ICS 91-110
CCS Q 92

T/JSJCXH

江 苏 省 建 材 行 业 团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

水泥工业用回转窑

Rotary kilns for the cement industry

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2021.7.28）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

江苏省建材行业协会　　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 型号与基本参数 2
4.1 型号 2
4.2 基本参数 2
5 要求 3
5.1 基本要求 3
5.2 整机要求 3
5.3 主要零部件要求 3
5.4 安装要求 9
5.5 试运转要求 9
5.6 安全要求 10
5.7 防锈涂漆要求 10
6 试验方法 10
6.1 整机试验方法 10
6.2 主要零部件的试验方法 10
6.3 安装试验方法 13
6.4 试运转试验方法 13
6.5 安全试验方法 13
6.6 防锈涂漆试验方法 13
7 检验规则 13
7.1 检验分类 13
7.2 交收检验 13
7.3 型式检验 14
7.4 判定规则 14
8 标志、包装、运输和贮存 14
8.1 标志 14
8.2 包装和运输 14
8.3 贮存 15
附录 A（规范性） 筒体圆度测量方法 16
附录 B（规范性） 齿轮副滑动率差的计算公式 18
附录 C（规范性） 轮带与垫板之间的间隙测算方法 20

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。

本文件是在GB/T 32994-2016《水泥工业用回转窑》基础上起草的，与GB/T 32994-2016相比除结构调整和编辑性改动外,主要技术变化如下：

a) 增加了“术语和定义”一章（见第 3 章）；
b) 修改了 JC/T 532《建材机械钢焊接件通用技术条件》的适用范围（见 5.1.3）；
c) 对两支点回转窑筒体选用材料提出了要求[见 5.3.1.1 a）]；
d) 修改了筒体最短段节的布置位置（见 5.3.1.5）；
e) 将小段节内径要求修改为周长公差要求（见 5.3.1.11），并给定了检测方法（见 6.2.12）；
f) 在出厂段节同一横截面上内径的最大直径与最小直径之差要求基础上，增加了圆度公差要求（见 5.3.1.12），并给定了检测方法[见 6.2.13 a）、6.2.13 b）]；
g) 将出厂段节端面偏差要求并入平面度要求（见 5.3.1.14），并修改了 5.2.16“筒体出厂段节两端的端面偏差应在机床上找平后,两端面吊两根垂线,测量垂线下端与筒体下端的距离。每一端面测量不少于 2 处”的检测方法，给定了平面度检测方法（见 6.2.15）；
h) 修改了段节直线度检测方法（见 6.2.16）；
i) 将出厂段节长度偏差要求修改为出厂段节各长度应满足安装后相邻两轮带中心距要求，首尾轮带中心到窑端面距离要求,全长要求(见 5.3.1.16),并增加了段节长度测量方法(见 6.2.17);
j) 增加了对出厂段节对接顺序标识的要求（见 5.3.1.17）；
k) 量化了“垫板与筒体焊前贴合最大允许间隙 0.5 mm”的要求[见 5.3.1.19 b）]；
l) 增加对人孔门“边缘抛光至平滑过渡，孔口四周上下棱角倒圆半径为 4±1 mm”的要求[见 5.3.1.20 a）]；
m) 增加了对人孔门“开孔边缘应磁粉探伤无裂纹”的要求[见 5.3.1.20 d）]；
n) 增加了对大齿圈“机加工面和非加工 R 区应符合 GB/T 9443-2007 或 GB/T 9444-2007 中的III级”的要求[见 5.3.2.1 e）]；
o) 增加了对调质处理后加工齿槽的小齿轮顶圆硬度的要求[见 5.3.2.2 b）]，增加了对齿槽粗加工后调质处理的小齿轮顶圆硬度的要求[见 5.3.2.2 c）]；
p) 增加了对多台发往同一现场的齿轮副标识的要求[见 5.3.2.2 g）]；
q) 增加了的齿轮副滑动率差的要求（见 5.3.2.3），并给定了测算方法（见 6.2.23）；
r) 修改了对小齿轮轴、托轮轴、挡轮轴材料使用性能的要求（见 5.3.3.1、5.3.5.1、5.3.8.1）；
s) 增加了“托轮外圆最低硬度不低于轮带外圆最高硬度”的要求（见 5.3.4.3）；
t) 增加了托轮“工作面应符合GB/T 9443-2007或GB/T 9444-2007中的III级”的要求(见 5.3.4.8);
u) 修改了托轮轴与衬瓦接触处轴径的圆柱度要求（见 5.3.5.5）；
v) 修改了轮带外圆表面最低硬度要求（见 5.3.6.2）；
w) 增加了轮带与垫板之间的间隙测量方法（见 6.2.30）；
x) 增加了轮带“工作面应符合GB/T 9443-2007或GB/T 9444-2007中的III级”的要求(见 5.3.6.4);
y) 增加了挡轮“工作面应符合GB/T 9443-2007或GB/T 9444-2007中的III级”的要求(见 5.3.7.3);
z) 增加了对锌合金 ZA303 化学成分和力学性能的要求（见 5.3.9.1）；
aa) 增加了托轮轴承座的球瓦座渗漏试验要求（见 5.3.11.4）；
bb) 增加了“托轮、轮带、挡轮、大齿圈的工作面不允许补焊”的要求（见 5.3.12.1）；
cc) 增加了包装储运图示标志要求（见 8.3.1）；
dd) 增加了轮带、托轮、挡轮、大齿圈、小齿轮等零部件长期存放对工作表面的要求（见 8.3.2）；
ee) 增加了轮带、托轮、挡轮、大齿圈、小齿轮、电器、轴承装置、油站等零部件长期存放应采取的措施（见 8.3.3）；
ff) 删除了 4.3.1.14“出厂两相邻大段节在接缝处的周长差应不大于 0.15%的筒体内径,且不超过 6.0 mm”的要求。

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这些专利的责任。

本文件由江苏省建材行业协会提出并归口。

本文件起草单位：江苏鹏飞集团股份有限公司、南京凯盛国际工程有限公司、江苏大学、徐州中联水泥有限公司、海安海太铸造有限公司、江苏鉴华质量技术服务有限公司、江苏科泰检测技术有限公司。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布

水泥工业用回转窑

1 范围

本文件规定了水泥工业用回转窑（以下简称回转窑）的型号、基本参数、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于水泥工业用回转窑，其他行业用回转窑也可参照。

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 32979-2016 建材机械产品分类及型号编制方法
GB/T 700-2006 碳素结构钢
GB/T 1175-1997 铸造锌合金
GB/T 1176-2013 铸造铜及铜合金
GB/T 1184-1996 形状和位置公差 未注公差值
GB/T 1800.2-2009 产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第2部分：标准公差等级和孔、轴极限偏差表
GB/T 1804-2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
GB/T 2970-2016 厚钢板超声检测方法
GB/T 3274-2017 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
GB/T 3323-2005 金属熔化焊焊接接头射线照相
GB/T 5117-2012 非合金钢及细晶粒钢焊条
GB/T 5118-2012 热强钢焊条
GB/T 5226.1-2008 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件
GB/T 7233.1-2009 铸钢件 超声检测 第1部分：一般用途铸钢件
GB/T 8110-2008 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
GB/T 9439-2010 灰铸铁件
GB/T 9444-2007 铸钢件磁粉检测
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 10095.2-2008 圆柱齿轮 精度制 第2部分：径向综合偏差与径向跳动的定义和允许值
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 13306-2011 标牌
GB/T 16746-1997 锌合金铸件
GB/T 29712-2013 焊缝无损检测 超声检测 验收等级
GB/T 50561-2010 建材工业设备安装工程施工及验收规范
JCJ/T 3-2017 水泥机械设备安装工程施工及验收规范
JB/T 5000.15-2007 重型机械通用技术条件 第15部分：锻钢件无损检测
JB/T 6396-2016 大型合金结构钢锻件技术条件
JB/T 6397-2006 大型碳素结构钢锻件 技术条件
JB/T 6402-2006 大型低合金钢铸件
JC/T 401.3-2013 建材机械用铸钢件 第3部分：缺陷处理规定
JC/T 402-2006 水泥机械涂漆防锈技术条件

JC/T 406-2006 水泥机械包装技术条件
JC/T 532 建材机械钢焊接件通用技术条件

3 术语和定义

3.1

回转窑直径 rotary kiln diameter
回转窑卷制筒体的内径。

3.2

窑体长度 kiln shell length
回转窑回转部分的总长度。

3.3

小段节 small section
未对接焊的筒体最小单元。

3.4

段节 section
已对接焊筒体和未对接筒体的统称。

4 型号与基本参数

4.1 型号

Y □ / □ × □

- □ — 回转窑筒体公称长度（m）
- □ — 回转窑筒体变径公称内径（m），无变径可省略
- □ — 回转窑筒体公称内径（m）
- Y — 回转窑代号

示例1：筒体内径为Φ4.8 m，窑体长度为70 m的回转窑标记为：
水泥工业用回转窑　T/JSJCXH XX-XXXX　Y4.8×70
示例2：筒体内径为Φ6 m，筒体变径部分内径为Φ6.4 m，窑体长度为90 m的回转窑标记为：
水泥工业用回转窑　XXXX /T XXXX-XXXX　Y6/6.4×90

4.2 基本参数

回转窑的基本参数应包含表1中的内容。

表1 回转窑基本参数

项目	基本参数
规格/m	公称内径（1.6～7.2）×公称长度（由工艺确定）
主传动转速/（r/min）	工艺确定
辅助传动转速/（r/h）	≤10
窑体斜度	工艺确定

挡轮型式	液压或机械
注：窑体斜度指窑体两端中心高度差与以窑体长度之比（以百分数表示）。	

5 要求

5.1 基本要求

5.1.1 回转窑产品应符合本标准的规定，并按规定程序批准的设计图样、技术文件和技术规范制造、安装和使用。本标准和设计图样、技术文件和技术规范未规定的技术要求，应符合相关国家标准及行业标准中的有关规定。

5.1.2 图样上机械加工面的未注公差应不低于 GB/T 1804-2000 中 m 级的规定，非机械加工面的未注公差应不低于 GB/T 1804-2000 中 v 级的规定，机械加工的未注形位公差值应不低于 GB/T 1184-1996 中 K 级的规定。

5.1.3 除设计图样、技术文件和技术规范另有规定外，焊接件应符合 JC/T 532-2007 的规定。

5.1.4 使用的碳钢焊条、低合金钢焊条和焊丝应分别符合 GB/T 5117、GB/T 5118 和 GB/T 8110 的规定。

5.1.5 外购件、外协件应符合有关标准的规定，并应有合格证和相关检验结果。

5.2 整机要求

5.2.1 回转窑的基本参数应符合表 1 或设计图纸和相关技术文件规定。

5.2.2 回转窑各轴承温升应符合 4.5.3 的规定。

5.2.3 回转窑的安全防护装置应符合 4.6 的规定。

5.2.4 回转窑的油漆不应有腐蚀、剥落，机加工件不应有磕碰等现象。

5.2.5 电气安全应符合 GB 5226.1-2008 的规定。

5.3 主要零部件要求

5.3.1 筒体

5.3.1.1 筒体所选材料使用性能应符合以下要求：

a) 对于两支点回转窑的筒体内径大于 φ4 m 的回转窑，应不低于 GB/T 700-2006 中的 Q235C；

b) 对于三支点回转窑和筒体内径不大于 φ4 m 的回转窑，应不低于 GB/T 700-2006 中的 Q235B；

c) 对于特殊环境使用的回转窑,筒体所选材料使用性能应与对应的使用环境相匹配。

5.3.1.2 筒体钢板表面质量应符合 GB/T 3274 的规定。

5.3.1.3 对于厚度不小于 38 mm 或轧制宽度超过 1 900 mm 的钢板，下料前应对成材边缘宽度为 60 mm 的区域内进行超声检测，其质量等级应达到 GB/T 2970-2016 中表 4 中的Ⅱ级。

5.3.1.4 除轮带下和轮带两侧的过渡钢板外，筒体图样中的钢板宽度（即小段节的长度）制造时可按以下要求进行调整：

a) 调整后齿圈下段节环向焊缝与弹簧板连接焊缝的距离应不小于 100 mm；

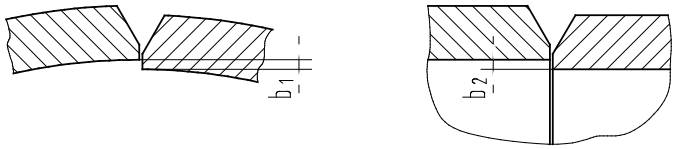
b) 调整后环向焊缝与人孔门孔边距离应不小于 100 mm。

5.3.1.5 除变径回转窑过渡锥形段节和悬臂端部的小段节外,小段节的最短长度不应小于 1 m，轮带之间长度小于 1.5 m 的小段节不应多于 1 节，并布置在该跨的中间部位；除设计、工艺有特殊要求外，允许筒体两端悬臂端小于 1 m 的小段节不多于 2 节（不含进料端锥形筒体），并布置在靠近悬臂端部。

5.3.1.6 小段节钢板作环向拼接时，每个小段节的纵向焊缝不应多于 2 条。

5.3.1.7 各相邻段节的纵向焊缝错开弧长不应小于 1/8 周长，最短拼板弧长不应小于 1/4 周长。

5.3.1.8 段节纵向焊缝焊接前对口错边量 b1 应不大于 1.5 mm，如图 1（a）所示；环向焊缝焊接前对口错边量 b2 应不大于 2.0 mm，如图 1（b）所示。

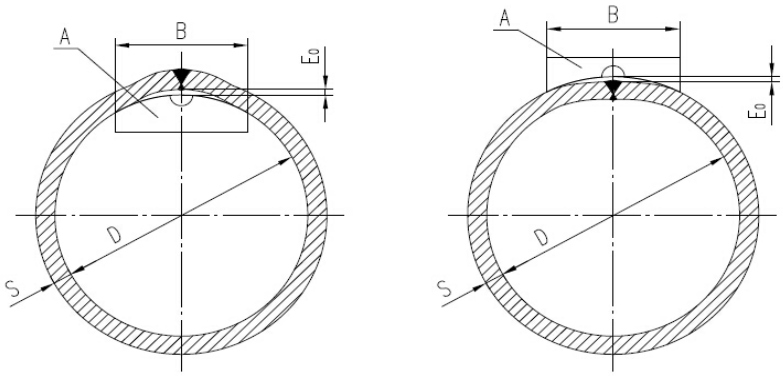


（a）纵向焊缝对口错边量　　（b）环向焊缝对口错边量

说明： b_1—— 纵向焊缝对口错边量；b_2—— 环向焊缝对口错边量。

图1　筒节焊缝对口错边量示意和检测示意

5.3.1.9　段节纵向焊缝区域的形状应与筒体圆形理论值一致，其偏差值 E_0 应不大于 2.0 mm，如图 2 所示。

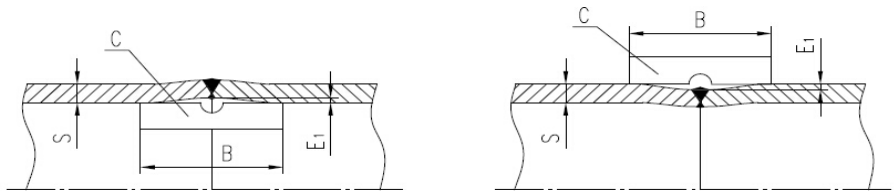


（a）筒体内部检测类型　　（b）筒体外部检测类型

说明：A——弧形样板；E_0——筒体实际形状偏差值；B——样板弦长；S——筒体钢板厚度；D——筒体公称内径。

图2　筒体段节纵向焊缝区域表面形状和检测示意

5.3.1.10　段节环向焊缝两边筒体表面在同一圆柱面上,偏差 E_1 应不大于 2.0 mm，如图 3 所示。



（a）筒体内部检测类型　　（b）筒体外部检测类型

说明：C—— 条形样板；B—— 样板长度；E_1 —— 筒体段节母线偏差值；S—— 筒体钢板厚度 。

图3　段节环向焊缝区域表面形状示意

5.3.1.11　任意同内径小段节周长应符合表 2 的要求。

表2　小段节外径周长公差　　单位为毫米

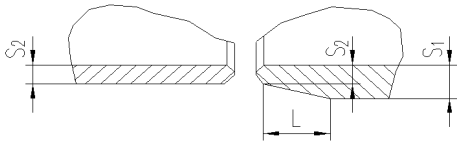
筒体内径 ϕ	≤3 000	4 000	5 000	≥6 000
周长公差± ΔC	±1.0π	±1.5π	±2.0π	±2.5π
注：对于筒体内径大于3 000 mm～6 000 mm的其他内径周长公差，ΔC按表中参数等差计算选取。				

5.3.1.12　出厂段节同一横截面上内径的最大直径与最小直径之差或圆度公差应符合如下要求：

a)　安装轮带和大齿圈处段节截面最大直径与最小直径之差不应大于筒体公称内径的1.5‰，或圆度公差为筒体公称内径的0.5‰；

b)　其他段节两端和小段节两端最大直径与最小直径之差不应大于筒体公称内径的2.0‰，或圆度公差为筒体公称内径的0.7‰。

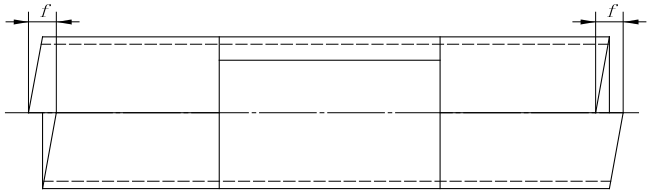
5.3.1.13　不等厚钢板对接时，当厚度差值大于5 mm时，应将厚板段节外壁加工成过渡圆锥面，如图4所示。过渡圆锥面的表面粗糙度Ra的最大允许值为12.5 μm，宽度L应不小于厚度差值的5倍。



说明：S_1——厚板厚度；S_2——薄板厚度；L——过渡圆锥面宽度。

图4　厚板过渡圆锥面示意

5.3.1.14　出厂段节端面平面度[包含端面偏差f在内（见图5）]应不大于0.5 mm。



说明：f——纵向焊缝端面错边量。

图5　出厂筒体段节端面偏差示意

5.3.1.15　出厂段节中心线的直线度应符合如下要求：

a)　安装轮带与大齿圈处的段节为φ4.0 mm；

b)　其余段节为φ5.0 mm。

5.3.1.16　出厂段节各长度应满足安装后相邻两轮带中心距公差±6 mm、首尾轮带中心到窑端面距离公差±3 mm、全长的尺寸公差±6 mm。

5.3.1.17　出厂筒体段节安装连接顺序标识要求：

a)　段节两端内壁应采用框内阿拉伯数字或英文大写字母等标记安装连接顺序标识；

b)　标记高度应不小于400 mm，笔宽应不小于30 mm，字体宜用黑体；

c)　同一安装连接对接端的标识应相同，以防两端混淆；

d)　单台套出厂筒体段节连接顺序以阿拉伯数字标识的，“6”和“9”应写成“6̲”和“9̲”；

e)　多台套出厂筒体段节的顺序标识以“台号-顺序号”组合表示。

示例：二台套出厂筒体段节连接顺序标识分别为：

1-1、1-2、1-3……或1A、1B、1C……

2-1、2-2、2-3……或2A、2B、2C……

5.3.1.18　出厂段节两端的焊接坡口在制造厂内应采用切削加工。

5.3.1.19　轮带下筒体的垫板应符合如下要求：

a)　垫板固定用焊缝和垫板本身不应与筒体的纵向焊缝重叠，两种焊缝边缘的距离应不小于50 mm；

b)　垫板与筒体焊前应紧密贴合，最大允许间隙为0.5 mm；

c) 垫板与筒体焊接后应对垫板外表面进行加工；
d) 与焊接于筒体的定位挡块相遇的纵向焊缝应磨平。

5.3.1.20 筒体的人孔门等开孔应符合如下要求：
a) 加工表面或打磨粗糙度 Ra 最大允许值为 25 μm，边缘抛光至平滑过渡，孔口四周上下棱角倒圆半径为 4±1 mm；
b) 筒体焊缝处不应开孔，且孔边缘与焊缝边缘的距离应不小于 100 mm；
c) 孔边缘 60 mm 内进行超声检测，其质量等级应达到 GB/T 2970-2016 中表 4 中的Ⅱ级；
d) 开孔边缘应磁粉探伤无裂纹。

5.3.1.21 焊缝应饱满，最低点不应低于基体金属表面，且超出基体金属表面的高度应符合如下要求：
a) 筒体内部烧成带及相邻区域应不大于 0.5 mm；
b) 筒体内部除烧成带及相邻区域外的区域应不大于 1.5 mm；
c) 筒体外部应不大于 3.0 mm。

5.3.1.22 焊缝咬边深度不应大于 0.5 mm，连续长度不应大于 100 mm。每条焊缝的咬边总长度不应超过该焊缝长度的 10%。

5.3.1.23 筒体每一条焊缝均应超声检测，对用超声检测发现的可疑处，可用射线检测进一步评定，焊缝同一部位返修次数不应超过两次，检测要求如下：
a) 当采用超声检测时，检测等级按 GB/T 11345-2013 中表 A.1 中的 B 级，验收等级达到 GB/T 29712-2013 中表 A.1 中的 2 级；
b) 当采用射线检测时，质量等级应达到 GB/T 3323-2005 中的Ⅲ级。

5.3.2 齿轮副

5.3.2.1 大齿圈要求：
a) 大齿圈所用材料使用性能应不低于 JB/T 6402-2006 中的 ZG35Mn。
b) 大齿圈应进行热处理，精加工后齿顶圆表面硬度应不低于 185 HB。
c) 大齿圈的制造精度应符合 GB/T 10095.1-2008～GB/T 10095.2-2008 中的 9 级的要求。
d) 大齿圈加工后轮缘厚度应均匀，其偏差为轮缘设计厚度的-5%～+10%。
e) 大齿圈粗加工后,齿面至向内 60 mm 范围内和重点受力区域应进行超声检测，质量等级达到 GB/T 7233.1-2009 表 1 中的 3 级，机加工面和非加工 R 区应符合 GB/T 9443-2007 或 GB/T 9444-2007 中的Ⅲ级。

5.3.2.2 小齿轮要求：
a) 小齿轮所用材料使用性能应不低于 JB/T 6396-2006 中的 35CrMo。
b) 调质处理后加工齿槽的小齿轮，顶圆最低硬度应比大齿圈齿顶圆最高硬度高 40 HB 以上；
c) 齿槽粗加工后调质处理的小齿轮，粗加工余量应不大于 3 mm，顶圆最低硬度应比大齿圈齿顶圆最高硬度高 20 HB 以上；
d) 小齿轮的制造精度应符合 GB/T 10095.1-2008～GB/T 10095.2-2008 中的 9-9-8 级的要求。
e) 小齿轮粗加工后应进行超声检测，质量等级应达到 JB/T 5000.15-2007 中表 1 中的Ⅲ级。
f) 对于多台发往同一现场的齿轮副应采用相同的大写英文字母标记对硬度相匹配的大齿圈和小齿轮进行标识。

5.3.2.3 齿轮副参数匹配要求：
a) 大齿圈和小齿轮的滑动率差宜小于 1‰；
b) 小齿轮齿形加工时宜根据大齿圈变位系数满足滑动率差小于 1‰进行变位系数重新确定和配制。

5.3.3 小齿轮轴

5.3.3.1 小齿轮轴所用材料使用性能不应低于 JB/T 6397-2006 中的 40Cr 锻钢的规定。

5.3.3.2 小齿轮轴应进行调质处理，精加工后外圆表面硬度应不低于 230HB。

5.3.3.3　小齿轮轴粗加工后机加工面应进行超声检测，质量等级应达到 JB/T 5000.15-2007 中表 1 中的III级。

5.3.4　托轮

5.3.4.1　托轮所用材料使用性能不应低于 JB/T 6402-2006 中 ZG35Cr1Mo 的规定。
5.3.4.2　托轮进行热处理，精加工后外圆表面硬度应不低于 190 HB。
5.3.4.3　托轮外圆的平均硬度应比轮带外圆的平均硬度高 20 HB 以上，且托轮外圆最低硬度不低于轮带外圆最高硬度。
5.3.4.4　托轮粗加工后的轮缘、轮毂的厚度偏差不应超过设计尺寸的 5%。
5.3.4.5　托轮外圆直径公差等级按 GB/T 1800.2-2009 中表 1 中的 IT11 级。
5.3.4.6　以轴孔中心线为基准轴线的托轮外圆表面中心线同轴度的公差按 GB/T 1184-1996 中表 B4 中的 8 级。
5.3.4.7　托轮工作面圆柱度公差为 0.2 mm。
5.3.4.8　托轮粗加工后机加工面应进行超声检测，质量等级应达到 GB/T 7233.1-2009 中表 1 中的 3 级,工作面应符合 GB/T 9443-2007 或 GB/T 9444-2007 中的III级。
5.3.4.9　采用相同的大写英文字母标记对硬度相匹配的托轮和轮带进行标识。

5.3.5　托轮轴

5.3.5.1　托轮轴所用材料使用性能应不低于 JB/T 6397-2006 中的 40Cr 锻钢的规定。
5.3.5.2　托轮轴应进行调质处理，调质后硬度应不低于 210 HB。
5.3.5.3　托轮轴表面粗糙度 Ra 的最大允许值应符合如下要求：

a)　与衬瓦和密封件接触处为 1.6 μm；
b)　与托轮配合处为 3.2 μm。

5.3.5.4　托轮轴与托轮配合处的轴径对两端轴瓦接触处轴颈的同轴度公差按 GB/T 1184-1996 中表 B4 中的 7 级。
5.3.5.5　托轮轴与托轮配合处和托轮轴与衬瓦接触处的圆柱度按表 3 的规定。

表3　轴与托轮和衬瓦配合处的圆柱度　　单位为毫米

轴径 ϕ	≤500	600	700	800	≥900
圆柱度要求	0.020	0.023	0.026	0.029	0.032
注：对于大于500 mm～900 mm中的其他轴径公差，按本表中参数等差计算选取。					

5.3.5.6　托轮轴粗加工后机加工面应进行超声检测，质量等级应达到 JB/T 5000.15-2007 中表 1 中的III级。

5.3.6　轮带

5.3.6.1　轮带所用材料使用性能应不低于 JB/T 6402-2006 中的 ZG35Mn 的规定。
5.3.6.2　轮带应进行热处理，精加工后外圆表面硬度应不低于 180 HB。
5.3.6.3　轮带与垫板之间的间隙应按设计要求配作。
5.3.6.4　轮带粗加工后机加工面应进行超声检测，质量等级达到 GB/T 7233.1-2009 中表 1 中的 3 级，工作面应符合 GB/T 9443-2007 或 GB/T 9444-2007 中的III级。
5.3.6.5　轮带外圆直径公差为 GB/T 1800.2-2009 中表 1 中 IT10 级。
5.3.6.6　轮带内外圆柱面中心线的同轴度公差等级应不低于 GB/T 1184-1996 中表 B4 中的 8 级，公差值根据轮带外径选取。
5.3.6.7　轮带外圆柱面圆柱度公差为 0.3 mm。
5.3.6.8　轮带与挡轮接触角度公差均为±3′。

5.3.7 挡轮

5.3.7.1 挡轮所用材料使用性能应不低于 JB/T 6402-2006 中的 ZG35Cr1Mo 的规定。
5.3.7.2 挡轮应进行热处理，加工后工作面硬度应不低于 210 HB。
5.3.7.3 挡轮粗加工后机加工面应进行超声检测，质量等级应达到 GB/T 7233.1-2009 中表 1 中的 3 级，工作面应符合 GB/T 9443-2007 或 GB/T 9444-2007 中的III级。

5.3.8 挡轮轴

5.3.8.1 挡轮轴所用材料使用性能应不低于 JB/T 6397-2006 中的 40Cr 锻钢。
5.3.8.2 挡轮轴应进行调质处理，调质后硬度应不低于 210 HB。
5.3.8.3 挡轮轴粗加工后机加工面应进行超声检测，质量等级应达到 JB/T 5000.15-2007 中表 1 中的III级。

5.3.9 托轮轴承衬瓦

5.3.9.1 托轮轴承衬瓦所用材料使用性能应符合如下要求：
a) 采用铸造铝青铜时，应不低于 GB/T 1176-2013 中的 ZCuAl10Fe3；
b) 采用铸造锌合金时，应不低于 GB/T 1175-1997 中的 ZA27；
c) 锌合金可采用 ZA303 时，化学成分和力学性能应分别符合表 4 和表 5 的规定。

表4 铸造锌合金 ZA303 的化学成分

合金元素%				杂质元素%（不大于）				
Al	Cu	Mg	Zn	Fe	Pb	Cd	Sn	其他
25.0～30.0	2.0～3.0	0.01～0.02	其余	0.075	0.006	0.006	0.003	Mn0.01，Cr0.01，Ni0.01

表5 铸造锌合金 ZA303 的力学性能

铸造方法及状态	抗拉强度 Rm /MPa	伸长率 A
SF（砂型铸造铸态）	≥410	≥10%
JF（金属型铸造铸态）	≥420	≥10%
JT3（砂型铸造 T3 热处理状态）	≥380	≥12%

5.3.9.2 锌合金衬瓦的铸件质量应符合 GB/T 16746-1997 的规定，铜合金衬瓦参照 GB/T 16746-1997 执行。
5.3.9.3 衬瓦径向许用比压应不低于 4.5 MPa，轴向止推面比压应不低于 4 MPa，硬度不小于 100 HB。
5.3.9.4 不刮瓦衬瓦内圆柱面直径应大于托轮轴轴颈公称直径，其差值为托轮轴轴颈公称直径的 0.2%～0.3%。
5.3.9.5 衬瓦内外圆柱面中心线的同轴度公差等级不应低于 GB/T 1184-1996 中表 B4 中的 7 级，公差值根据衬瓦内径选取。
5.3.9.6 衬瓦肩端面对内圆柱面的垂直度公差等级应不低于 GB/T 1184-1996 中表 B3 中的 6 级，公差值根据瓦肩外径选取。

5.3.10 托轮轴承球面瓦

5.3.10.1 托轮轴承球面瓦所用材料使用性能应不低于 GB/T 9439-2010 中的 HT200。
5.3.10.2 托轮轴承球面瓦铸件不应有裂纹和影响使用的砂眼、缩孔等缺陷。
5.3.10.3 托轮轴承球面瓦应进行水压无渗漏试验。
5.3.10.4 球面瓦的球心对内圆柱面轴线及其沿轴向的对称中心线的位置度公差为 SΦ0.10 mm。

5.3.11 托轮轴承座

5.3.11.1 托轮轴承座所用材料使用性能应不低于 GB/T 9439-2010 中的 HT200。
5.3.11.2 托轮轴承座铸件不应有裂纹和影响使用的砂眼、缩孔等缺陷。
5.3.11.3 同一托轮轴承组两端的轴承座中心高度差应符合 GB/T 1800.2-2009 中表 1 中的 IT10 级。
5.3.11.4 托轮轴承座的球面瓦座精加工后进行注水和涂煤油应无渗漏。

5.3.12 铸钢件缺陷处理

5.3.12.1 托轮、轮带、挡轮、大齿圈的工作面不允许补焊。
5.3.12.2 托轮、轮带、挡轮、大齿圈的非工作面缺陷处理的其它要求应符合 JC/T 401.3-2013 的规定，粗加工后的托轮、轮带、挡轮、大齿圈的非工作面允许补焊条件为：

a) 切凿宽度不超过工作宽度的 10%；
b) 切凿深度不超过壁厚的 25%；
c) 切凿面积总和不超过该面总面积的 2%；
d) 连同毛坯件的切凿面积在内总和小于该面总面积的 4%。

5.3.12.3 精加工后轮带、托轮、挡轮及大齿圈的表面允许存在的缺陷周边应进行修整，无毛刺和尖角，允许不补焊条件为：

a) 缺陷的长度和宽度均小于 25 mm,深度小于 5 mm；
b) 两个缺陷的最小距离应大于 200 mm；
c) 单个零件上缺陷的数量不超过 10 处。

5.3.12.4 焊补前应预热，焊补后应进行热处理。焊补区域精加工后应进行磁粉探伤，质量等级应达到 GB/T9444-2007 中表 1 中的 2 级。

5.3.13 监测装置

5.3.13.1 配置的筒体温度监测扫描仪，能够有温度监测信号输出，其电控部分对非正常工况应预警。
5.3.13.2 回转窑支承装置和挡轮装置的主要轴承配置监测温度的元件，能够有温度监测信号输出，其电控部分对超出正常运行的温度时应预警。
5.3.13.3 液压挡轮装置应配置窑体位移监测装置，超出设计允许范围时应有位移监测信号输出，其电控部分对超出设计允许范围时应能报警。

5.4 安装要求

回转窑的安装应符合 GB/T 50561 的规定。

5.5 试运转要求

5.5.1 运转时，先开启设备配备的润滑和液压系统，运行 30min 后再开启电机运转。
5.5.2 空载运转应在回转窑砌筑内衬之前进行，空运转试验时间应符合如下要求：

a) 电动机不应少于 2h；
b) 主电动机带动主减速器不应少于 2 h；
c) 辅助电动机带动辅减速器不应少于 2 h；
d) 辅助电动机带动回转窑不应少于 2 h；
e) 主电动机带动回转窑不应少于 4 h；
f) 液压系统、冷却系统、润滑系统及泵、阀不应少于 4 h。

5.5.3 空运转时的轴承温升应符合如下要求：

a) 托轮滑动轴承温升不应超过 30 K；

b) 电动机、减速器和小齿轮装置等轴承温升不应超过 25 K。

5.5.4 运转时应无异常振动和噪声，润滑和密封正常，各处螺栓不应有松动现象。

5.5.5 主电机试运转时，从低速逐步提高到最高速，运行时间不应少于 1 h，额定转速下运行时间不应少于 1 h。

5.5.6 回转窑砌筑内衬后点火前转速不应超过 0.6 r/min，以防衬体松动。

5.6 安全要求

5.6.1 有辅助传动装置的传动装置电控部分，应设置当辅助传动装置启动时能切断主电动机电源的连锁装置。

5.6.2 回转窑传动装置电控部分，应对温度监测、位移监测出现的异常现象有跳停保护功能。

5.6.3 辅助传动装置应设置独立动力源。

5.6.4 回转窑传动装置中的高转速联轴器、开式齿轮等传动部件应设置防护罩。

5.6.5 回转窑辅助传动装置应安装制动装置。

5.6.6 对所有安全元件及检测仪表进行测试，确认仪表正常运转后，方可启动运行回转窑。

5.7 防锈涂漆要求

5.7.1 回转窑零部件出厂前应防锈处理。

5.7.2 回转窑零部件涂漆应符合 JC/T 402 的规定。

6 试验方法

6.1 整机试验方法

6.1.1 轴承温升按 5.4.1 的方法检测。

6.1.2 安全防护装置按 5.5 的方法检测。

6.1.3 通过目测判定回转窑外观质量。

6.1.4 电气安全按 GB 5226.1 给出的方法检测。

6.2 主要零部件的试验方法

6.2.1 回转窑主要零部件的所用材料使用性能按相关标准进行检测并提供检测报告。

6.2.2 回转窑主要零部件表面粗糙度采用粗糙度检测仪或粗糙度比较样块进行检测。

6.2.3 主要零部件的硬度采用便携式硬度检测仪检测，直径 2 m 以下检测点数不应少于 4 个，直径 2 m～4 m 检测点数不应少于 6 个，4 m～6 m 检测点数不应少于 8 个，6 m 以上检测点数不应少于 10 个，检测点应分布均匀，不允许在一个截面上。

6.2.4 对于 5.3.1.2 中筒体钢板表面质量的检测按 GB/T 3274 给出的方法进行。

6.2.5 对于 5.3.1.3 中中钢板成材边缘检测按 GB/T 2970 给出的方法进行。

6.2.6 通过统计或目测判定表 6 中的检测项目是否符合要求。

表6 目测项目

序号	检测项目	要求条款
1	筒体每个小段节纵向焊缝条数	5.3.1.6
2	筒体安装连接顺序标识	5.3.1.17
3	垫板固定用焊缝和垫板本身不应与筒体的纵向焊缝重叠	5.3.1.19 a)

4	垫板与筒体焊接后应加工垫板外表面	5.3.1.19 c)
5	与焊接于筒体的定位挡块相遇的纵向焊缝应磨平	5.3.1.19 d)
6	筒体人孔门四周上下棱角均应倒圆	5.3.1.20 a)
7	筒体焊缝处不应开孔	5.3.1.20 b)
8	硬度匹配的轮带和托轮标识	5.3.5.3
9	托轮轴承球面铸件不应有裂纹和影响使用的砂眼、缩孔等的缺陷	5.3.11.2

6.2.7　对于 5.3.1.5 中筒体同一跨内小段节长度采用钢卷尺测量，统计小于 1.5 m 的小段节节数。

6.2.8　对于 5.3.1.7 中相邻段节的纵向焊缝错开弧长和最短拼板弧长通过钢卷尺测量。

6.2.9　对于 5.3.1.8 中筒体段节焊缝对口错边量采用深度尺检测。

6.2.10　对于 5.3.1.9 中筒体纵向焊缝区域形状用弦长不小于筒体内径五分之一且不小于 1 m 的弧形样板紧贴焊缝一边凸出的钢板配合塞尺检测。

6.2.11　对于 5.3.1.10 中环向焊缝区域相邻筒体直线偏差用长度不小于 500 mm 的条形样板紧贴焊缝一边凸出的钢板配合塞尺检测。

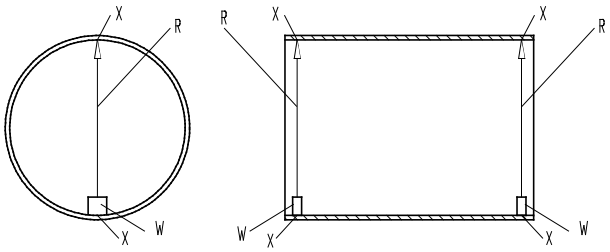
6.2.12　对于 5.3.1.11 中段节周长采用 π 尺测量筒体外径，卡尺测量筒体钢板厚度，再推算出的内径周长偏差值（以 π 的倍数表示，保留 1 位小数）。

6.2.13　对于 5.3.1.12 中出厂段节同一横截面上内径的最大直径与最小直径之差或圆度测量方法：

a)　最大直径与最小直径之差用精度不低于 1 mm 的测距仪对每个端面附近不少于 8 个等分对称点之间的距离进行检测（见图 6）；

b)　圆度按附录 A 给定的方法测量。

注：最大直径与最小直径之差和圆度中一种合格视为合格。



说明：*W*—— 测距仪；*R*—— 射线；*X*—— 圆周等分点。

图6　筒体直径测量示意

6.2.14　对于 5.3.1.13 中过渡圆锥面宽与两板材厚度差倍数采用钢卷尺或钢直尺测量推算。

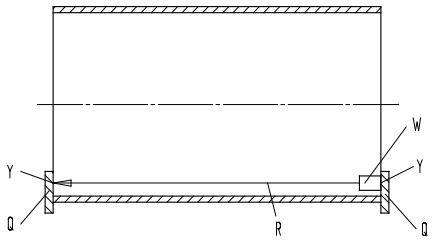
6.2.15　对于 5.3.1.14 中的出厂段节端面平面度，采用两根 φ0.5 mm 钢琴丝拉直在任意交叉方向压紧筒体端面，透光目测钢琴丝之间的间隙；交换上下层钢琴丝位置，在任意交叉方向压紧筒体端面，透光目测钢琴丝之间的间隙。无间隙视为平面度合格。

注：采用落地车床加工端面的段节，默认端面平面度合格。

6.2.16　对于 5.3.1.15 中将出厂大段节内径沿圆周方向至少取 4 个等分线，将等高块放置于大段节两端相同等分线上，用直径不大于 0.3 mm 未缠绕和未弯曲的拉伸琴钢丝放置在等高块上拉直，用钢直尺检测筒体表面与琴钢丝的距离，其最大与最小差值视为出厂大段节中心线的直线度偏差值。

6.2.17　对于 5.3.1.16 中出厂大段节各长度采用钢卷尺测量，或采用精度不低于 1 mm 的测距仪借助辅助测量板选取测量点测量（见图 7）。根据测量数据计算回转窑安装后相邻两轮带中心距、首尾轮带中心到窑端面距离、全长尺寸理论偏差。

6.2.18　对于 5.3.1.18 b）焊前紧密贴合程度用 0.5 mm 塞尺检测，每块垫板可塞入点的数量不应多于 2 处，最大塞入深度不应大于 100 mm。



说明：*Q*—— 辅助测量板；*W*—— 测距仪；*R*—— 射线；*Y*—— 测量取点。

图7　筒体长度测量示意

6.2.19　对于 5.3.1.19 c）中孔边缘超声检测按 GB/T 2970 给出的方法进行。
6.2.20　对于 5.3.1.20 中焊缝超出基体金属表面高度、5.3.1.21 焊缝咬边深度用焊缝检验尺检测。
6.2.21　对于 5.3.1.22 中筒体焊缝检测按 GB/T 11345 给出的方法进行。
6.2.22　对于 5.3.2.1 中大齿圈及 5.3.3.3 小齿轮的制造精度检测，按 GB/T 10095.1-2008 和 GB/ T 10095.2-2008 给出的方法进行。
6.2.23　对于 5.3.2.3）中的齿轮副滑动率差根据实际测量推算的变位系数和其他基本参数按附录 B 给定计算公式计算。
6.2.24　对于 5.3.2.1 d）中大齿圈的轮缘厚度和 5.3.4.4 托轮的轮缘厚度、轮毂厚度，采用卷尺、钢直尺检测，检测点应分布均匀，点数不应少于 4 个。
6.2.25　对于 5.3.2.5、5.3.5.38、5.3.7.4、5.3.8.3 中有关大齿圈、托轮、轮带、挡轮的超声检测，按 GB/T 7233.1-2009 给出的方法进行。
6.2.26　对于 5.3.3.4、5.3.4.3、5.3.6.6、5.3.9.3 中有关小齿轮、小齿轮轴、托轮轴、挡轮轴的超声检测，按 JB/T 5000.15 给出的方法进行。
6.2.27　对于 5.3.5.5 中托轮外圆直径和 5.3.7.5 中轮带外圆直径采用千分尺、卡尺或 π 尺进行检测。
6.2.28　对于 5.3.5.6 中以轴孔中心线为基准轴线的托轮外圆表面中心线同轴度、5.3.6.4 中轴与托轮配合处的轴径对两端轴瓦配合处轴颈的同轴度、5.3.7.6 中轮带内外圆柱面中心线的同轴度、5.3.10.5 中衬瓦内外圆柱面中心线的同轴度，应在机床加工完毕时借助机床带动工件转动采用百分表进行检测，检测点不应少于 3 个。
6.2.29　对于 5.3.5.7 中托轮外圆、5.3.6.5 中托轮轴与托轮和衬瓦配合处、5.3.7.7 中轮带外圆的圆柱度检测，应在机床加工完毕时借助机床带动工件转动采用百分表进行检测，或在圆柱度检测平台上进行检测，检测截面不应少于 3 处。
6.2.30　对于 5.3.6.3 中轮带与垫板之间的间隙按附录 C 给定的方法测算。
6.2.31　对于 5.3.7.8 中轮带与挡轮接触角度采用万能角度尺进行检测。
6.2.32　对于 5.3.10.2 中锌合金衬瓦的铸件质量按 GB/T 16746-1997 给出的方法进行检测。
6.2.33　对于 5.3.10.4 中不刮瓦衬瓦内圆柱面直径，在衬瓦整体加工后、剖分前用内径千分尺进行检测。
6.2.34　对于 5.3.10.6 中衬瓦肩端面对内圆柱面的垂直度，应在机床加工完毕时借助机床带动工件转动采用百分表进行检测。
6.2.35　对于 5.3.11.3 中通过对托轮轴承球面瓦进行水压试验进行检测，压力为 0.6 MPa，保压 30 min。
6.2.36　对于 5.3.12.3 中轴承座中心高度差采用水平仪、钢直尺、高度尺配合检测。
6.2.37　对于 5.3.13.3 中采用深度游标尺或带深度尺的游标卡尺检测缺陷深度，采用钢卷尺或钢直尺

检测缺陷的长度、宽度、距离，对符合允许不补焊尺寸条件的缺陷数量进行统计。
6.2.38 对于 5.3.13.4 中粗加工焊补区域磁粉检测按 GB/T 9444-2007 给出的方法进行。
6.2.39 对于 5.3.14.1、5.3.14.2、5.3.14.3 中通过观察判定设备监测装置是否配备齐全。

6.3 安装试验方法

安装验收按GB/T 50561给出的方法进行。

6.4 试运转试验方法

6.4.1 对于 5.5.3 中托轮滑动轴承、电动机、减速器和小齿轮温升数据通过温度采集仪获得。
6.4.2 对于 5.5.4 中轴承振动用便携式测振仪检测，通过观察判定润滑和密封渗漏情况、螺栓松动情况。

6.5 安全试验方法

6.5.1 对于 5.6.1，启动辅助传动电源，通过观察判定切断主电动机电源的连锁装置是否正常。
6.5.2 对于 5.6.2，关闭主电源，启动应急独立动力源，通过观察判定辅助传动装置是否能够启动。
6.5.3 对于 5.6.3，通过观察判定是否已经设置防护罩。
6.5.4 对于 5.6.4，关闭辅助传动装置电源，通过观察判定制动装置是否正常。

6.6 防锈涂漆试验方法

对于5.7.1、4.7.2中涂漆防锈采用JC/T 402给出的方法进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为交收检验和型式检验。

7.2 交收检验

7.2.1 产品零部件应经制造厂质量检验部门逐件检验，部分部件可在用户处进行出厂检验。
7.2.2 产品零部件按表 6 完成出厂检验，检验合格后签发合格证书。
7.2.3 交收检验质量分类按照表 6 的规定。

表7 交收检验质量分类表

分类	项目	要求条编号	检测方法条编号
关键项	筒体材料的选取	5.3.1.1	6.2.1
	筒体钢板的超声检测	5.3.1.3	6.2.5
	筒体焊缝的超声检测	5.3.1.23	6.2.21
	大齿圈、托轮、轮带、挡轮的超声检测	5.3.2.5、5.3.5.8、5.3.7.4、5.3.8.3	6.2.24
	小齿轮、小齿轮轴、托轮轴、挡轮轴的超声检测	5.3.3.4、5.3.4.3、5.3.6.6、5.3.9.3	6.2.25
重要项	筒体纵向焊缝的错开角度	5.3.1.7	6.2.8
	筒体焊缝错边量	5.3.1.8	6.2.9
	筒体纵向焊缝区域表面形状	5.3.1.9	6.2.10
	筒体环向焊缝区域表面形状	5.3.1.10	6.2.11
	大段节端面周长差	5.3.1.14	6.2.15
	段节端面偏差	5.3.1.15	6.2.16
	出厂大段节中心线的直线度	5.3.1.16	6.2.17

	垫板的要求	5.3.1.19	6.2.6、6.2.19
	筒体焊缝的咬边	5.3.1.22	6.2.9
	大齿圈、小齿轮的制造精度	5.3.2.3、5.3.3.3	6.2.22
	托轮轴的表面粗糙度	5.3.6.3	6.2.2
	球面瓦的水压试验	5.3.11.3	6.2.33
	铸钢件的缺陷规定	5.3.13	6.2.35、6.2.36
一般项	筒体段节直径差值	5.3.1.12	6.2.13
	筒体不等厚钢板对接	5.3.1.13	6.2.14
	出厂大段节各长度	5.3.1.17	6.2.18
	筒体焊缝的要求	5.3.1.21	6.2.9
	大齿圈、小齿轮、小齿轮轴、托轮、托轮轴、轮带、挡轮、挡轮轴的硬度	5.3.2.2、5.3.3.2、5.3.4.2、5.3.5.2、5.3.6.2、5.3.7.2、5.3.8.2、5.3.9.2	6.2.3
	轮带及挡轮的接触角度	5.3.7.8	6.2.29

7.3 型式检验

型式检验项目为第4章全部条款。有下列情况之一时应进行型式检验：

a) 新产品试制定型鉴定时；
b) 老产品在结构、材料、工艺有较大改变可能影响产品性能时；
c) 产品长期停产后恢复生产时；
d) 交收检验结果与上次型式检验有较大差异时。

7.4 判定规则

7.4.1 出厂检验时，表 6 中关键项、重要项中任何一项或一般项中二项不符合要求时，产品判定为不合格。有不合格项的产品应由制造厂返修处理，直至经检验部门复检合格后方可出厂。

7.4.2 型式检验时，从交收检验合格的产品中随机抽取进行检验。若有项目不合格，允许修复、调整一次。如复查合格，则判该批产品为合格。否则判为不合格品，并应立即停产，检查产品制造加工、装配的全过程。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

回转窑应在适当而明显的位置固定产品标牌，其型式和尺寸应符合GB/T 13306-2011的规定，标牌上的内容应包括：

a) 产品型号和名称；
b) 主要技术参数；
c) 供应商名称和地址；
d) 出厂编号和出厂日期；
e) 产品执行标准。

8.2 包装和运输

8.2.1 包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2.2 出厂筒体大段节两端以及轮带处筒体段节处应加支撑装置防止变形。

8.2.3 拆成两半运输的大齿圈，应采取防止变形的加固措施。

8.2.4 轮带、托轮、挡轮、大齿圈、小齿轮、电器、轴承装置、油站等零部件应有防潮或防雨标志。
8.2.5 回转窑包装未规定事项还应符合 JC/T 406-2006 的规定。
8.2.6 包装箱外和裸装件应有文字标记和符号，内容应包括：

a) 收货单位及厂址；
b) 主要产品名称、型号和规格；
c) 出厂编号和箱号；
d) 外形尺寸、毛重和净重；
e) 制造厂名称。

8.2.7 随机技术文件应包括：

a) 装箱单；
b) 产品使用说明书；
c) 产品合格证；
d) 产品安装图。

8.3 贮存

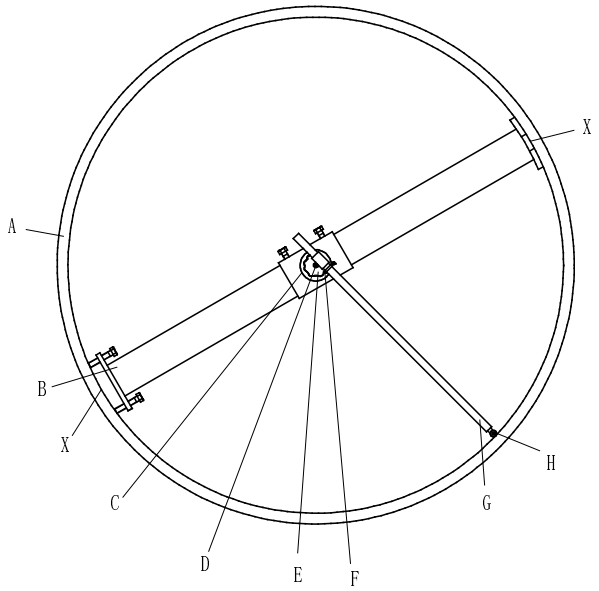
8.3.1 长期堆放的轮带、大齿圈等重要零件应水平存放，其上放置重物时支承点应上下对齐并垫实；叠放时支撑点应均匀分布，超过 3 点支撑时应使用等高块。
8.3.2 长期存放的轮带、托轮、挡轮、大齿圈、小齿轮等零部件的工作表面应定期涂抹防锈油。
8.3.3 长期存放的轮带、托轮、挡轮、大齿圈、小齿轮、电器、轴承装置、油站等零部件应采取防潮或防雨措施。

附　录　A
（规范性）
筒体圆度测量方法

A.1 通用圆度量规的使用

通用的圆度量规适用于垂直放置筒体和水平放置筒体圆度测量。

在被测量的筒体内部画两个对称点。根据两个对称点安装圆度量规的支撑架，尽量使支撑架上的圆盘中心靠近筒体中心。圆度量的圆盘上贴上透明纸（如描图纸），局部粘贴便于取下。在圆盘中心销轴上装上活动杆，活动杆活动端的滚轮贴紧筒体内壁，沿着筒体内壁的圆周转动一圈。夹在活动杆上的笔在透明纸上绘出圆度图。见图A.1 和图 A.3（a）。



说明：*A*——被测筒体；*B*——支撑架；*C*——圆盘；*D*——销轴；*E*——透明纸；
F——笔；*G*——活动杆；*H*——滚轮；*X*——对称点。

图 A.1 通用圆度量规使用示意

A.2 测量水平放置筒体圆度专用圆度量规的使用

在被测量的筒体内部同一截面画圆周线。将圆度量规的两支固定在筒体内部底部，调节支杆的高度，尽量使支杆上的圆盘中心靠近筒体中心。圆度量的圆盘上贴上透明纸（边缘粘贴便于取下）。在圆盘中心销轴上装上活动杆，活动杆活动端的滚轮贴紧筒体内壁，沿着筒体内壁的圆周转动一圈。夹在活动杆上的笔在透明纸上绘出圆度图。见图 A.2 和图 A.3（a）。

A.3 圆度图判定圆度的方法

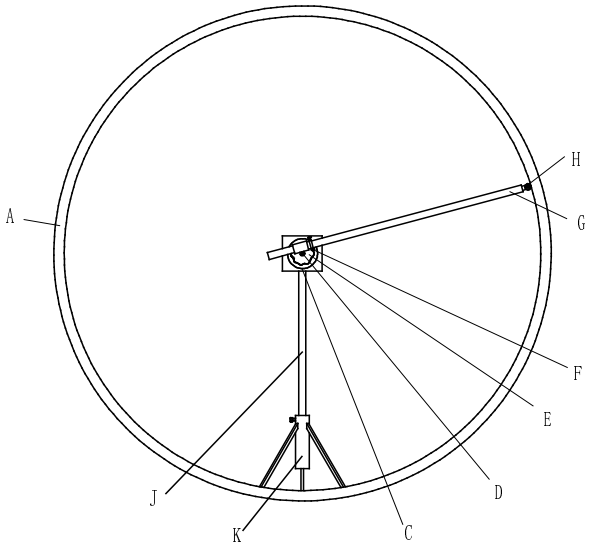
透过圆度图透明纸与预先准备好的直径差为1 mm的同心圆刻度线比对板[见A.3（b）]比对。找出圆度图线的最小外接圆刻度线，同时找出与外接圆同圆心的最小接触圆，数算得到的同心圆刻度线距离；找出圆度图线的最大内接圆刻度线，同时找出与内接圆同圆心的最小接触圆，数算得到的同心圆刻度线距离。两次数算得到的同心圆刻度线距离的较小值即为筒体圆度偏差数值。见图 A.3（c）。

A.4 测量注意点

（1）比对板可用绘图纸配合圆规制作，比对板上的刻线或图线宽度不得大于 0.15 mm。
（2）滚轮与滚轮轴的径向间隙影响测量准确性，其选用轴承的径向游隙应小于 0.1 mm；

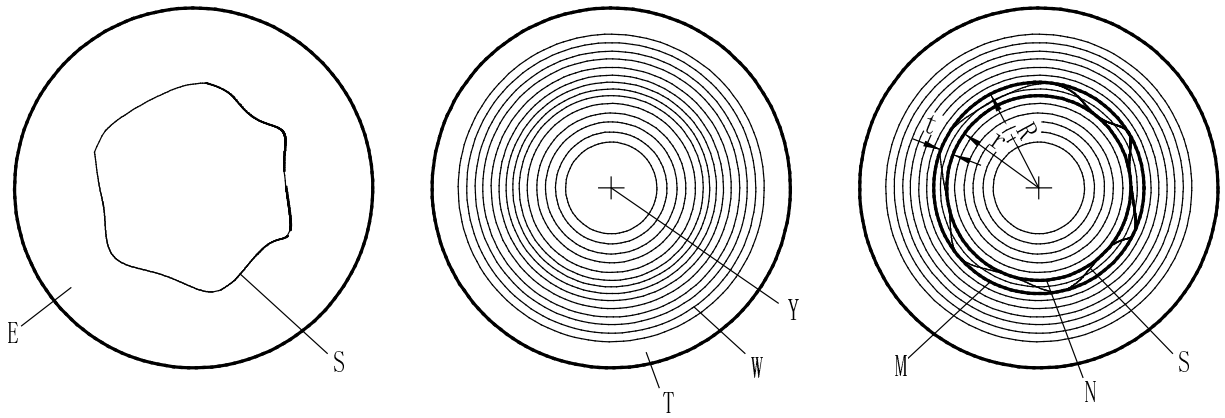
（3）滚轮贴紧筒体内壁圆周转动一圈的轨迹应在与筒体中心线垂直的同一截面上，应预先画出滚轮轨迹圆周线后再测量绘制圆度图线；

（4）对于水平放置筒体的圆度测量，防止筒体和支撑自重产生的变形影响测量，应将筒体旋转 90° 再测量一次圆度偏差。如两次测量的圆度偏差如存在差异，则取较小数值作为圆度偏差数值。



说明：*A*—— 被测筒体；*C*——圆盘；*D*——销轴；*E*——透明纸；*F*——笔；
G——活动杆；*H*——滚轮；*J*——调节支杆；*K*——三角架。

图 A.2 水平放置筒体的专用圆度量规使用示意



（a）圆度图线　　（b）比对板　　（c）内外接同心圆比对

说明： *E*——透明纸；*N*——内接圆；*S*—圆度图线；*T*——比对板；*t*——圆度偏差；
W——同心圆刻线；*Y*——同心圆圆心。

图 A.3 圆度判定方法示意

附　录　B
（规范性）
齿轮副滑动率差的计算公式

B.1 齿轮副滑动率差的相关计算公式

B.1.1 啮合角 α' 的计算公式

$$\mathrm{inv}\alpha' = 2x_{\Sigma}\tan\alpha/(z_{\Sigma} + \mathrm{inv}\alpha) \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：
α'—啮合角，°；
x_{Σ}—总变位系数（x_1+x_2）；
z_{Σ}—齿轮副总齿数（z_1+z_2）；
α—压力角，°。

B.1.2 齿顶压力角 α_{a1} 和 α_{a2} 的计算公式

$$\alpha_{a1}=\arccos(d_{b1}/d_{a1}) \quad \cdots\cdots(2)$$

$$\alpha_{a2}=\arccos(d_{b2}/d_{a2}) \quad \cdots\cdots(3)$$

式中：
α_{a1}—小齿轮齿顶圆压力角，°；
α_{a2}—大齿轮齿顶圆压力角，°；
d_{b1}—小齿轮基圆直径，mm；
d_{b2}—大齿轮基圆直径，mm；
d_{a1}—小齿轮齿顶圆直径，mm；
d_{a2}—大齿轮齿顶圆直径，mm。

B.1.3 基圆直径 d_{b1} 和 d_{b2} 的计算公式

$$d_{b1}=d_1\cos\alpha \quad \cdots\cdots(4)$$

$$d_{b2}=d_2\cos\alpha \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：
d_1—小齿轮分度圆直径，mm；
d_2—大齿轮分度圆直径，mm。

B.1.4 齿顶圆直径 d_{a1} 和 d_{a2} 的计算公式

$$d_{a1}= d_{f1}+2h_{a1} \quad \cdots\cdots(6)$$

$$d_{a2}= d_{f2}+2h_{a2} \quad \cdots\cdots(7)$$

式中：
d_{f1}—小齿轮根圆直径，mm；
d_{f2}—大齿轮根圆直径，mm；
h_{a1}—小齿轮齿顶高，mm；
h_{a2}—大齿轮齿顶高，mm；

B.1.5 齿顶高 h_{a1} 和 h_{a2} 的计算公式

$$h_{a1}=(h_{an}^{*}+x_1)m_n \quad \cdots\cdots(8)$$

$$h_{a2}=(h_{an}^{*}+x_2)m_n \quad \cdots\cdots(9)$$

式中：

h_{an}^{*}—齿顶高系数；

x_1—小齿轮变位系数；

x_2—大齿轮变位系数；

m_n—模数，mm。

B.1.6 滑动率 η_1 和 η_2 的计算公式

$$\eta_1=z_\Sigma(\tan\alpha_{a2}-\tan\alpha')/(z_\Sigma\tan\alpha'-z_2\tan\alpha_{a2}) \quad \cdots\cdots(10)$$

$$\eta_2=z_\Sigma(\tan\alpha_{a1}-\tan\alpha')/(z_\Sigma\tan\alpha'-z_1\tan\alpha_{a1}) \quad \cdots\cdots(11)$$

式中：

η_1—小齿轮滑动率；

η_2—大齿轮滑动率；

z_1—小齿轮齿数；

z_2—大齿轮齿数。

B.1.7 滑动率差 $\Delta\eta$ 的计算公式

$$\Delta\eta=|\eta_1-\eta_2| \quad \cdots\cdots(12)$$

式中：

$\Delta\eta$—滑动率差。

B.2 计算步骤

计算步骤如下：

a) 按式（1）啮合角 α'；

b) 按式（2）和式（3）齿顶压力角 α_{a1} 和 α_{a2}；

c) 按式（4）和式（5）基圆直径 d_{b1} 和 d_{b2}；

d) 按式（6）和式（7）齿顶圆直径 d_{a1} 和 d_{a2}；

e) 按式（8）和式（9）齿顶高 h_{a1} 和 h_{a2}；

f) 按式（10）和式（11）滑动率 η_1 和 η_2；

g) 按式（12）滑动率差 $\Delta\eta$。

附　录　C
（规范性）
轮带与垫板之间的间隙测算方法

C.1 轮带内径测算

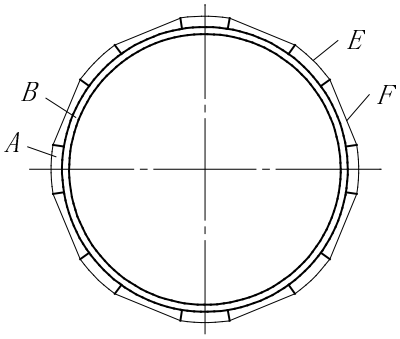
两种方法测量轮带内径：

a)　轮带内径采用内径千分尺直接测量轮带内径d_1；

b)　采用π尺直接测量轮带外径D，游标卡尺测量轮带厚度B，轮带内径d_1为（D-2B）。

C.2 垫板外径测算

第一步：以垫板理论弧长E与垫板空隙理论弦长F总和$\sum C$为理论周长（可借助CAD绘图软件测量各弧和各弦组成的封闭曲线理论周长$\sum C$）推算外径理论示值$d_{2理示}$（$d_{2理示}=\sum C/\pi$），如图C.1所示。



说明：
A——垫板；
B——轮带下筒体；
E——垫板弧长；
F——垫板空隙弦长。

图 C.1 垫板外径测量示意

第二步：采用π尺测量和读取垫板外径测量示值$d_{2示}$（各弧弦总长为周长对应的直径）。

第四步：根据垫板外径测量示值$d_{2示}$和垫板外径理论测量示值$d_{2理示}$（各理论弧弦总长为周长对应的直径）推算垫板测量示值差Δd。

$$\Delta d=d_{2示}-d_{2理示} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（1）$$

式中：

Δd—垫板测量示值差，mm；

$d_{2示}$—垫板外径测量示值，mm；

$d_{2理示}$—垫板外径理论测量示值，mm。

第三步：根据垫板理论示值$d_{2理示}$和垫板测量示值差Δd推算垫板外径d。

$$d=d_{2理示}+\Delta d \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（2）$$

式中：

d—垫板外径，mm。

C.3 间隙推算

根据轮带内径 d_1 和垫板外径 d 推算轮带内径与筒体垫板外径的间隙 E。

$$E=d_1-d \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（3）$$

式中：

E—轮带内径与筒体垫板外径的间隙，mm；

d_1—轮带内径，mm。