

机械工程基础与通用标准实用丛书

渐开线圆柱齿轮

中国机械工程学会

机械工程基础与通用标准实用丛书编委会

中国计划出版社

TH132.41
55

Today Standard

中国机械工程学会

机械工程基础与通用标准实用丛书编委会

TH132.41
55

渐开线圆柱齿轮

刘巽尔 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国计划出版社

图书在版编目(CIP)数据

渐开线圆柱齿轮/中国机械工程学会, 机械工程基础与通用标准实用丛书编委会编. —北京: 中国计划出版社, 2004.6

(机械工程基础与通用标准实用丛书)

ISBN 7-80177-293-3

I. 渐... II. ①中...②机... III. 渐开线齿轮: 圆柱齿轮 IV. TH132.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 049324 号

机械工程基础与通用标准实用丛书

渐开线圆柱齿轮

中国机械工程学会

机械工程基础与通用标准实用丛书编委会

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906413 63906414)

新华书店北京发行所发行

三河市汇鑫印务有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 10.75 印张 192 千字

2004 年 6 月第一版 2004 年 6 月第一次印刷

☆

ISBN 7-80177-273-3/TH·006

定价: 28.00 元

标准是市场经济有序
发展的技术基础是提
高经济增长质量和效
益的技术支撑

何光远

2000年
9月廿三日

原机械工业部部长、中国机械工程学会荣誉理事长何光远题词

编 审 委 员 会

名誉主任：陆燕荪(原机械工业部副部长、中国机械工业联合会特别顾问、中国机械工程学会荣誉理事长)

李忠海(国家标准化管理委员会主任、中国机械工程学会副理事长)

主 任：宋天虎(中国机械工程学会副理事长兼秘书长、中国机械工业联合会副会长,教授级高工)

副 主 任：邢 敏(中国机床总公司总裁,教授级高工)

王金弟(中国机械工业联合会标准工作部主任)

强 毅(机械工业生产力促进中心主任,教授级高工)

委 员：(以姓氏笔画为序)

于振凡	方效良	王 利	王为国	王世刚
王建中	王金弟	刘巽尔	孙晓岩	朱晓滨
邢 敏	余庭和	张 锦	张民安	张明圣
张咸胜	李安民	李建春	李晓滨	李维荣
杨东拜	汪 恺	陈玉国	陈俊宝	陈超志
明翠新	林江海	胡觉凡	赵占京	徐 萍
郭连庄	顾孟洁	顾洪洁	黄 雪	强 毅
路增林	熊才启	谭湘宁		

总 策 划：徐 萍 王建中

技术顾问：汪 恺 余庭和 刘巽尔

总 主 编：黄 雪 杨东拜

编 辑 委 员 会

主 任：徐 萍

副 主 任：孙晓岩 朱晓滨

编 辑：（以姓氏笔画为序）

方效良 王曼宁 孙晓岩 朱晓滨

胡若莹 崔贺贤 傅立谚

序

机械是现代社会进行生产和服务的五大要素(即人力、资金、能量、材料和机械)之一,能量和材料的生产也必须有机械的参与。任何现代产业和工程领域都需要应用机械,诸如发电设备、农业机械、冶金矿山机械、轻工纺织机械、交通运输机械、仪器仪表和自动化装置,乃至人们日常生活中普遍应用的自行车、钟表、照相机以及品类繁多的家用电器等。各个工程领域的发展,都要求机械工程有与之相适应的发展,都需要机械工程提供所必需的机械。机械工程在各方面不断提高的需求的压力下获得发展动力,同时又从各个学科和技术的进步中获得改进和创新的能力。

机械设计是机械产品研制的第一道工序,是装备制造业的基础软件。设计和制造的质量与水平,直接关系到产品的质量、性能、研制周期、市场竞争力和整个企业的技术经济效益。机械设计的理论与方法,来源于科学理论的指导和实践经验的总结。机械工程的基础与通用标准是机械设计与制造的基石,是广大机械工程师、工艺师所必备的规范性知识和基本工作指南。

由中国机械工程学会组织编写的《机械工程基础与通用标准实用丛书》,以先进性、实用性、系统性和权威性为特色,密切跟踪和及时反映了国际国内科技进步和相关标准制定、修订的最新成果及其动向,为我国机械工程领域的广大科技工作者深入理解和全面贯彻相关标准提供了系统、准确、简明和实用的规范性手册。

丛书重点选入 2000 年以后制定、修订的最新标准,集中反映了我国机械工程领域标准化的最新成果和国际标准化的现实水平。丛书在结构上按专业体系对现行标准进行系统提炼和有机

整合,对标准的应用难点和贯彻要点进行扼要阐述,力求在深度和广度上更好地满足标准使用者的需求。

我相信,由《机械制图》、《极限与配合》、《形状和位置公差》、《螺纹及其联结》、《表面结构》、《键与花键》、《紧固件》、《渐开线圆柱齿轮》、《抽样检验》和《产品运输包装》等构成的这套丛书的出版,对提高机械工程和产品的开发、设计、创新和市场竞争能力将起到积极的作用,对我国当前振兴装备制造业,实现从制造大国走向制造强国的宏图也将起到有效的推动作用。

原机械工业部副部长
中国机械工业联合会特别顾问
中国机械工程学会荣誉理事长

陆燕萍

编者的话

我国的渐开线圆柱齿轮的精度标准始于1960年,按原苏联国家标准ГОСТ 1643—1956制定了JB 179—1960《圆柱齿轮传动公差》。进入20世纪80年代,按照等效采用国际标准的原则,根据ISO 1328:1975制定了JB 179—1983《渐开线圆柱齿轮精度》,并于1988年经修订后调整为GB 10095—1988。继而,独立制定了与精度标准配套应用的检验标准GB/T 13924—1992《渐开线圆柱齿轮精度检验规范》。此外,还先后制定、修订完成了GB/T 10225—1988《小模数锥齿轮 精度》、GB/T 2363—1990《小模数渐开线圆柱齿轮 精度》和GB/T 15753—1995《圆弧圆柱齿轮 精度》等各类齿轮的精度标准。

在1992~1997年间,国际标准化组织(ISO)又陆续制定、修订并发布了ISO 1328两项标准和ISO/TR 10064四项技术报告。全国齿轮标准化技术委员会(SAC/TC52)按照等同采用国际标准的原则,制定、修订了下列标准或标准化指导性技术文件:

- GB/T 10095.1—2001 渐开线圆柱齿轮 精度 第1部分:轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值
- GB/T 10095.2—2001 渐开线圆柱齿轮 精度 第2部分:径向综合偏差与径向跳动的定义和允许值
- GB/Z 18620.1—2002 圆柱齿轮 检验实施规范 第1部分:轮齿同侧齿面的检验
- GB/Z 18620.2—2002 圆柱齿轮 检验实施规范 第2部分:径向综合偏差、径向跳动、齿厚和侧隙的检验
- GB/Z 18620.3—2002 圆柱齿轮 检验实施规范 第3部分:齿轮坯、轴中心距和轴线平行度

GB/Z 18620.4—2002 圆柱齿轮 检验实施规范 第4部分：
表面结构和轮齿接触斑点的检验

本书将对上列国家标准和国家标准化指导性技术文件的主要内容作概要介绍。这里,需要说明以下几个问题,敬请读者注意:

第一,关于术语名称。GB/T 10095—2001 统一用“偏差”(deviation)表示实际要素(或实际值)对理想(设计)要素(或给定值)的变动或偏离。例如,实际齿廓对理想(设计)齿廓的变动称为齿廓偏差,实际齿距对理论齿距的偏离称为齿距偏差,这就忽略了“变动”与“偏离”的区别。“变动”是用最小包容区域的宽度或直径来表示的、没有正负号的量,而“偏离”则是实际值减去给定值(或标称值)所得的代数差,必须用带正负号的数值表示。

本书按照《极限与配合》和《形状和位置公差》国家标准中规定的基本概念,称实际要素对理想要素的变动为“误差”,实际值对给定值之差为“偏差”,如齿廓误差、齿向误差、齿距偏差、齿厚偏差等。这样,不仅概念准确,而且与相应的允许值相统一。误差的允许值为公差,如齿廓公差、齿向公差等;偏差(或称实际偏差)的允许值为极限偏差(上偏差与下偏差),如齿距极限偏差、齿厚极限偏差等。

第二,关于术语代号。GB/T 10095—2001 对“偏差”及其允许值(公差或极限偏差)采用相同的主代号(加注适当角标的 f 和 F),因此无法区别这两类不同的概念。本书沿用 GB 10095—1988 采用的方法,公差或极限偏差采用 GB/T 10095—2001 的代号,即加注适当角标的主代号 f 和 F ,而误差或偏差的代号则在相应的公差或极限偏差主代号前加注 Δ 加以区别。例如,齿廓总公差 F_α 、齿廓总误差 ΔF_α ;齿距极限偏差 $\pm f_{pt}$,齿距偏差 Δf_{pt} ;齿线总公差 F_β ,齿线总误差 ΔF_β ;径向跳动公差 F_r ,径向跳动 ΔF_r 等。

第三,关于精度项目。渐开线圆柱齿轮的齿面精度可以分解为齿面的形状精度、方向精度和位置精度三类。对于齿轮这一特定对象,它们可以分别称为齿廓(形状)精度、齿线(方向)精度和齿距(位置)精度,本书就是基于这一概念论述轮齿同侧齿面各精度项目的。这与 GB/T 10095.1—2001 规定的唯一差别在于方向精度,GB/T 10095.1—2001 称之为“螺旋线”精度,而本书称之为“齿线”精度。

编者以为,GB/T 10095.1—2001 不用“齿线”而用“螺旋线”来表达齿的方向特性是不妥的。一则与“齿廓”、“齿距”的称谓不相匹配,不能表达轮齿的特性;再则不适用于直齿齿轮。如果齿线称为“螺旋线”,那么齿廓是否应改称“渐开线”?显然,这在概念上是混乱的。此外,GB/T 10095.2—2001 将原“齿圈径向跳动”改为“径向跳动”,易与形状和位置公差中的径向跳动相混淆,也欠妥。

第四,关于检验规范。1992 年我国曾发布 GB/T 13924—1992 《渐开线圆柱齿轮精度检验规范》,作为配套标准,规定了 GB 10095—1988 《渐开线圆柱齿轮 精度》中给出的:切向综合误差、一齿切向综合误差、径向综合误差、一齿径向综合误差、齿距累积误差、 k 个齿距累积误差、齿圈径向跳动、公法线长度变动、齿形误差、齿距偏差、基节偏差、齿向误差、接触线误差、轴向齿距偏差、螺旋线波度误差、齿厚偏差、公法线平均长度偏差、齿轮副的切向综合误差、齿轮副的一齿切向综合误差、齿轮副的接触斑点等 20 个精度项目和齿轮副的侧隙,以及齿厚偏差的替代项目:基本齿廓位移、跨棒距偏差和双啮中心距偏差的检验规范(包括测量方法和测量器具、测量因素分析、测量结果处理),还对“齿轮整体误差”的检验方法作了详细的规定。因此,GB/T 13924—1992 具有良好的可操作性和较高的实用价值。

等同采用 ISO/TR 10064:1992 的 GB/Z 18620—2002 是作为国家标准化指导性技术文件发布的,它只提供了实施齿轮检验的指导性的说明和建议,可作为产品齿轮的供需双方商定协议时的指南。它们分别对齿轮轮齿同侧齿面的精度项目、双侧齿面的精度项目、齿轮配合、表面结构和接触斑点的检验方法和测量结果分析提出了建议。这四个指导性技术文件都是 GB/T 10095—2001 《渐开线圆柱齿轮 精度》的补充。

此外,GB/Z 18620.3—2002 仅对齿轮坯的精度、中心距极限偏差和轴线平行度公差提供了推荐数值和指导意见,完全不涉及检验问题,似有名实不符之嫌。GB/Z 18620.4—2002 中关于表面结构的术语和定义,以及关于粗糙度轮廓的“实体比率曲线”的论述,则完全与 GB/T 3505—2000 《产品几何技术规范 表面结构 轮廓法 表面结构的术语、定义及参数》和 GB/T 18778.2—2003/ISO 13565-2:1996 《产品几何量技术规范(GPS) 表面结构 轮

廓法 具有复合加工特征的表面 第2部分:用线性化的支承率曲线表征高度特性》的规定相重复。表达同一概念的两个术语“支承率曲线”和“实体比率曲线”也未予统一。因此,本书未对表面结构的术语、定义及评定参数进行介绍,需要时,读者可参阅丛书的《表面结构》。

国家质量监督检验检疫总局在发布 GB/Z 18620—2002 时,并未同时废除 GB/T 13924—1992。所以,齿轮产品的设计、制造、检验和标准化工作人员,不仅应该学习和掌握 GB/Z 18620—2002,同时也应该熟悉和掌握 GB/T 13924—1992 的规定。全国齿轮标准化技术委员会(SAC/TC52)在说明 GB/Z 18620—2002 时表示,在产品齿轮质量的评定中,还应该继续同时执行 GB/T 13924—1992 的规定。限于篇幅并考虑到 GB/T 13924—1992 已经有不少专著作过介绍,本书对齿轮检验只介绍 GB/Z 18620—2002。

在实际工作中,GB/T 10095—2001 规定的精度项目并不会全部在设计图样上给出,从而也不需对齿轮的每个精度项目进行检验,因为这既是不经济的,也是不必要的。如前所述,对于特定的齿轮,有些精度项目对其功能要求没有明显的影响,而有些精度项目的检验可以代替另一些精度项目,例如切向综合误差的检验可以代替齿距偏差的检验,径向综合误差的检验可以代替(齿圈)径向跳动的检验。

正在制定中的 ISO/TR 10063 将按齿轮工作性能要求,推荐检验项目组和图样标注的公差族。必须强调,齿轮检验项目的确定必须经供需双方协商一致,方为有效。

限于能力和水平,加之时间的仓促,挂一漏万,不妥和不足之处祈盼读者给予赐正。

编 者

2004 年 1 月

目 录

序

编者的话

1	上篇 渐开线圆柱齿轮的精度
3	第一章 轮齿同侧齿面的精度
3	第一节 精度项目
13	第二节 精度结构与允许值
27	第二章 齿轮径向综合精度
27	第一节 精度项目
28	第二节 精度结构与允许值
36	第三章 齿轮精度的选用
37	第一节 精度等级的选用
39	第二节 精度项目的选用
41	第四章 齿轮配合
42	第一节 齿厚
46	第二节 公法线长度
47	第三节 侧隙
50	第五章 齿坯精度与轴线精度
50	第一节 齿坯精度
53	第二节 轴线精度
57	第六章 表面结构与接触斑点
57	第一节 表面结构
60	第二节 接触斑点
63	第七章 齿轮精度标准的应用示例
66	第八章 新旧齿轮精度标准的比较分析
66	第一节 总体结构
66	第二节 适用范围
67	第三节 精度等级和精度项目
69	第四节 公差值

15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

第五节 其他

附录 A 渐开线圆柱齿轮模数

附录 B 基本齿条

附录 C 齿廓形状公差 f_{fa} 值、齿廓倾斜极限偏差 $\pm f_{H\alpha}$ 的 $f_{H\alpha}$ 值、齿线(螺旋线)形状公差 f_{fb} 值和齿线(螺旋线)倾斜极限偏差 $\pm f_{H\beta}$ 的 $f_{H\beta}$ 值

下篇 渐形线圆柱齿轮的检验

第九章 检验位置的识别

第十章 齿距的检测

第一节 齿距偏差的相对测量

第二节 齿距偏差的绝对测量

第三节 基圆齿距的测量

第十一章 齿廓的检测

第一节 测量方法

第二节 评定方法

第十二章 齿线的检测

第一节 测量方法

第二节 评定方法

第十三章 切向综合误差的检测

第一节 测量方法

第二节 评定方法

第十四章 径向综合误差与径向跳动的检测

第一节 径向综合误差的测量

第二节 径向跳动的测量

第十五章 齿厚及其替代参数的检测

第一节 齿厚的测量

第二节 公法线长度的测量

第三节 跨棒距的测量

第四节 径向综合偏差的测量

第十六章 表面结构与接触斑点的检测

第一节 表面结构的测量

第二节 接触斑点的检验

上 篇

渐开线圆柱齿轮的精度

第一章 轮齿同侧齿面的精度

GB/T 10095.1—2001《渐开线圆柱齿轮 精度 第1部分:轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值》规定了单个渐开线圆柱齿轮的轮齿同侧齿面的精度,包括轮齿同侧齿面各精度项目的术语及定义、精度结构以及齿距偏差、齿廓总误差和齿线总误差的允许值,并在附录中给出了切向综合误差的允许值及其计算公式、齿廓和齿线的形状误差和倾斜偏差的允许值,它们都不是必检的精度项目。

在应用 GB/T 10095.1—2001 时,必须非常熟悉 GB/Z 18620.1—2002 所列的检验方法和步骤,不宜采用其他的检测技术。

实现渐开线圆柱齿轮传动功能的主要几何要素是沿圆柱面分布的渐开线齿面。齿面的精度直接影响到齿轮副的传动精度、传动平稳和承载能力等功能要求。齿面精度可以分解为形状精度(齿廓精度)、方向精度(齿向精度)、位置精度(齿距精度)以及综合精度。

第一节 精度项目

一、齿距精度

齿距精度就是齿面沿齿轮圆周分布的位置精度,可以由单个齿距偏差(Δf_{pt})、齿距累积偏差(ΔF_{pk})和齿距累积总误差(ΔF_p)来表达。

1. 单个齿距偏差

单个齿距偏差 Δf_{pt} 是在齿轮的端平面上,在接近齿高中部的一个与齿轮轴线同心的圆上,实际齿距 p_{ta} 与理论齿距 p_t 的代数差,简称齿距偏差,如图 1-1 所示。

$$\Delta f_{pt} = p_{ta} - p_t$$

式中:

Δf_{pt} ——齿距偏差;

p_{ta} ——实际齿距;

p_t ——理论齿距。

实际齿距 p_{ta} 大于理论齿距 p_t 时,齿距偏差 Δf_{pt} 为正;实际齿距 p_{ta} 小于理论齿距 p_t 时,齿距偏差 Δf_{pt} 为负。

由于齿距偏差的测量圆的直径难以确定,所以,理论齿距 p_t 不一定等于公称齿距 $m\pi$,而是根据齿距偏差的圆周闭合性确定的平均齿距,即在齿轮整个圆周上全部实际齿距的平均值。

$$p_t = \sum_{i=1}^z p_{tai} / z$$

式中:

p_{tai} ——第 i 个齿距的实际齿距;