



中华人民共和国国家标准

GB/T 25627—2010

工程机械 动力换挡变速器

Construction machinery—Power-shift transmissions

2010-12-01 发布

2011-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 符号和单位	1
4 要求	2
4.1 一般要求	2
4.2 外观要求	2
4.3 性能要求	2
5 试验方法	3
5.1 试验设备	3
5.2 试验准确度和仪器精度	3
5.3 试验准备	5
5.4 测试方法	5
5.5 试验数据处理及试验报告	8
6 检验规则	10
7 标志、包装、运输和贮存	10
附录 A (资料性附录) 变速器零部件推荐规范	11
附录 B (规范性附录) 变速器试验记录表	15
附录 C (资料性附录) 变速器试验曲线示例	17
参考文献	19

前 言

本标准的附录 A 和附录 C 为资料性附录,附录 B 为规范性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国土方机械标准化技术委员会(SAC/TC 334)归口。

本标准负责起草单位:杭州前进齿轮箱集团股份有限公司、天津工程机械研究院。

本标准参加起草单位:四川成都成工工程机械股份有限公司。

本标准主要起草人:刘伟辉、吴润才、尚海波、宋斌、汪文霖、梁建宗、王宇宁。

工程机械 动力换挡变速器

1 范围

本标准规定了工程机械用动力换挡变速器的符号和单位、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于 300 kW 以下的工程机械用动力换挡变速器(以下简称变速器),300 kW 以上的变速器可参照本标准施行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2828.1—2003 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划(ISO 2859-1:1999, IDT)

GB/T 3785 声级计的电、声性能及测试方法

GB/T 7680 液力变矩器 性能试验方法

GB/T 13306 标牌

GB/T 14039 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号(GB/T 14039—2002, ISO 4406:1999, MOD)

GB/T 20082 液压传动 液体污染 采用光学显微镜测定颗粒污染度的方法(GB/T 20082—2006, ISO 4407:2002, IDT)

JB/T 5947 工程机械 包装通用技术条件

3 符号和单位

变速器测试参数与计算参数的名称、符号及单位见表1。

表 1 符号和单位

参数名称	符 号	单 位
输入转矩	T_1	N · m
输出转矩	T_2	
发动机的额定转矩	T_{ne}	
发动机的额定转速	n_{ne}	r/min
输入转速	n_1	
输出转速	n_2	
变矩器进口油压	p_1	MPa
变矩器出口油压	p_2	
操纵油压	p_3 (或 p'_3 、 p''_3)	
润滑油压	p_4	
主油路油压	p_5	

表 1 (续)

参数名称	符 号	单 位
工作油流量	Q	L/min
进口油温	t_1	℃
出口油温	t_2	
变矩器涡轮转速	n_T	r/min
变速器速比	i_F, i_R	—
变矩器转速比	i_{TB}	—
输入功率	P_1	kW
输出功率	P_2	
空载功率损失	P_R	
传动效率	η	%
噪声	—	dB(A)
注 1: 对液力机械变速器,脚标 1 表示变矩器的输入(或进口)参数,脚标 2 表示输出(或出口)参数。 注 2: p_1 代表两自由度变速器离合器操纵油压, p'_2 和 p''_2 分别代表三自由度变速器方向离合器操纵油压和速度离合器操纵油压。 注 3: i_F, i_R 中的脚标 F 表示前进挡,R 表示后退挡。		

4 要求

4.1 一般要求

- 4.1.1 变速器应按照经规定程序批准的图样及设计文件制造,如用户有特殊要求时,应与制造商协商。
- 4.1.2 变速器外购件、配套件应具有合格证明方可进行装配。
- 4.1.3 变速器使用的齿轮、轴类零件、摩擦片、离合器回位弹簧、铸铁件、机械加工件和非机械加工件等件的技术规范按制造商的规定,其推荐规范参见附录 A。

4.2 外观要求

外观要求应符合表 2 的规定。

表 2 外观要求

项 目	要 求
外观造型	轮廓清晰,比例协调、整齐
锻、铸件,焊接件	表面光洁、浇冒口切割打磨平整,除净飞边、毛刺、焊缝均匀平整
保护层	金属镀层和氧化处理层不得剥落和生锈
机加工表面	不涂漆的机加工表面无磕碰、无锈蚀
涂漆表面	漆膜应光滑、平整,无流挂、鼓泡、裂纹、皱皮、漏涂和剥落等缺陷

4.3 性能要求

- 4.3.1 噪声不应大于 92 dB(A)。
- 4.3.2 油液固体颗粒污染等级应符合 —/20/17,污染等级符合 GB/T 14039 的规定。
- 4.3.3 变速器的空载功率损失率(变速器空载功率损失与额定功率之比)应符合表 3 的规定。

表 3 空载功率损失率

产品分类	行星式变速器			定轴式变速器	
	二自由度		三自由度		
功率范围/kW	≤ 80	> 80	> 70	≤ 70	> 70
最高前进挡空载功率损失率	$\leq 9\%$	$\leq 8\%$	$\leq 9\%$	$\leq 10\%$	$\leq 9\%$
最低前进挡空载功率损失率	$\leq 7\%$	$\leq 6\%$	$\leq 9\%$	$\leq 8\%$	$\leq 7\%$
注：仅具有一个挡的变速器按最低前进挡。					

4.3.4 最高传动效率应符合表 4 的规定。

表 4 最高传动效率

产品分类	行星式变速器			定轴式变速器	
	二自由度		三自由度		
功率范围/kW	≤ 80	> 80	> 70	≤ 70	> 70
输入转速/(r/min)	2 000	1 800	1 800	2 000	1 800
最高前进挡传动效率	$\geq 92\%$	$\geq 92\%$	$\geq 90\%$	$\geq 91\%$	$\geq 91\%$
最低前进挡传动效率	$\geq 93\%$	$\geq 93\%$	$\geq 91\%$	$\geq 92\%$	$\geq 92\%$
注：仅具有一个挡的变速器按最低前进挡。					

4.3.5 当输入转速分别为 2 000 r/min 和 700 r/min 时,工作油压(离合器操纵油压)的变化值为 ± 0.12 MPa。

4.3.6 变速器在整个台架试验和检查期间都不允许有外渗漏现象。

4.3.7 在变速器与变矩器组装状况下,测试换挡性能,变速器在输入转速为 1 600 r/min 时,换挡应灵活,其换挡冲击载荷系数不大于 2。

4.3.8 变速器在随整机做 1 000 h 可靠性试验中,平均无故障工作时间(MTBF)不应小于 150 h,有效度(K)不应小于 85%。

5 试验方法

5.1 试验设备

5.1.1 本标准推荐开式试验台。台架组成包括:动力机、加载设备、紧固联接装置、辅助系统等。

5.1.2 动力机可选用直流电动机、直流测功机、交流调速电机、柴油机等。

5.1.3 加载设备可选用直流测功机、直流发电机、交流调速电机、电涡流测功机、液压加载系统或水力测功机等。试验台布置参见图 1。

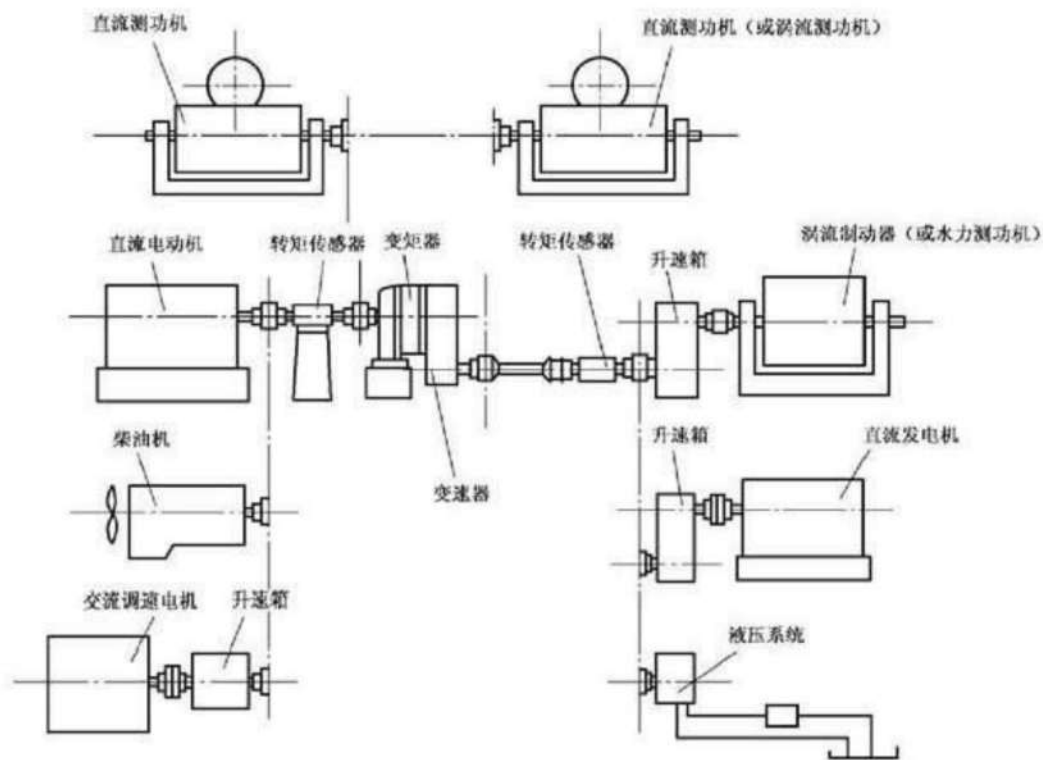
5.1.4 辅助系统包括供油系统和供水系统。供油系统应满足变速器工作时的最大供油压力和流量,并且可以连续调节,系统内应设置加热和冷却装置。供水系统应满足流量要求,水流稳定可调。

5.1.5 变速器空载功率损失试验、变速器传动效率试验使用独立的供油系统。

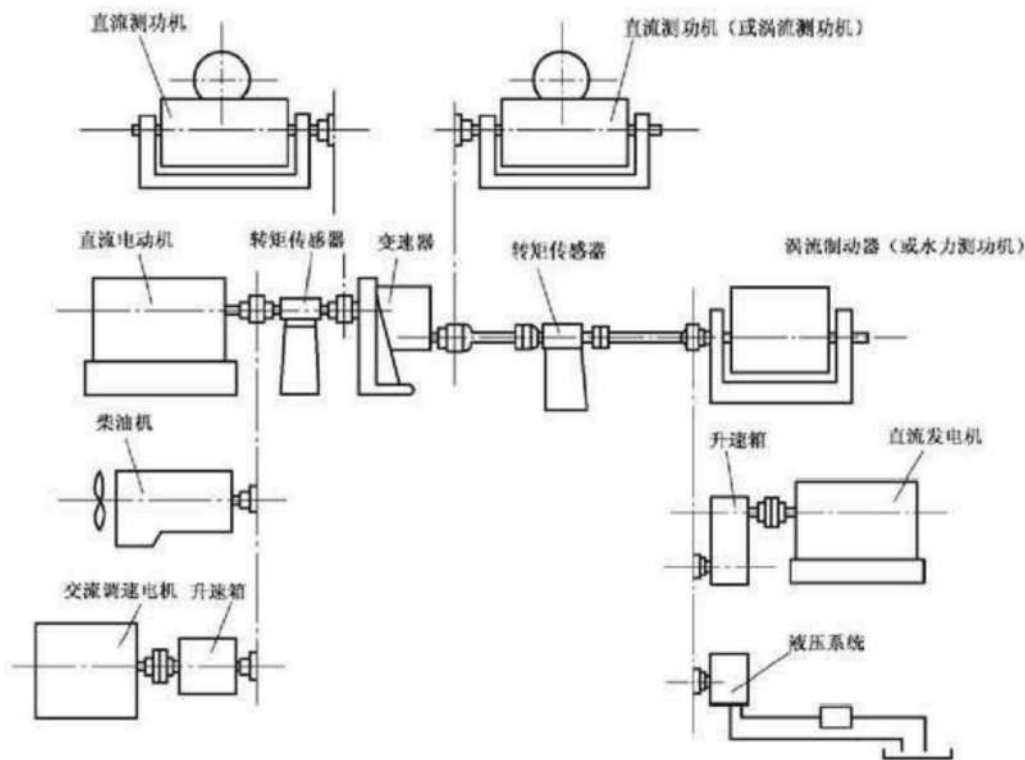
5.2 试验准确度和仪器精度

5.2.1 测量过程的稳定精度应符合如下要求:

- 试验系统转矩波动值不大于 $\pm 0.5\%$;
- 试验系统转速波动值不大于 ± 5 r/min。



a)



b)

图 1 试验台布置简图

5.2.2 试验选用的仪器、仪表的量程应与测试范围相适应。仪表的精度分为 A、B 两级，各级所要求的精度不得低于表 5 的规定。

表 5 仪表精度要求

测量参数	转矩		转速		压力		温度		流量	
精度	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 2 \text{ r/min}$	$\pm 5 \text{ r/min}$	1.5 级	2.5 级	1.5 级	2.5 级	1.5 级	2.5 级

注：表中的百分比是指满载测量值的百分比。

5.2.3 变速器型式检验用仪表选用 A 级；变速器出厂检验用仪表可选用 B 级。

5.2.4 对于空载功率损失和噪声试验，输入转矩和转速的测量精度选用 B 级。

5.2.5 试验开始前仪表应调零位，在试验结束时，应对仪表零点作检查，零点漂移量不得大于 $\pm 0.2\%$ 。

5.2.6 噪声测量仪应能测量 A 声级，并符合 GB/T 3785 中对 2 型仪器的要求。

5.3 试验准备

5.3.1 仪器、仪表应根据国家或行业有关标准进行校准、标定，并且应在有效使用期限内。

5.3.2 变速器试验前，应对相匹配的液力变矩器进行原始特性试验（按 GB/T 7680 规定的试验方法），并出具试验报告。

5.3.3 变速器的效率试验，各挡均要在试验前进行跑合。跑合方法推荐如下：

- 在变速器输出端加载，加载转矩为所匹配的液力变矩器在额定转速时零速工况的涡轮转矩的二分之一与该挡速比的乘积。
- 带液力变矩器的变速器输入转速按所匹配的发动机的额定转速；未装液力变矩器的单独变速器，输入转速为所匹配的发动机额定转速的二分之一。
- 每个挡位跑合 1 h。

5.3.4 工作油温不高于各试验规定的油温。

5.3.5 试验台应保证变速器在规定的试验工况内正常运转，各联接件与被试件应具有良好的同轴度。

5.3.6 变速器在试验台上的安装状态应参照在主机上的配置。

5.3.7 试验中选用与变速器作业时相同的工作油液。

5.3.8 拆除各种附加装置，但进行空载功率损失和传动效率项目之外的其他试验时，保留变速泵。

5.3.9 检查变速器的各挡运行是否正常，有无异常声响和振动。

5.3.10 检查变速器和液压系统密封情况。

5.3.11 检查液压系统供油量和油压是否在规定的范围内。

5.4 测试方法

5.4.1 空载功率损失试验

5.4.1.1 试验条件：

- 试验台布置参考图 1a) 和图 1b)，应使变速器输出轴无载空转；
- 在变速器所有挡位进行。每挡试验过程中不得调整操纵阀；
- 变速器（或变矩器）的进口工作油温为 $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 供油流量应当接近变速泵额定流量，同时应使油底壳油面保持在规定的高度；
- 对单独变速器进行空载损失试验时，应使用专门的工装将动力直接输入变速器输入轴。

5.4.1.2 试验程序：

- 启动动力机，提高转速到设定值，待运转充分稳定后进行测试，各数据的记录应保持同步。一般起始输入转速不低于 600 r/min ，最高输入转速取所匹配发动机的额定转速；
- 试验点之间的间隔，按输入轴转速等差分布，间隔一般不大于 200 r/min ；
- 测试参数包括：输入转矩 T_1 、输入转速 n_1 、进口油温 t_1 、工作油流量 Q 、离合器操纵油压 p_3 （或 p'_3, p''_3 ）；

d) 以同样方法重复试验三次。

5.4.1.3 作变速器各挡空载损失功率与输入转速(或输入转矩与输入转速)的关系曲线 $P_k = f(n_1)$ 或 $T_1 = f(n_1)$ 。

5.4.2 传动效率试验

5.4.2.1 试验条件

传动效率试验条件如下:

- 试验台布置参考图 1 所示;
- 在变速器所有工作挡内进行,每挡试验过程中不得调整操纵阀;
- 试验时装液力变矩器的变速器进口油温 $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,出口油温不大于 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$,瞬间不超过 $130\text{ }^{\circ}\text{C}$;单独变速器试验时,进口油温 $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 变速器外供油量应当接近变速泵额定流量,同时应使油底壳油面保持在规定的高度。

5.4.2.2 带液力变矩器的变速器试验程序

带液力变矩器的变速器试验程序如下:

- 在试验过程中输入转速保持恒定,输入转速按表 4 的规定;
- 试验开始,首先使输出轴空转,提高输入转速到设定值,待运转充分稳定后记录数据,然后输出轴按设定的增量逐次加载降低输出转速并保持输入转速恒定;
- 加载转矩的间隔按输出轴的转矩等差分布,在最高效率附近,工作状态转换点附近适当缩小间距,输出轴转速间隔应不大于输出轴空转转速的十分之一;
- 变速器输出轴转速的最小值,对于最低挡选在变矩器零速工况,并以输入转矩不超过所匹配发动机的最大转矩为准。对于其他挡位,选在 $n_2 \leq 0.3n_1/i_{PR}$ 。

5.4.2.3 单独变速器的试验程序

可采用以下恒转速试验方法或恒转矩试验方法。

5.4.2.3.1 恒转速试验:

- 取两种输入转速分别进行试验,高转速 $n_1 = 0.8n_{He}$ (对超速挡选 $n_1 = 0.6n_{He}$),低转速 $n_1 = 0.4n_{He}$;
- 试验开始,首先使动力机空转,提高输入转速到设定值,待运转充分稳定后记录数据,然后输出轴逐次加载,并保持输入转速恒定;
- 加载转矩的间隔按输入轴的转矩等差分布;
- 变速器输入转矩的最大值根据输入转速确定,其值以不超过变速器传递的额定功率为准。

5.4.2.3.2 恒转矩试验:

- 变速器输入转矩分别选取 $2T_{He}$ 、 $1.5T_{He}$ 、 $1.0T_{He}$ 、 $0.5T_{He}$;
- 启动动力机,提高输入转速到起始试验转速;增加载荷到设定值,待运转充分稳定后记录数据,然后逐次提高输入转速,并保持输入转矩恒定;
- 起始试验转速不小于 600 r/min ,转速间隔应按输入转速等差分布,间隔不大于 200 r/min ;
- 变速器输入转速的最大值根据输入转矩确定,其值以不超过变速器传递的额定功率为准;
- 传动效率试验记录如下参数: T_1 、 T_2 、 n_1 、 n_2 、 p_1 、 p_2 、 p_3 (或 p'_3 、 p''_3)、 p_4 、 p_5 、 t_1 、 t_2 、 Q 。各参数的记录保持同步;
- 同一项试验重复三次;
- 对带液力变矩器的变速器作各挡效率与输出转速的关系曲线 $\eta = f(n_2)$,输出转矩与输出转速的关系曲线 $T_2 = f(n_2)$;对单独变速器作效率与输出转速的关系曲线 $\eta = f(n_2)$ [恒转矩],效率与输出转矩的关系曲线 $\eta = f(T_2)$ [恒转速],以及输出转矩与输出转速的关系曲线 $T_2 = f(n_2)$ 。

5.4.3 换挡过程试验(单独变速器不作此项试验)

5.4.3.1 试验条件:

- 试验以惯性负荷加载,与被试变速器配套主机的平移惯量折算到变速器输出的转动惯量为 J ,试验台加载设备固有转动惯量为 J_g ,试验时需要增加的飞轮惯量 $J_f = J - J_g$;
- 取变速器输入转速 $n_1 = 0.8n_{He}$;
- 变速器进口油温为 $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,出口油温不大于 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 工作油流量应与传动效率试验时的外供油量相同,或使用自身的变速油泵供油。

5.4.3.2 试验程序:

- 将变速器输出转矩 T_2 、输入转速 n_1 、输出转速 n_2 、离合器操纵油压 p_3 (或 p'_3 、 p''_3)转换为模拟量信号输出,在试验之前确定各传感器的标定值;
- 启动动力机,提高变速器输入转速到设定值,操纵换挡,依次由空挡到各前进挡,然后返回(即 $N \rightarrow F_1 \rightarrow F_2 \cdots F_z \rightarrow F_1 \rightarrow N$),再由空挡依次到各后退挡,然后返回(即 $N \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \cdots R_z \rightarrow R_1 \rightarrow N$)。

5.4.3.3 记录如下各参数 n_1 、 n_2 、 T_2 、 p_3 (或 p'_3 、 p''_3)的动态变化曲线,以及 t_1 、 t_2 、 Q 等值,记录格式见附录B的表B.1。

5.4.4 工作油压试验

5.4.4.1 试验条件:

- 试验台布置参见图1;
- 变速器由自带的油泵供油,输入轴转速分别为 $n_1 = n_{He}$ 和 $n_1 = 700\text{ r/min}$,变速器输出轴应无载空转;
- 变速器进口油温为 $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.4.4.2 试验程序:

- 启动动力机,提高转速到设定值,运转稳定后测量如下参数: p_1 、 p_2 、 p_3 (或 p'_3 、 p''_3)、 p_4 、 p_5 、 Q 、 t_1 ,测量在全部工作挡位和两种输入转速内进行,记录表格见表B.1;
- 动力机转速 $n_1 = n_{He}$,稳定运转后,操纵换挡,由空挡依次到各前进挡,然后返回(即 $N \rightarrow F_1 \rightarrow F_2 \cdots F_z \rightarrow F_1 \rightarrow N$),再由空挡依次到各后退挡,然后返回(即 $N \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \cdots R_z \rightarrow R_1 \rightarrow N$)。换挡中可瞬时降速换挡,再升至稳定转速 n_{He} 后测量各参数;
- 动力机转速 $n_1 = 700\text{ r/min}$,稳定运转后进行5.4.4.2b)换挡操作。对三自由度变速器,进行各速度挡的前进直接换后退的操作(如 $N \rightarrow F_1 \rightarrow R_1 \rightarrow F_1 \rightarrow F_2 \rightarrow R_2 \rightarrow F_2 \rightarrow F_3 \rightarrow R_3 \rightarrow R_2 \rightarrow R_1 \rightarrow N$)。

5.4.4.3 记录两种输入转速下各挡位的下列参数: p_1 、 p_2 、 p_3 (或 p'_3 、 p''_3)、 p_4 、 p_5 、 t_1 、 Q ,并且记录变速器换挡过程中离合器操纵油压 p_3 (或 p'_3 、 p''_3)变化曲线,记录表格见表B.1。

5.4.4.4 对机械液压换挡操纵系统,在测试离合器操纵油压前(或后)的同时,测量换挡阀杆的操纵力,将测量结果记于表B.2。

5.4.5 噪声试验

5.4.5.1 试验条件:

- 试验台的布置参考图1,变速器输出轴与加载装置分离,使其无载空转;
- 变速器输入转速 $n_1 = n_{He}$;
- 变速器进口油温为 $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 用变速器自身所带的油泵供油;
- 测试时声级计的安放位置如图2所示;
- 图2中A1、A2、A3分别为传声器三个测点, H 为变速器输入轴中心线离地高度,一般不小于 0.4 m 。A1、A2位于 H 高度的同一平面上,A3点在变速器上方。 L 为变速器总长之半,各测量点到变速器外壳的垂直距离均为 1 m ;
- 变速器在试验台上的安装基准,夹紧点应当与实际使用条件相同;

h) 声级计的位置距离任何反射体均不得小于 2 m。

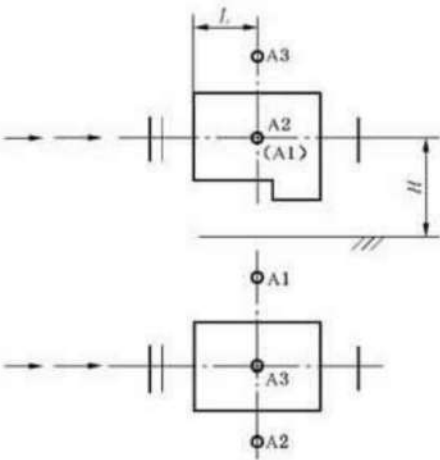


图 2 声级计安放位置示意图

5.4.5.2 试验程序：

- a) 启动动力机，提高转速到设定值，变速器输出轴无载空转，在各个工作挡依次测量；
- b) 声级计选用 A 计权网络“快”挡测量，声级计正对变速器，入射角为零。声级计的读数取周期内表针摆动的平均值，变速器的噪声值取所测各点中的最大值；
- c) 变速器测量前(或后)进行背景噪声测量，变速器不运转，其他条件相同，测试方法与 5.4.5.2b) 相同。

5.4.5.3 如果变速器噪声大于背景噪声 10 dB(A)，则背景噪声不予考虑，如果二者相差小于 3 dB(A)，测量结果无效；如果二者相差 3 dB(A)~10 dB(A)，则应按表 6 进行修正，将测得的结果减去修正值。

5.4.5.4 测量结果记入表 B.3，并注明声级计位置 L、H。

表 6 背景噪声的修正值

所测噪声与背景噪声的差值/dB(A)	3	4~5	6~8	9~10
修正值/dB(A)	3	2	1	0.5

5.4.6 油液固体颗粒污染度检查

油液固体颗粒污染度的检查按 GB/T 20082 的规定。

5.4.7 可靠性试验

变速器的可靠性试验随整机的可靠性试验考核，整机可靠性试验方法按相应整机产品标准的规定。

5.5 试验数据处理及试验报告

5.5.1 参数计算

5.5.1.1 变速器输入、输出功率 P_1 、 P_2 (kW) 的计算见公式(1)和公式(2)：

$$P_1 = \frac{T_1 n_1 \pi}{30\,000} \dots\dots\dots (1)$$

$$P_2 = \frac{T_2 n_2 \pi}{30\,000} \dots\dots\dots (2)$$

5.5.1.2 变矩器转速比 i_{TB} 的计算见公式(3)：

$$i_{TB} = \frac{n_T}{n_1} = \frac{n_2 i_{F(R)}}{n_1} \dots\dots\dots (3)$$

5.5.1.3 变速器传动效率 η 的计算见公式(4)：

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2 n_2}{T_1 n_1} \quad \dots\dots\dots (4)$$

5.5.2 原始测量数据的处理

5.5.2.1 各次测量参数的算术平均值 $\bar{X}$ 的计算见公式(5)：

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (i=1, 2, 3, \dots, N) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

X_i ——每次测量的参数值；

N ——参数值的个数。

5.5.2.2 对应每一测量值 X_i 的剩余误差 U_i 的计算见公式(6)：

$$U_i = X_i - \bar{X} \quad \dots\dots\dots (6)$$

5.5.2.3 测量值的均方差的计算见公式(7)：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_i^2}{N-1}} \quad (i=1, 2, 3, \dots, N) \quad \dots\dots\dots (7)$$

5.5.2.4 极限误差 Δ 的计算见公式(8)：

$$\Delta = \lambda(\alpha, N)\sigma \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

α ——显著性水平；

N ——测量次数；

$\lambda(\alpha, N)$ ——有 0.95 置信概率的格拉布斯准则允许最大偏离值(查表求得)。

5.5.2.5 如果剩余误差 U_i 中有大于极限误差 Δ 的值,应予以剔除。重新按 5.5.2.1 计算算术平均值。

5.5.3 将各测量参数的算术平均值及其计算结果记入试验总表,见表 B.4。试验总表内容可根据试验报告用途调整。

5.5.4 试验曲线

5.5.4.1 图示一组试验数据时,横坐标代表自变量,纵坐标代表因变量。所用的比例要能准确地表示出各参数的有效值。曲线应当连续、匀整、光滑。

5.5.4.2 曲线应标明试验条件(如 n_1 = 常数或 T_1 = 常数)和曲线所属挡位。试验曲线示例见附录 C 的图 C.1~图 C.5。

5.5.5 试验报告

试验完成后应写出试验报告。报告内容包括下列各项：

- a) 前言,包括试验时间、试验地点、试验件型号及主要技术数据,出厂年月、制造商名称；
- b) 试验目的；
- c) 试验设备及仪器仪表规格型号；
- d) 试验准备；
- e) 试验项目和试验方法；
- f) 试验结果,包括试验中出现的问题及处理情况,并附试验数据、计算结果和试验曲线；
- g) 试验精度分析；
- h) 试验结论和建议。

6 检验规则

6.1 变速器应由制造商质量检验部门按本标准及引用的有关技术文件进行检验,合格后方准出厂,并附有产品合格证(合格证上注明产品执行的标准)。

6.2 变速器的出厂检验按 GB/T 2828.1—2003 规定的一次抽样方案,接收质量限 AQL 为 6.5,检查水平为一般检查水平 II,出厂检验的批量大小和检验项目由制造商确定或由供需双方协商确定。变速器的周期性检验项目和检验方案由制造商确定或由供需双方协商确定。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 变速器应有标牌,标牌尺寸及要求应按 GB/T 13306 的规定。标牌上应注明:

- a) 制造商名称;
- b) 产品名称;
- c) 产品型号;
- d) 最大输入功率,单位为千瓦(kW);
- e) 最高输入转速,单位为转每分(r/min);
- f) 产品编号;
- g) 制造日期。

7.2 变速器的包装应符合 JB/T 5947 的规定,保证在正常运输和贮存条件下产品不致损坏。

7.3 变速器在搬运时,工作面和外伸轴不允许有损伤、腐蚀和变形。

7.4 包装好的变速器应贮存在干燥、通风和无腐蚀性物质的仓库内。

附录 A
(资料性附录)
变速器零部件推荐规范

A.1 齿轮

A.1.1 齿轮材料推荐使用 20NiCrMoH、20CrMnTi、20CrMnMo、35CrMoV、40Cr、42CrMo 和 45 钢。对材料有特殊要求时,按“供货技术协议”的规定执行。在保证齿轮承载能力和性能指标的前提下,允许选用其他材料。

A.1.2 齿轮各参数的精度应符合图样要求,并不低于 GB/T 10095.1 和 GB/T 10095.2 规定的 8 级精度等级,在行星传动中,内齿圈的精度等级可较相应的太阳轮或行星轮精度等级低一级。

A.1.3 低碳合金钢齿轮的渗碳有效硬化层深度、硬度和齿轮的金相组织应符合:

- a) 齿轮齿面硬度应不低于 58 HRC,有效硬化层深度推荐为模数 m_n 的 0.12~0.25 倍,模数大于 8 的齿轮取下限值;
- b) 模数 m_n 小于 8 时,齿轮心部硬度应为 33 HRC~45 HRC;模数 m_n 等于或大于 8 时,齿轮心部硬度为 29 HRC~45 HRC;
- c) 齿轮副齿数比大于 3 时,允许大齿轮齿面硬度比相同材料的小齿轮的齿面硬度值降低 2 HRC~3 HRC,但应不低于 56 HRC;
- d) 有摩擦副的轴径、孔径和端面硬度应不低于 58 HRC,其余淬火表面的硬度不低于 45 HRC;
- e) 渗碳齿轮的热处理要求除本标准已明确规定者外,其余应符合 JB/T 5944—1991 中 4.3.5 的规定。

注 1:有效硬化层深度规定从齿面到 51 HRC 部位的距离。

注 2:齿轮心部硬度测试位置在齿中心线与齿根圆相交处。

A.1.4 中碳合金钢齿轮硬度及金相组织应符合:

- a) 中碳合金钢齿轮齿面淬火硬度为 50 HRC~58 HRC;
- b) 行星式变速器中的内齿圈齿轮齿面硬度应不低于 40 HRC,有效硬化层深度大于 0.25 mm 时的齿轮心部硬度应为 248 HB~302 HB;
- c) 感应加热淬火件应符合 JB/T 5944—1991 中 4.3.4 的规定。

A.1.5 齿轮精度等级为 8 级时,齿轮齿面粗糙度 R_a 值应不大于 $1.6 \mu\text{m}$,内齿圈齿轮齿面粗糙度 R_a 值应不大于 $3.2 \mu\text{m}$ 。

A.1.6 齿轮孔径作轴承外圈使用时,其表面硬度应不低于 58 HRC,表面粗糙度的 R_a 值应不大于 $0.8 \mu\text{m}$,圆柱度公差和圆度公差应不低于 6 级。

注:本标准所规定的形状和位置公差的等级按 GB/T 1182、GB/T 1184 的规定。

A.1.7 齿轮基准端面跳动公差等级应不低于 7 级。

A.2 轴类零件

A.2.1 材料推荐使用 20CrMnTi、20CrMnMo、20Cr、40Cr、40CrMnMo 和 42CrMo 钢。对材料有特殊要求时按“供货技术协议”规定。在保证传动轴性能指标的前提下允许选用其他材料。

A.2.2 渐开线花键的公差等级与配合应符合 GB/T 3478.1~GB/T 3478.9 的规定,矩形花键的精度与配合应符合 GB/T 1144 的规定。

A.2.3 花键轴的渗碳层深度为模数 m_n 的 0.15~0.3 倍,受摩擦的轴径、端面及外花键渗碳(碳氮)表面硬度应不低于 55 HRC。相配内花键渗碳(碳氮)表面硬度应不低于 53 HRC。热处理要求应符合

JB/T 5944—1991 中 4.3.5 的规定。

A.2.4 中碳合金钢的轴推荐用感应淬火处理,感应淬火前应经正火或调质处理。感应淬火后,有摩擦副的轴径和端面表面硬度为 50 HRC~58 HRC,花键齿面硬度应不低于 50 HRC。感应加热淬火件应符合 JB/T 5944—1991 中 4.3.4 的规定。

A.2.5 行星式动力换挡变速器中行星轮轴的表面硬度应不低于 60 HRC,表面粗糙度 R_a 值应不大于 $0.40\ \mu\text{m}$,圆柱度公差等级应不低于 6 级。

A.2.6 零件表面应光滑、清洁,不应有飞边、毛刺;所有表面不允许有锈斑,油孔应畅通,安装轴承的轴颈不应有明显的凹痕、刀痕、擦伤及螺旋状凸起。

A.2.7 零件应采用无损检测方法检查,若采用磁粉探伤方法检查,检查后应进行退磁。

A.3 铜基摩擦片

A.3.1 摩擦衬片的摩擦磨损性能应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 摩擦衬片的摩擦磨损性能

能量负荷许用值 C_m	动摩擦系数(平均值) μ_d	静摩擦系数(静止值) μ_s	磨损率 $\delta/(\text{cm}^3/\text{J})$
>320	$0.06\sim0.08$	$0.12\sim0.14$	$<1.6\times 10^{-5}$

A.3.2 摩擦片的要求、试验方法和检验规则应符合 JB/T 9713 的规定。

A.3.3 摩擦片花键的压力角推荐使用 30° ,花键公差等级应符合 GB/T 3478.1 中 6 级~7 级的规定。使用 20° 压力角时,应符合 GB/T 10095.1 和 GB/T 10095.2 中的有关规定。其齿侧间隙均应在 $0.25\ \text{mm}\sim0.35\ \text{mm}$ 之间。

A.3.4 摩擦片的厚度公差及形状公差应符合表 A.2 的规定。

表 A.2 摩擦片的厚度公差及形状公差

单位为毫米

摩擦片外径	公差		
	厚度	平行度	平面度
$100\sim300$	≤ 0.08	≤ 0.05	≤ 0.25
$>300\sim500$	≤ 0.10	≤ 0.06	≤ 0.30

A.3.5 芯板和摩擦衬片的联接应粘结牢固,不允许有掉块或影响零件使用的其他任何脱离层。

A.3.6 最大允许残留磁通密度量为 $0.005\ \text{T}$ 。

A.3.7 外观要求应符合:

- 摩擦片不应有锈蚀,使用防护层时,应不影响摩擦片的性能;
- 摩擦片不允许留有直径大于 $1.5\ \text{mm}$ 的“汗滴”;
- 摩擦片不许压齿,但边缘与齿根的距离应小于 $1.5\ \text{mm}$;
- 摩擦片不允许有裂纹,油槽底不允许露芯板;
- 摩擦片应有倒角,应清除油槽飞边,表面粗糙度 R_a 值应不大于 $6.3\ \mu\text{m}$ 。

A.4 离合器回位弹簧

A.4.1 材料推荐使用力学性能不低于 60Si2Mn 和 65Mn 的弹簧钢。圆柱螺旋弹簧性能和精度应符合 GB/T 1239.4 的规定。

A.4.2 在温度为 $130\ ^\circ\text{C}$ 的条件下,使负荷从 $0\ \text{N}$ 至 $150\ \text{N}$,再从 $150\ \text{N}$ 到 $0\ \text{N}$,反复试验 1×10^5 次后,弹力减弱应小于 $25\ \text{N}$ 。

A.5 铸件

A.5.1 变速器壳体、离合器油缸体及活塞等重要铸件,推荐使用力学性能不低于 HT200 的灰铸铁。

- A.5.2 铸铁件应符合 JB/T 5937 的规定。
- A.5.3 行星式动力换挡变速器中的行星架、连接盘等零件采用铸件时,推荐使用力学性能不低于 QT450-10 的球墨铸铁,技术条件应符合 JB/T 5938 的规定,采用铸钢件时,其力学性能应不低于 JB/T 5939规定的 ZG310-570 的要求。

A.6 机械加工要求

A.6.1 变速器壳体应符合:

- a) 与齿轮副相关的轴孔中心距公差的确应参见 GB/Z 18620.3 有关中心距偏差的规定;
- b) 壳体接触平面的平面度公差应不低于 7 级;
- c) 平行轴孔中心线之间的平行度公差应不低于 7 级;
- d) 轴孔中心线对基准面的平行度公差应不低于 7 级;
- e) 同一轴心线上轴孔之间的同轴度公差应不低于 7 级;
- f) 有相互垂直要求的轴线相交孔,垂直度公差应不低于 7 级;
- g) 基准面与轴孔中心线的垂直度公差应不低于 7 级;
- h) 精度等级要求较高的轴孔应标注圆度和圆柱度公差。

A.6.2 行星架应符合:

- a) 中心距偏差可按公式(A.1)计算:

$$f_s < \pm 6 \frac{\sqrt[3]{a}}{1\,000}$$

.....(A.1)

式中:

f_s ——中心距偏差,单位为毫米(mm);
 a ——中心距,单位为毫米(mm)。

- b) 任意两行星轴孔之间距公差可按公式(A.2)或公式(A.3)计算:
当行星轮个数为 3 时

$$f_e < 3.5 \frac{\sqrt{a}}{1\,000}$$

.....(A.2)

当行星轮个数大于 3 时

$$\sum f_e < 1.7 f_e$$

.....(A.3)

式中:

f_e ——各行星轮轴孔之间距公差,单位为毫米(mm)。

- c) 各行星轮轴孔中心线平行度公差应不低于 6 级,对基准轴线的平行度公差应不低于 6 级;
- d) 行星架偏心误差应小于行星轮轴孔公差之半;
- e) 行星架加工后应进行静平衡试验,不平衡力矩应小于表 A.3 的规定或按图样要求。

表 A.3 行星架不平衡力矩

中心距离/mm	≤80	>80~120	>120~180
不平衡力矩/10 ⁻⁴ N·m	≤118	≤147	≤196

A.6.3 活塞及油缸应符合:

- a) 与摩擦片接触工作表面的平面度公差应不低于 7 级,表面粗糙度 R_a 值应不大于 3.2 μm ;
- b) 安装密封环的内孔或轴径表面径向跳动公差应不低于 7 级,表面粗糙度 R_a 值应不大于 1.6 μm 。

A.6.4 机械加工件的位置度公差按 GB/T 13319 的规定,其余按 JB/T 5936 的规定。

A.7 非机械加工表面要求

- A.7.1 有压力油道的箱体、行星架、油缸体、活塞和控制阀体等铸件应经耐压试验,试验压力应符合图样要求。
- A.7.2 铸件非加工表面的型砂、芯砂应清理干净,并涂防锈漆。
- A.7.3 零件涂漆表面的漆膜应均匀,不得有皱皮、漏涂等现象。
- A.7.4 铸造油道表面应使用专用溶液清洗,以保持清洁。
- A.7.5 离合器齿片、弹簧、锁片及螺栓等均应进行表面处理,以防止锈蚀。

A.8 装配

- A.8.1 所有零件需经检查并符合图样要求,外购件、配套件应具有合格证方可进行装配。
- A.8.2 装配前应将所有零部件清洗干净,各处油道应畅通并无污物。
- A.8.3 调整圆锥滚子轴承轴向间隙至 0.1 mm~0.13 mm。
- A.8.4 变速器装配应符合图样标注的技术要求,还应符合 JB/T 5945 的规定。
- A.8.5 变速器装配后,应进行下列检查:
 - a) 装配的正确性;
 - b) 外观质量。
- A.8.6 装配后的变速器要进行试验,检查其装配质量。试验前应将离合器的油压调试到设计值范围。

附 录 B
(规范性附录)
变速器试验记录表

表 B.1 变速器换挡过程及工作油压试验记录表

输入转速 n_1 / (r/min)	输出转速 n_2 / (r/min)	进口油压 p_1 / MPa	出口油压 p_2 / MPa	润滑油压 p_3 / MPa	主油路油压 p_4 / MPa	进口油温 t_1 / ℃	工作油流量 Q / (L/min)	
换挡挡位	油压变化 / s			离合器油压 / MPa			换挡转矩 / N·m	
	t_1	t_2	t_3	p_5	p'_5	p''_5	T_{z0}	T_{z0H}
N- F_1 F_1 - F_2 ...								
注 1: t_1 ——降压时间; t_2 ——充油时间; t_3 ——换挡总时间; T_{z0} ——换挡前稳定输出转矩; T_{z0H} ——峰值输出转矩。 注 2: 换挡冲击载荷系数 = T_{z0H} / T_{z0} 。								

表 B.2 变速器操纵力测量记录表

被试阀名称及挡位范围	测量值/N	施力点距阀轴心距离/mm

表 B.3 变速器噪声测试数据记录表

测量挡位	测量数据						
	噪声值/dB(A)			噪声评价 dB(A)	变速器测试条件		
	测点 A1	测点 A2	测点 A3		输入转速 n_1 / (r/min)	进口油温 t_1 / ℃	工作油流量 Q / (L/min)
F1							
F2							
⋮							
R1							
R2							
⋮							
背景噪声							

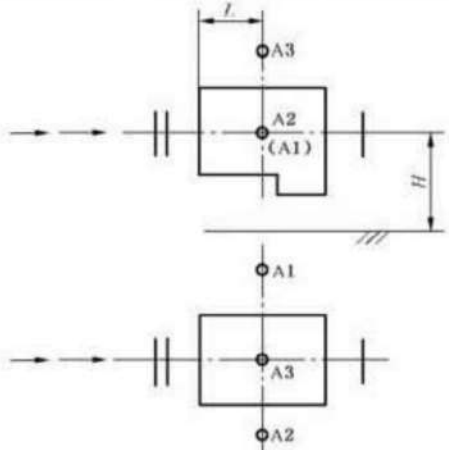


表 B.4 变速器试验总表

表 B.4 变速器试验总表															试验日期： 年 月 日			
序 号	变速器								变矩器				工作油 流量 Q / (L/min)	输入 功率 P_1 / kW	输出 功率 P_2 / kW	传动 效率 η	变矩器 速比 i_{tr}	试验项目
	输入 转速 n_1 / (r/min)	输入 转矩 T_1 / N·m	输出 转速 n_2 / (r/min)	输出 转矩 T_2 / N·m	进口 油温 t_1 / ℃	出口 油温 t_2 / ℃	操纵油压/ MPa		润滑油 油压 p_{s1} / MPa	主油路 油压 p_{s2} / MPa	进口 油压 p_{s3} / MPa	出口 油压 p_{s4} / MPa						
							p_3	p_3'										
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
∴																		

附录 C
(资料性附录)
变速器试验曲线示例

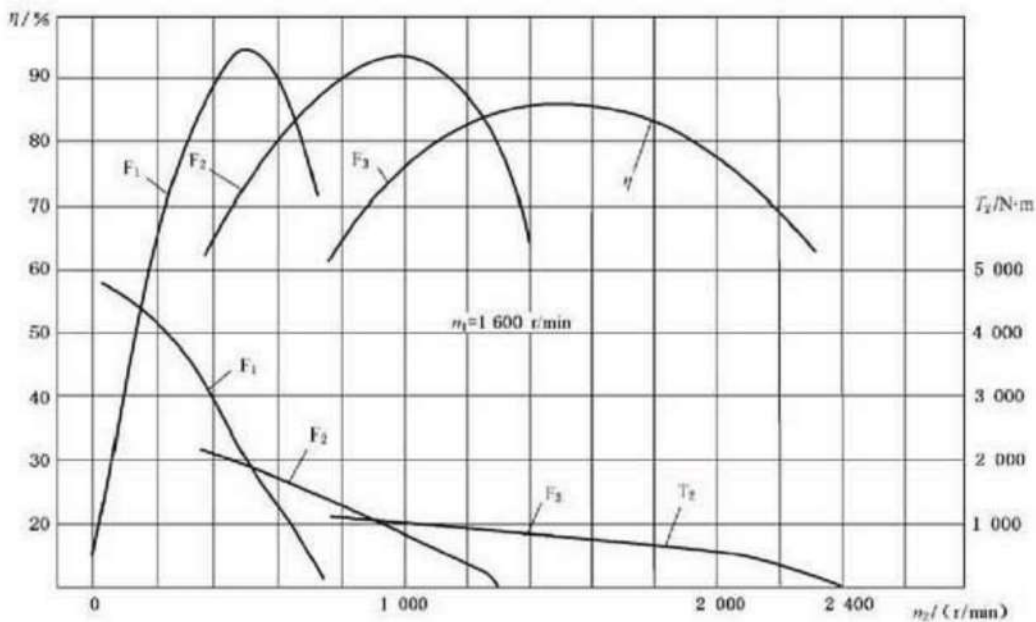


图 C.1 动力换挡变速器传动效率试验 $\eta=f(n_2); T_2=f(n_2)$ 关系曲线(后退挡略)

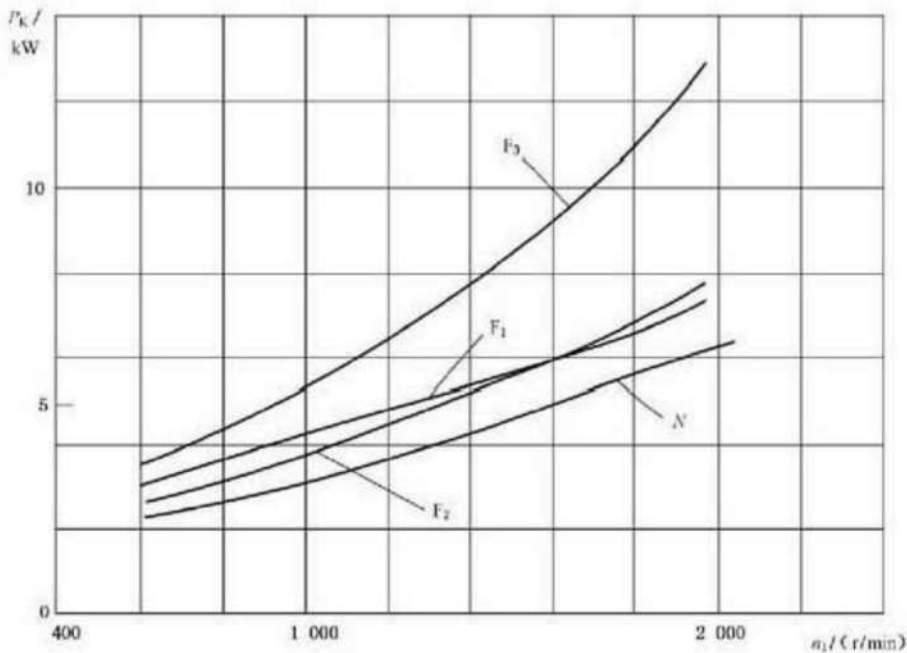


图 C.2 动力换挡变速器空载损失试验 $P_k=f(n_1)$ 关系曲线(后退挡略)

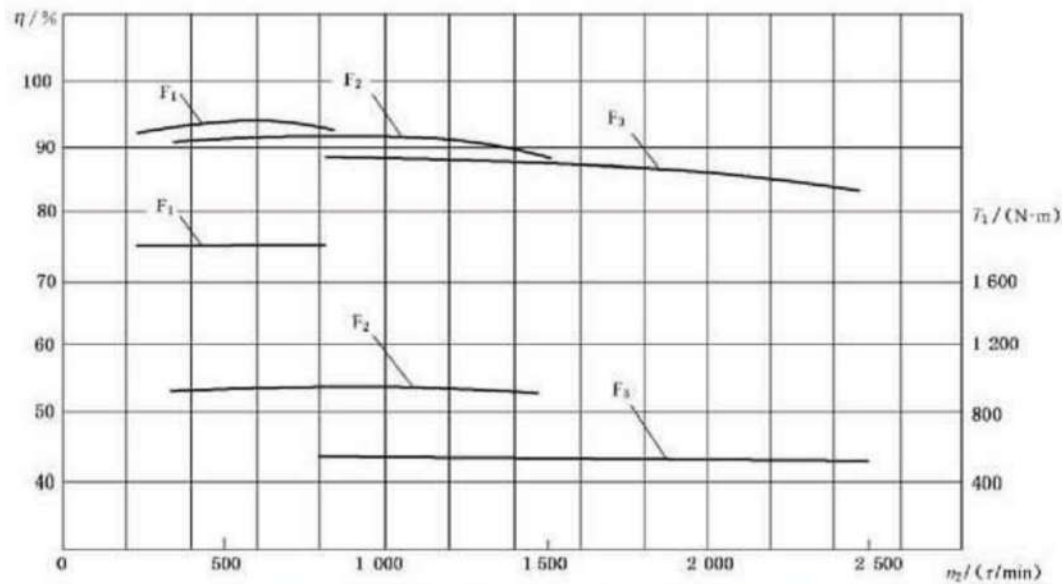


图 C.3 单独变速器效率试验 $\eta=f(n_2); T_2=f(n_2)$ 关系曲线(后退挡略)

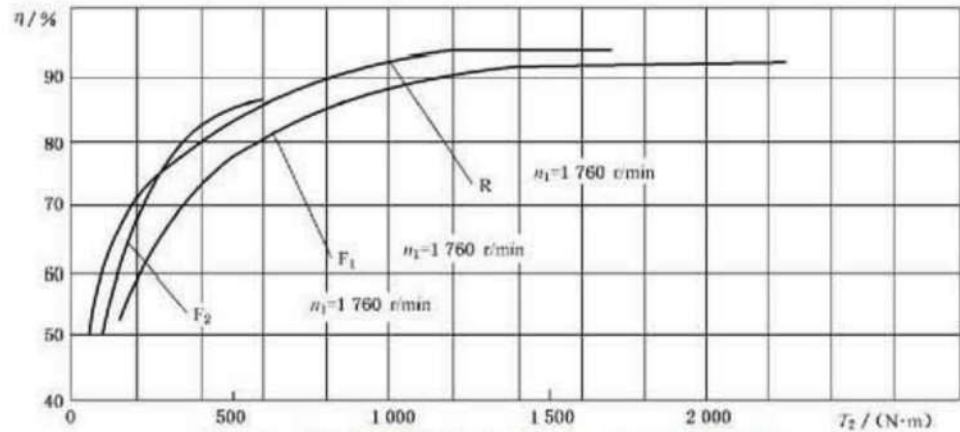


图 C.4 单独变速器效率试验 $\eta=f(T_2)$ 关系曲线

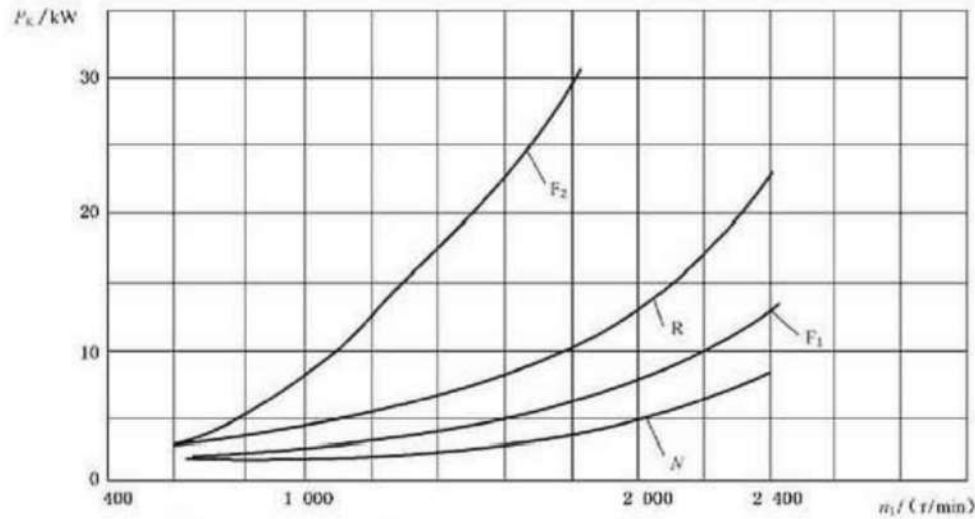


图 C.5 单独变速器空载损失试验 $P_k=f(n_1)$ 关系曲线

参 考 文 献

- [1] GB/T 1144—2001 矩形花键尺寸、公差和检验(neq ISO 14:1982)
 - [2] GB/T 1182—2008 产品几何技术规范(GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注(ISO 1101:2004, IDT)
 - [3] GB/T 1184—1996 形状和位置公差 未注公差值(eqv ISO 2768-2:1989)
 - [4] GB/T 3478.1~GB/T 3478.9—2008 圆柱直齿渐开线花键(米制模数 齿侧配合)
 - [5] GB/T 10095.1—2008 圆柱齿轮 精度制 第1部分:轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值(ISO 1328-1:1995, IDT)
 - [6] GB/T 10095.2—2008 圆柱齿轮 精度制 第2部分:径向综合偏差与径向跳动的定义和允许值(ISO 1328-2:1997, IDT)
 - [7] GB/T 13319—2003 产品几何量技术规范(GPS) 几何公差 位置度公差注法(ISO 5458:1998, IDT)
 - [8] GB/Z 18620.3—2002 圆柱齿轮 检验实施规范 第3部分:齿轮坯、轴中心距和轴线平等度(idt ISO/TR 10064-3:1996)
 - [9] GB/T 23934—2009 热卷圆柱螺旋压缩弹簧 技术条件
 - [10] JB/T 5936—1991 工程机械 机械加工件通用技术条件
 - [11] JB/T 5937—1991 工程机械 灰铸铁件通用技术条件
 - [12] JB/T 5938—1991 工程机械 球墨铸铁件通用技术条件
 - [13] JB/T 5939—1991 工程机械 铸钢件通用技术条件
 - [14] JB/T 5944—1991 工程机械 热处理件通用技术条件
 - [15] JB/T 5945—1991 工程机械 装配通用技术条件
 - [16] JB/T 9713—1999 工程机械 湿式铜基摩擦片 技术条件
 - [17] JB/T 10135—1999 工程机械 液力传动装置 技术条件
-