



中华人民共和国国家标准

GB/T 3480.3—2021/ISO 6336-3:2019
部分代替 GB/T 3480—1997

直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第3部分：轮齿弯曲强度计算

Calculation of load capacity of spur and helical gears—
Part 3: Calculation of tooth bending strength

(ISO 6336-3:2019, IDT)

2021-04-30 发布

2021-11-01 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	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义、符号和缩略语	2
3.1 术语和定义	2
3.2 符号和缩略语	2
4 齿轮断齿和安全系数	7
5 基本公式	7
5.1 总述	7
5.2 弯曲强度安全系数(防止轮齿断齿) S_F	7
5.3 弯曲应力计算值 σ_F	8
5.3.1 总述	8
5.3.2 方法 A	8
5.3.3 方法 B	8
5.4 许用齿根弯曲应力 σ_{FP}	9
5.4.1 总述	9
5.4.2 确定许用齿根弯曲应力 σ_{FP} 的方法的原理、条件假设和应用	9
5.4.3 许用齿根弯曲应力 σ_{FP} :方法 B	10
5.4.4 有限寿命和高周疲劳寿命下的许用齿根弯曲应力 σ_{FP} :方法 B	10
6 齿廓系数 Y_F	11
6.1 总述	11
6.2 齿廓系数 Y_F 的计算:方法 B	12
6.2.1 总述	12
6.2.2 当量齿轮的参数	14
6.2.3 用滚刀生成的外齿轮的危险截面处的法向弦长 S_{Fn} 、齿根圆角半径 ρ_F 、弯曲力臂 h_{Fe}	14
6.2.4 用插齿刀生成的外齿轮的危险截面处的法向弦长 S_{Fn} 、齿根圆角半径 ρ_F 、 弯曲力臂 h_{Fe}	15
6.2.5 用插齿刀生成的内齿轮的危险截面处的法向弦长 S_{Fn} 、齿根圆角半径 ρ_F 、 弯曲力臂 h_{Fe}	18
7 应力修正系数 Y_S	18
7.1 基本用法	18
7.2 应力修正系数 Y_S (方法 B)	19
7.3 齿根有台阶的齿轮的应力修正系数	19
7.4 与试验齿轮尺寸相关的应力修正系数 Y_{ST}	20
8 螺旋角系数 Y_β	20

8.1	总述	20
8.2	图解值	20
8.3	解析值	20
9	轮缘厚度系数 Y_B	21
9.1	总述	21
9.2	图解值	21
9.3	解析值	21
9.3.1	外齿轮	21
9.3.2	内齿轮	22
10	齿高系数 Y_{DT}	22
10.1	总述	22
10.2	图解值	22
10.3	解析值	22
11	弯曲耐久性极限	23
11.1	总述	23
11.2	方法 A 得到的耐久性极限	23
11.3	方法 B 得到的相关 $\sigma_{F\lim}$ 和 σ_{FE} 值的耐久性极限	23
12	弯曲强度寿命系数 Y_{NT}	23
12.1	总述	23
12.2	寿命系数 Y_{NT} : 方法 A	23
12.3	寿命系数 Y_{NT} : 方法 B	24
12.3.1	总述	24
12.3.2	图解值	24
12.3.3	解析值	24
13	齿根圆角敏感系数 $Y_{\delta T}$ 和相对齿根圆角敏感系数 $Y_{\delta\text{rel}T}$	25
13.1	基本定义	25
13.2	各种齿根圆角敏感系数的定义	25
13.2.1	总述	25
13.2.2	方法 A	25
13.2.3	方法 B	25
13.3	方法 B 的相对齿根圆角敏感系数 $Y_{\delta\text{rel}T}$	26
13.3.1	图解值	26
13.3.2	解析值	29
14	齿根表面状况系数 Y_R 、 Y_{RT} 和相对齿根表面状况系数 $Y_{R\text{rel}T}$	31
14.1	表面状况的影响	31
14.2	表面状况系数和相对表面状况系数	31
14.2.1	总述	31
14.2.2	方法 A	31
14.2.3	方法 B	31
14.3	相对表面状况系数 $Y_{R\text{rel}T}$: 方法 B	31
14.3.1	图解值	31

14.3.2	解析值	32
15	尺寸系数 Y_X	33
15.1	总述	33
15.2	方法 A 的尺寸系数 Y_X	33
15.3	方法 B 的尺寸系数 Y_X	33
15.3.1	总述	33
15.3.2	耐久性极限和静强度下的图解值	33
15.3.3	解析值	34
附录 A	(规范性附录) 许用齿根弯曲应力 σ_{FP} ——分别通过缺口试样或平滑试样取得	36
附录 B	(资料性附录) 平均应力影响系数 Y_M 的参考值	43
附录 C	(资料性附录) 确定直齿轮法向载荷的推导公式	45
附录 NA	(资料性附录) 相关国家标准、国际标准对照	46
	参考文献	47

前 言

GB/T 3480《直齿轮和斜齿轮承载能力计算》分为下列 5 部分：

- 第 1 部分：基本原理、概述及通用影响系数；
- 第 2 部分：齿面接触强度(点蚀)计算；
- 第 3 部分：轮齿弯曲强度计算；
- 第 5 部分：材料的强度和重量；
- 第 6 部分：变载荷条件下的使用寿命计算。

本部分为 GB/T 3480 的第 3 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 3480—1997《渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法》中的部分内容。

本部分和 GB/T 3480—1997 相比，主要技术变化如下：

- 本部分采用 ISO 6336-3:2019，仅规定轮齿弯曲强度计算，而不涉及 ISO 6336-1 所规定的基本原理、概述及通用影响系数和 ISO 6336-2 所规定的齿面接触强度(点蚀)计算；
- 修改了一些名词，如“齿向”改为“螺旋线”，“齿形”改为“齿廓”，“纵向”改为“轴向”等；
- 增加了均载系数 K_γ [见式(3)]；
- 修改了与弯曲疲劳强度相关的螺旋角系数 Y_β 计算式[见式(66)]；
- 正文结构和附录内容有很大调整。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 6336-3:2019《直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第 3 部分：齿轮弯曲强度计算》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 3480.1—2019 直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第 1 部分：基本原理、概述及通用影响系数(ISO 6336-1:2006, IDT)；
- GB/T 3480.5—2008 直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第 5 部分：材料的强度和重量(ISO 6336-5:2003, IDT)。

本部分还做了下列编辑性修改：

- 将 ISO 6336-3:2019 表 2 中的“ χ_k^* ”改为“ χ_k ”；
- 删除 ISO 6336-3:2019 式(3)的符号 σ_{FP} 的解释；
- 将 ISO 6336-3:2019 式(A.2)中的“ $\sigma_{P\lim}$ ”改为“ $\sigma_{p\lim}$ ”。
- 增加了资料性附录 NA。

本部分由全国齿轮标准化技术委员会(SAC/TC 52)提出并归口。

本部分起草单位：郑州中机轨道交通装备科技有限公司、中机生产力促进中心、郑州机械研究所有限公司、西安法士特汽车传动有限公司、湖南大学、郑州江宇机械有限公司、山东华成中德传动设备有限公司、苏州绿控传动科技股份有限公司、郑州高端装备与信息产业技术研究院有限公司、江苏中工高端装备研究院有限公司。

本部分主要起草人：刘忠明、王伟、王志刚、封楠、李海霞、刘义、周长江、丁炜、鞠国强、李金峰、杨海华、孙毅博、王盈颖、范瑞丽、管洪杰、张坤、张敬彩、王长路、侯圣文、郑明、曹敬煜、张元国、王从福、丁军、李峰。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 3480—1983、GB/T 3480—1997。

引 言

ISO 6336(所有部分)是由总标题为“直齿轮和斜齿轮承载能力计算”的标准(GB)、技术规范(TS)和技术报告(TR)所构成,见表1。其中:

- 标准提供了基于广泛接受并经过验证的计算方法;
- 技术规范提供了仍需进一步发展的计算方法;
- 技术报告提供了有效数据,如算例。

ISO 6336 系列第1部分至第19部分的内容涵盖齿轮承载能力计算时的疲劳分析;第20部分至第29部分的内容主要涉及润滑条件下齿面接触的摩擦性能;第30部分至第39部分的内容是算例。ISO 6336系列未来可以增加新的部分对某些标准使用者反映的情况进行说明。

根据ISO 6336系列标准(见表1)进行规范的计算仅可用于标准中规定的零件,不可用于特殊零件。当需要进一步计算时,需要指明ISO 6336系列的相关章条或部分。当使用技术规范作为特殊设计的验收标准时,需要提前得到制造商和买方的同意。

表 1 ISO 6336 系列(截至本部分出版前的状态)

直齿轮和斜齿轮承载能力计算	标准	技术规范	技术报告
第1部分:基本原理、概述及通用影响系数	√		
第2部分:齿面接触强度(点蚀)计算	√		
第3部分:轮齿弯曲强度计算	√		
第4部分:齿面断裂承载能力计算		√	
第5部分:材料的强度和质量	√		
第6部分:变载荷条件下的使用寿命计算	√		
第20部分:胶合承载能力计算(也适用于斜齿轮和准双曲面齿轮) 闪温法(代替 ISO/TR 13898-1)		√	
第21部分:胶合承载能力计算(也适用于斜齿轮和准双曲面齿轮) 积分法(代替 ISO/TR 13898-2)		√	
第22部分:微点蚀承载能力计算(代替 ISO/TR 15144-1)		√	
第30部分:ISO 6336 第1、2、3、5部分应用算例			√
第31部分:微点蚀承载能力计算算例(代替 ISO/TR 15144-2)			√

齿轮齿根处(沿齿高方向)的最大拉应力不应超过材料许用弯曲应力,这是判定轮齿弯曲强度的基础。这种拉应力发生在工作齿侧的“拉伸圆角”处。若载荷引发裂纹,通常会首先出现在产生压应力的圆角内,即非工作齿侧的“压缩圆角”内。当加载方向为单向且为一般齿廓时,这种受压裂纹很少扩展而引起齿轮失效。而源于拉伸圆角处的初始裂纹,最有可能发生裂纹扩展,最终引起齿轮失效。

在齿轮运转过程中,轮齿承受双向载荷(如“惰轮”)时,可承受的载荷小于其可承受的单向载荷。在这种情况下,整个应力变化范围是加载齿侧齿根圆角的拉应力的两倍以上,在确定其许用应力时应考虑

到这一点(见 ISO 6336-5)。

当齿轮轮缘较薄,齿根处的厚度变窄(尤其是对于某些内齿轮)时,初始裂纹通常会出现在压缩侧的圆角。由于在这种情况下,轮缘本身可能会发生疲劳断裂,因此有必要进行专门的研究。见第 1 章。

几种计算临界齿根应力和评估相关影响系数的方法已有说明,见 ISO 6336-1。

直齿轮和斜齿轮承载能力计算

第3部分:轮齿弯曲强度计算

重要提示——使用 GB/T 3480 本部分的用户应注意,当采用本部分的方法对大螺旋角($\beta > 30^\circ$)和
大法向压力角($\alpha_n > 25^\circ$)的齿轮进行计算时,计算结果需要凭经验确认,如方法 A。

1 范围

GB/T 3480 的本部分规定了具有一定轮缘厚度(外齿 $S_R > 0.5 h_t$ 和内齿 $S_R > 1.75 m_n$)的渐开线圆柱内、外直齿轮和斜齿轮的弯曲应力计算的基本公式。本部分考虑了所有由齿轮传递的载荷所引起的、能够定量评估的影响齿根应力的因素。在实际中,内齿轮可能会产生不同于齿轮弯曲疲劳的失效形式,如裂纹从齿根圆开始沿径向向外扩展。本部分的计算结果不能确保对非弯曲疲劳失效形式具有足够的安全性评估。

本部分包括了 Hirt^[11]、Strasser^[14]和 Brossmann^[10]等人所进行的试验测试和理论研究内容。计算结果与其他方法一致(参考文献[5]、[6]、[7]和[12])。本部分给出的公式适用于符合 GB/T 1356 中由基本齿条型刀具加工的圆柱齿轮齿廓,也可用于当量齿轮端面重合度 $\epsilon_{\alpha m}$ 小于 2.5 并可与其他基本齿条共轭的齿廓。

根据许用弯曲应力得出的承载能力称为“轮齿弯曲强度”。该强度的这种计算方法与其他类似的方法结果一致,这一点在 ISO 6336-1 中的“范围”中已有说明。

如果本部分不适用,参考 ISO 6336-1:2019 的第 4 章。

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。

GB/T 1356—2001 通用机械和重型机械用圆柱齿轮 标准基本齿条齿廓(idt ISO 53:1998)

GB/T 3374.1—2010 齿轮 术语和定义 第1部分:几何学定义(ISO 1122-1:1998, IDT)

GB/T 3505—2009 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数(ISO 4287:1997, IDT)

GB/T 10610—2009 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法(ISO 4288:1996, IDT)

ISO 6336-1 直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第1部分:基本原理、概述与通用影响系数(Calculation of load capacity of spur and helical gears—Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors)

ISO 6336-5 直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第5部分:材料的强度和重量(Calculation of load capacity of spur and helical gears—Part 5: Strength and quality of materials)