

运输车辆的双流 传动

〔苏联〕K. Д. 沙班诺夫著



国防工业出版社

运 輸 車 輛 的 双 流 传 动

〔苏联〕K. Л. 沙班諾夫著

石 冰譯

修基安校



國防工業出版社

1965

內 容 簡 介

在双流传动中，功率由发动机传至车辆的主动元件(主动轮)系应用两条平行的传动流来实现，在两流中以不同的程度将所传递的功率变换，用两条平行的传动流传递功率可以得到更完善的传动。近年来，这类传动在轮式和履带式运输车辆上获得了日益广泛地应用。双流传动与有级变速箱（此处变速箱仅为传动流之一）组合应用，有可能提高传动（速度）的变化范围。

双流传动扩大了在运输车辆上应用液力机械和电力机械变速器的可能性。应用双流传动对于履带式车辆有着特殊的意义。与转向机构组合，双流传动可以降低履带式车辆转向时的功率消耗和提高它的机动性。

表示双流传动的数值，在本书中是以对任何双流传动所共同的参数来表示，也就是以在封闭环路中各传动构件间的传动比的乘积。如双流传动的研究结果指出，此参数的性质和数值基本上确定了双流传动的特性。

本书介绍了双流传动的理论，推导了双流传动的运动学以及设计双流传动时选择和计算所必需的计算公式和资料。

本书可供工程技术人员、设计师、科学工作者和高等学校的学生阅读。

ДВУХПОТОЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

〔苏联〕К. Д. Шабанов

МАШГИЗ 1962

*

运输车辆的双流传动

石 冰 译

佟 基 安 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

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

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 $4\frac{1}{8}$ 104 千字

1965 年 4 月第一版 1965 年 4 月第一次印刷 印数：0,001—1,600

统一书号：15034·822 定价：（科八-1）0.90 元

目 录

第一章 双流传动原理	5
双流传动的运动学	5
在传动输出端具有差速机构的双流传动	7
在传动输入端具有差速机构的双流传动	9
函数 i_m 随 i_k 的变化	11
功率平衡	14
在传动输出端具有差速机构的传动	14
在传动输入端具有差速机构的传动	16
研究函数 $\varphi_k = \frac{N_k}{N_\partial}$ 和 $\varphi_B = \frac{N_B}{N_\partial}$ 与 i_k 的关系	17
双流传动传动比范围与变速箱范围间的关系	24
在传动输出端具有差速机构的传动	25
在传动输入端装有差速机构的传动	27
双流传动的效率	31
在传动输出端具有差速机构的传动效率	32
在传动输入端具有差速机构的传动效率	39
求传动效率的规则	40
结论	53
第二章 对双功率流有级机械传动系统简图的评价	56
传动系统的传动范围比变速箱传动范围大的传动	56
确定系统简图 1-B 型传动的参数	60
啮合极点数目最少的 B 型传动可能的系统简图	60
传动系统的传动范围比变速箱传动范围小的传动	62
双流机械传动的一般结论	67
第三章 对双功率流液力机械传动系统简图的评价	69
液力机械传动概述	69
决定选择液力机械传动系统简图的条件	70
液力机械传动可能系统简图的图解研究	71
对液力机械传动系统简图的分析研究	83

无功率循环的液力机械传动	85
系统简图为 3-A 型的液力机械传动	92
系统简图为 1-1 型的液力机械传动	93
系统简图为 3-1 型的液力机械传动	98
具有使动液变矩器超载的循环功率的液力机械传动	102
具有使传动机械部分超载的循环功率的液力机械传动	115
液力机械传动应用示例	125
结 论	129
参考文献	132

第一章 双流传动原理

双流传动的运动学

图1表示的是双流传动系统简图的一般形式。在工作过程中，应用双流传动改变输入轴●和输出轴间传动比的必要条件是，在双流传动的输出端（图1a）或输入端（图1b）具有一个二自由度的差速机构。因为差速机构的构件是这样联接的：它的第一

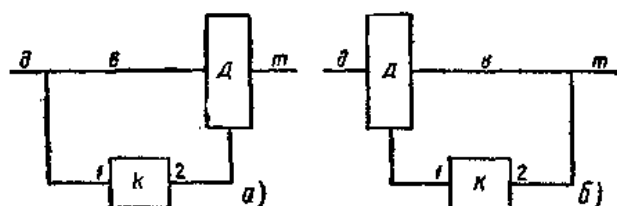


图1 双流传动系统简图：

a—在传动的输出端具有差速机构；

b—在传动的输入端具有差速机构。

в—输入轴；m—输出轴；к—变速箱；в—辅助系统；

Д—差速机构；1和2—变速箱的输入和输出元件。

构件与辅助系统的元件相联，第二构件与变速箱的元件相联，而第三构件在第一种情况下（图1a）与输出轴相联，在第二种情况下（图1b）与发动机轴相联，所以在变速箱接合排挡时，整个传动是具有一个自由度的系统。

在双流传动中，既可应用内或外啮合的简单行星机构，也可应用差速器；做为这种差速机构。图2a所示为差速机构系统图其中的一种。

● 为使文字通顺易懂和全文前后呼应，将 Вал источника 暂译为输入轴，Вал потребителя译为输出轴。——译者

在差速机构原理中，有一个表示太阳齿轮转速 (n_4)，框架转速 (n_5) 和齿圈转速 (n_6) 間运动学关系的一般方程式

$$(1 - i_{46})n_5 = n_4 - i_{46}n_6, \quad (1)$$

式中 i_{46} ——当框架停住不动 ($n_5 = 0$) 时，太阳齿轮和齿圈转速間的傳动比，該傳动比是差速机构的一个特点●。

$$i_{46} = \frac{n_4}{n_6} = -\frac{C_4 A_6}{A_4 C_6}。 \quad (2)$$

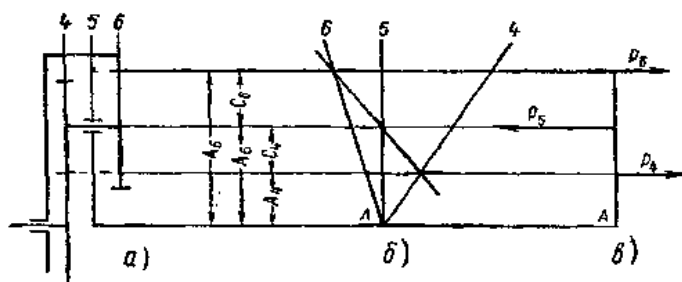


图2 行星机构简图(a)，当框架停住不动时，机构的速度图(b)，和啮合极点及行星輪軸上的作用力(c)；

A_4 , A_5 和 A_6 —太阳齿轮，齿圈和框架的半径； C_4 和 C_6 —行星輪的半径； P —啮合极点和行星輪軸上的作用力；数字4，5和6表示所屬行星排的符号。

在特殊情况下，如当齿圈完全制动时 (当 $n_6 = 0$ 时)，根据方程式 (1) 可得

$$\frac{n_4}{n_5} = i_{45} = 1 - i_{46}; \quad (3)$$

当 $n_4 = 0$ 时，将得

$$\frac{n_6}{n_5} = i_{65} = 1 - i_{64}; \quad (4)$$

啮合极点和行星輪軸上的作用力，可根据行星輪的平衡条件决定

$$P_4 C_4 = P_6 C_6 \text{ 或 } P_4 : P_6 = C_6 : C_4;$$

$$P_5 C_6 = P_4 (C_4 + C_6) \text{ 或 } P_5 : P_4 = (C_4 + C_6) : C_6;$$

● 此处Характеристика是指特性值 i_{46} 。因該值已知，則差速器的运动学特性就完全确定，故譯作特性值。——譯者

从而

$$P_5:P_4:P_6=(C_4+C_6):C_6:C_{40} \quad (5)$$

此外, 根据整个机构的平衡条件, 可得对轴 A 的力矩方程式:

$$\Sigma M = M_5 + M_4 + M_6 = 0$$

或

$$-P_5A_5 + P_4A_4 + P_6A_6 = 0. \quad (6)$$

将上式逐项以 $M_4 = P_4A_4$ 除, 得到

$$\frac{P_5A_5}{P_4A_4} = 1 + \frac{P_6A_6}{P_4A_4} = 1 + \frac{C_4A_6}{C_6A_4} = 1 - i_{46} = i_{450}$$

然而

$$\frac{P_5A_5}{P_4A_4} = -\frac{M_5}{M_4},$$

于是

$$\frac{M_5}{M_4} = -i_{450} \quad (7)$$

将式 (6) 逐项除以 $M_5 = -P_5A_5$ 和 $M_6 = P_6A_6$, 可得如下关系

$$\frac{M_6}{M_5} = -i_{56} \text{ 和 } \frac{M_6}{M_4} = -i_{460}$$

因此, 作用在行星排元件上的各力矩比是一个大小为传动比倒数和符号与齿輪旋轉方向或者旋轉与否无关的常数值 (在该关系式中, 未考虑机构中的摩擦力)。

对于简单的外啮合行星机构可得同样的关系式, 所不同的只是传动比 i_{46} 将表示当大太阳齿輪停住不动时, 小太阳齿輪轉速与变速箱轉速的比值, 因此它也是負值。

在传动输出端具有差速机构的双流传动

在具有双流传动系统的近代履带車輛上, 获得广泛应用的也正是这种型式的传动。图 3 所示就是此种型式传动系统图中的一种。差速机构各构件之间运动学关系方程式如下

$$(1 - i_{BK})n_m = n_B - i_{BK}n_K$$

根据以前已得的关系,在此式中,当 $n_m = 0$ 时, $i_{BK} = \frac{n_B}{n_K}$ 。以发动机的转速 n_∂ 表示方程式中的 n_K 和 n_B 值, 即

$$n_K = i_{K\partial}n_\partial \text{ 和 } n_B = i_{B\partial}n_\partial,$$

式中 $i_{K\partial}$ ——差速机构构件 K 与发动机轴间的总传动比, 其中包括变速箱中的传动比;

$i_{B\partial}$ ——差速机构构件 B 与发动机轴间的总传动比。

于是方程式具有如下形式

$$(1 - i_{BK})n_m = i_{B\partial}n_\partial - i_{BK}i_{K\partial}n_\partial$$

将上式逐项除以 n_∂ , 并将传动

比以 $\frac{n_\partial}{n_m} = i_m$ 表示, 可求出

$$i_m = \frac{1 - i_{BK}}{i_{B\partial} - i_{BK}i_{K\partial}}。$$

在上式中以 $1 - i_{BK} = i_{Bm}$ 进行代换, 并将分子和分母除以 $i_{B\partial}$, 可得

$$i_m = \frac{\frac{i_{Bm}}{i_{B\partial}}}{1 - \frac{i_{BK}i_{K\partial}}{i_{B\partial}}} = \frac{i_{Bm}i_{B\partial}}{1 - i_{B\partial}i_{BK}i_{K\partial}}。$$

引用符号 $i_{Bm} = i_{B\partial}i_{Bm}$; $i_{B\partial}i_{BK}i_{K\partial} = i_{B\partial}i_{BK}i_{K\partial}$, 于是整个传动的传动比为

$$i_m = \frac{i_{Bm}}{1 - i_{B\partial}i_{BK}i_{K\partial}}。 \quad (8)$$

如果以下式为依据

● 原书誤为

$$i_m = \frac{\frac{i_{Bm}}{i_{B\partial}}}{1 - \frac{i_{BK}i_{K\partial}}{i_{B\partial}}}。 \quad \text{——譯者}$$

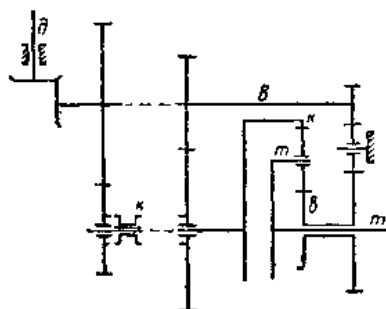


图3 双流传动系统简图:

m ——与输出轴相联的构件; K ——与变速箱元件相联的构件; B ——与辅助系统相联的构件。

$$(1-i_{\kappa\theta})n_m=n_{\kappa}-i_{\kappa\theta}n_{\theta}$$

并重复同样的推导，则可得出 i_m 的第二个式子

$$i_m = \frac{i_{\partial\kappa m}}{1-i_{\partial\kappa\theta}} \quad (9)$$

研究式 (8) 可知，分子 $i_{\partial\theta m}$ 是当变速箱轴停住不动 ($n_{\kappa}=0$) 时，由发动机轴至输出轴间传动链 $\partial\theta m$ 各构件间传动比的乘积。分母中的 $i_{\partial\kappa\theta}$ 值是当输出轴停住不动 ($n_m=0$) 时，由发动机轴起到发动机轴止的封闭环路中，传动的各构件间传动比的乘积。传动比选取的顺序与分子相同。在式 (9) 中，分子 $i_{\partial\kappa m}$ 是当辅助系统轴停住不动 ($n_{\theta}=0$) 时，传动系统的传动比。分母中的 $i_{\partial\kappa\theta}$ 值是当输出轴停住不动 ($n_m=0$) 时，在由发动机起到发动机止的封闭环路中，传动各构件间传动比的乘积。但传动比选取的顺序与式 (8) 相反，即取 $i_{\partial\kappa\theta} = \frac{1}{i_{\theta\kappa\partial}}$ 倒数值。

因此，双流传动的传动比等于一个分数，分数的分子是当传动的一流中断时，由发动机至输出轴间的另一流传动各构件间传动比的乘积，而分母是当输出轴停住不动时在封闭环路中传动各构件间传动比乘积与 1 的差，传动比选取的顺序与分子相同。

在传动输入端具有差速机构的双流传动

这种传动的系统简图示于图 16。此时，元件 ∂ 、 θ 和 κ 通过差速机构相联接，且元件间的运动学关系可用下面的方程式表示

$$(1-i_{\theta\kappa})n_{\partial}=n_{\theta}-i_{\theta\kappa}n_{\kappa}$$

以输出轴转速 n_m 表示 n_{κ} 和 n_{θ} 值， $n_{\kappa}=i_{\kappa m}n_m$ 和 $n_{\theta}=i_{\theta m}n_m$ 可得

$$i_m = \frac{1-i_{\theta\theta}i_{\theta\kappa}i_{\kappa m}}{i_{\theta\theta}i_{\theta\kappa}}$$

● 原书将分子中 $i_{\theta\kappa}$ 误为 $i_{\theta\theta}$ ， $i_{\kappa m}$ 误为 $i_{\theta\theta}$ ，实际是

$$i_m = \frac{i_{\theta m} - i_{\theta\kappa}i_{\kappa m}}{1 - i_{\theta\kappa}} = \frac{i_{\theta m} - i_{\theta\kappa}i_{\kappa m}}{i_{\theta\theta}} = \frac{1 - i_{\theta\theta}i_{\theta\kappa}i_{\kappa m}}{i_{\theta\theta}i_{\theta\kappa}} \quad \text{——译者}$$

引用如下符号: $i_{m\theta\theta} = i_{m\theta} i_{\theta\theta}$; $i_{m\theta\kappa m} = i_{m\theta} i_{\theta\kappa} i_{\kappa m}$ 于是

$$i_m = \frac{1 - i_{m\theta\kappa m}}{i_{m\theta\theta}} \quad (10)$$

将式 (10) 的分子和分母除以乘积 $i_{m\theta} i_{\theta\kappa} i_{\kappa\theta}$ 并简化, 可得

$$i_m = \frac{1 - i_{m\kappa\theta m}}{i_{m\kappa\theta}} \quad (11)$$

这是从运动学关系式

$$(1 - i_{\theta\kappa})n_\theta = n_\theta - i_{\theta\kappa}n_\kappa,$$

得出的結論, 因而当 $n_\theta = 0$ 时, 可得

$$i_{\kappa\theta} = -\frac{1 - i_{\theta\kappa}}{i_{\theta\kappa}},$$

然而 $1 - i_{\theta\kappa} = i_{\theta\theta}$, 所以, $i_{\kappa\theta} = -i_{\theta\kappa} i_{\theta\theta}$ 。

我們再分析一下式 (10), 分母 $i_{m\theta\theta}$ 是当变速箱軸停住不动 ($n_\kappa = 0$) 时, 輸出軸和发动机軸間的傳动比。在分子中, $i_{m\theta\kappa m}$ 值是当发动机軸停住不动 ($n_\theta = 0$) 时, 在环路中傳动各构件間傳动比的乘积, 傳动比选取的順序与分母同。式 (11) 是根据与此相同的原則求出的。

当第三构件停住不动时, 差速机构任意两构件間的傳动比, 可以用該两构件与第三构件的傳动比表示, 但应取为負号。应用这个关系式, 以 $i_{\theta\kappa} = -i_{\theta\theta} i_{\theta\kappa}$ 的形式代替公式 (10) 中的傳动比 $i_{\theta\kappa}$, 并以乘积 $i_{m\theta} i_{\theta\theta}$ 除分子和分母, 此时, 将得

$$i_m = i_{\theta} i_{\theta m} + i_{\theta\kappa} i_{\kappa m},$$

或用已用的符号来代替乘积, 得

$$i_m = i_{\theta\theta m} + i_{\theta\kappa m\theta} \quad (12)$$

对傳动輸出端具有差速机构的傳动可采取类似式 (8) 的形式

$$i_m = \frac{1}{i_{m\theta\theta} + i_{m\kappa\theta}} \quad (13)$$

在 H. Ф. 魯坚科的书中 [8], 以方程式 (12) 和 (13) 的形式給出封閉行星傳动的 i_m 公式。尽管这些方程式簡單, 所提供的方程式 (8), (9), (10) 和 (11) 在求解与双流傳动有关的所有

問題上要更方便些。在本书中，双流傳动的理論問題，其中也包括运动学的問題在內都是通过封閉环路的傳动比 $i_{\partial K B \partial}$ 或 $i_{m K B m}$ 来求解的。

函数 i_m 随 i_K 的变化

对于图 3 所示的在傳动輸出端具有差速机构的傳动的 i_m ，得

$$i_m = \frac{i_{\partial B m}}{1 - i_{\partial B K \partial}}。$$

引用如下符号：

$i_K = i_{\partial K}$ ——变速箱的傳动比；

$b = i_{\partial B' B K}$ ——环路中的不变傳动比（不計变速箱）；

$a = i_{\partial B m} = \text{常数}。$

于是可以写做

$$i_m = \frac{a}{1 - \frac{b}{i_K}}。$$

i_K	∞	$2b$	b	0	$-b$	$-\infty$
i_m	a	$2a$	$\pm\infty$	0	$0.5a$	a

改变 i_K 值时， i_m 可得下列对应值：

当 $i_K = b$ 值时，函数 i_m 有間断現象（图 4）。曲綫图所示为相对 i_K 和 i_m 坐标原点做偏移和旋轉的等軸双曲綫。座标比例单位，对 i_K 取为 b ，对 i_m 取为 a 。

前面已經指出，双流傳动可以改变整个傳动的傳动比范围与做为双流傳动一流的变速箱傳动比范围的比值。因此， i_m 曲綫（图 4）上的那些点具有这种意义，由該点开始，随着 i_K 的变化，整个傳动的傳动比变化范围 d_m 将大于或小于变速箱傳动比的范围 d_K 。对于 i_m 曲綫的左支，此点即为 $i_m = i_K = 0$ 点。

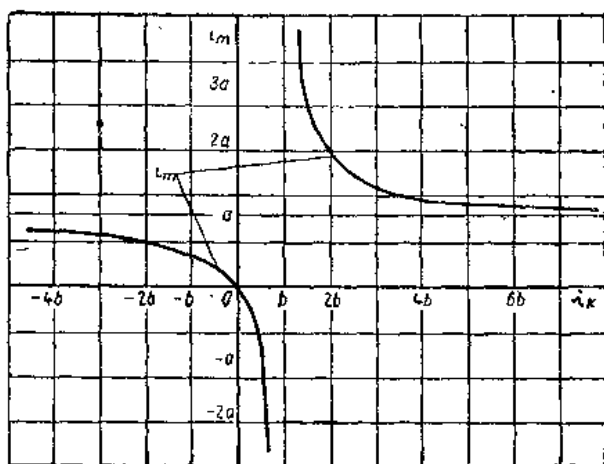


图4 函数 i_m 随 i_k 变化的曲线图。

为了确定在 i_m 曲线个别区间传动比范围 d_m 和 d_k 的关系,故对这个函数进行研究。取 i_m 对 i_k 的一次导数。变换下式之后

$$i_m = \frac{a}{1 - \frac{b}{i_k}} = \frac{ai_k}{i_k - b},$$

可得

$$i'_m = \frac{a(i_k - b) - ai_k}{(i_k - b)^2} = \frac{-ab}{(i_k - b)^2} < 0。$$

于是可得结论,当 i_k 在0到 $-\infty$ 内变化时,导数 i'_m 的绝对值减小。因此,在由 $i_k = 0$ 到 $i_k = -\infty$ 的整个区域内,传动的传动比范围小于变速箱的传动比范围,即 $d_m < d_k$ 。

当 i_k 由0到 b 之间变化时, $|i'_m|$ ●值增大,因此,在此区间内, $d_m > d_k$ 。

求在 $i_m = i_k = 0$ 点时, i_m 对于 i_k 的一次导数值, $i_m = i_k = 0$ 点是传动比范围变化区域的分界点(即由 $d_m < d_k$ 区域到 $d_m > d_k$ 区域),

$$i'_m = \frac{-ab}{(i_k - b)^2} = -\frac{a}{b}。$$

● 原书误为 $|i'_k|$ 。——译者

对于 i_m 曲线的右支, 一次导数值 $i'_m = -\frac{a}{b}$ 的对称点, 也就是由 $d_m > d_k$ 区域至 $d_m < d_k$ 区域的分界点。现在来决定该点的 i_k 和 i_m 值。将下面的等式简化

$$i'_m = \frac{-ab}{(i_k - b)^2} = -\frac{a}{b},$$

可得

$$i_k^2 - 2bi_k = 0 \quad \bullet。$$

于是可求得两个解:

$$i_{k1} = 0 \text{ 和 } i_{k2} = 2b。$$

将 i_{k1} 和 i_{k2} 值代入方程式 (8), 可得 $i_{m1} = 0$ 和 $i_{m2} = 2a$ 。 $i_k = 2b$ 和 $i_m = 2a$ 值, 即为所求点的座标。传动比范围 d_m 和 d_k 间的关系可决定如下。

为了便于继续研究, 将双流传动可能的系统简图综合为三种, 每种的特点如下:

- | | |
|-------|--|
| A 型传动 | $i_{\partial KB \partial} < 0;$ |
| B 型传动 | $1 > i_{\partial KB \partial} > 0;$ |
| B 型传动 | $\infty > i_{\partial KB \partial} > 1。$ |

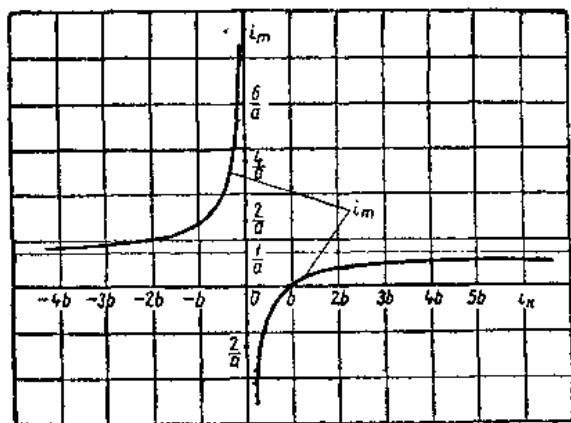


图 5 函数 i_m 随 i_k 变化的曲线图。

● 原书误为 $i_k^2 + 2bi_k = 0$ 。——译者

对于在傳动輸入端具有差速机构的傳动 (图16), 在研究函数 i_m 随 i_k 的变化时, 我們应用式 (10)

$$i_m = \frac{1 - i_{mk\kappa m}}{i_{m\kappa\theta}}。$$

假設, 有一与前述情况相同的傳动, 但是傳动中的发动机軸和輸出軸更換了位置, 于是, 以前引用的符号 a 和 b , 其值不变, 对图 16 所示的系統簡图則將如下:

$a = i_{m\kappa\theta} = \text{常数}; b = i_{mk\kappa} = \text{常数}; i_k = i_{mk} = \text{变数}。$

i_m 的公式具有如下形式

$$i_m = \frac{1 - \frac{b}{i_k}}{a}。$$

該函数的曲綫图示于图 5。在曲綫图上, i_k 的比例单位取为 $b = 1$; 而 i_m 的比例单位則取为 $\frac{1}{a} = 1$ 。当值 $i_k = 0$ 时, i_m 函数間断。整个傳动和做为傳动流之一的变速箱的傳动比范围的关系将在下面进行研究。

在傳动輸入端有差速机构的情况下, 双流傳动的所有可能系統图也可綜合为三种。各种特点如下:

Г 型傳动

$$i_{mk\kappa m} < 0;$$

Д 型傳动

$$1 > i_{mk\kappa m} > 0;$$

Е 型傳动

$$\infty > i_{mk\kappa m} > 1。$$

功 率 平 衡

在傳动輸出端具有差速机构的傳动

現在將作用在傳动系統差速机构各构件上的外力矩引用下列符号表示:

M_m ——作用在与輸出軸相聯的构件上的外力矩；

M_k ——作用在与變速箱相聯的构件上的外力矩；

M_B ——作用在与輔助系統軸相聯的构件上的外力矩。

假設傳動中沒有功率損失，即傳動的效率等於 1，因此 $N_\partial + N_m = 0$ 。傳至傳動的功率或發動機的功率為

$$N_\partial = M_\partial n_\partial,$$

式中 M_∂ ——發動機軸 ∂ 上的力矩，該力矩由兩力矩之和決定。

$$M_\partial = M_k i_{k\partial} + M_B i_{B\partial}.$$

力矩 M_k 和 M_B 可以用力矩 M_m （輸出軸上的力矩）來表示

$$M_k = -i_{mk} M_m \text{ 和 } M_B = -i_{mB} M_m.$$

做相應變換之後，可得發動機功率的最終公式

$$N_\partial = M_\partial n_\partial = -M_m i_{mk} i_{k\partial} n_\partial - M_m i_{mB} i_{B\partial} n_\partial.$$

所得公式的第一項為經變速箱傳遞的功率 N_k 值，第二項為經輔助系統傳遞的功率 N_B 值。

$$N_k = -M_m i_{mk} i_{k\partial} n_\partial; \quad N_B = -M_m i_{mB} i_{B\partial} n_\partial.$$

現在來確定各流傳遞功率的百分比。由等式 $N_\partial + N_m = 0$ 可求得 $N_\partial = -N_m$ 。於是，經變速箱所傳遞功率值與經整個傳動所傳遞功率值之比，將為

$$\frac{N_k}{N_\partial} = \frac{-M_m i_{mk} i_{k\partial} n_\partial}{-M_m n_m} = \frac{i_m}{i_{\partial km}}. \quad (14)$$

將 i_m 值代入，最終求得

$$\frac{N_k}{N_\partial} = \frac{1}{1 - i_{\partial k B \partial}}. \quad (15)$$

經輔助系統所傳遞的功率值與經整個傳動所傳遞的功率值之比，同樣將為

$$\frac{N_B}{N_\partial} = \frac{M_m i_{mB} i_{B\partial} n_\partial}{M_m n_m} = \frac{i_m}{i_{\partial B m}}. \quad (16)$$

將 i_m 代換，最終可得

$$\frac{N_B}{N_\partial} = \frac{1}{1 - i_{\partial B k \partial}}. \quad (17)$$

方程式 (15) 和 (17) 可明显地表明, $\frac{N_{\kappa}}{N_{\partial}}$ 和 $\frac{N_n}{N_{\partial}}$ 比值仅与参数 $i_{\partial\kappa n\partial}$ 值有关, 即仅与封闭环路中传动各构件间的传动比的乘积有关。由方程式 (15) 和 (17) 也可求出

$$-\frac{N_n}{N_{\kappa}} = -i_{\partial\kappa n\partial} \quad (18)$$

公式 (15) 也可由解 M. A. 克莱涅斯教授所提出的等式求得[2]。

$$-\frac{N_{\kappa}}{N_{\partial}} = i_{\kappa} \frac{\partial \ln i_m}{\partial i_{\kappa}}, \quad (19)$$

它表示经过变速箱的功率值与经整个传动系统所传递功率值的关系, 以及与变速箱和传动系统运动学传动比的关系。此时, 假设同前, 即传动系统中功率没有损失。

在传动输入端具有差速机构的传动 (图16)

与前相同, 我们可确定输出轴上的力矩 $M_m = M_{\kappa} i_{\kappa m} + M_{\partial} i_{\partial m \partial}$ 。同样, 力矩 M_{κ} 和 M_{∂} 可以用发动机轴 ∂ 上的力矩来表示。

$$M_{\kappa} = -M_{\partial} i_{\partial\kappa} \text{ 和 } M_n = -M_{\partial} i_{\partial n \partial}$$

对于力矩 M_m 可得公式

$$M_m = -M_{\partial} i_{\partial\kappa} i_{\kappa m} - M_{\partial} i_{\partial n \partial} i_{n m \partial}$$

由等式 $N_{\partial} + N_m = 0$; 求得

$$N_{\partial} = -M_m n_m = M_{\partial} i_{\partial\kappa m} n_m + M_{\partial} i_{\partial n m \partial} n_m$$

所得公式的第一项为经变速箱传递的功率值, 第二项为经辅助系统所传递的功率值。现在求功率的比值。

$$-\frac{N_{\kappa}}{N_{\partial}} = \frac{M_{\partial} i_{\partial\kappa m} n_m}{M_{\partial} n_{\partial}} = \frac{i_{\partial\kappa m}}{i_m} \quad (20)$$

将公式 (11) 的 i_m 值代入公式 (20) 中, 最终可得

$$\frac{N_{\kappa}}{N_{\partial}} = -\frac{1}{1 - i_{m\kappa n m}} \quad (21)$$

用类似的方法, 可求得功率比值

$$\frac{N_n}{N_{\partial}} = \frac{M_{\partial} i_{\partial n m \partial} n_m}{M_{\partial} n_{\partial}} = \frac{i_{\partial n m \partial}}{i_m} \quad (22)$$