

团 体 标 准

T/QGCML XXXX—2023

重载行星齿轮减速器技术规范

Technical specification for heavy-duty planetary gear reducer

(征求意见稿)

2023 - XX - XX 发布

2023 - XX - XX 实施

全国城市工业品贸易中心联合会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 技术要求 2

5 检验与试验方法 8

6 检验规则 9

7 标志和包装 9

前 言

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。

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XXX提出。

本文件由全国城市工业品贸易中心联合会归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：

重载行星齿轮减速器技术规范

1 范围

本文件规定了重载行星齿轮减速器技术规范(以下简称“减速器”)的术语定义、技术要求、检验及试验方法、检验规则、标志和包装。

本文件适用于太阳轮最高转速不超过4500 r/min、齿轮的节线速度不大于35 m/s、太阳轮和行星轮采用渗碳淬火工艺的工业用各类通用和专用重载行星齿轮减速器和增速器。

特殊应用场合的重载行星齿轮减速器(含增速器)也可参照执行。

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。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 1184—1996 形状和位置公差未注公差值
- GB/T 1348—2019 球墨铸铁件
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3480.5—2021 直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第5部分:材料的强度和质量
- GB/T 3785.1—2010 电声学 声级计 第1部分:规范
- GB/T 3785.2—2010 电声学声级计 第2部分:型式评价试验
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 6404.1 齿轮装置的验收规范 第1部分:空气传播噪声的试验规范
- GB/T 6404.2 齿轮装置的验收规范 第2部分:验收试验中齿轮装置机械振动的测定
- GB/T 6414—2017 铸件尺寸公差、几何公差与机械加工余量
- GB/T 8542—1987 透平齿轮传动装置技术条件
- GB/T 9239.1 机械振动恒态(刚性)转子平衡品质要求 第1部分:规范与平衡允差的检验
- GB/T 9439—2010 灰铸铁件
- GB/T 10095.1—2008 圆柱齿轮精度制 第1部分:轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值
- GB/T 11345—2013 焊缝无损检测 超声检测技术、检测等级和评定
- GB/T 11365—1989 锥齿轮和准双曲面齿轮精度
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 14408—2014 一般工程与结构用低合金钢铸件
- GB/Z 18620.1 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 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 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的检验
- GB/Z 18620.4 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
- GB/T 30790.4—2014 色漆和清漆防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第4部分:表面类型和表面处理
- GB/T 33923—2017 行星齿轮传动设计方法
- JB/T 5000.3 重型机械通用技术条件 第3部分:焊接件
- JB/T 5000.4 重型机械通用技术条件 第4部分:铸铁件
- JB/T 500.12 重型机械通用技术条件 第12部分:涂装
- JB/T 500.13 重型机械通用技术条件 第13部分:包装
- JB/T 500.14 重型机械通用技术条件 第14部分:铸钢件无损检测
- JB/T 5558 减(增)速器试验方法
- JB/T 6395 大型齿轮、齿圈锻件技术条件

JB/T 7528—1994 铸件质量评定方法
JB/T 7929—1999 齿轮传动装置清洁度

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 技术要求

4.1 齿轮、齿轮轴、轴

4.1.1 太阳轮、行星轮及其他圆柱齿轮、齿轮轴和锥齿轮应采用优质渗碳钢锻件；常用材料有20CrNi2MoA、17CrNiMo6 (18CrNiMo7-6)、20CrMnMoA等，允许采用性能不低于上述材料的其他材料。

4.1.2 内齿圈、轴、行星轮销轴应采用优质合金钢锻件，常用材料有42CrMoA、34CrNi3MoA、40CrNi2MoA钢等，这些材料可用于调质、感应淬火或渗氮工艺，允许采用性能不低于上述材料的其他材料。当内齿圈采用渗碳淬火工艺时，同样应采用优质渗碳钢锻件。

4.1.3 所用材料的化学成分、力学性能应符合GB/T 3077或JB/T 6395的规定。

4.1.4 齿轮材料及热处理质量的控制应不低于GB/T 3480.5—2021中的MQ级要求。

a) 在保证性能的前提下，允许根据具体情况和使用经验对某些项目的指标进行调整，应控制的项目有：

- 1) 化学成分；
- 2) 力学性能；
- 3) 锻造比；
- 4) 晶粒度；
- 5) 超声检测；
- 6) 磨齿后齿面磁粉检测；
- 7) 有效硬化层深度、齿面硬度、心部硬度；
- 8) 渗碳层的组织：碳化物、马氏体、残余奥氏体和心部铁素体级别或含量。

b) 重要场合应增加以下检查：

- 1) 化学成分中的O、N、H元素含量；
- 2) N/Al比；
- 3) 纯度；
- 4) 磨齿后齿面烧伤检验；
- 5) 非磨削面晶界内氧化检查。

4.1.5 行星轮装球面滚子轴承或圆柱滚子轴承用的内孔的尺寸公差带一般选用N6，当尺寸大、载荷重或冲击载荷大时应选用P6或R6。当选用P6或R6时，需要增大轴承游隙，可按GB/T 33923—2017中的公式(F.1)式校核为了避免轴承外圈打滑所需的过盈量，按GB/T 33923—2017中附录E的方法计算轴承的装配游隙或工作游隙。

行星轮内孔的表面粗糙度 Ra 为 $0.8\mu\text{m}$ ，几何公差按本标准表1的规定。

表1 齿轮基准孔、基准端面的几何公差及表面粗糙度

名称	圆柱度公差	端面跳动/ μm	表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$
齿轮基准孔	$0.04(L/b)F_\beta$, $0.1F_\beta$ 中的小值	—	1.6
齿轮基准端面	—	$0.2(D_a//b)F_\beta$	1.6

注：L——轴承跨距，单位为(mm)；b——齿宽，单位为毫米(mm)； F_β ——螺旋线总偏差，单位为微米(μm)； F_p ——齿距累积总偏差，单位为微米(μm)； D_a ——齿轮基准孔直径，单位为毫米(mm)。

4.1.6 其他齿轮基准孔的加工尺寸公差带为H7；基准端面、几何公差及表面粗糙度应符合本标准表1的规定。

4.1.7 齿轮磨齿时的端面和径向校调精度不低于表2的规定。

表2 齿轮磨齿时基准校调的端面和径向跳动量

基准面直径/mm	≤120	>120~315	>315~630	>630~1250	>1250~2000
允许跳动量/ μm	5	8	10	15	20

4.1.8 齿轮轴（包括行星齿轮轴）、轴与轴承配合的基准轴颈、轴肩的加工尺寸公差带、形状位置公差及表面粗糙度应符合表3的规定。

表3 基准轴颈、轴肩的加工尺寸公差带、形状位置公差及表面粗糙度

名称	轴径d/mm	尺寸公差带	圆柱度/ μm	端面跳动/ μm	表面粗糙度Ra/ μm
基准轴颈	≤40	K5	0.04(L/b)F _β 与0.1F _p 中的较小值	—	0.8
	>40~140	M5			
	>140~200	N6			
	>200~500	P6			
轴肩	—	—	—	0.15(L/b)F _β 与0.3F _p 中的小值	1.6

4.1.9 行星轮销轴与轴承配合的基准轴颈表面应进行充分硬化,以减小磨损。加工尺寸公差带为j6,载荷重、冲击载荷大时用k6,也可按GB/T 33923—2017附录F中的(F.2)式校核为了避免轴承内圈打滑所需的过盈量,按GB/T 33923—2017附录E的方法计算轴承的装配游隙或工作游隙。

行星轮销轴轴颈的形状位置公差及表面粗糙度应符合表3的规定。

行星架上装行星轮销轴的孔与行星轮销轴的配合为H7/n6,也可以采用过盈量相当的其他配合。销轴表面粗糙度Ra为0.8 μm 。

4.1.10 轴和齿轮轴的轴伸直径、轴肩加工尺寸公差带、形状位置公差及表面粗糙度应符合表4的规定。

表4 轴和齿轮轴的轴伸直径、轴肩加工尺寸公差带、形状位置公差及表面粗糙度

名称	轴径d/mm	尺寸公差带	圆柱度/ μm	与基准轴颈同轴度/ μm	表面粗糙度Ra/ μm
轴伸直径	≤25	K6	GB/T 1184—1996中的6级	GB/T 1184—1996中的5级	0.8
	>25~100	M6			
	>100	N6			
轴伸轴肩	—	—	—	—	1.6

4.1.11 轴与齿轮配合的轴颈与轴肩的加工尺寸公差带、形状位置公差及表面粗糙度应符合表5的规定。

表5 轴与齿轮配合的轴颈与轴肩的加工尺寸公差带、形状位置公差及表面粗糙度

名称	轴径d/mm	尺寸公差带	相对于基准轴线的径向跳动/ μm	端面跳动/ μm	表面粗糙度Ra/ μm
与齿轮配合的轴颈	≤80	P6	0.15(L/b)F _β , 0.3F _p 中的小值	—	0.8
	>80~120	R6			
	>120	S6			
与齿轮配合的轴肩	—	—	—	0.15(L/b)F _β , 0.3F _p 中的小值	1.6

4.1.12 内齿圈与连接壳体止口的公差配合采用H7/h6,内齿圈连接壳体的止口与内齿圈的基准轴线的同轴度不低于GB/T 1184—1996的5级,止口端面的垂直度不低于GB/T 1184—1996中的5级。

4.1.13 轴与唇形密封的接触部位的硬度应不低于50HRC,磨削轴颈时应径向进给,粗糙度Ra应达到0.2 μm ~0.4 μm 。轴颈的轴封的装入端应磨出导入角,防止唇形密封装配时划伤唇口。

4.1.14 太阳轮和高速级轴齿轮的精度按GB/T 10095.1—2008中的5级精度,其余齿轮精度为6级。同一级行星轮实际齿厚应尽可能接近一致、不同行星轮之间的公法线长度的最大差值按不大于中心距的IT4来控制。太阳轮和高速级轴齿轮的齿面粗糙度Ra为0.6 μm ,其余齿轮的齿面粗糙度Ra为0.8 μm 。

4.1.15 齿轮和齿轮轴在渗碳淬火后应以平衡节圆的径向跳动量为依据重新制作精加工基准。齿宽较宽时,节圆的校正应在2个截面上进行。

4.1.16 齿轮磨齿后生成的渐开线起始圆直径 d_{Ff} 应小于啮合起始圆直径 d_{Nf} 。

4.1.17 齿轮磨齿时齿根不应产生磨削台阶。

4.1.18 渐开线齿轮要按设计齿廓和设计螺旋线进行齿廓修形和螺旋线修形。

4.1.19 锥齿轮精度为GB/T 11365—1989中的6级、最小法向侧隙种类为b、法向侧隙公差种类为B、齿面粗糙度为Ra为1.6 μm 。

- 4.1.20 锥齿轮检验项目为：第 I 公差组 F_p ，第 II 公差组 f_{pt} ，第 III 公差组接触斑点。
- 4.1.21 所有齿轮的倒角、去毛刺应达到图纸设计要求。
- 4.1.22 所有齿轮、轴类零件的最后加工面不应有碰伤、锈蚀。

4.2 机壳

- 4.2.1 承受倾翻力矩大的底座及受力大的机壳采用球墨铸铁件，机械性能不低于 GB/T 1348—2019 中的 QT400-18。受力较小的机壳采用灰铸铁件，力学性能不低于 GB/T 9439—2010 中的 HT250。对单件小批量生产的重要应用场合，应在铸件本体上留出力学性能试样。机壳也允许采用焊接件。机壳焊接应符合 JB/T 5000.3 的要求。
- 4.2.2 铸造机壳表面质量应符合 JB/T 5000.4 的要求，内外表面应平整、光洁，不应有裂纹、冷隔、疏松、夹渣气孔等铸造缺陷，不应出现条形打磨痕迹，不应打腻子。
- 4.2.3 铸件的尺寸精度不低于 GB/T 6414—2017 中 CT11 级，最大错型值不应超过壁厚的 10%，要求检测关键部位的壁厚。
- 4.2.4 机壳与内齿圈组装后环周的凸缘应平整。
- 4.2.5 机壳铸造(或焊接)及粗加工后人工时效消除应力。
- 4.2.6 铸造或焊接机壳除应力后应采用钢丸抛丸的方法清理表面，清洁度应达到 GB/T 30790.4-2014 的 Sa2.5 等级要求、粗糙度 R_a 不低于 $50\mu\text{m}$ 。喷砂后应在 6h 内对非加工内外表面涂大于或等于 $20\mu\text{m}$ 厚的环保型防锈底漆。对超过 6h 后再涂漆的，涂漆前应再一次对表面进行检查清理，漆后需进行煤油渗漏试验。
- 4.2.7 加工后应保证轴承孔相对轴承座的居中性、结合面法兰宽度的对称性和结合面法兰的厚度。
- 4.2.8 机壳上的螺纹孔应保证有效螺纹深度，结合面上相同螺纹孔的钻孔深度及有效螺纹深度误差 $\pm 1\text{mm}$ 。
- 4.2.9 机壳上的螺栓孔的位置度不大于 $0.2(D-d)$ 。
注：D—螺栓孔直径，d—螺栓直径。
- 4.2.10 机壳结合面的粗糙度 R_a 为 $1.6\mu\text{m}$ ，装端盖的面的粗糙度 R_a 为 $1.6\mu\text{m}$ 。结合面的平面度不低于 GB/T 1184-1996 中的 6 级。
- 4.2.11 机壳上的轴承孔尺寸公差带均为 H7，表面粗糙度 R_a 为 $1.6\mu\text{m}$ ，圆柱度不低于 GB/T 1184—1996 中的 6 级，同轴度不低于 GB/T 1184—1996 中的 5 级，与端面的垂直度不低于 GB/T 1184-1996 中的 5 级。
- 4.2.12 轴承孔中心距极限偏差 $\pm f_a$ 按表 6 的规定。轴承孔中心线平行度偏差在轴承跨距上测量，应不大于表 7 中的值。

表6 轴承孔中心距极限偏差 $\pm f_a$

中心距 a/mm	>30~50	>50~80	>80~ 120	>120~ 180	>180~ 250	>250~ 315	>315~ 400	>400~ 500	>500~ 630	>630~ 800	>800~ 1000
$\pm f_a/\mu\text{m}$	12.5	15	17.5	20	23	26	28.5	31.5	35	40	45

表7 轴承孔中心线平行度偏差

垂直平面上的平行度偏差 $f_{\varepsilon\beta}/\mu\text{m}$	$0.25 (L/b) F_{\beta b}$
轴线平面内的平行度偏差 $f_{\varepsilon\beta}/\mu\text{m}$	$2f_{\varepsilon\beta}$
注：L—轴承跨距，单位为毫米(mm)；B—齿宽，单位为毫米(mm)； $F_{\beta b}$ ——用于计算轴承孔中心线平行度偏差时的螺旋线偏差，单位为微米(μm)， $F_{\beta b}=\sqrt{b+5}$ 。	

- 4.2.13 机壳上连接内齿圈的止口与主轴承孔的同轴度不低于 GB/T 1184-1996 中的 5 级，止口端面的垂直度不低于 GB/T 1184—1996 中的 5 级。
- 4.2.14 大小锥齿轮的轴承孔中心线的轴间距极限偏差 $\pm f_a$ 按 GB/T 11365—1989 中的 6 级要求，垂直度公差按图 1 和式(1)计算：

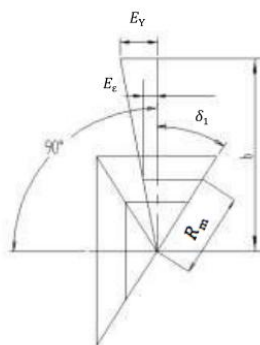


图 1 大小锥 齿轮的轴承孔中心线的垂直度公差

$$E_y = E_\epsilon \frac{b}{R_m \cdot \cos \delta_1} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

E_y —大小锥齿轮的轴承孔中心线的垂直度公差，单位为微米(μm)；

B —测点至两轴线交点的距离，单位为毫米(mm)；

E_ϵ —齿轮副轴交角极限偏差，单位为微米(μm)，直接 GB/T 11365 规定的 b 种最小法向侧隙选取；

R_m —中点锥距，单位为毫米(mm)；

δ_1 —小齿轮节锥角，单位为度($^\circ$)。

4.3 端盖

4.3.1 端盖应采用铸铁件，机械性能不低于 GB/T 9439—2010 中 HT250。单件生产时，也允许用 Q235 钢板加工。

4.3.2 端盖内表面、外表面和周边外表面一般均可为非加工面，应平整光洁，不应打腻子。造型和加工时应控制尺寸和位置公差，以保证装配后的外观质量。

4.3.3 保证端盖螺栓孔的位置度，使其有互换性。

4.3.4 端盖的非加工面涂环保型耐油底漆。

4.4 行星架

4.4.1 行星架通常采用球墨铸铁材料铸造，性能不低于 GB/T 1348—2009 中的 QT400-18，质量按 JB/T 7528-1994 中的优等品要求。特殊需要时可采用符合 GB/T 14408—2014 要求的 ZG35CrMo 铸钢材料铸造，调质处理，喷砂后超声波探伤和磁粉探伤应符合 JB/T 5000.14 的要求。单件小批制造的大型行星架也可采用焊接件，焊接应符合 JB/T 5000.3 的要求。

4.4.2 采用组装型行星架时，行星架的输出部分(如带实心输出轴、带内花键齿等)应采用性能不低于 42CrMoA 的优质合金钢，另半部分采用 QT400-18。两者靠止口定位，用螺栓和销联结，螺栓的强度不低于 8.8 级。销连接时侧板和行星架也应满足挤压强度要求。

4.4.3 行星架带内花键齿时，应采用调质或感应淬火等方式提高内花键齿的齿面硬度，以达到设计要求，内花键齿的精度 f_{pt} 不低于 GB/T 10095.1—2008 中的 7 级，粗糙度 R_a 为 $1.6\mu\text{m}$ 。

4.4.4 焊接行星架粗加工后应进行超声波探伤，超声波探伤应符合 GB/T 11345—2013 中的 B 级焊缝要求。

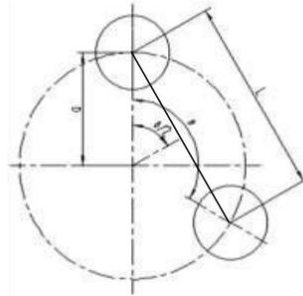
4.4.5 所有超过 200r/min 的行星架加工后都应进行平衡，转速低时应进行静平衡，转速高时应进行动平衡，去重力应在两侧板的外圆上进行。有实践经验时，允许提高需平衡零件转速的规定。动平衡试验方法按 GB/T 9239.1 进行，剩余不平衡量应符合 GB/T 8542—1987 中 2.2.6.2 的规定。

4.4.6 行星架上的轴承孔或销轴孔的尺寸公差带都为 H7，表面粗糙度 R_a 为 $1.6\mu\text{m}$ 。圆柱度不低于 GB/T 1184—1996 中的 6 级规定，同轴度不低于 GB/T 1184—1996 中的 5 级规定，与端面的垂直度不低于 GB/T 1184—1996 中的 5 级规定。

4.4.7 行星架的销轴孔(或轴承孔)的中心距极限偏差 $\pm f_a$ 应符合表 6 的规定，应保证各孔的中心距之差大于 $f_a/3$ 。

4.4.8 行星架销轴孔(或轴承孔)的中心线相对于主轴线的平行度偏差在轴承跨距上测量,应不大于表7的值。

4.4.9 应尽可能提高行星架各销轴孔(或轴承孔)的圆周等分精度,最大允许等分偏差为±12",可按表8的规定,用测量轴孔在圆周上的弦长偏差来控制。相邻轴孔在圆周上的弦长可按图2和式(2)计算。



图中L由式(2)计算:

$$L=2a \sin \left(\frac{\theta}{2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

L—相邻轴孔在圆周上的弦长,单位为毫米(mm);

a—中心距,单位为毫米(mm);

θ—两行星轮之间的中心角,单位为度(°)。

表8 行星架销轴孔(或轴承孔)在圆周上的弦长偏差

中心距a/mm	>50~80	>80~120	>120~180	>180~250	>250~315	>315~400	>400~500	>500~630
孔在圆周上的弦长偏差/mm	±0.009	±0.014	±0.02	±0.028	±0.036	±0.046	±0.058	±0.073

4.5 装配

4.5.1 装配前所有零件均应清洗干净。零件内外表面应无磨屑、铁锈、残余型砂、腐蚀性物质、油脂和其他异物。所有油路、内螺纹、不易清洗的死角均应用压缩空气吹净。

4.5.2 减速器的清洁度应符合 JB/T 7929—1999 中的D级规定。

4.5.3 应按 4.1.11 的要求选配行星轮,保证与同一太阳轮啮合的各行星轮公法线长度的一致性。行星架转速超过 200r/min 时,各组行星轮组件的质量差不应大于式(3)的计算值。

$$\Delta g=6350 \times \frac{M_c}{2an_c} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Δg—各组行星轮组件允许的质量差,单位为克(g);

M_c—行星架组件总的质量,单位为千克(kg);

n_c—行星架转速,单位为转每分(r/min);

A—中心距,单位为毫米(mm)。

4.5.4 应选配行星轮轴承,保证与同一太阳轮啮合的各行星轴承径向游隙的一致性。

4.5.5 内齿圈和机壳的连接螺栓为 10.9 级或 8.8 级,端盖连接螺栓均为 8.8 级。内齿圈和机壳的连接螺栓的夹紧长度不应小于螺栓直径的 4 倍。螺栓装配时需涂粘结剂防松。表 9 给出了 8.8 级、10.9 级和 12.9 级 3 种螺栓在摩擦因数 μ =0.10 和 μ =0.12 时的扭紧力矩,推荐按 μ =0.12 时的力矩扭紧。

表 9 螺栓的扭紧力矩

螺栓直径/mm		M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
8.8级螺栓拧紧力矩(N·m)	$\mu = 0.10$	18	35	61	91	149	201	290
	$\mu = 0.12$	19.1	37.3	65.3	103	160	229	323
10.9级螺栓拧紧力矩(N·m)	$\mu = 0.10$	25.4	49.4	86	134	210	287	409
	$\mu = 0.12$	28.1	55.2	95.7	152	235	327	460
12.9级螺栓拧紧力矩(N·m)	$\mu = 0.10$	28.9	56.8	98	156	240	336	471
	$\mu = 0.12$	32.8	64.6	112	178	275	383	538
螺栓直径/mm		M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39
8.8级螺栓拧紧力矩(N·m)	$\mu = 0.10$	385	500	712	1004	1306	1749	2170
	$\mu = 0.12$	441	555	817	1110	1500	1930	2495
10.9级螺栓拧紧力矩(N·m)	$\mu = 0.10$	548	705	1014	1416	1860	2466	3090
	$\mu = 0.12$	628	791	1164	1580	2137	2749	3550
12.9级螺栓拧紧力矩(N·m)	$\mu = 0.10$	641	810	1187	1615	2177	2805	3618
	$\mu = 0.12$	735	926	1361	1851	2500	3217	4158

4.5.6 行星架与行星轮销轴装配后应固定,防止行星轮销轴转动。

4.5.7 行星架组装后,需对各行星轮组件的装配位置作标识。

4.5.8 转速超过 1500r/min 的齿轮的转子(包括行星轮组件)组装后需一起进行动平衡试验,试验方法按 GB/T 9239.1 进行,剩余不平衡量应符合 GB/T 8542—1987 中 2.2.6.2 的要求。有实践经验时,允许提高需平衡转子转速的规定。

4.5.9 轴承内圈及套装齿轮端面应紧贴轴肩或定距环,用 0.05mm 塞尺检查不应塞入。

4.5.10 减速器内部的螺栓和管路固定应有可靠的防松措施;悬臂安装的油管应在所有与法兰连接处在两个平面内设置加强筋板;行星架上的所有组件都应有防松要求,防止振动后松动或脱落。

4.5.11 采用单列角接触轴承(圆锥滚子轴承、角接触球轴承)在装配时需进行轴向调整,调整值(轴向游隙或预载荷)应根据轴承在载荷状态下达到工作温度时的工况确定,推荐采用较小的预载荷。

4.5.12 圆柱齿轮副最小极限侧隙应符合表 10 的规定。单向旋转时,齿轮副的最大极限侧隙不作规定。

表 10 圆柱齿轮副最小极限侧隙

中心距a/mm	50≤a<100	100≤a<200	200≤a<400	400≤a<800	≥800
模数 m_n /mm	最小极限侧隙/mm				
1.5	0.09	0.11	—	—	—
2	0.10	0.12	0.15	—	—
3	0.12	0.14	0.17	0.24	—
5	—	0.18	0.21	0.28	—
8	—	0.24	0.27	0.34	0.47
12	—	—	0.35	0.42	0.55
18	—	—	—	0.54	0.67

4.5.13 空载时圆柱齿轮副的接触斑点的长度和位置应符合设计图的规定。

4.5.14 空载时圆锥齿轮副的接触斑点沿齿长方向不小于 50%,沿齿高方向不小于 55%;格里森齿廓齿轮副接触斑点应略靠近小端,克林根贝格齿廓齿轮副接触斑点应位于齿宽中部。

4.5.15 80%~100%额定负荷时圆柱齿轮副应达到 90%~100%齿宽的接触。

4.5.16 浮动件的轴向窜动量应符合设计要求。

4.6 润滑与冷却

4.6.1 为了保证润滑油的清洁度,应按 4.5.1 的要求在装配前清洗零件,新的润滑油加入系统前应该经过过滤。

4.6.2 飞溅润滑的减速器对首台样机、润滑参数或结构有改变时,应按 5.2.1 规定的方法进行润滑效

果的检验验证, 检验各润滑点是否能够得到充足的润滑油。对卧式减速器要重点检验与行星轮啮合的太阳轮、太阳轮上的花键、以及高速轴承的润滑和冷却效果。对立式减速器要着重检验油位以上(高于油位)的轴承、齿轮和花键的润滑和冷却是否可靠。

4.6.3 循环油润滑的减速器应附加一套完整的冷却、过滤和监控系统。过滤精度需满足轴承的使用要求。须对首台样机进行各供油点实际供油量验证。空载试验时, 油量、油压与油温均应在规定的范围内。

4.7 整机性能及外观质量

4.7.1 装配好后减速器外表面涂装应符合 JB/T 5000.12 的要求, 外观应光滑平整。特殊情况按技术文件要求。

4.7.2 减速器空载试验应达到以下要求:

- 各连接件、紧固件不松动;
- 各密封处、结合处不渗油;
- 运转平稳, 无异常冲击声和异常噪声;
- 噪声和振动应符合供需双方技术协议的要求;
- 润滑油温升不超过 25℃, 轴承温升不超过 45℃。

4.7.3 减速器负载试验应达到以下要求:

- 各连接件、紧固件不松动;
- 各密封处、结合处不渗油;
- 运转平稳, 无异常冲击声和异常噪声;
- 噪声和振动应符合供需双方技术协议的要求;
- 轮齿和机件无损伤。
- 油池最高温度不应超过 100℃。

4.7.4 简单行星和复合行星减速器满载时的传动效率应不低于以下数值: 一级 98.5%, 二级 97%, 三级 95.5%, 四级 94%。

5 检验与试验方法

5.1 检验方法

5.1.1 圆柱齿轮精度检验应符合 GB/Z 18620.1 和 GB/Z 18620.2 的规定。

5.1.2 齿坯、轴中心距和轴线平行度的检验应符合 GB/Z 18620.3 的规定。

5.1.3 圆柱齿轮空载接触斑点检验应符合 GB/Z 18620.4 的规定。应在型式试验或工业运行时, 在部分载荷及满载情况下对修形效果进行验证。

5.1.4 噪声测量, 用 GB/T 3785.1—2010 和 GB/T 3785.2—2010 中规定的 2 级和 2 级以上声级计, 在额定转速下, 在距减速器中分面 1m 处测得噪声声压级。测量应符合 GB/T 6404.1 的规定。

5.1.5 振动测量应符合 GB/T 6404.2 的规定。

5.1.6 效率测试应符合 JB/T 5558 的规定。

5.1.7 清洁度检验应符合 JB/T 7929 的规定。

5.2 试验方法

5.2.1 空载试验

减速器出厂前在用户要求的安装位置、润滑方式、额定转速(用户没有明确时按 1500r/min 和 750r/min 两种转速)和旋转方向下运转 2h, 有双向要求的正向、反向各运转 1h。量产后, 空载试验时间可缩短为 1h。

空载试验时应检测减速器的噪声和振动、接触斑点、润滑油和轴承的温升。

首台样机、或润滑参数或结构有改变时, 均应进行润滑效果的检验验证。

5.2.2 负载试验

空载试验合格后进行负载试验, 在额定转速下分别以 25%、50%、75%、100%的额定负载加载, 每级负载达到热平衡时为止, 在额定负载下高速级小齿轮应力循环次数应达到 3×10^6 。

5.2.3 超载试验

空载试验和负载试验合格后进行超载试验，要求在额定转速下加载到 120%、150%额定负载各运转 10min, 加载到 200%额定负载运行高速级小齿轮达到 10000 个循环次数。

以上试验未提及的条款应符合 JB/T 5558 的规定。

6 检验规则

6.1 检验分类

6.1.1 减速器的检验分为装配检验、出厂检验和型式试验。除新产品开发的需要及用户要求外，出厂前可以不做型式试验，仅做空载试验。

6.2 装配检验

减速器装配时，应进行以下检验：

- c) 齿面接触斑点；
- d) 齿轮副法向最小侧隙；
- e) 轴承轴向间隙；
- f) 输入轴和输出轴轴伸的径向跳动；
- g) 浮动件的轴向窜动量。

6.3 出厂检验

出厂检验项目包括：

- a) 外观(包括油漆质量、产品标牌内容、各种标识指示牌、附件安装、是否缺少零配件等)；
- b) 齿轮副法向最小侧隙；
- c) 轴承 轴向间隙；
- d) 齿轮副接触斑点；
- e) 输入轴和输出轴轴伸的径向跳动；
- f) 浮动件 的轴向窜动量；
- g) 空载试验。

注：以上b)、c)、d)、e)、f)五项采用装配检验的数据。

6.4 型式试验

型式试验项目包括：出厂检验全部项目、清洁度、负载试验和超载试验。

7 标志和包装

7.1 标志

减速器应在明显位置固定符合 GB/T 13306 规定的产品标牌，标牌中应包含：

- a) 产品名称、型号；
- b) 传动比；
- c) 输入转速和输入功率；
- d) 润滑油牌号；
- e) 质量；
- f) 出厂编号；
- g) 制造厂名称和地址；
- h) 出厂日期；
- i) 执行标准号。

7.2 包装

减速器外露加工面应涂防锈油，外露齿轮、齿轮轴涂防锈脂。按装箱单发运，包装箱应坚固、箱内

应有有效的防潮措施。包装标志符合 GB/T 191 的要求，收发货标志应符合 GB/T 6388 的要求。

随机文件应符合 JB/T 5000.13 的要求, 应包括:

- 装箱单;
 - 合格证(含产品执行标准号);
 - 使用说明书。
-