圈） B 之转速

n_C ——外壳（行星架） C 之转速

目 录

主要符号

第一章 差速器基本知识	(1)
一、概述	(1)
二、速比计算	(13)
三、功率流动方向	(15)
四、扭矩分配	(18)
五、效率计算	(22)
第二章 差速器设计与计算	(29)
一、差速器齿轮装配机构与负荷分配	(29)
二、差速器之合理速比	(36)
三、齿轮齿数	(40)
四、调速范围及速比计算	(43)
五、差速时参数分配	(44)
六、产生飞车原因与防止措施	(47)
七、外齿差速器轴承选择	(48)
八、齿轮材料与热处理	(49)
九、润滑	(50)
第三章 差动调速技术之应用	(51)
一、差动调速原理	(51)
二、在冶金工业上应用	(54)

三、在加工机床上应用	(100)
四、在起重运输设备上应用	(105)
五、在纺织印染工业上应用	(109)
参考文献	(116)

第一章 差速器基本知识

一、概述

(一) 调速技术发展简史

机械设备之传动装置实际上包括机械传动和电力传动两个内容。由于机械传动技术的发展远比电力传动为早，因此最初变速、调速是用机械方法解决的，即用交流电动机和变速齿轮箱，换挡变速。可是用变速箱不能在带负荷运转时变速。这种方式不能满足现代化连续生产之工艺要求。

后来出现了直流电动机调速。这种调速方式可以在机械设备带负荷运转时进行，所以满足了现代化连续生产之工艺要求，在生产上应用已有六十多年历史，但是这种直流调速，电气设备装机容量大，直流电动机及其供电设备、电控设备昂贵。

正因为直流调速还很不理想，所以从三十年代开始研究解决交流电动机调速问题。国内外学者想了很多办法，如：

1. 交流串级调速；
2. 饱和电抗器调速；
3. 电磁离合器调速；
4. 变频电源调速；
5. 整流子电动机调速；

6. 换极变速电动机调速。

这些办法各有其特点和适用范围，但总的看来，有的装机容量较大（交流串级调速），有的电能损耗大（饱和电抗器调速），有几种只适用于 100 千瓦容量以下的电动机，且不宜重复多次接电。因而都未能解决电气设备装机容量大、投资多的问题。

以上各种办法，仍然是从电力传动这一个侧面着手解决调速问题的，没有把电力传动和机械传动作为整体来研究一种更加合理的调速方式。

从六十年代开始，某些机械设备上采用一种新的交流调速方式——“差动调速”，它将机械调速和电力调速紧密地结合起来，将机电作为一个整体来考虑，机电配合，能比较合理地解决调速难题。这种方式，冲破了几十年来形成的只从电力传动单方面孤立地研究和解决调速难题的框框。它迅速得到推广，在很多设备上取代了一些传统调速方式，在生产实践中已显示出它的独特优点。

差动调速系统中除多一项差速器外，其他部分同普通电动机传动完全一样，都是通用电气设备。它的控制系统非常简单，用的电气设备不多。

所以差速器是差动调速系统中之核心设备。

（二）差速器之演变

差速器是从一般减速机演变而来。在开始设计减速机时，多是设计定轴轮系减速机，如图 1。其驱动轴上小齿轮 A，与中间轴上之大齿轮 E 啮合是第一级减速；而装在中间轴上的小齿轮 F 与从动轴上大齿轮 B 啮合是第二级减速。

有时为了满足传动装置位置之需要，也将驱动轴齿轮与从轴齿轮设计在同一轴线上。在图 1 基础上 A 轮不动，中间轴及 E 、 F 轮不动，只将从动轴和齿轮 B 移到与 A 轮同轴线位置，这种减速机也是两级减速，如图 2。

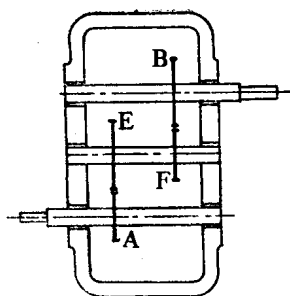


图 1

图 2 与图 1 示出的减速机在减速方面可以达到同样效果；可是我们将图 2 这种减速机的 A 轮固定，整个外壳 C 绕 A 、 B 轮之中心线旋转时， B 轮则按一定速比旋转。齿轮 E 、 F 不仅绕 A 、 B 轮公转，而且还自转，好象地球绕太阳旋转一样。我们称 E 、 F 轮为行星轮，称 A 、 B 轮为太阳轮。这种 A 轮、 B 轮及外壳 C 都能旋转的减速机叫做差速器。图 2 这种减速机称做外齿差速器。

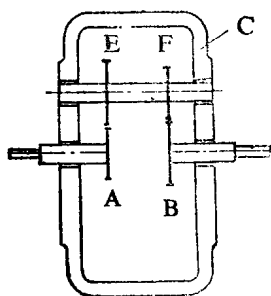


图 2

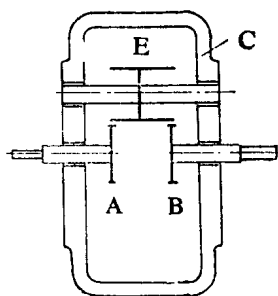


图 3

图2之行星轮E和F也可以设计为一个齿轮E(如图3)。这样行星轮E所在之中间轴同样装在外壳支架上并与同轴线齿轮(太阳轮A和B)同时啮合。如采用变位齿轮,可以有小速比,也可以进行差动调速。这一种也叫外齿差速器。

图3之圆柱齿轮也可以用圆锥齿轮代替(如图4)。行星轮E所在之中间轴装在外壳支架上并与同轴线齿轮(太阳轮A和B)同时啮合。当外壳C固定时,A轮旋转则B轮即旋转;当A轮固定时,外壳C旋转则B轮也旋转。同时驱动A和C,B轮从动,则可进行调速。这一种叫做圆锥齿轮差速器。

当然同轴线齿轮(太阳轮)A用圆柱齿轮、B用内齿圈,行星轮E所在之中间轴装在支架(行星架)C上并与A、B轮同时啮合(如图5)。当支架C固定时,A轮旋转则B轮即旋转;当A轮固定时,支架C旋转则B轮也旋转。

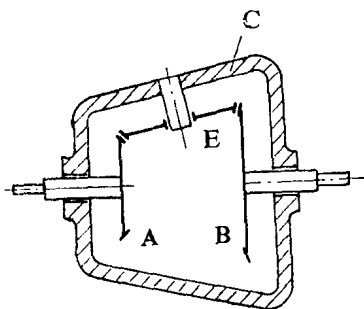


图 4

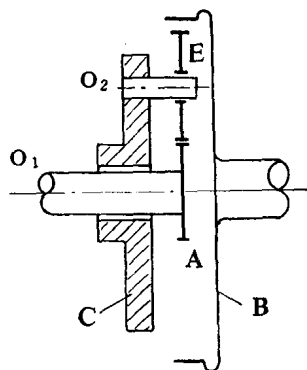


图 5

在实际使用时多用 A 、 B 作为驱动件，支架 C 为从动件进行调速。这是内齿差速器。

为了说明差速器概念，下面介绍一些术语。

定轴轮系：在传动时，如果轮系中各齿轮的几何轴线位置都是固定的，这种轮系称为定轴轮系（或普通轮系），如图 1。

周转圆轮系：在传动时，如果轮系中有一个或一些齿轮的轴线不固定，而是绕着其它定轴齿轮的轴线回转，转动齿轮的中心的运动轨迹是一个圆，这种轮系称为周转圆轮系。如图 5 所示，齿轮 A 和构件 C 同绕几何轴线 O_1 转动，而齿轮 E 一方面绕自身的几何轴线 O_2 转动，同时又随几何轴线 O_2 绕固定的几何轴线 O_1 回转，这时 E 轮的中心的运动轨迹是一个圆。

行星轮系：是一种结构形式，这种结构中，两个同轴线齿轮分别与几个装在中间轴（行星轮轴）上的相同的等距的齿轮（行星轮）相啮合，中间轴装在外壳（行星架） C 上，外壳（行星架）本身也旋转。当外壳（行星架）旋转时，装在其上的行星轮围绕着太阳轮做周转圆运动。如外壳（行星架）固定时，这个系统成为定轴轮系，就不能称为行星轮系了。

差速器：是所有三个基本构件都旋转的一种周转圆轮系，它的一个（或两个）基本构件为驱动件，另外两个（或一个）基本构件为从动件。如果基本构件 A 或 B 有一个基本构件固定，只有两个基本构件能旋转，这个系统称为行星减速（增速）机。

差速器可以归纳为三种类型，其传动简图如图 6 所示。

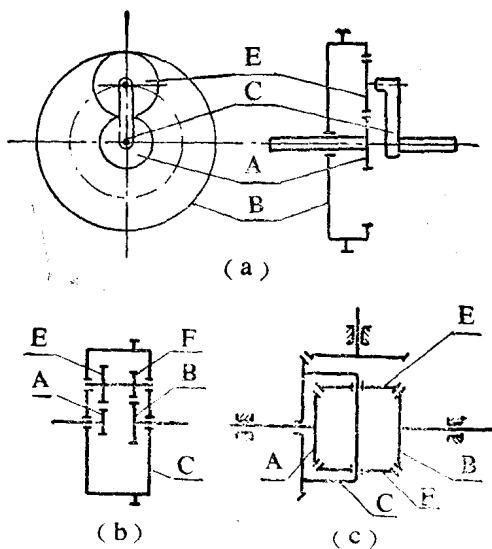


图 6

图 6 (a) 为内齿差速器，它是由太阳轮 A、行星轮 E、齿圈 B 和行星架 C 组成的。这种内齿差速器结构紧凑，重量轻，但机构较复杂，加工精度要求较高。适用于速比 $i_{AC} \approx 4$ 之差速器。在高功率、高速度差动调速时应用较好。

图 6 (b) 为外齿差速器，它是由太阳轮 A、B，行星轮 E、F 和外壳 C 组成的。这种外齿差速器机构简单，加工精度要求不很高，但体积较大，重量比内齿差速器稍重。它用于 $i_{AB} \approx 2$ 之差速器较好。关于速比的详细讨论见第二章。

国外差动调速多采用外齿差速器，目前已系列生产一千马力以下各种速比的外齿差速器。

图 6 (c) 为圆锥齿轮差速器，它是由太阳轮 A、B，行星

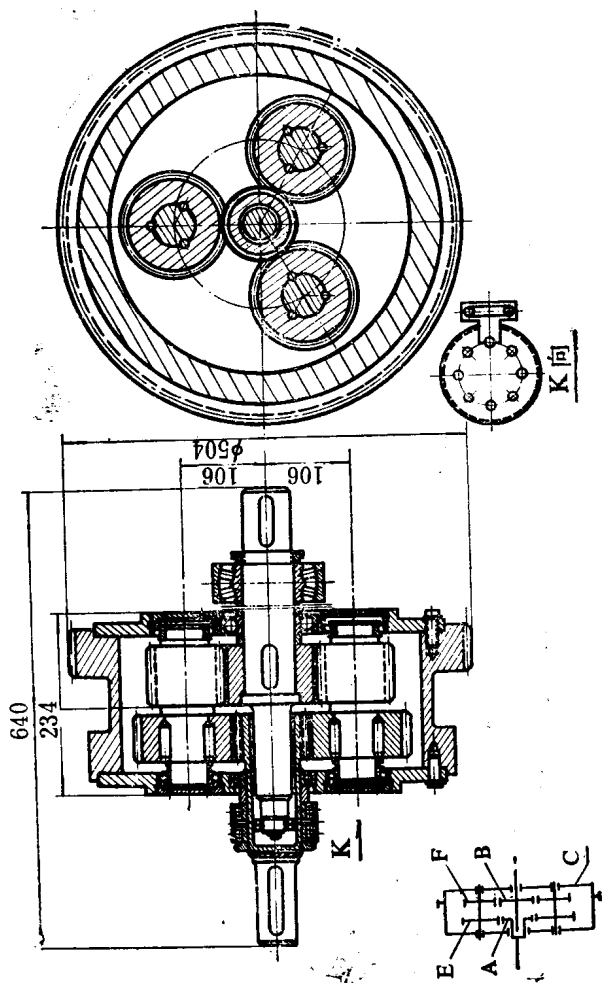


图 7

主电机 20 千瓦外齿差速器: $m = 3$, $Z_A = 26$, $Z_B = 43$, $Z_F = 43$, $Z_F = 26$, $i_{AB} = 2.735$,
 $i_{CB} = 1.58$, $i_{AC} = -1.735$; 齿倾角 $\beta = 12^\circ 28'$

轮 E 、 F 和行星架 C 组成的。这种差速器主要用于汽车后轴牙包。另外小功率差动调速用这种圆锥齿轮差速器较多。

图 7—13 为各种差速器装配图。

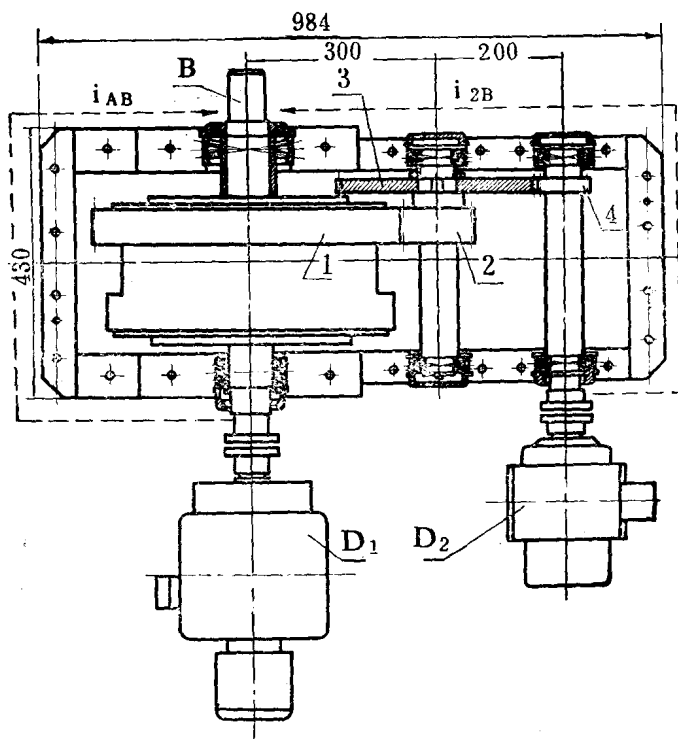


图 8

D_1 ——交流电动机, $N_1 = 20$ 千瓦、 $n_1 = 950$ 转/分;

D_2 ——直流电动机, $N_2 = 3$ 千瓦、 $n_2 = 1000$ 转/分;

$i_{AB} = 2.735$; $i_{CB} = 1.58$; $i_{AC} = -1.735$;

1——差速器外壳齿数 $Z = 166$;

2—— $Z = 34$; 3—— $Z = 77$; 4—— $Z = 22$;