

钢球的制造

冯恩广 编写

一机部洛阳轴承研究所
武汉钢球厂

目 录

第一篇	绪论	(1)
第一章	概述	(1)
第一节	钢球在轴承中的作用	(1)
第二节	钢球国家标准GB308-77	(2)
第三节	钢球国际标准ISO3290-75	(12)
第四节	钢球的原材料	(21)
第五节	国外常用的轴承钢钢号	(27)
第二章	钢球工艺编制原则	(29)
第三章	钢球加工工艺过程	(30)
第四章	钢球加工的留量与公差	(34)
第一节	钢球加工磨量的选择	(34)
第二节	国内各主要厂各级精度钢球工序间留量和公差标准	(35)
第三节	国外钢球加工工艺过程和钢球加工留量与公差	(55)
第二篇	钢球加工工艺与设备	(62)
第一部分	中、大型钢球加工工艺与设备	(62)
第一章	钢球毛坯的成形	(62)
第一节	锻压钢球的成形原理	(62)
第二节	钢球毛坯成形的加工设备	(64)
第三节	国外钢球毛坯成形的加工设备	(68)
第四节	钢球毛坯成形的方法	(69)
第五节	切料方法	(73)
第六节	锻压球坯的计算	(74)
第二章	锉削加工	(78)
第一节	锉削加工的原理	(78)
第二节	锉削加工的设备	(79)
第三节	锉削加工的方法	(79)
第三章	大型钢球毛坯环带的切除、初磨加工	(81)
第四章	软磨加工	(85)

第一节	软磨加工的磨削原理	(85)
第二节	软磨加工的设备	(86)
第三节	国外磨削钢球的设备	(98)
第四节	软磨加工的方法	(100)
第五章	光球加工	(103)
第一节	光球加工的工艺原理	(104)
第二节	光球加工的磨削机理	(113)
第三节	光球加工的设备	(114)
第四节	国外光球加工的设备	(119)
第五节	光球加工的方法	(122)
第六节	国外合金铸铁光球板材质、工艺、性能和效果	(125)
第六章	热处理	(125)
第七章	硬磨加工	(144)
第八章	细研加工	(144)
第一节	细研加工的研磨原理	(144)
第二节	细研加工的设备	(145)
第三节	国外研磨钢球的设备	(158)
第四节	细研加工的方法	(160)
第九章	精研加工	(166)
第一节	精研加工的研磨原理	(170)
第二节	精研加工的设备	(170)
第三节	精研加工的方法	(171)
第二部分	小型钢球加工方法与设备	(177)
第三篇	钢球加工用工具及其设计	(185)
第一章	锻造钢球用工具及其设计	(185)
第二章	轧制钢球用工具及其设计	(193)
第三章	锉削加工用工具及其设计	(206)
第四章	大型钢球毛坯环带切除、初磨加工用工具及其设计	(207)
第五章	软磨加工用工具及其设计	(210)
第六章	光球加工用工具及其设计	(227)
第七章	硬磨加工用工具及其设计	(236)
第八章	细研加工用工具及其设计	(237)
第九章	精研加工用工具及其设计	(249)
第四篇	钢球加工缺陷与产生原因	(250)
第一章	锻造钢球的加工缺陷与产生原因	(250)
第二章	锉削加工的缺陷与产生原因	(252)

第三章	大型钢球初磨加工的缺陷与产生原因.....	(253)
第四章	软磨加工的缺陷与产生原因.....	(253)
第五章	光球加工的缺陷与产生原因.....	(254)
第六章	硬磨加工的缺陷与产生原因.....	(255)
第七章	细研加工的缺陷与产生原因.....	(258)
第八章	精研加工的缺陷与产生原因.....	(260)
第九章	钢球主要废品分析.....	(261)
第五篇	钢球加工过程中的质量检查项目和方法.....	(263)
第一章	锻造后球坯的检查.....	(263)
第二章	锉削加工后的检查.....	(264)
第三章	大型钢球初磨加工后的检查.....	(264)
第四章	软磨加工后的检查.....	(265)
第五章	光球加工后的检查.....	(266)
第六章	硬磨加工后的检查.....	(267)
第七章	细研加工后的检查.....	(271)
第八章	精研加工后的检查.....	(272)
第九章	钢球成品的最后检查.....	(273)
第十章	国外钢球成品的最后检查.....	(281)
第十一章	国外钢球成品质量分析.....	(282)
第六篇	钢球半成品的清洗、防锈和成品的清洗、涂油和包装.....	(293)
第一章	钢球半成品的清洗、防锈.....	(293)
第二章	钢球成品的清洗、涂油和包装.....	(293)
第三章	国外钢球工序间及钢球成品的清洗、防锈和包装.....	(295)
附表	钢球通用表.....	(299)
参考资料		(308)

第一篇 绪 论

第一章 概 述

第一节 钢球在轴承中的作用

滚动轴承是通用性很强的标准机械零件，钢球在球轴承中作为滚动体是承载负荷，而且与轴承的动态性能直接相关的元件。要了解钢球在轴承中的作用，首先就得了解轴承在机器工作中承载情况，然后才能知道钢球在轴承中应具有怎么样的作用，以便对钢球提出合理的要求。

一、轴承在工作中的承载情况

轴承在工作时，承受由转动轴传递而来的轴向与径向的载荷。对于轴向载荷，如果假设轴承的精度是理想的，且安装的精度也是理想的，则轴向载荷基本上是均匀地分布于各个滚动体上。

而对于径向载荷却是不均匀分布的，如图 1—1—1 所示。当载荷 P 作用于轴承内圈上，力通过内圈传递到滚动体上，此时位于上半圈的滚动体——钢球，并不承受载荷，而位于下半圈的钢球将此载荷传递到轴承外圈。假设套圈本身并不变形，而在套圈与钢球之间产生接触变形，这样内圈即下沉一个距离 δ ，但在载荷 P 作用线以外各点，其下沉的距离并不是 δ ，而是 $\delta_n = \delta \cos n\alpha$ 。

δ ——载荷 P 作用线上套圈与钢球接触的总变形量，即轴承内圈下沉距离；

δ_n ——载荷 P 作用线以外各点 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 …… δ_n 套圈与钢球的接触变形量；

$n\alpha$ ——各点到作用线上的总夹角。

由此可见， $\delta_n < \delta$ ，当 $n\alpha = 90^\circ$ 时，则 $\delta_n = 0$ 。由于其变形的情况是自载荷 P 的作用线起向两边递减，直到 P 作用线与轴承半径垂直的点上其变形量等于零。故轴承上各个钢球其承受的载荷也是不同的，即在 P 作用线上的钢球承受的载荷最大，自此起向两边递减，直到 P 作用线与轴承半径垂直的两位置钢球，其承受的载荷等于零。

二、钢球受载情况及其应力变化情况

从图 1—1—1 中可以清楚地看到：轴承运转时，钢球在轴承中承载的过程是由零到最大，然后又从最大变到零。

钢球从开始受力到受力终止所经过的区域叫承载区。钢球自进入承载区后，假设钢球是纯滚动且其转动心轴不变，则球面上同一点所受的力也是变化的，即从零到 P_2 、 P_1 到承载最大 P_0 ，然后又从 P_0 到 P_1 、 P_2 到零。因此，钢球表面上的同一点受到一个周期性的、不稳定变化的循环载荷作用，如图 1—1—2 所示。

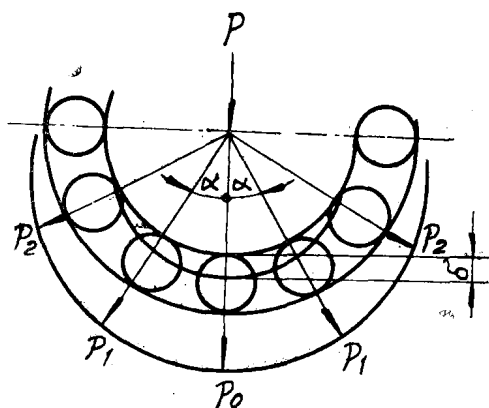


图 1—1—1 轴承工作时承载情况

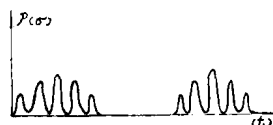


图 1—1—2 钢球受载时应力变化情况

因此，钢球的表面上也即产生间歇性脉动循环接触应力。

三、钢球破坏的情况

滚动轴承在工作时，钢球和滚道的接触面积积极小，单位面积上所承受的压应力很大，一般情况下高达150~500公斤/毫米²。钢球与滚道的接触轨迹上各点是循环受力的，一般情况下每分钟循环次数多在数万次以上。在循环应力反复作用下，钢球容易产生疲劳破坏，这种疲劳现象称接触疲劳，它是轴承中钢球正常损坏的主要特征之一。

当接触疲劳到一定程度时就失去其工作能力。大量试验证明，钢球是轴承中最薄弱的零件之一。

钢球在滚动时，压碎现象是少见的，只有在重载荷下工作的轴承发生倾斜时，可能引起钢球的破碎。其它的破坏形式是由于钢球在运转过程中，除有滚动摩擦外，也伴有相对滑动摩擦，（其发生滑动摩擦的主要部位为钢球与套圈滚道的接触面；钢球与保持架兜孔的接触面）。以致形成钢球的过度磨损。

因此，在考虑钢球的寿命时，应该以提高其疲劳强度为原则。

提高钢球的疲劳强度可以采取：选用优质的原材料；采用较好的热处理方法；采用有利提高其疲劳强度的制造工艺；提高钢球的几何精度、尺寸相互差和表面光洁度等措施是会有所收益的。

钢球成品质量的检验与试验，是一项很重要的工作，对保证轴承的寿命和动态性能也起很大作用。同时，对研究和提高钢球的使用寿命也都是一项很重要的基础工作。然而目前国内对这项工作没有引起足够的重视。因此，望各钢球生产专业厂及主管部门应积极开展这项工作。

第二节 钢球国家标准GB308—77

一、钢球公称直径标准

原国家标准GB308—64规定的钢球公称直径是以英制为单位，由于轴承的外形尺寸早已

采用公制为单位，为此，新的国家标准GB308—77规定钢球的公称直径由英制改为公制单位。

本标准适用于轴承用的钢球以及作为商品供应给订户的钢球。

(一) 一般用途的钢球公称直径应符合表1—1—1规定。

表1—1—1 一般用途的钢球公称直径

钢球公称直径 (毫米)	钢球公称直径 (毫米)	钢球公称直径 (毫米)	钢球公称直径 (毫米)	钢球公称直径 (毫米)
0.3	4.5	13	28	65
0.4	5	14	30	70
0.5	5.5	15	32	75
0.6	6	16	34	80
0.7	6.5	17	35	85
0.8	7	18	36	90
1	7.5	19	38	95
1.2	8	20	40	100
1.5	8.5	21	42	110
2	9	22	45	120
2.5	9.5	23	48	150
3	10	24	50	200
3.5	11	25	55	250
4	12	26	60	

(二) 特殊用途的英制钢球，可按表1—1—2所列尺寸。

二、技术要求

(一) 国家标准规定的钢球用滚动轴承铬钢制造。钢球用GCr15钢制造时，其硬度应为HRC62~66；用GCr15SiMn钢制造时，其硬度应为HRC60~66。

(二) 商品钢球直径公差应符合表1—1—3的规定。

(三) 各级精度钢球的球形公差（即几何精度）、直径相互差和表面光洁度应符合表1—1—4的规定。为了保证钢球在保持架里能灵活地滚动进行工作，并保证整个轴承在工作过程中平稳和低噪音，并延长其使用寿命，要求钢球具有一定的几何精度。同时为提高钢球的疲劳强度，又要求钢球表面具有较高的光洁度。

表 1—1—2 特殊用途的英制钢球尺寸

钢 球 公 称 直 径		钢 球 公 称 直 径		钢 球 公 称 直 径		钢 球 公 称 直 径	
吋	毫 米	吋	毫 米	吋	毫 米	吋	毫 米
1/32	0.794	13/32	10.319	3/4	19.050	1 7/16	36.513
1/16	1.588	7/16	11.113	25/32	19.844	1 1/2	38.100
3/32	2.381	29/64	11.509	13/16	20.638	1 5/8	41.275
1/8	3.175	15/32	11.906	7/8	22.225	1 11/16	42.863
5/32	3.969	31/64	12.303	29/32	23.019	1 3/4	44.450
3/16	4.763	1/2	12.700	15/16	23.813	1 7/8	47.625
7/32	5.556	17/32	13.494	1	25.400	2	50.800
15/64	5.953	9/16	14.288	1 1/16	26.988		
1/4	6.350	19/32	15.081	1 1/8	28.575		
9/32	7.144	5/8	15.875	1 3/16	30.163		
5/16	7.938	21/32	16.669	1 1/4	31.750		
11/32	8.731	11/16	17.463	1 5/16	33.338		
3/8	9.525	23/32	18.256	1 3/8	34.925		

注：英制钢球要求逐步向公制过渡，新设计不允许采用。

表 1—1—3 商品钢球直径公差

钢球公称直径		钢 球 精 度 等 级			
(毫米)		0 1 和 0	I	Ⅱ 和 Ⅲ	Ⅳ、V 和 Ⅵ
超 过	到	公 差 (毫米)			
	6	±0.010	±0.015	±0.020	±0.040
6	18	±0.015	±0.020	±0.030	±0.060
18	30	±0.020	±0.025	±0.040	±0.080
30	50		±0.030	±0.050	±0.100
50	80			±0.060	±0.120
80	120			±0.080	±0.160
120	250				±0.200

(四) 钢球的精度等级及用途

按国家标准GB308—77规定，钢球按球形公差、直径相互差和表面光洁度分为八个精度等级（见表 1—1—4）即：01级、0级、I级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级、V级和Ⅵ级。精度等

表 1—1—4 各级精度钢球的球形公差、直径相互差和表面光洁度

钢 球 精 度 等 级	钢 球 公称直径 (毫 米)		球 形 公 差 (椭圆度和棱圆度)	直径相互差	表面光洁度等级 (按GB1031—68)
	超 过	到	微 米		不 低 于
			不 超 过	超 过	
01		6	0.1	0.2	13
	6	18	0.15	0.3	
0		6	0.15	0.3	
	6	18	0.2	0.4	
	18	30	0.3	0.6	12
I		18	0.3	0.6	
	18	30	0.4	0.8	
	30	50	0.5	1	
II		30	0.5	1	11
	30	50	0.8	1.6	
	50	80	1	2	
	80	120	1.5	3	
III		30	1	2	
	30	50	1.5	3	
	50	80	2	4	
	80	120	2.5	5	
IV		30	1.5	3	10
	30	50	2	4	
	50	80	2.5	5	
	80	120	3	6	
V		50	3	6	9
	50	80	5	10	
	80	120	10	20	
	120	180	20	40	
VI		80	10	20	8
	80	180	25	50	
	180	250	50	100	

注：（1）椭圆度—同一钢球上最大直径与最小直径之差。（测量用仪器型号：D052和D053）

（2）棱圆度—三点测量时球形公差。表中数值系在60°角台上测量时的允许极限值。（测量用仪器型号：L052）

（3）直径相互差—同一直径选别组中，单个钢球的最大平均直径与最小平均直径之差。（测量用仪器型号：D052和D053，选别机）

（4）表面光洁度—可以用表面光洁度检查仪来测量。目前多数制造厂采用全相显微镜将钢球放大90倍与同样倍数的标准照片比较检验。

级是按从高到低顺序排列的。

按部标JB2350—78规定各级精度钢球用途如下：

01级精度钢球：用于高于B级精度的球轴承；

0级精度钢球：用于B级精度的球轴承；

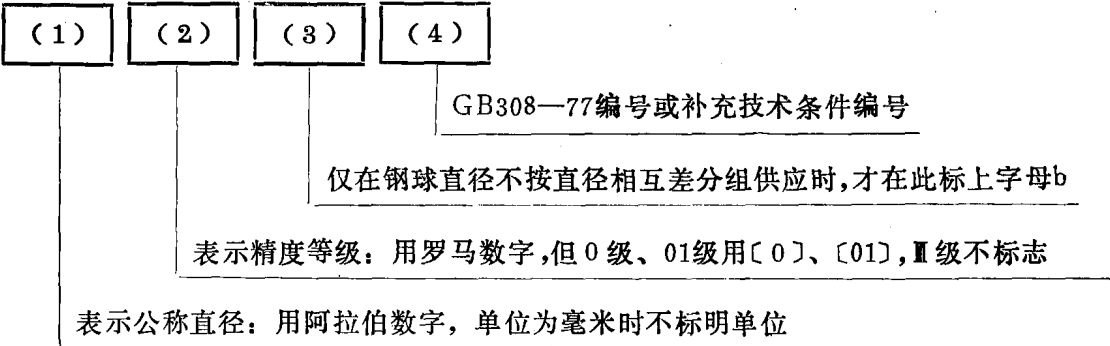
I级精度钢球：用于C级精度的球轴承；

II级精度钢球：用于D级精度的球轴承；

III级精度钢球：用于G级和E级精度的球轴承。

III级精度钢球为标准级钢球。标准级精度以下的IV、V、VI级精度钢球，不装轴承使用，一般多数用于自行车、架子车和堵油嘴等简单机械之中。

(五) 钢球标志的规则和含义



标志示例：

$\frac{2}{(1)}$	$\frac{〔01〕}{(2)}$	$\frac{GB308-77}{(4)}$
$\frac{10}{(1)}$	$\frac{V}{(2)}$	$\frac{b}{(3)}$
		$\frac{GB308-77}{(4)}$

(六) 硬度标准

为了保证钢球具有一定的耐磨性和抗疲劳剥落，以及减少其接触变形，要求钢球具有一定的硬度，根据一机部洛阳轴承研究所的试验，其硬度与磨损情况的关系如图1—1—3所示。硬度与疲劳强度的关系如图1—1—4所示。由图中可以看出，当硬度在HRC60.5时，其耐磨性较好，硬度继续增加，其耐磨性提高不多；当硬度在HRC62~62.5时，其寿命最高。

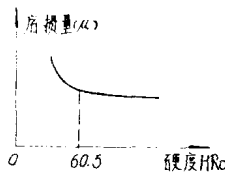


图 1—1—3 硬度与磨损量的关系

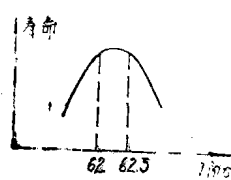


图 1—1—4 硬度与疲劳强度的关

对钢球硬度值规定为:

钢球直径小于50毫米时,成品硬度为HRC62~66;

钢球直径大于50毫米时,成品硬度为HRC60~66。

钢球直径小于4.76毫米时,不检查钢球硬度,其热处理质量以检查断口的形状和显微组织确定。

抽查硬度(或断口形状和显微组织)的比例—直径小于50毫米的钢球,按批抽查0.03%,但不少于2个,不多于10个;直径大于50毫米的钢球,按批抽查2~5个。

直径由4.75~10毫米的钢球,每个钢球上硬度检查三点;直径大于10毫米的钢球,每个钢球上硬度检查五点。

直径4.76~15.875毫米的钢球,在洛氏硬度计(C刻度)上检查硬度时,必须根据钢球公称直径按表1—1—5修正所测得的硬度值为实际硬度值(即硬度计上测得的度数加上修正系数后为钢球的实际硬度)。

直径大于15.875毫米的钢球,无须修正硬度值。

(七) 钢球的压碎负荷试验

国家标准GB308—77规定:直径由3~50毫米的钢球应进行压碎负荷试验,钢球的压碎负荷不应小于表1—1—6规定的数值。

钢球的压碎负荷试验是在检查外观、表面光洁度、尺寸、球形公差和直径相互差和硬度也应合格之后进行的。

直径由3~50毫米的钢球,自每批中抽出3组钢球进行压碎负荷试验;

直径大于50毫米的钢球应进行压缩试验。

1. 钢球压碎负荷值的计算方法

钢球压碎负荷值,是按照钢球尺寸大小而分别提出的。计算是根据钢球采用轴承钢作原材料,通过规定的热加工和机械加工工艺方法制成的钢球达到的压碎负荷极限值,并考虑到许用系数,按照赫芝公式整理得出的。

计算公式:

$$\sigma_{max} = 0.388 \sqrt[3]{\frac{4PE^2}{R^2}} \dots\dots\dots (1)^*$$

(* 公式原载材料力学, $\sigma_{max} = 0.388 \sqrt[3]{PE^2 \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right)^2}$, 当钢球做压碎负荷试验时,

由于 $R_1 = R_2$, 并以 R 表示之, 代入上式化简后得出。)

式中: σ_{max} —到破碎负荷时的钢球接触点间最大接触应力(公斤/毫米²)

E —弹性系数(合金钢 $E = 2.1 \times 10^4$ 公斤/毫米²)

R —钢球公称半径(毫米)

P —钢球压碎负荷(公斤)

将(1)式化简可得:

$$P = Kd^2 \dots\dots\dots (2)$$

式中: P —钢球压碎负荷(公斤)

d —钢球公称直径(毫米)

球面硬度HRC 球 直 径		修正 系 数																											
		修 正																											
时	毫 米	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	
3/16	4.76	9.08	8.8	6.8	3.8	17.97	7.77	57.37	16.96	6.6	46.26	0.5	85.65	45.24	94.7	4.5	4.3	4.1											
7/32	5.57	7.77	57.37	16.96	7.6	56.36	15.95	75.55	35.1	4.94	7.4	5.4	3.4	13.93	7.3	5.3	3.3	1	2.9										
1/4	6.35	6.76	56.36	15.95	7.5	55.45	25.04	8.4	6.4	4.4	2.4	13.93	7.3	5.3	3.3	12.92	8.2	6.2	4	2.2	2.0								
9/32	7.14	6.26	0.5	8.5	6.5	5.5	3.5	14.94	8.4	6.4	4.4	3.4	13.93	7.3	6.3	4.3	2.3	0.2	9.2	7.2	5.2	3.2	2.0	1.8					
5/16	7.94	5.75	6.5	4.5	2.5	14.94	7.4	6.4	4.4	3.4	13.93	8.3	6.3	4.3	3.3	13.02	8.2	6.2	5.2	3.2	1.2	0.1	1.8	1.7					
11/32	8.73	5.45	2.5	14.94	8.4	6.4	5.4	3.4	2.4	0.3	8.3	7.3	5.3	4.3	2.3	12.92	7.2	6.2	4.2	3.2	1.2	0.1	1.8	1.6	1.5				
3/8	9.53	5.14	9.4	8.4	6.4	5.4	3.4	2.4	0.3	9.3	7.3	6.3	4.3	3.3	13.02	8.2	7.2	5.2	4.2	2.2	1.1	9.1	8.1	6.1	1.5	1.3			
13/32	10.32	4.84	7.4	5.4	4.4	2.4	14.03	8.3	7.3	5.3	4.3	2.3	13.02	8.2	7.2	5.2	4.2	2.2	1.1	9.1	8.1	6.1	1.5	1.3	1.2	1.0	0.9		
7/16	11.11	4.64	5.4	3.4	2.4	0.3	9.3	8.3	6.3	5.3	3.3	2.3	0.2	9.2	8.2	6.2	5.2	3.2	2.2	0.1	9.1	7.1	6.1	5.1	3.1	1.2	1.0	0.8	
15/32	11.91	4.44	2.4	14.03	8.3	7.3	5.3	4.3	3.3	13.02	9.2	7.2	6.2	5.2	3.2	2.2	0.1	9.1	7.1	6.1	5.1	3.1	2.1	1.1	0.9	0.8			
1/2	12.70	4.24	0.3	9.3	8.3	6.3	5.3	4.3	2.3	12.92	8.2	7.2	5.2	4.2	3.2	12.01	9.1	7.1	6.1	5.1	3.1	2.1	1.0	0.9	0.8				
17/32	13.49	4.03	8.3	7.3	6.3	4.3	3.3	2.3	0.2	9.2	8.2	7.2	5.2	4.2	3.2	12.01	9.1	7.1	6.1	5.1	3.1	2.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.5		
9/16	14.29	3.83	6.3	5.3	4.3	3.3	13.02	9.2	7.2	6.2	5.2	4.2	3.2	12.01	8.1	7.1	6.1	4.1	3.1	2.1	1.0	9.0	8.0	7.0	5.0	4.0			
19/32	15.08	3.63	5.3	3.3	2.3	12.92	8.2	7.2	6.2	4.2	3.2	2.2	1.1	9.1	8.1	7.1	6.1	4.1	3.1	2.1	0.0	9.0	8.0	7.0	5.0	4.0	0.3		
5/8	15.88	3.43	3.3	2.3	0.2	9.2	8.2	7.2	5.2	4.2	3.2	2.2	0.1	9.1	8.1	7.1	5.1	4.1	3.1	2.1	0.0	9.0	8.0	7.0	5.0	4.0	0.3	0.2	

表 1—1—6 钢球压碎负荷值

钢 球 公 称 直径(毫米)	压 碎 负 荷 (公斤)	钢 球 公 称 直径(毫米)	压 碎 负 荷 (公斤)	钢 球 公 称 直径(毫米)	压 碎 负 荷 (公斤)
	不 小 于		不 小 于		不 小 于
3	490	12	7600	30	44800
3.5	670	13	8900	32	50500
4	870	14	10300	34	56900
4.5	1100	15	11800	35	60000
5	1360	16	13400	36	63000
5.5	1630	17	15000	38	69700
6	1940	18	16800	40	76100
6.5	2280	19	18650	42	84000
7	2640	20	20600	45	95000
7.5	3030	21	22600	48	109000
8	3400	22	24600	50	118000
8.5	3840	23	26800		
9	4280	24	29300		
9.5	4780	25	31600		
10	5300	26	34000		
11	6400	28	39300		

K—系数 ($K = P/d^2$)

根据现行钢球国家标准GB308—77 (参看表1—1—6)规定的钢球压碎负荷,也就是将P代入(1)式中求出;最大接触应力 σ_{max} 根据钢球公称直径不同而变化,其数值在2820公斤/毫米² (1/8'' 钢球)——2680公斤/毫米² (1 3/4'' 钢球)之间的一条线上。若按公式(2),则得出相应的 $K = 54.5$ (1/8'' 钢球)——47 (1 3/4'' 钢球)。

以钢球公称直径为横座标, K值为纵座标,得出倾斜直线A (如图1—1—5所示) 0以钢球热处理后 (未经机械加工) 的负荷标准求出的K值为纵座标 ($K = 42.5$) 得出水平直线 β (如图1—1—5所示)。根据上面倾斜线A, 已知其两点座标 (3.175, 54.5) 和

(44.25, 47) 及其斜率 $\left(\frac{47-54.5}{44.45-3.175}\right)$ 可得出该直线方程式:

$$K = \frac{47-54.5}{44.45-3.175} (d-3.175)$$

简化后得: $K = 55.08 - 0.1817d$

$$\because P = Kd^3$$

$$\therefore P = 55.08d^3 - 0.1817d^4$$

上式为计算钢球国家标准规定范围内任何钢球公称直径的压碎负荷标准公式。

根据不同钢球公称直径代入上面公式, 以钢球公称直径为横座标, 以压碎负荷P为纵座标, 得出图 1—1—6 所示曲线。

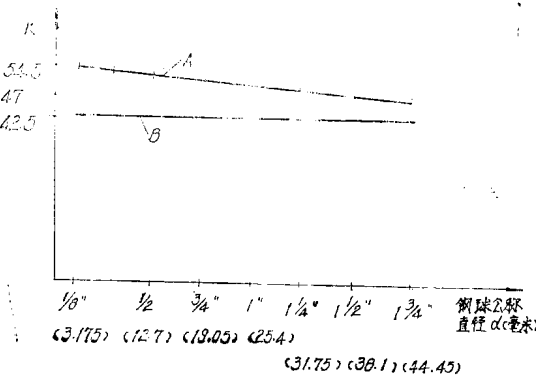


图 1—1—5 钢球压碎负荷计算方法图

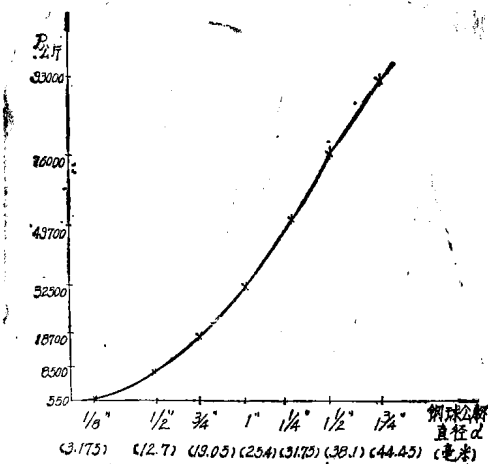


图 1—1—6 钢球压碎负荷与公称直径的关系曲线

2. 钢球压碎负荷试验用设备及其方法

(1) 试验设备: 钢球压碎负荷试验一般在液压式钢球负荷试验机上进行。无钢球负荷试验机时, 可在万能材料试验机上代用进行。

A、专用设备型号：CH—4（30吨）、CH—5（150吨）液压式钢球负荷试验机；

B、代用设备型号：DLY—30、DLY—60、DLY—100、WE—30、WE—60和WE—100万能材料试验机。

（2）试验方法：一次钢球负荷试验，需要三个钢球，如图1—1—7。试验时钢球装卡在专用模具内进行。这种模具由模底座、模具压头和模具导筒组成，压头和导筒是2级滑

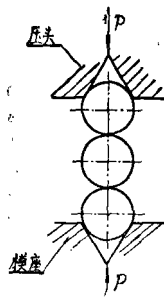


图1—1—7 钢球压碎试验方法

动配合，模具的底座及压头制有 90° 的锥角，其尺寸应保证为被试验钢球直径的 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ 。圆锥角的光洁度不得低于 ∇_7 。模具底座与导筒应为静压配合，钢球破坏时，不应因震动而产生弹跳现象。

试验机负荷示值误差为2%，如为2~3%时，应修正后使用，超过3%时应停止使用。

试验时，施加负荷的速度随测试负荷范围不同而改变。表1—1—7为在常用的试验机上的加荷速度。施加负荷时应均匀一致，当负荷加至接近钢球规定负荷值的80%时，其速度

表1—1—7 试验时的加荷速度

钢球公称直径（吋）	加荷范围的选择（公斤）	加荷速度（公斤/分钟）
1/8 ~ 3/16	0 ~ 2500	1200
7/32 ~ 5/16	0 ~ 5000	2200
11/32 ~ 1/2	0 ~ 10000	4500
17/32 ~ 3/4	0 ~ 25000	8000
25/32 ~ 1	0 ~ 50000	13000
> 1	0 ~ 100000	20000

应比表示速度低20~30%。

(八) 钢球的压缩试验*

直径大于50~80毫米的钢球应自每批中抽出3个钢球进行压缩试验。不同公称直径的成品钢球在压缩试验时所加负荷及压缩试验前后所测量的钢球直径实际差(变形量)，应符合表1—1—8的规定。

表 1—1—8 钢球压缩试验值

钢球公称直径	吋	2	—	3	—	4	6	8
	毫 米	50.8	60	76.2	100	101.6	152.4	203.2
压 缩 负 荷	吨	8	10	15	25	25	50	80
压缩试验前后所测量的钢球实际直径允许的最大差值	微 米	3	3	3	4	4	6	10

*目前，我国的钢球制造厂也很少进行此项试验。

(九) 有特殊要求的专用球或用其它材料制造的球时，应由订户与制造厂主管 部 门 协 商，另行制定补充技术条件。

第三节 钢球国际标准ISO3290—75

一、钢球国际标准

(一) 适用范围

本国际标准规定了滚动轴承用成品钢球的技术要求。

(二) 定义、符号及说明

1. 钢球公称直径 D_w

表示一般用途钢球尺寸的直径值。

2. 钢球的单一直径 D_{ws}

与钢球表面相切的两平行平面间的距离。

3. 钢球的平均直径 w_m

钢球的最大和最小实测单一直径之差。

4. 钢球直径相互差 V_{DWS}

一钢球的最大和最小实测单一直径之差。

5. 球形偏差

在任一径向平面内，绕钢球表面的外接球体与球表面上任一点间的最大径向距离。

6. 批

假定制造条件视为相同，并被认作为一整体的一定数量的钢球。

7. 批平均直径 $D_{w\text{mL}}$

同批中最大钢球的平均直径与最小钢球的平均直径的算术平均值。

8. 批直径的相互差 V_{DWL}

同批中最大钢球的平均直径与最小钢球的平均直径之差。

9. 钢球的等级

尺寸、形状、表面光洁度和选别公差的特定组合。

钢球的等级用相应的数字表示。

10. 钢球规值 S

批平均直径与钢球公称直径的相差量，此量为一已确定的系列。

每钢球规值为该等级钢球已定钢球规值跨度的整倍（见图 1—1—8）。

钢球规值加上钢球等级与公称直径，应视为订户定货用的最正确的钢球尺寸规格。

11. 钢球规值的偏差 ΔS

批平均直径减去公称直径与钢球规值之和（见图 1—1—9）。

$$\Delta S = D_{w\text{mL}} - (D_w + S)$$

12. 钢球分规值

最接近钢球分规值的真实偏差的已定系列的量。

每一钢球分规值为该等级钢球已定钢球分规值跨度的整倍（见图 1—1—8）。

钢球分规值加上钢球的公称直径与钢球规值，为钢球制造厂指示批平均直径之用，不应作订户订货用。

13. 表面光洁度

通常指在一部份面积内，表面的所有不规则度，但排除形状误差和波纹度。

在表 1—1—10 中定出的表面光洁度公差值系指偏离轮廓中线的算术平均偏差 R_a ，其计算按 ISO/R 468 “表面光洁度”规定的方法进行。

14. 硬度

按规定方法确定的抗穿透的度量。

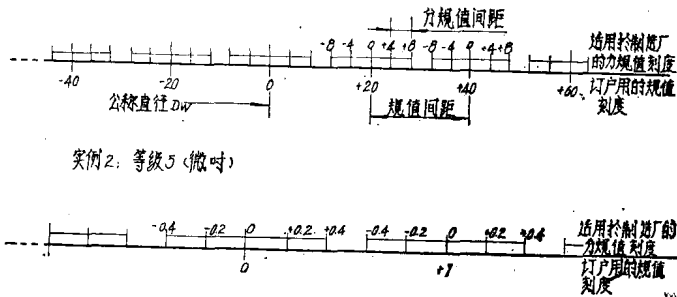


图 1—1—8 规值和分规值