



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 3480.21—2025/ISO/TS 6336-21:2022

直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第 21 部分：胶合承载能力计算 积温法

Calculation of load capacity of spur and helical gears—Part 21: Calculation of
scuffing load capacity—Integral temperature method

(ISO/TS 6336-21:2022, IDT)

2025-12-03 发布

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号和单位	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号和单位	1
4 应用范围	5
4.1 概述	5
4.2 胶合损伤	5
4.3 积温准则	5
5 影响因子	6
5.1 平均摩擦系数 μ_{mC}	6
5.2 跑合系数(X_E)	8
5.3 热闪系数(X_M)	8
5.4 压力角系数($X_{a\beta}$)	9
6 计算	10
6.1 圆柱齿轮	10
6.2 胶合积温	17
附录 A (资料性) 举例	23
附录 B (资料性) 与接触时间相关的胶合温度	32
参考文献	35

前 言

本文件为规范类指导性技术文件。

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T(Z) 3480《直齿轮和斜齿轮承载能力计算》的第 21 部分。GB/T(Z) 3480 已经发布了以下部分：

- 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 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 闪温法；
- 第 21 部分：胶合承载能力计算 积温法；
- 第 22 部分：微点蚀承载能力计算；
- 第 31 部分：微点蚀承载能力算例。

本文件等同采用 ISO/TS 6336-21:2022《直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第 21 部分：胶合承载能力计算 积温法》。文件类型由 ISO 的技术规范调整为我国的国家标准化指导性技术文件。

本文件做了以下最小限度的编辑性改动：

- 将图 4 下面第 1 段中的第二处“ C_a ”更正为“ C_{a1} ”；
- 将 5.1 倒数第 9 段中的“图 9、图 10 和图 11”更正为“图 7、图 8 和图 9”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国齿轮标准化技术委员会(SAC/TC 52)提出并归口。

本文件起草单位：郑机所(郑州)传动科技有限公司、陕西法士特齿轮有限责任公司、南京高精齿轮集团有限公司、温岭市明华齿轮有限公司、凯博易控车辆科技(苏州)股份有限公司、中国机械总院集团郑州机械研究所有限公司、哈尔滨工业大学、重庆大学、湖南大学、苏州亚太精睿传动科技股份有限公司、株洲齿轮有限责任公司、中原工学院、哈尔滨卓越动力科技有限公司、浙江丰立智能科技股份有限公司。

本文件主要起草人：李爱国、王志刚、侯圣文、杨剑辰、于广滨、曹志刚、李海霞、颜玲华、杨林杰、王琳、刘怀举、周长江、范瑞丽、徐航、姚栓、郭爱贵、郭情情、管洪杰、张志成、颜建荣、王友利、贾晨帆、师陆冰、杨树峰、卢正新、毛汉成、郑志刚、冯涛、李福利、李恒。

引言

GB/T(Z) 3480《直齿轮和斜齿轮承载能力计算》在我国齿轮行业有着广泛的应用,这些标准构成了我国渐开线圆柱齿轮承载能力的计算体系,有助于我国的齿轮产品的可靠性设计以及充分地与国际接轨。

GB/T(Z) 3480 描述了渐开线圆柱直齿轮和斜齿轮承载能力的计算方法。当前拟分为 11 个部分,其研究对象和计算方法各不相同,内容相互关联又各自独立。

- 第 1 部分:基本原理、概述及通用影响系数。目的在于描述渐开线圆柱直齿轮和斜齿轮承载能力计算的基本原理,给出通用影响系数和部分修正系数的取值。
- 第 2 部分:齿面接触强度(点蚀)计算。目的在于描述基于赫兹接触理论的齿面接触强度(点蚀)的计算方法,给出部分修正系数的取值。
- 第 3 部分:轮齿弯曲强度计算。目的在于描述基于悬臂梁理论的轮齿弯曲强度的计算方法,给出部分修正系数的取值。
- 第 4 部分:齿面断裂承载能力计算。目的在于描述近年研发的评估齿面断裂风险的方法。
- 第 5 部分:材料的强度和硬度。目的在于给出不同材料质量等级的技术要求、影响齿轮齿面接触强度极限和齿根弯曲强度极限的主要因素及许用值。
- 第 6 部分:变载荷条件下的使用寿命计算。目的在于描述变载荷条件下通过 Palmgren-Miner 法则获得变载荷当量值的计算方法。
- 第 20 部分:胶合承载能力计算 闪温法。目的在于描述啮合齿面最大接触温度的计算方法、接触温度沿接触路径的变化规律,以及胶合评价。
- 第 21 部分:胶合承载能力计算 积温法。目的在于描述啮合齿面沿接触路径的接触温度的加权平均值的计算方法,以及胶合评价。
- 第 22 部分:微点蚀承载能力计算。目的在于描述特定润滑油在齿轮接触区的最小油膜厚度的计算方法,以及齿轮抗微点蚀能力的评价。
- 第 30 部分:GB/T 3480 第 1、2、3、5 部分的应用算例。目的在于向标准用户提供基于 GB/T 3480.1、GB/T 3480.2、GB/T 3480.3 和 GB/T 3480.5 标准的可参考的计算实例。
- 第 31 部分:微点蚀承载能力算例。目的在于向标准用户提供基于 GB/Z 3480.22 的可参考的计算实例。

GB/T(Z) 3480 各部分名称及采用 ISO 对应关系见表 1。注意:使用 GB/Z 3480 的各部分作为特殊设计的验收标准时,需要得到制造商和采购商的同意。

ISO 6336 各部分之间的关系如下:第 1 部分~第 19 部分规范了齿轮承载能力计算时的抗疲劳计算方法;第 20 部分~第 29 部分主要描述了润滑条件下齿面接触时的摩擦特性;第 30 部分~第 39 部分给出了对应前期标准的计算实例。随着试验数据的积累,ISO 6336 在未来还可能增加新的部分以完善齿轮的抗损伤计算。

表 1 GB/T(Z) 3480 的各个部分(截至本文件出版时的状态)与 ISO 6336 的对应关系

直齿轮和斜齿轮承载能力计算	ISO 文件类型			转化为国家标准 文件类型	
	ISO	ISO/TS	ISO/TR	GB/T	GB/Z
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 闪温法		✓			✓
第 21 部分:胶合承载能力计算 积温法		✓			✓
第 22 部分:微点蚀承载能力计算		✓			✓
第 30 部分: GB/T 3480 第 1、2、3、5 部分的应用算例			✓		×
第 31 部分:微点蚀承载能力算例			✓		✓
注:“✓”表示已经出版,“×”表示尚未出版。					

由于高温、高压而使啮合齿面之间的润滑油膜缺失或破裂,导致齿面区域被咬合或焊合在一起,这是一种特别严重的齿轮损伤形式,称为“胶合”。当齿轮表面速度较高时,胶合最易发生。如果齿面相对滑动速度较低而齿面压力足够高时,或当齿面几何形貌、承载不均匀时,多数情况也会发生胶合。

本文件描述了常用齿轮材料和不同热处理方式下的圆柱齿轮(直齿轮和斜齿轮)的表面损伤形式之一的“热胶合”。“热胶合”具有典型的粘连和擦伤痕迹,会导致功率损耗、动载荷、噪声和磨损的增加。本文件所描述的方法不适用于评价“冷胶合”,一般来说,冷胶合只发生在低速(节圆线速度小于 4 m/s)且质量很差的调质重载齿轮上。

胶合损伤的风险随齿轮材料的特性、所用的润滑剂、轮齿表面的粗糙度、滑动速度和载荷等的不同而变化。润滑剂中过度进气或存在污染物,如悬浮液中的金属颗粒,也会增加胶合损伤的风险。高速齿轮发生胶合将增大高值动载荷(包括由于振动增加而产生的)的趋势,会导致进一步的损坏。

高表面压力和滑动速度导致的高表面温度会引起润滑油膜的破裂。按照这个假设,目前有两种关联温度和油膜破裂的计算方法:

——闪温法(见 ISO/TS 6336-20),基于沿接触路径变化的接触温度的计算;

——积温法(见本文件),基于沿接触路径的接触温度加权平均值的计算。

积温法是基于当接触温度的平均值等于或超过相应极限值(临界值)时就可能发生胶合的假设。实际齿轮装置的胶合风险可以通过比较积温和极限值来预测,该极限值是通过润滑剂抗胶合能力的齿轮试验得出的。积温法考虑了所有重要的影响因素,包括润滑剂(含和不含极压添加剂的矿物油和合成油)、表面粗糙度、滑动速度和载荷等。

想要完美地解释由于流体动力学、热力学和化学现象之间的复杂关系而导致的所有类型的胶合和类似形式的齿面损伤,还需要继续开展深入的研究。

直齿轮和斜齿轮承载能力计算
第 21 部分：胶合承载能力计算 积温法

1 范围

本文件详细描述了计算圆柱齿轮胶合承载能力的积温法。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

ISO 53 通用机械和重型机械用圆柱齿轮 标准基本齿条齿廓 (Cylindrical gears for general and heavy engineering—Standard basic rack tooth profile)

注：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)

ISO 1122-2 齿轮术语和定义 第 2 部分：蜗轮几何学定义

注：GB/T 3374.2—2011 齿轮术语和定义 第 2 部分：蜗轮几何学定义 (ISO 1122-2:1999, IDT)

ISO 1328-1 圆柱齿轮 ISO 齿面公差分级制 第 1 部分：齿面偏差的定义和允许值 (Cylindrical gears—ISO system of flank tolerance classification—Part 1: Definitions and allowable values of deviations relevant to flanks of gear teeth)

注：GB/T 10095.1—2022 圆柱齿轮 ISO 齿面公差分级制 第 1 部分：齿面偏差的定义和允许值 (ISO 1328-1:2013, IDT)

3 术语和定义、符号和单位

3.1 术语和定义

ISO 1122-2 界定的术语和定义适用于本文件。

3.2 符号和单位

本文件中使用的符号见表 2。

表 2 符号和单位

符号	描述	单位
a	中心距	mm
B_M	热接触系数	$N/(mm \cdot s^{1/2} \cdot K)$
b	齿宽，取小轮和大轮的较小值	mm
C_1, C_2, C_{2H}	加权系数	—
C_a	名义齿顶修缘量	μm