

机械工程基础与通用标准实用丛书

键 与 花 键

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

TH131.4
3

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

TH131.4

3

键与花键

明翠新 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

键与花键/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, 2004.8

(机械工程基础与通用标准实用丛书)

ISBN 7-80177-274-1

I. 键... II. ①中...②机... III. ①键②花键
IV. TH131.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 080419 号

机械工程基础与通用标准实用丛书

键 与 花 键

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:63906433 63906381)

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 15 印张 263 千字

2004 年 8 月第一版 2004 年 8 月第一次印刷

☆

ISBN 7-80177-274-1/TH·007

定价:35.00 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

二〇〇四年
四月廿三日

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

在机械传动中,键与花键联结应用非常广泛,可以说,凡有同轴联结的地方就有键与花键的联结。

键联结具有结构简单、联结可靠、加工容易、装拆方便、成本低廉等优点,在各种机械传动中被普遍采用。但是,自 18 世纪欧洲工业革命以后,随着机械传动(尤其是齿轮传动)迅速发展,其传动功率大幅度提高,键联结在很多传动中已不能满足要求,从而便出现了花键联结。花键联结又分矩形花键联结和渐开线花键联结两类。

从 19 世纪末至 20 世纪中叶,矩形花键联结在机械传动中占有极其重要的位置。随着机械工业的不断发展,尤其是航空工业和舰船工业的发展,大功率发动机与重载传动机构的出现,矩形花键在强度、结构型式和性能等方面满足不了新的要求,于是又出现了渐开线花键联结。

适应于键与花键联结应用与推广的需要,工业发达国家先后都制定了自己的国家标准;国际标准化组织(ISO)于 1947 年成立时,即设立了“键与花键”技术委员会(ISO/TC14),开始组织制定该领域的国际标准。我国在建国初期,在总结实践经验和学习借鉴前苏联等国家先进经验的基础上开展了键与花键的标准化工作;在 20 世纪 50 年代我国发布的第一批国家标准中就有“键联结”标准。经过几十年来的发展,键与花键联结标准已形成了较为完整的体系,现行国家标准共有 40 多个,总体水平已达到 20 世纪 90 年代国际水平。

为了使广大机械设计、工艺、检验和标准化工程技术人员全面了解和正确使用键与花键国家标准,我们特组织了来自生产第一线、具有丰富实践经验和长期从事标准化工作的专家编写了本书,对机械传动系统中常用的键与花键联结标准的基本内容、理

解与实施要点等进行了全面阐述。本书注重标准应用的实践性,对标准实施的要点和难点,以及新旧标准对应关系等读者最为关注的技术问题,都作了较详细的讲解,为企业在产品设计时如何选用键与花键联结及其加工设备、刀具、量具等方面提供了技术依据。

本书主编为明翠新,副主编为刘启国、黄静莉。参加编写的人员还有:常宝印、沈志芳、张新辉、李桂林、马料宝和许文江。本书主审为李亚平。

本书可供从事产品设计、机械加工、计量、检验和科研、教学的工程技术人员参考。书中不足之处,敬请读者不吝指正。

编 者

2004 年 6 月

目 录

序

编者的话

1

第一章 概 论

1

第一节 键与花键联结的特点

3

第二节 键与花键联结的用途

4

第三节 键与花键联结的标准化

7

第二章 术语、代号及定义

16

第三章 键联结

16

第一节 键的结构型式及尺寸

37

第二节 键槽的剖面尺寸

45

第三节 标记

47

第四节 理解与实施

50

第四章 轴伸联结

50

第一节 圆锥形轴伸的联结

55

第二节 圆柱形轴伸的联结

58

第五章 无键联结

58

第一节 胀紧联结套的分类与结构

60

第二节 胀紧联结套的基本尺寸参数

71

第三节 结合面的公差及表面粗糙度

71

第四节 检验

72

第五节 理解与实施

76

第六章 矩形花键联结

76

第一节 基本尺寸

77

第二节 键槽截面形状和尺寸

79

第三节 公差与配合

82

第四节 标记

83

第五节 相关标准介绍

87

第六节 理解与实施

98	第七章 渐开线花键联结
98	第一节 尺寸
112	第二节 基本齿廓
114	第三节 公差与配合
149	第四节 作用尺寸与实际尺寸
150	第五节 标记
155	第六节 理解与实施
158	第八章 花键检验
158	第一节 矩形花键检验
172	第二节 渐开线花键检验
196	第三节 理解与实施
200	第九章 花键承载能力计算
200	第一节 常见的失效形式
201	第二节 承载能力计算方法
209	第三节 提高花键承载能力的措施
210	第四节 计算示例
215	附 录
215	第一节 渐开线花键标准基本情况及分析比较
224	第二节 矩形花键标准基本情况及分析比较
227	第三节 键、花键联结现行标准目录

第一章 概 论

第一节 键与花键联结的特点

在机械传动的轴、孔联结中,键与花键联结应用最广泛,可以说,只要有同轴联结的地方就有键与花键的联结。键与花键联结是随着工业的发展而逐渐形成和发展起来的。键与花键联结包括键联结、无键联结、矩形花键联结和渐开线花键联结。

一、键联结的特点

键联结包括平键、半圆键、楔键和切向键等联结型式,其特点为:

- 1) 各种键联结的剖面形状简单;
- 2) 结构紧凑,联结可靠;
- 3) 刀具简单,加工容易,精度高,互换性好;
- 4) 装拆方便,便于维修;
- 5) 适合大批量生产,成本低廉。

二、无键联结的特点

无键联结目前主要是胀紧联结套联结,是一种新型的联结方式,德国、日本、美国等发达国家在各种传动机械中都已广泛采用,并取代了键联结和过盈联结。其突出特点是:

1) 可大大提高轴的强度,节约金属材料。因为轴不需要加工键槽,从而使轴的强度大大提高,在传递同等扭矩的条件下,轴的直径和长度明显减小,可节约材料60%。

2) 安装方便。无须加热或采用加压设备进行安装,只需将螺钉按规定的程序和扭矩拧紧,即可牢固地安装相关联结零件。拆卸时,只需松开压紧螺钉,并用顶出螺钉拧动加压后即可解除联结状态,与联结零件分开。轴向安装时,不需任何轴向固定装置就可以随意调整其轴向位置尺寸及零件的相对角度。

3) 适合现代传动系统。

4) 适合传动不平稳的场合,如加速和制动。

5) 无键联结完全避免了对轴和轴套的破坏,而键槽、销等的联结,则会因剪切应力对轴和轴套造成破坏。

6) 适合高速传动。

7) 对污垢不敏感。

8) 可重复使用。

9) 过载时打滑,可对机械部件进行保护(应避免重度打滑)。

10) 无键联结的计算选型简单。

三、矩形花键联结的特点

矩形花键联结分为轻系列和中系列,主要特点为:

- 1) 各键与轴或轮毂制成一体,强度高、刚度大;
- 2) 各键均布在轴或轮毂上,受力均匀;
- 3) 键齿多,承载能力大;
- 4) 易获得高精度,互换性好;
- 5) 定心精度高,耐磨性好,尤其在径向外力作用下,仍可保证定心精度;
- 6) 导向性好,适用于滑动联结。

由于矩形花键具有定心精度高、导向性好等独特优点,一直在某些行业(如机床行业)得到广泛应用。

四、渐开线花键联结的特点

与矩形花键联结相比,渐开线花键联结有以下特点:

1) 自动定心。渐开线花键副在键齿侧面受力后产生的径向分力作用下,使内、外花键的轴线自动重合(各键齿均受力后,径向分力的合力为零)。即当内花键(或外花键)位置确定后,另一花键的位置受力后(对于过盈配合的花键副是装配后)也就自动确定了,这种特性称为自动定心。

2) 齿面接触好。由于键齿的齿形为渐开线,故键侧的法向间隙相等,受力后沿全工作齿高接触,而矩形花键受力后,沿齿高是齿顶接触、齿根有间隙,沿工作齿高线接触。

同时,渐开线花键副受力后,由于有自动定心特性,可以使多数键齿同时接触。矩形花键只有少数齿接触。

3) 启动时承载能力好。对于渐开线花键,启动时或载荷变向时,键齿是以滑合方式进入工作状态的,冲击小、动载荷小。同时,由于自动定心特性,花键受载后,立即有多数键齿同时工作。而矩形花键启动时,只有少数齿工作,甚至会出现只有一两个键齿工作的现象。

4) 强度高,寿命长。由于渐开线花键齿面接触好,工作齿数多,接触应力小;其齿根厚、齿顶薄、齿根圆弧大,应力集中小,弯曲强度高;启动时承载能力好,所以渐开线花键抗弯曲、耐磨损,承载能力高,寿命长。

5) 结构紧凑,重量轻。由以上特点可知,对于传动相同转矩的花键联结,渐开线花键可以设计成尺寸小、重量轻、体积小的紧凑结构。对航空、航天设备的传动机构,以及轿车、微型汽车变速器等传动机构,这个特点尤为重要。

6) 易获得不同的齿侧配合。只要改变渐开线花键的外花键齿厚(不同进力深度)即可获得所需的齿侧配合。矩形花键需采用不同规格的滚刀,否则精度难以保证。

7) 适用于多齿数或大直径和盘式联结。由于渐开线花键的设计和加工不受齿数限制,其强度主要与分度圆直径有关,与模数大小关系不大(花键长度相同、精度相同时)。对于结构紧凑、大直径、需要少去材料的花键联结,可采用多齿数,小模数的渐开线花键联结。同时,渐开线花键不受直径大小限制,其直径小到几毫米,大到几百毫米。所以,渐开线花键联结不仅适用于轴与孔联结,还适用于盘式联结。如:行星传动机构的传动轴与盘,固定齿圈与安装盘等联结。矩形花键因受结构、工艺方法、刀具和加工精度等限制,不具有上述特点。

8) 精度高。渐开线花键加工一般采用齿轮加工机床(滚齿机、插齿机、磨齿机等)或专用花键磨床,机床精度高。采用的滚齿刀齿形为直线,插齿刀或拉刀齿形为渐开线,容易获得高精度。由于机床、刀具等精度高,所以加工的花键精度也较高。

9) 检验方便、精确,互换性好。渐开线花键的误差有一定规律性,有些误差项目与齿轮误差项目相同,加工时容易控制;检验时可采用齿轮检测设备或量具进行质量控制和分析(如齿形误差 Δf_r 、齿距累积误差 ΔF_p 、齿向误差 ΔF_β ,以及 M 值、 W 值等,均与齿轮检测方法相同),批量生产中采用综合通规检验。精确的测量和检验,可以保证花键的互换性要求。

10) 刀具经济。

① 一把滚刀(或插刀),可以加工齿数不同(直径不同)的外花键。而矩形花键齿数或直径不同时,滚刀不能通用(一种规格只配一种滚刀)。

② 渐开线花键滚刀齿形为直线,制造容易。

③ 渐开线拉刀齿顶尖、齿根厚、强度高、刚性好,可制成较大前角、后角,刀刃锋利、寿命长。

由上述特点可见,渐开线花键在承载能力和结构特点等方面优于矩形花键。因此,在很多传动中,渐开线花键取代了矩形花键。但是,它也有不足之处,例如:在不具备加工设备、专用刀具和检测手段的情况下,修配困难;对于滑动构件,摩擦力较大;当有较大径向外力时,会影响定心精度。

第二节 键与花键联结的用途

一、键联结的用途

键联结主要用于较小转矩或中等转矩的传动中。其中:

- 1) 平键联结应用最广泛,它不仅适用于固定联结,也适用于轴向滑动联结;
- 2) 半圆键联结一般用于传递运动或较小转矩,或作定位用;
- 3) 楔键联结应用范围较小,主要用于既传递转矩又承受一定轴向力的传动场合;
- 4) 切向键适用于传递变向、大转矩的传动。

二、无键联结的用途

无键联结(胀紧联结套)是当今国际上广泛用于各种载荷下机械联结的一种先进基础部件。在孔与轴的联结中,利用高强度螺栓拧紧作用力,使孔与轴的包容产生压力和摩擦力,从而实现负载传递。无键联结广泛地适用于纺织机械、轻工机械、包装机械、食品机械、印刷机械、矿山机械、冶金机械、重型机械,以及烟草机械、锻造机械、加工中心和数控机床等行业。该系列产品结构、外型尺寸和安装方式均与国外产品通用,技术指标和技术性能可以满足国外机器的使用和国内主机配套,同时也是国产化替代进口机件必不可少的基础零部件。

三、矩形花键联结的用途

由于矩形花键联结的承载能力远远高于键联结,同时也具有定心精度高和导向性好等

独特优点,所以它主要应用于中等或较大负荷的机械传动中。如在汽车、拖拉机、工程机械、起重机械、机车车辆、舰船、兵器等行业中应用较多,尤其在机床行业应用最广泛。

四、渐开线花键联结的用途

由于渐开线花键联结的承载能力比矩形花键联结高,同时也具有自动定心、结构紧凑、适于盘式联结等独特优点,所以它几乎应用在各种同轴传动中,尤其适用于高速重载传动。例如:

1) 5~10mm的大模数花键,主要用于结构尺寸不受限制的重载荷传动机构上。如内燃机车变速器主传动轴、工程机械和矿山机械传动机构等。

2) 2~4mm的中模数花键,主要用于结构紧凑、传递较大载荷和高速重载的传动机构上。如载重汽车的传动轴、半轴、变速器各档传动轴;航空减速器传动轴、航空发动机螺旋桨轴、直升机旋翼轴等。

3) 0.25~1.75mm的小模数花键,通常用在结构紧凑、传递载荷不大的传动机构上。如轿车和微型汽车的变速器各档轴、航空发动机各附件传动轴、调节机构和锁紧机构等。

第三节 键与花键联结的标准化

国际标准化组织(ISO)于1947年成立时,即设立了TC13“机器轴高”技术委员会、TC14“轴伸”技术委员会、TC15“键与键槽”技术委员会和TC32“花键”技术委员会,目前这几个技术委员会合并为ISO/TC14。我国于20世纪50年代就开展了标准化工作,发布的第一批国家标准中就有《键联结》标准。经过几十年的发展,键与花键均已形成较为完整的标准体系(见图1-1),现行国家标准达40多个,行业标准20多个,总体水平已达到20世纪90年代国际水平。国际标准的转换率达100%。

一、键联结

目前,已经标准化的键联结有平键、半圆键、楔键和切向键四类。其中,平键包括普通型平键、导向型平键和薄型平键;楔键包括普通型楔键、钩头型楔键、薄型楔键和钩头薄型楔键;切向键包括普通型切向键和强力型切向键。键联结标准已有国家标准17个和机械行业标准2个,并于2003年修订了键联结的11项标准,2003版新标准代替了1979版的旧标准。

二、无键联结

无键联结包括胀紧联结套、紧定套和退卸套三种,现行有效的标准有3个。

三、花键联结

花键联结有关标准的形成比较晚。国际标准化组织ISO/TC32“花键与细齿”标准化技术委员会于1981年才颁布了国际间统一的标准ISO 4156:1981《圆柱直齿渐开线花键 米制模数 齿侧配合 总论、尺寸和检验》。此后,很多国家按该标准修订或补充了本国标准。我国于20世纪70年代先后发布了GB/T 1104—1972《渐开线花键联结》和GB/T 1145—1974《三角花键联结》两个标准。80年代初将这两个标准参照国际标准ISO 4156:1981修订为

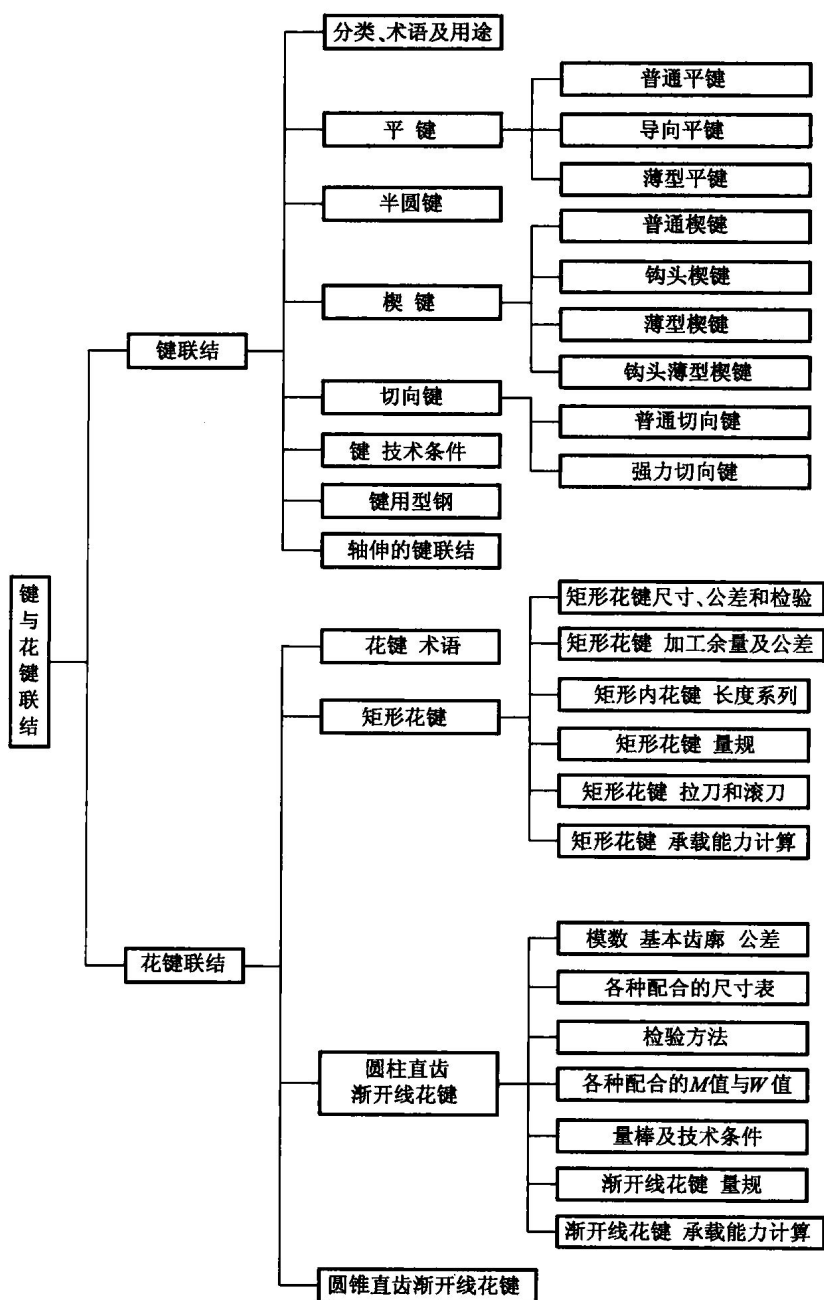


图 1-1 标准体系表

GB/T 3478.1—1983《圆柱直齿渐开线(齿侧配合)模数 基准齿形 公差》和 GB/T 3478.2—1983《圆柱直齿渐开线花键(齿侧配合)尺寸表》，并增加了单项检验方法，使之更切实可行。90年代初又等效采用了国际标准，修订为 GB/T 3478.1~3478.9—1995《圆柱直齿渐开线花键》，增加了 37.5°压力角系列尺寸表、 M 值和 W 值、量棒尺寸等内容，使标准体系更完善，更协调配套。

ISO/TC 14 于 1998 年成立工作组(WG1)，对 ISO 4156:1981 进行修订，修订后的标准分为三部分，目前已进入 FDIS 阶段，即：ISO/FDIS 4256-1:2003《圆柱直齿渐开线花键 米制模