



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 14231—2021  
代替 GB/T 14231—1993

---

## 齿轮装置效率测定方法

Determination of efficiency for gear units

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 符号 ..... 1

4 测试仪器 ..... 2

    4.1 精度等级 ..... 2

    4.2 校准 ..... 2

5 测试要求 ..... 2

6 测试方法 ..... 3

    6.1 直测功率法 ..... 3

    6.2 损失功率法 ..... 4

7 测试步骤和数据处理 ..... 5

    7.1 测试步骤 ..... 5

    7.2 数据处理 ..... 6

8 记录和报告 ..... 8

    8.1 记录内容 ..... 8

    8.2 报告内容 ..... 8



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 14231—1993《齿轮装置效率测定方法》，与 GB/T 14231—1993 相比，主要技术变化如下：

- 将第 3 章标题“主要代号”更改为“符号”(见第 3 章,1993 年版的第 3 章)；
- 将 4.1 中“采用 JJG 924 中规定的不低于 1 级或 0.5 级的测试仪器,或精度相当的其他测试仪器”更改为“测试仪器的精度不宜低于 JJG 924 中规定(或与之相当)的 0.5 级。”(见 4.1,1993 年版的 4.1)；
- 将 4.2 中的“测试使用的仪器需经有关计量部门验定合格,并应在有效期内使用。”更改为“测试仪器应符合 JB/T 6876 和 JB/T 6877 的规定。”(见 4.2,1993 年版的 4.2)；
- 合并了“5.1 测试条件”和“5.2 齿轮装置与仪器的安装和联结”,改编为第 5 章,增加了“或由业务双方协商”等内容(见第 5 章,1993 年版的第 5 章)；
- 更改了式(3)[见式(3),1993 年版的式(3)]；
- 删除了 8.2 中的“b)给出转矩效率曲线;c)给出转速效率曲线”(见 1993 年版的 8.2)。

本标准由全国齿轮标准化技术委员会(SAC/TC 52)提出并归口。

本标准起草单位:郑州高端装备与信息产业技术研究院有限公司、郑州机械研究所有限公司、陕西法士特齿轮有限责任公司、东北特钢集团山东鹰轮机械有限公司、南京三创自动化科技有限公司、郑州中机轨道交通装备科技有限公司、江苏中工高端装备研究院有限公司、中机生产力促进中心。

本标准主要起草人:王伟、张元国、刘义、吕泮功、管洪杰、郭桂荣、龚宗洋、张祥儒、丁军、王志刚、侯圣文、范瑞丽、马聘天、弓宇、李海霞、向珣、余飞鹏、侯耐、李金峰、黄首峰、陈胜、邱国林、毛永明。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 14231—1993。



# 齿轮装置效率测定方法

## 1 范围

本标准规定了齿轮装置传动效率台架的测试仪器、测试要求、测试方法、测试步骤、数据处理、记录和报告。

本标准适用于传递动力的有独立封闭式箱体的齿轮装置的效率测定。

本标准不适用于某些特殊单元的效率测定,如与传动齿轮做成一体的压缩机、泵、发动机,或不以传递动力为主要目的的齿轮装置等。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- JB/T 6876 转矩转速传感器
- JB/T 6877 转矩转速测量仪
- JJG 924 转矩转速测量装置检定规程

## 3 符号

表 1 列出的符号适用于本文件。

表 1 符号及其单位列表

符 号	含 义	单 位
$\epsilon$	系数	
$\xi$	被测齿轮装置的功率损失值	
$\eta$	效率	
$\lambda$	转矩测量值的允许误差	N • m
	转速测量值的允许误差	r/min
$N$	测量次数	
$n$	转速	r/min
$n_i$	输入端转矩转速传感器测得的转速值	r/min
$n_o$	输出端转矩转速传感器测得的转速值	r/min
$\sigma$	转矩测量值的标准偏差	N • m
	转速测量值的标准偏差	r/min
$\bar{\sigma}$	转矩测量值的标准误差	N • m
	转速测量值的标准误差	r/min

表 1 (续)

符 号	含 义	单 位
$\bar{\sigma}_{Ti}$	输入端传感器测得的转矩标准误差	N · m
$\bar{\sigma}_{To}$	输出端传感器测得的转矩标准误差	N · m
$\bar{\sigma}_{ni}$	输入端传感器测得的转速标准误差	r/min
$\bar{\sigma}_{no}$	输出端传感器测得的转速标准误差	r/min
$\sigma_{\eta}$	效率测量误差	
$T$	转矩	N · m
$T_i$	输入端转矩转速传感器测得的转矩值	N · m
$T_o$	输出端转矩转速传感器测得的转矩值	N · m
$t$	应被剔除的粗大误差测量值的组数	
$X_j$	单次转矩测量值	N · m
	单次转速测量值	r/min
$\bar{X}$	转矩测量值的算术平均值	N · m
	转速测量值的算术平均值	r/min

4 测试仪器

4.1 精度等级

测试仪器的精度不宜低于 JJG 924 中规定(或与之相当)的 0.5 级。

4.2 校准

测试仪器应符合 JB/T 6876 和 JB/T 6877 的规定。  
测试前,应按操作要求做好仪器的零点调整等准备工作。

5 测试要求

被测齿轮装置测试时,应按以下要求安装、调试、跑合,并确定测试条件:

- a) 被测齿轮装置应按设计的功率流传输方向进行安装、测试。
- b) 被测齿轮装置各伸出轴的旋转方向应符合设计要求。
- c) 被测齿轮装置、测试仪器和其他设备在试验台上的联接形式应符合第 6 章的规定。
- d) 齿轮装置与传感器联接时的同轴度误差应符合传感器的使用要求;联轴器的重量也应符合传感器的使用要求。
- e) 应考虑试验台上其他附件(如联轴器等)和设备安装误差带来的功率损失导致的系统误差对效率测量值的影响。
- f) 被测齿轮装置应与设计要求保持相同的润滑(如油品、油量)。
- g) 被测齿轮装置应按设计要求进行前期跑合。
- h) 被测齿轮装置的测试转速按以下方式选择:  
——在固定转速下使用的齿轮装置,应按名义设计转速;



——在非固定转速下使用的齿轮装置,应根据载荷谱测试不同转速、转矩工况下对应的传动效率,并根据实际情况取用传动效率值;在没有载荷谱的情况下,一般应按原动机的额定转速作为测试速度。

——当用户要求在不同转速下测定效率时,可协商确定测试转速。

- i) 测试时,取值宜在齿轮装置的设计使用温度范围内和热平衡状态下进行。

热平衡状态由以下方法确定:

——在测试中,当 30 min 时间段内齿轮装置温度变化不超过 1 °C 时,即认为是热平衡状态;

——或以相应的行业标准;

——或由业务双方协商。

- j) 测试时,当齿轮装置的传动比较大或输出转速在低速区段时,加载装置会出现转速和转矩不稳定的状况。此时,应注意测试效率的准确性和试验装置的安全性。

## 6 测试方法

### 6.1 直测功率法

#### 6.1.1 释义

在试验台上,用仪器直接测量齿轮装置的输入和输出的转矩和转速,进而确定其传动效率的方法。

#### 6.1.2 选用条件

应按下列情况:

——设计效率值 $<98\%$ 时;

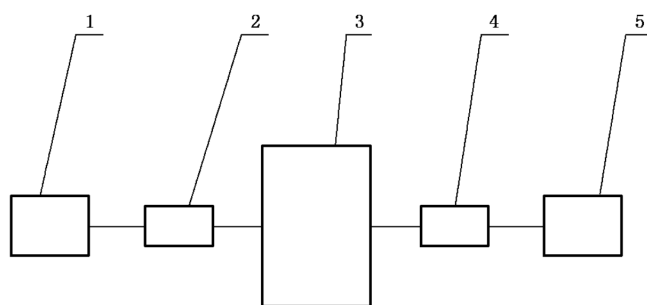
——虽然设计效率值 $\geq 98\%$ ,但是测试仪器精度较高,不会出现异常结果,且不宜采用损失功率法时。

#### 6.1.3 安装形式与计算公式

##### 6.1.3.1 单台直测功率法

单台直测功率法的安装形式与计算公式要求如下:

- a) 安装形式:在试验台上将齿轮装置安装在两台转矩转速传感器之间,见图 1。



说明:

1——驱动装置;

2——输入端转矩转速传感器;

3——被测齿轮装置;

4——输出端转矩转速传感器;

5——加载装置。

图 1 单台直测功率法试验台安装示意图

b) 计算公式:被测齿轮装置的效率值  $\eta$  的计算见式(1)。

$$\eta = \frac{T_o n_o}{T_i n_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

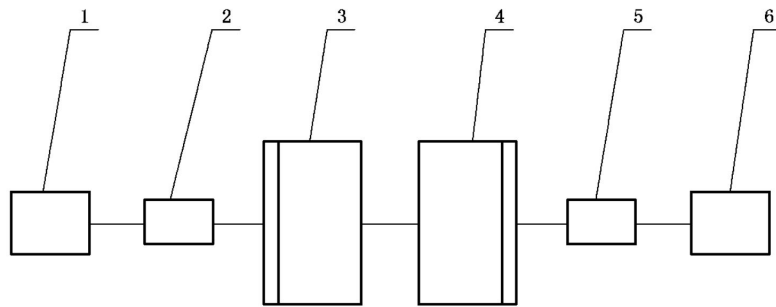
式中:

- $\eta$  ——被测齿轮装置的效率值;
- $T_o$  ——输出端转矩转速传感器测得的转矩值,单位为牛顿米(N·m);
- $T_i$  ——输入端转矩转速传感器测得的转矩值,单位为牛顿米(N·m);
- $n_o$  ——输出端转矩转速传感器测得的转速值,单位为转每分(r/min);
- $n_i$  ——输入端转矩转速传感器测得的转速值,单位为转每分(r/min)。

### 6.1.3.2 双台直测功率法

双台直测功率法的安装形式与计算公式要求如下:

a) 安装形式:试验台上将两台规格、型号和制造水平相同,并可以按照设计功率流正反双向传输的齿轮装置面对面(或背靠背)安装在两台转矩转速传感器之间,见图2。



说明:

- |                |                |
|----------------|----------------|
| 1——驱动装置;       | 4——被测齿轮装置2;    |
| 2——输入端转矩转速传感器; | 5——输出端转矩转速传感器; |
| 3——被测齿轮装置1;    | 6——加载装置。       |

图2 双台直测功率法试验台安装示意图

b) 计算公式:平均后的被测齿轮装置效率值  $\eta$  的计算见式(2)。

$$\eta = \sqrt{\frac{T_o}{T_i}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $\eta$  ——单台齿轮装置的效率值;
- $T_o$  ——输出端转矩转速传感器测得的转矩值,单位为牛顿米(N·m);
- $T_i$  ——输入端转矩转速传感器测得的转矩值,单位为牛顿米(N·m)。

## 6.2 损失功率法

### 6.2.1 释义

通过测定齿轮装置的损失功率来确定其传动效率的方法。

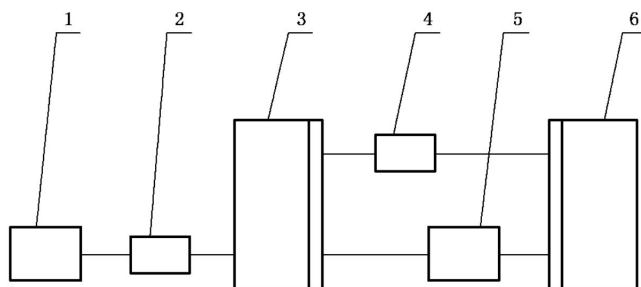
### 6.2.2 选用条件

当被测齿轮装置的输入和输出两轴平行位于装置同侧且设计效率 $\geq 98\%$ 时,宜采用此法。

### 6.2.3 安装形式与计算公式

损失功率法的安装形式与计算公式要求如下：

- a) 安装形式：齿轮装置安装在传动封闭的试验台上，见图 3。其中被测齿轮装置和陪试齿轮装置的规格、型号和制造水平应完全相同，其效率可视为相等。



说明：

- |                |                |
|----------------|----------------|
| 1——驱动装置；       | 4——输出端转矩转速传感器； |
| 2——输入端转矩转速传感器； | 5——加载装置；       |
| 3——陪试齿轮装置；     | 6——被测齿轮装置。     |

图 3 损失功率法试验台安装示意图

- b) 计算公式：被测齿轮装置的效率值  $\eta$  的计算见式(3)。

$$\eta = \left[ \sqrt{\left( \frac{T_i n_i}{2T_o n_o} \right)^2 + 1} - \xi \right] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $\eta$  ——被测齿轮装置的效率值；  
 $T_i$  ——输入端转矩转速传感器测得的转矩值，单位为牛顿米(N·m)；  
 $T_o$  ——输出端转矩转速传感器测得的转矩值，单位为牛顿米(N·m)；  
 $n_i$  ——输入端转矩转速传感器测得的转速值，单位为转每分(r/min)；  
 $n_o$  ——输出端转矩转速传感器测得的转速值，单位为转每分(r/min)；  
 $\xi$  ——被测齿轮装置的功率损失值，按式(4)计算。

$$\xi = \frac{T_i n_i}{2T_o n_o} \quad \dots\dots\dots (4)$$

## 7 测试步骤和数据处理

### 7.1 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 测量前，应按照第 4 章和第 5 章的要求进行准备。  
 b) 在规定条件下同时读取两台测量仪器的转矩和转速显示值作为一组数据，填入表 2。数据共需要 5 组~10 组，要求每组测量观察时间不得少于 10 s，读数稳定后方可记录观察值。

表 2 效率试验读数记录表

第 X 次测量		测量值			
		$T_o$	$T_i$	$n_o$	$n_i$
		N · m		r/min	
组序 $j$	1				
	2				
	⋮ ⋮				
	$N-1$				
	$N$				

7.2 数据处理

7.2.1 效率计算

将表 2 数据按以下步骤进行计算和比较,直至得到最终值。

a) 将某列数据按式(5)计算出算术平均值:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^{N-t} X_j}{N-t}$$

.....( 5 )

式中:

- $\bar{X}$  ——算术平均值,单位为牛顿米(N · m)或转每分(r/min);
- $X_j$  ——有效的单组测量值,单位为牛顿米(N · m)或转每分(r/min);
- $j$  ——组序号, $j=1,2,3,\cdots,N$ ;
- $N$  ——总的测量组数;
- $t$  ——被剔除的粗大误差测量值的组数, $t=0,1,2,3,\cdots$ 。

b) 该列数据的标准偏差  $\sigma$  的计算见式(6):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N-t} (X_j - \bar{X})^2}{(N-t-1)}}$$

.....( 6 )

式中:

$\sigma$  ——标准偏差,单位为牛顿米(N · m)或转每分(r/min)。

c) 该列数据的允许误差  $\lambda$  的计算见式(7):

$$\lambda = \varepsilon \sigma$$

.....( 7 )

式中:

- $\lambda$  ——允许误差,单位为牛顿米(N · m)或转每分(r/min);
- $\varepsilon$  ——系数,由表 3 查得。

表 3 系数  $\varepsilon$  的确定

$N-t$	5	6	7	8	9	10
$\varepsilon$	1.65	1.73	1.80	1.86	1.92	1.95

- d) 将 $(X_j - \bar{X})$ 值逐个与 $\lambda$ 进行比较,如果某个 $(X_j - \bar{X})$ 值超过 $\pm\lambda$ 范围,则该值判为粗大误差。每剔除一个粗大误差后,应重新从 7.2.1 a) 进行计算和比较,直到满足 $-\lambda \leq (X_j - \bar{X}) \leq \lambda$ 。
- e) 如果剔除组数  $t$  超过表 4 的规定,则应重新进行本次试验。

表 4 粗大误差测量值组数  $t$  的最大值

$N$ 的初值	5	6	7	8	9	10
$t \leq$	1	1	2	2	3	3

- f) 将该列数据处理后剩余的测量值按式(5)求出算数平均值,即为计算的转矩或转速值。
- g) 根据所采用的第 6 章说明的特定测试方法,按照式(1)或式(2)或式(3)计算出被测齿轮装置的传动效率值。

## 7.2.2 误差计算

在完成 7.2.1 a)~f) 计算以后,表 2 中某列数据(转矩和转速)的标准误差  $\bar{\sigma}$  的计算见式(8):

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{N-t}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N-t} (X_j - \bar{X})^2}{(N-t)(N-t-1)}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

分别得到齿轮装置相应的转矩标准误差  $\bar{\sigma}_T$  和转速标准误差  $\bar{\sigma}_n$ 。

根据所采用的第 6 章说明的某种测试方法,将式(8)得到的  $\bar{\sigma}_T$  和  $\bar{\sigma}_n$  代入式(9)~式(11)中的某个公式,即可算出对应的齿轮装置传动效率的测量误差  $\sigma_\eta$ 。

具体算法如下:

- a) 单台直测功率法的测量误差  $\sigma_\eta$  的计算见式(9):

$$\sigma_\eta = \pm \eta \sqrt{\left(\frac{\bar{\sigma}_{T_o}}{T_o}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\sigma}_{T_i}}{T_i}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\sigma}_{n_o}}{n_o}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\sigma}_{n_i}}{n_i}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$\bar{\sigma}_{T_o}$ ——输出端传感器测得的转矩标准误差,单位为牛顿米(N·m);

$\bar{\sigma}_{T_i}$ ——输入端传感器测得的转矩标准误差,单位为牛顿米(N·m);

$\bar{\sigma}_{n_o}$ ——输出端传感器测得的转速标准误差,单位为转每分(r/min);

$\bar{\sigma}_{n_i}$ ——输入端传感器测得的转速标准误差,单位为转每分(r/min)。

- b) 双台直测功率法的测量误差  $\sigma_\eta$  的计算见式(10):

$$\sigma_\eta = \pm \frac{1}{2} \eta \sqrt{\left(\frac{\bar{\sigma}_{T_o}}{T_o}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\sigma}_{T_i}}{T_i}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$\bar{\sigma}_{T_o}$ ——输出端传感器测得的转矩标准误差,单位为牛顿米(N·m);

$\bar{\sigma}_{T_i}$ ——输入端传感器测得的转矩标准误差,单位为牛顿米(N·m)。

- c) 损失功率法的测量误差  $\sigma_\eta$  的计算见式(11):

$$\sigma_\eta = \pm (1 - \eta) \sqrt{\left(\frac{\bar{\sigma}_{T_i}}{T_i}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\sigma}_{T_o}}{T_o}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\sigma}_{n_i}}{n_i}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\sigma}_{n_o}}{n_o}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$\bar{\sigma}_{T_i}$ ——输入端传感器测得的转矩标准误差,单位为牛顿米(N·m);

$\bar{\sigma}_{T_o}$ ——输出端传感器测得的转矩标准误差,单位为牛顿米(N·m);

$\bar{\sigma}_{n_i}$ ——输入端传感器测得的转速标准误差,单位为转每分(r/min);

$\bar{\sigma}_{110}$ ——输出端传感器测得的转速标准误差,单位为转每分(r/min)。

8 记录和报告

8.1 记录内容

8.1.1 基本要求

应至少包含以下内容:

- a) 试验目的;
- b) 被测齿轮装置主要技术参数、出厂编号及日期;
- c) 试验台安装简图;
- d) 测试条件(测量设备、环境温度、润滑状态等);
- e) 测试方法;
- f) 测试结果。

8.1.2 测试仪器

测试前测试仪器状况记录见表 5。

表 5 测试仪器状况记录

序号	名称	型号	编号	精度等级	校准有效期

8.1.3 测量数据

按表 2 记录测量数据。

8.1.4 数据处理结果

按照 7.2.1 要求计算、处理、记录各组转矩和转速值。

8.1.5 其他

测试单位、测试人员、时间和地点。

8.2 报告内容

测量报告应包括下列内容:

- a) 8.1 所涉及的内容;
- b) 按照 7.2.1 计算的齿轮装置效率值;
- c) 按照 7.2.2 计算的测量误差值。



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
齿轮装置效率测定方法  
GB/T 14231—2021

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2021年3月第一版

\*

书号: 155066 · 1-67069

版权专有 侵权必究



GB/T 14231-2021



码上扫一扫 正版服务到