

T/FYGX

团 体 标 准

T/FYGX 031—2020

钢结构用焊接空心球节点

Standard for welded hollow spherical joint base of steel grid

2020 - 09 - 01 发布

2020 - 10 - 01 实施

山西省汾阳市钢结构协会 发布

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	1
3.1 焊接空心球	1
3.2 加肋焊接空心球肋板	3
4 标记和规格	3
4.1 标记	3
4.2 规格	4
5 技术要求	6
5.1 焊接空心球的极限承载力	6
5.2 材料选用	10
5.3 坡口尺寸	10
5.4 焊缝质量	10
5.5 焊接空心球几何尺寸允许偏差	11
5.6 除锈和涂层	11
5.7 焊接空心球毛坯圆型钢板加热的温度要求	11
6 试验方法	12
6.1 焊接空心球的极限承载力试验	12
6.2 材料试验	13
6.3 坡口尺寸的检验	13
6.4 焊缝质量检验	13
6.5 焊接空心球几何尺寸的检验	13
6.6 除锈和涂层的检测	13
7 检验规则	13
7.1 出厂检验	14
7.2 型式检验	14
8 验收	14
9 标志、包装、运输和贮存	14
参 考 文 献	16

前 言

本标准按照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要求》的规则起草。

本标准由汾阳市钢结构协会根据汾阳市人民政府《2020年汾阳市标准化工作方案》(汾政办发【2020】21号)文件精神和中国焊接空心钢球网架生产加工基地领导小组办公室的要求提出。

本标准对JG/T 11-2009《钢网架焊接空心球节点》进行了补充和细化,主要变化如下:

- 增加了焊接空心球节点产品适用范围的规定;
- 修改了直径160mm~900mm的焊接空心球系列(见4.2);
- 增加了焊接空心球的形式(见3.1);
- 修改了焊接空心球肋板定义(见3.2);
- 修改了焊接空心球肋板焊接检验标准(见5.4.1);
- 增加了焊接空心球毛坯圆型钢板加热的温度要求(见第5.7);
- 修改了规范性引用文件(见第2章);
- 增加了焊接空心球图示(见图3、图4、图5);
- 修改了焊接空心球产品标记、规格系列及抗拉抗压极限承载力(见表1、表2、表3、表4);
- 修改了焊接空心球几何尺寸允许偏差(见表5)
- 增加了坡口尺寸要求(见5.3)
- 修改了试验方法(见6章)
- 修改了检验及交付(见7章)
- 修改了验收(见8章)

本标准由汾阳市钢结构协会负责解释。

本标准起草单位为: 汾阳市钢结构协会
汾阳市鸿鑫金属结构有限公司
汾阳市现代金属结构工程有限公司
汾阳市兴宇钢结构有限公司
汾阳市虹宇网架结构工程有限公司
汾阳市恒宇空间金属结构有限公司
汾阳市新辰钢结构工程有限公司
汾阳市银河金属结构工程有限公司
汾阳市祥通钢结构工程有限公司
甘肃圣龙钢结构工程有限公司
汾阳市恒泰空心钢球有限公司
汾阳市晨宇网架钢球有限公司
汾阳市鼎立金属结构有限公司
汾阳市宏图钢结构工程有限公司

煤炭工业太原设计研究院集团有限公司
山西建筑工程集团有限公司
山西省机械产品质量监督检验站
西安三石航天科技有限公司。

本标准主要起草人：贺景祥、魏永红、邓步俊、张志宏、李建中、董晓斌、杨学俭、李海平、
张文铭、刘善维、李照亮、温少敏、吕迎玺、张希珍、赵竹晓、雷富爱、
郝晓健、邓鸣慧、贺利祥。

本标准首次发布。

引 言

汾阳市建筑钢结构产业，起源于上世纪七十年代，迄今已有四十多年的焊接空心球节点研发和生产历史，钢结构施工安装队伍遍布全国各地，乃至国外的各大、中型钢结构焊接空心球网架工程施工现场，形成了全国最大的焊接空心球生产制造基地。2019年，汾阳市被中国建筑金属结构协会授予“中国焊接空心球网架生产加工基地”的称号。

1979年，当时的汾阳建筑五金厂率先开发研制了钢网架结构“焊接空心球节点”，1982年在中国建筑科学研究院、天津大学、太原理工大学、煤炭部太原设计院（山西省煤矿设计院）等单位专家教授的协助下，审定了由汾阳建筑五金厂起草制定的第一部焊接空心球标准“晋Q434-83”，先后荣获山西省“优质产品奖”、国家经济委员会颁发的“金龙奖”、“优秀新产品开发奖”、全国“轻工业优秀产品奖”等诸多奖项。

1991年，汾阳建筑金属结构工业公司起草并参与中国建筑标准设计研究所共同编制的中华人民共和国行业标准JGJ 75.2-91《钢网架焊接空心球节点》以及该标准历次版本的修改工作，为我国建筑空间结构制作、施工、安装、规范化奠定了基础，也为《钢网架焊接空心球节点》JG 11-1999、JG/T 11-2009版本的升级做出贡献。

本标准是由汾阳市钢结构协会提出并组织了设计、检测、加工、施工等多个企事业单位，根据焊接空心球在科技研究、设计加工、检验检测使用的实际情况制定完成。制定本标准的目的是为了使中国焊接空心球网架生产基地的生产加工企业和全国乃至世界各地相关设计、使用、检测单位更方便、更准确、更广泛地使用焊接空心球这种成熟的结构节点。

在新的发展时期，汾阳市钢结构协会立足基地，将发挥更大的指导和协调作用，使汾阳焊接空心球更精、更专、更优，进一步推进“中国焊接空心球网架生产加工基地”的集群化、标准化、品牌化建设。

钢结构用焊接空心球节点

1 范围

本标准规定了钢结构用焊接空心球节点的术语和定义、标记和规格、技术要求、试验方法、检验规则、验收、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于网架、单层网壳和双层网壳(曲面型网架)、桁架结构、索膜结构等钢结构使用焊接空心球节点的质量控制。

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。

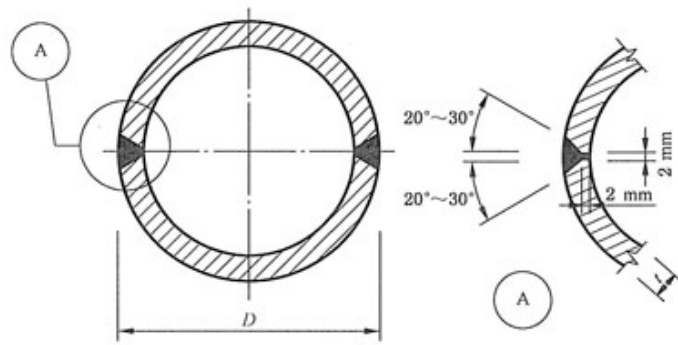
GB 50205-2020	钢结构工程施工质量验收标准
GB/T 222	钢的成品化学成分允许偏差
GB/T 223	钢铁及合金化学分析方法
GB/T 228	金属材料 拉伸试验
GB/T 2975	钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备
GB/T 5117	非合金钢及细晶粒钢焊条
GB/T 5118	热强钢焊条
GB/T 8110	气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
GB/T 10045	非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
GB/T 14957	熔化焊用钢丝
GB/T 17493	热强钢药芯焊丝
GB/T 19879	建筑结构用钢板
HG/T 2537	焊接用二氧化碳
JG/T 203	钢结构超声波探伤及质量分级法
JGJ 7-2010	空间网格结构技术规程
JGJ 81	建筑钢结构焊接技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

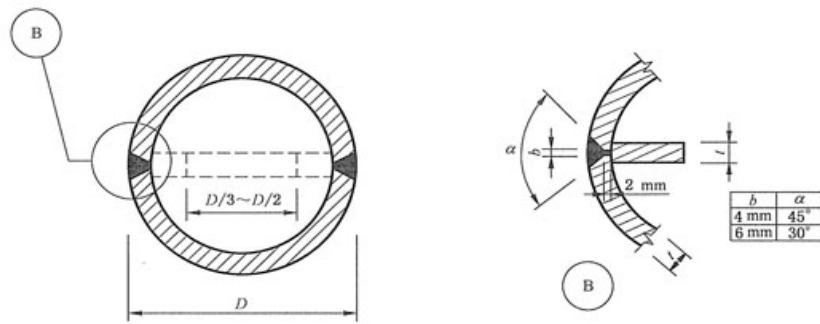
3.1 焊接空心球 welded hollow sphere

由两个圆型钢板加热冲压成钢半球加肋或不加肋焊接而成的球体,分别如图1、图2、图3、图4、图5所示。



D ——焊接空心球直径。

图 1 不加肋焊接空心球



D ——焊接空心球直径。

图 2 加单肋焊接空心球

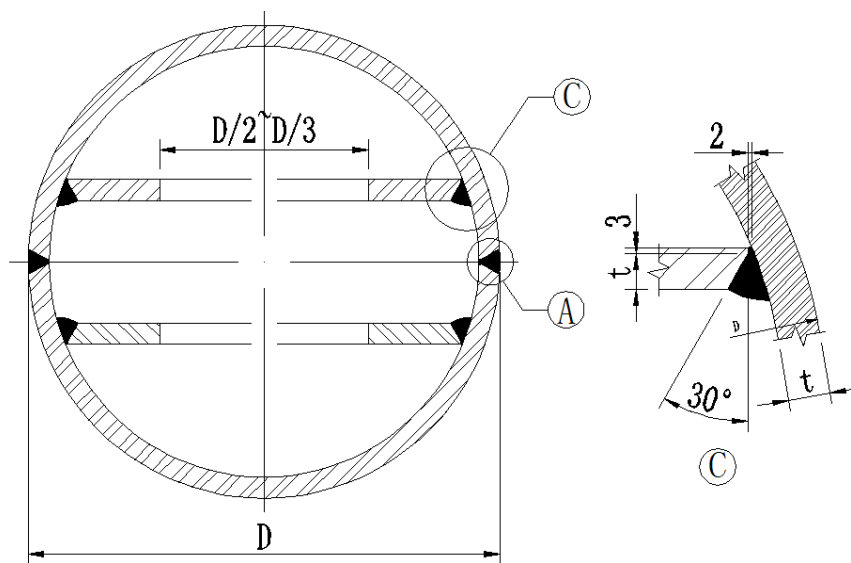


图 3 加平行双肋焊接空心球图

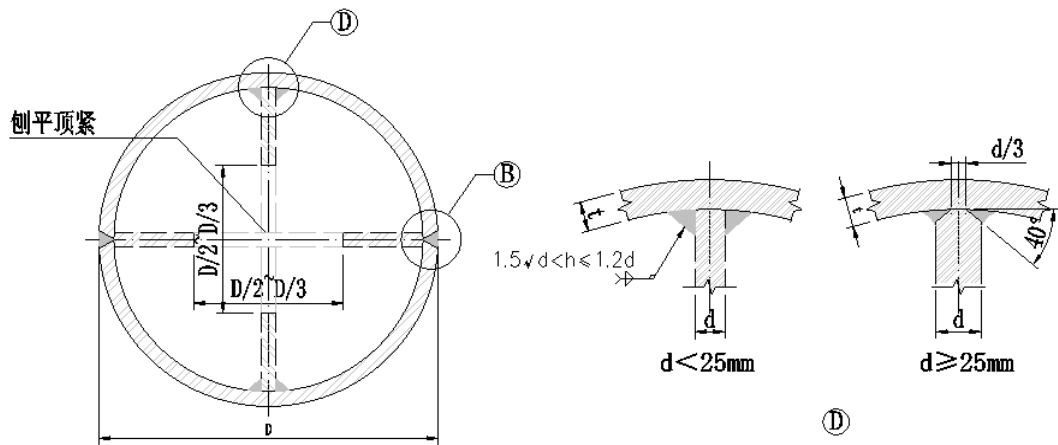


图 4 加十字肋焊接空心球图

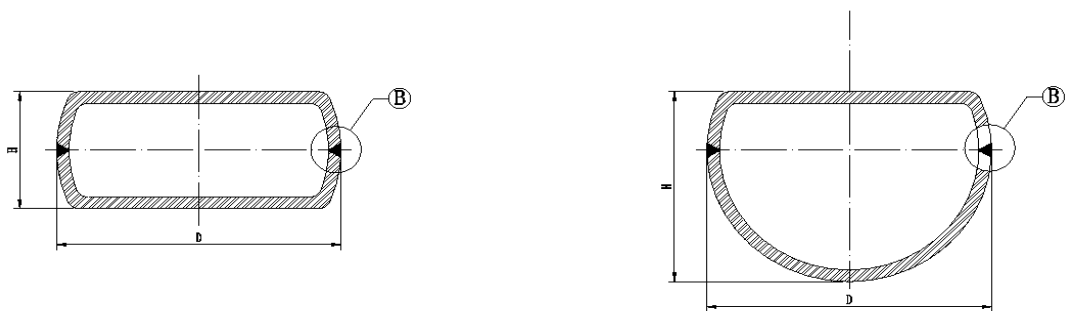


图 5 鼓型和半鼓型节点图

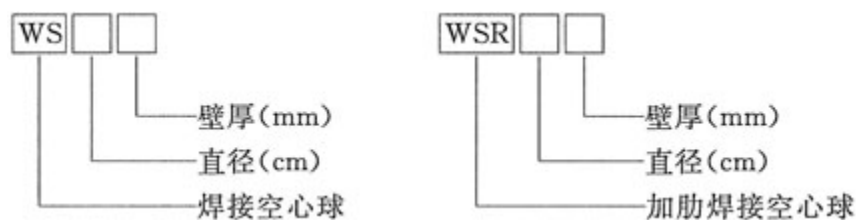
3.2 加肋焊接空心球肋板 rib plate strengthened welded hollow sphere

加于两个半球内壁或拼接环形焊缝处，并与其焊为一体的环形钢板。

4 标记和规格

4.1 标记

4.1.1 焊接空心球的标记



4.1.2 标记示例

示例1：壁厚为10mm，直径为300mm的焊接空心球表示为WS3010。

示例2：壁厚为10mm，直径为300mm的加肋焊接空心球表示为WSR3010。

4.2 规格

4.2.1 不加肋焊接空心球产品标记和主要规格见表1。

表1 不加肋焊接空心球产品标记和主要规格

序号	产品标记	规格尺寸/mm 直径×壁厚	理论重量 /kg	序号	产品标记	规格尺寸/mm 直径×壁厚	理论重量 /kg
1	WS1606	D160×6	3.52	32	WS3512	D350×12	33.82
2	WS1608	D160×8	4.56	33	WS3514	D350×14	39.00
3	WS1806	D180×6	4.49	34	WS3516	D350×16	44.06
4	WS2006	D200×6	5.57	35	WS3518	D350×18	48.98
5	WS2008	D200×8	7.28	36	WS3520	D350×20	53.69
6	WS2010	D200×10	8.92	37	WS3522	D350×22	58.46
7	WS2206	D220×6	6.78	38	WS4012	D400×12	44.57
8	WS2208	D220×8	8.87	39	WS4014	D400×14	51.47
9	WS2210	D220×10	10.89	40	WS4016	D400×16	58.22
10	WS2406	D240×6	8.10	41	WS4018	D400×18	64.82
11	WS2408	D240×8	10.62	42	WS4020	D400×20	71.29
12	WS2410	D240×10	13.05	43	WS4022	D400×22	77.58
13	WS2412	D240×12	15.40	44	WS4025	D400×25	86.83
14	WS2506	D250×6	8.82	45	WS4514	D450×14	65.66
15	WS2508	D250×8	11.56	46	WS4516	D450×16	74.36
16	WS2510	D250×10	14.22	47	WS4518	D450×18	82.89
17	WS2512	D250×12	16.78	48	WS4520	D450×20	91.26
18	WS2608	D260×8	12.53	49	WS4522	D450×22	99.47
19	WS2610	D260×10	15.42	50	WS4525	D450×25	111.49
20	WS2808	D280×8	14.60	51	WS5016	D500×16	92.47
21	WS2810	D280×10	17.99	52	WS5018	D500×18	103.18
22	WS2812	D280×12	21.27	53	WS5020	D500×20	113.71
23	WS2814	D280×14	24.49	54	WS5022	D500×22	124.05
24	WS2816	D280×16	27.52	55	WS5025	D500×25	139.24
25	WS3008	D300×8	16.83	56	WS5514	D550×14	99.21
26	WS3010	D300×10	20.75	57	WS5516	D550×16	112.55
27	WS3012	D300×12	24.56	58	WS5518	D550×18	125.68
28	WS3014	D300×14	28.27	59	WS5520	D550×20	138.61
29	WS3016	D300×16	31.86	60	WS5522	D550×22	151.34
30	WS3508	D350×8	23.10	61	WS5525	D550×25	170.06
31	WS3510	D350×10	28.52	62	WS6016	D600×16	134.81

表1 (续)

序号	产品标记	规格尺寸/mm 直径×壁厚	理论重量 /kg	序号	产品标记	规格尺寸/mm 直径×壁厚	理论重量 /kg
63	WS6018	D600×18	150.41	85	WS7535	D750×35	441.62
64	WS6020	D600×20	165.99	86	WS8020	D800×20	300.00
65	WS6022	D600×22	181.35	87	WS8022	D800×22	328.49
66	WS6025	D600×25	203.97	88	WS8025	D800×25	370.44
67	WS6028	D600×28	226.11	89	WS8028	D800×28	411.72
68	WS6030	D600×30	240.60	90	WS8030	D800×30	438.88
69	WS6520	D650×20	195.83	91	WS8032	D800×32	465.75
70	WS6522	D650×22	213.90	92	WS8035	D800×35	505.49
71	WS6525	D650×25	240.96	93	WS8040	D800×40	570.06
72	WS6528	D650×28	267.33	94	WS8522	D850×22	372.05
73	WS6530	D650×30	284.62	95	WS8525	D850×25	419.76
74	WS7020	D700×20	228.14	96	WS8528	D850×28	466.75
75	WS7022	D700×22	249.49	97	WS8530	D850×30	497.69
76	WS7025	D700×25	281.04	98	WS8535	D850×35	573.68
77	WS7028	D700×28	312.01	99	WS8540	D850×40	647.74
78	WS7030	D700×30	332.34	100	WS9025	D900×25	472.16
79	WS7035	D700×35	381.87	101	WS9028	D900×28	525.24
80	WS7520	D750×20	262.82	102	WS9030	D900×30	560.21
81	WS7522	D750×22	287.63	103	WS9035	D900×35	646.18
82	WS7525	D750×25	324.20	104	WS9040	D900×40	730.11
83	WS7528	D750×28	360.14	105	WS9045	D900×45	812.02
84	WS7530	D750×30	383.76				

4.2.2 加肋焊接空心球产品标记和主要规格见表2。

表2 加单肋焊接空心球产品标记和主要规格

序号	产品标记	规格尺寸/mm 直径×壁厚	理论重量 /kg	序号	产品标记	规格尺寸/mm 直径×壁厚	理论重量 /kg
1	WSR3008	D300×8	20.31	11	WSR4012	D400×12	53.71
2	WSR3010	D300×10	24.97	12	WSR4014	D400×14	61.88
3	WSR3012	D300×12	29.46	13	WSR4016	D400×16	69.82
4	WSR3014	D300×14	33.49	14	WSR4018	D400×18	77.56
5	WSR3016	D300×16	37.96	15	WSR4020	D400×20	85.13
6	WSR3510	D350×10	34.39	16	WSR4022	D400×22	92.39
7	WSR3512	D350×12	40.68	17	WSR4025	D400×25	103.03
8	WSR3514	D350×14	46.78	18	WSR4514	D450×14	79.08
9	WSR3516	D350×16	52.70	19	WSR4516	D450×16	89.37
10	WSR3518	D350×18	58.43	20	WSR4518	D450×18	99.42

表2 (续)

序号	产品标记	规格尺寸/mm 直径×壁厚	理论重量 /kg	序号	产品标记	规格尺寸/mm 直径×壁厚	理论重量 /kg
21	WSR4520	D450×20	109.22	46	WSR7028	D700×28	374.21
22	WSR4525	D450×25	132.63	47	WSR7030	D700×30	398.03
23	WSR5016	D500×16	111.33	48	WSR7522	D750×22	346.76
24	WSR5018	D500×18	123.99	49	WSR752S	D750×25	390.09
25	WSR5020	D500×20	136.37	50	WSR7528	D750×28	432.49
26	WSR5022	D500×22	148.49	51	WSR7530	D750×30	460.26
27	WSR5025	D500×25	166.19	52	WSR7535	D750×35	527.91
28	WSR5516	D550×16	135.71	53	WSR8022	D800×22	396.36
29	WSR5518	D550×18	151.27	54	WSR8025	D800×25	446.18
30	WSR5520	D550×20	166.54	55	WSR8028	D600×28	495.00
31	WSR5522	D550×22	181.51	56	WSR8030	D800×30	527.01
32	WSR5525	D550×25	203.41	57	WSR8035	D800×35	605.14
33	WSR6018	D600×18	181.27	58	WSR8522	D850×22	449.28
34	WSR6020	D600×20	199.73	59	WSR8525	D850×25	506.03
35	WSR6022	D600×22	217.85	60	WSR8528	D850×28	561.73
36	WSR6025	D600×25	244.43	61	WSR8530	D850×30	598.28
37	WSR6028	D600×28	270.29	62	WSR8535	D850×35	687.64
38	WSR6030	D600×30	287.13	63	WSR8540	D850×40	774.16
39	WSR6520	D650×20	235.92	64	WSR9025	D900×25	569.65
40	WSR6525	D650×25	289.22	65	WSR9028	D900×28	632.68
41	WSR6528	D650×28	320.14	66	WSR9030	D900×30	674.07
42	WSR6530	D650×30	340.32	67	WSR9035	D900×35	775.42
43	WSR7020	D700×20	275.13	68	WSR9040	D900×40	873.74
44	WSR7022	D700×22	300.48	69	WSR9045	D900×45	969.08
45	WSR7025	D700×25	337.77				

5 技术要求

5.1 焊接空心球的极限承载力

5.1.1 不加肋焊接空心球抗拉、抗压极限承载力见表3。

表3 不加肋焊接空心球抗拉、抗压极限承载力

序号	产品标记	试验配合钢 管直径/mm	抗拉、抗压极 限承载力/kN		序号	产品标记	试验配合钢 管直径/mm	抗拉、抗压极 限承载力/kN	
			Q235	Q355				Q235	Q355
1	WS1606	Φ76	269	382	4	WS2006	Φ76	244	346
2	WS1608	Φ76	359	509	5	WS2008	Φ76	325	462
3	WS1806	Φ76	255	362	6	WS2010	Φ76	407	577

表3 (续一)

序号	产品标记	试验配合钢管直径/mm	抗拉、抗压极限承载力/kN		序号	产品标记	试验配合钢管直径/mm	抗拉、抗压极限承载力/kN	
			Q235	Q355				Q235	Q355
7	WS2206	Φ 89	293	416	44	WS4025	Φ 146	1832	2636
8	WS2208	Φ 89	391	555	45	WS4514	Φ 146	1028	1458
9	WS2210	Φ 89	489	694	46	WS4516	Φ 146	1174	1666
10	WS2406	Φ 102	344	487	47	WS4518	Φ 146	1260	1813
11	WS2408	Φ 102	458	650	48	WS4520	Φ 146	1400	2014
12	WS2410	Φ 102	573	812	49	WS4522	Φ 146	1540	2216
13	WS2412	Φ 102	687	975	50	WS4525	Φ 146	1750	2518
14	WS2506	Φ 102	338	479	51	WS5016	Φ 168	1370	1943
15	WS2508	Φ 102	450	638	52	WS5018	Φ 168	1469	2114
16	WS2510	Φ 102	563	798	53	WS5020	Φ 168	1632	2349
17	WS2512	Φ 102	675	958	54	WS5022	Φ 168	1795	2584
18	WS2608	Φ 102	443	628	55	WS5025	Φ 168	2040	2936
19	WS2610	Φ 102	553	785	56	WS5514	Φ 219	1506	2136
20	WS2808	Φ 114	503	713	57	WS5516	Φ 219	1721	2442
21	WS2810	Φ 114	628	891	58	WS5518	Φ 219	1846	2657
22	WS2812	Φ 114	754	1069	59	WS5520	Φ 219	2051	2952
23	WS2814	Φ 114	879	1248	60	WS5522	Φ 219	2257	3247
24	WS2816	Φ 114	1005	1426	61	WS5525	Φ 219	2564	3690
25	WS3008	Φ 114	488	692	62	WS6016	Φ 245	1946	2761
26	WS3010	Φ 114	610	865	63	WS6018	Φ 245	2088	3004
27	WS3012	Φ 114	732	1039	64	WS6020	Φ 245	2320	3338
28	WS3014	Φ 114	854	1212	65	WS6022	Φ 245	2552	3672
29	WS3016	Φ 114	976	1385	66	WS6025	Φ 245	2900	4173
30	WS3508	Φ 133	569	808	67	WS6028	Φ 245	3248	4674
31	WS3510	Φ 133	712	1010	68	WS6030	Φ 245	3480	5007
32	WS3512	Φ 133	854	1212	69	WS6520	Φ 245	2243	3227
33	WS3514	Φ 133	996	1414	70	WS6522	Φ 245	2467	3550
34	WS3516	Φ 133	1139	1616	71	WS6525	Φ 245	2803	4034
35	WS3518	Φ 133	1222	1758	72	WS6528	Φ 245	3140	4518
36	WS3520	Φ 133	1357	1953	73	WS6530	Φ 245	3364	4841
37	WS3522	Φ 133	1493	2149	74	WS7020	Φ 273	2535	3648
38	WS4012	Φ 146	922	1308	75	WS7022	Φ 273	2788	4012
39	WS4014	Φ 146	1076	1526	76	WS7025	Φ 273	3169	4560
40	WS4016	Φ 146	1230	1744	77	WS7028	Φ 273	3549	5107
41	WS4018	Φ 146	1319	1898	78	WS7030	Φ 273	3802	5472
42	WS4020	Φ 146	1466	2109	79	WS7035	Φ 273	4436	6383
43	WS4022	Φ 146	1612	2320	80	WS7520	Φ 299	2802	4032

表 3 (续二)

序号	产品标记	试验配合钢管直径/mm	抗拉、抗压极限承载力/kN		序号	产品标记	试验配合钢管直径/mm	抗拉、抗压极限承载力/kN	
			Q235	Q355				Q235	Q355
81	WS7522	Φ 299	3082	4436	94	WS8522	Φ 351	3674	5287
82	WS7525	Φ 299	3503	5041	95	WS8525	Φ 351	4175	6007
83	WS7528	Φ 299	3923	5645	96	WS8528	Φ 351	4676	6728
84	WS7530	Φ 299	4203	6049	97	WS8530	Φ 351	5010	7209
85	WS7535	Φ 299	4904	7057	98	WS8535	Φ 351	5845	8410
86	WS8020	Φ 325	3071	4419	99	WS8540	Φ 351	6679	9612
87	WS8022	Φ 325	3378	4860	100	WS9025	Φ 351	4074	5862
88	WS8025	Φ 325	3838	5523	101	WS9028	Φ 351	4563	6566
89	WS8028	Φ 325	4299	6186	102	WS9030	Φ 351	4889	7035
90	WS8030	Φ 325	4606	6628	103	WS9035	Φ 351	5703	8207
91	WS8032	Φ 325	4913	7070	104	WS9040	Φ 351	6518	9380
92	WS8035	Φ 325	5373	7733	105	WS9045	Φ 351	7154	10373
93	WS8040	Φ 325	6141	8837					

注：直径160mm~900mm的焊接空心球节点的极限承载力应按JGJ7—2010中5.2.2公式计算承载力设计值，再乘以承载力检验系数1.6确定，配合试验用钢管宜选用同材质材料。

5.1.2 加肋焊接空心球抗拉、抗压极限承载力见表 4。

表4 加单肋焊接空心球抗拉、抗压极限承载力

序号	产品标记	试验配合钢管直径/mm	抗拉极限承载力/kN		抗压极限承载力/kN	
			Q235	Q355	Q235	Q355
1	WSR3008	Φ 114	537	762	683	969
2	WSR3010	Φ 114	671	952	854	1212
3	WSR3012	Φ 114	805	1142	1025	1454
4	WSR3014	Φ 114	940	1333	1196	1696
5	WSR3016	Φ 114	1074	1523	1367	1939
6	WSR3510	Φ 133	783	1111	996	1414
7	WSR3512	Φ 133	940	1333	1196	1696
8	WSR3514	Φ 133	1096	1555	1395	1979
9	WSR3516	Φ 133	1253	1777	1594	2262
10	WSR3518	Φ 133	1344	1934	1710	2461
11	WSR4012	Φ 146	1015	1439	1291	1832
12	WSR4014	Φ 146	1184	1679	1506	2137
13	WSR4016	Φ 146	1353	1919	1722	2442
14	WSR4018	Φ 146	1451	2088	1847	2657
15	WSR4020	Φ 146	1612	2320	2052	2953
16	WSR4022	Φ 146	1773	2552	2257	3248
17	WSR4025	Φ 146	2015	2900	2565	3691

表 4 (续一)

序号	产品标记	试验配合钢管直径/mm	抗拉极限承载力/kN		抗压极限承载力/kN	
			Q235	Q355	Q235	Q355
18	WSR4514	Φ 146	1130	1604	1439	2041
19	WSR45I6	Φ 146	1292	1833	1644	2332
20	WSR4518	Φ 146	1386	1994	1764	2538
21	WSR4520	Φ 146	1540	2216	1960	2820
22	WSR4525	Φ 146	1925	2770	2450	3525
23	WSR5016	Φ 168	1506	2137	1917	2720
24	WSR5018	Φ 168	1616	2325	2057	2960
25	WSR5020	Φ 168	1795	2584	2285	3288
26	WSR5022	Φ 168	1975	2842	2514	3617
27	WSR5025	Φ 168	2244	3230	2856	4111
28	WSR5516	Φ 219	1893	2686	2410	3418
29	WSR5518	Φ 219	2031	2922	2585	3720
30	WSR5520	Φ 219	2257	3247	2872	4133
31	WSR5522	Φ 219	2482	3572	3159	4546
32	WSR5525	Φ 219	2821	4059	3590	5166
33	WSR6018	Φ 245	2297	3305	2923	4206
34	WSR6020	Φ 245	2552	3672	3248	4674
35	WSR6022	Φ 245	2807	4039	3573	5141
36	WSR6025	Φ 245	3190	4590	4060	5842
37	WSR6028	Φ 245	3573	5141	4547	6543
38	WSR6030	Φ 245	3828	5508	4872	7010
39	WSR6520	Φ 245	2467	3550	3140	4518
40	WSR6525	Φ 245	3084	4438	3925	5648
41	WSR6528	Φ 245	3454	4970	4396	6326
42	WSR6530	Φ 245	3701	5325	4710	6778
43	WSR7020	Φ 273	2788	4012	3549	5107
44	WSR7022	Φ 273	3067	4414	3904	5617
45	WSR7025	Φ 273	3485	5016	4436	6383
46	WSR7028	Φ 273	3904	5617	4968	7149
47	WSR7030	Φ 273	4182	6019	5323	7660
48	WSR7522	Φ 299	3391	4879	4315	6210
49	WSR7525	Φ 299	3853	5545	4904	7057
50	WSR7528	Φ 299	4315	6210	5492	7904
51	WSR7530	Φ 299	4624	6654	5885	8468
52	WSR7535	Φ 299	5394	7762	6865	9879
53	WSR8022	Φ 325	3715	5347	4729	6805
54	WSR8025	Φ 325	4222	6076	5373	7733

表 4（续二）

序号	产品标记	试验配合钢管直径/mm	抗拉极限承载力/kN		抗压极限承载力/kN	
			Q235	Q355	Q235	Q355
55	WSR8028	Φ 325	4729	6805	6018	8660
56	WSR8030	Φ 325	5066	7291	6448	9279
57	WSR8035	Φ 325	5911	8506	7523	10826
58	WSR8522	Φ 351	4041	5815	5143	7401
59	WSR8525	Φ 351	4592	6608	5845	8410
60	WSR8528	Φ 351	5143	7401	6546	9420
61	WSR8530	Φ 351	5511	7930	7013	10092
62	WSR8535	Φ 351	6429	9251	8182	11775
63	WSR8540	Φ 351	7347	10573	9351	13457
64	WSR9025	Φ 351	4481	6449	5703	8207
65	WSR9028	Φ 351	5019	7222	6388	9192
66	WSR9030	Φ 351	5377	7738	6844	9849
67	WSR9035	Φ 351	6274	9028	7985	11490
68	WSR9040	Φ 351	7170	10318	9125	13132
69	WSR9045	Φ 351	7869	11411	10016	14523

注：直径300mm~900mm的加肋焊接空心球节点的极限承载力，受压时应按JGJ7—2010中5.2.2公式计算承载力设计值，乘以提高系数1.4，再乘以检验系数1.6确定；受拉时，乘以提高系数1.1，再乘以检验系数1.6确定。如需试验时，保证其轴力和加肋方向一致。配合试验用钢管宜选用同材质材料。

5.2 材料选用

5.2.1 钢材的品种、规格和性能等应符合国家现行标准和设计的要求。当采用其他钢材和焊接材料替代设计选用的材料时，应经设计单位同意。

5.2.2 当焊接空心球采用的钢板厚度大于或等于40mm时，应采用抗层状撕裂的钢板。钢板厚度方向性能级别Z15、Z25、Z35相应的含硫量、断面收缩率应符合GB/T 19879的规定。

5.2.3 焊条应符合相应现行国家标准GB/T 5117或GB/T 5118的规定。

5.2.4 焊丝应符合相应的现行国家标准GB/T 14957、GB/T 8110、GB/T 10045、GB/T 17493的规定。

5.2.5 气体保护焊使用的二氧化碳气体应符合现行行业标准HG/T 2537的规定。

5.3 坡口尺寸

应符合图1、图2、图3、图4、图5中所示坡口①、②、③、④的要求。

5.4 焊缝质量

5.4.1 两个半球的对接坡口应按图1、图2和图5加工，其拼接焊缝以及杆件与焊接空心球对接焊缝的质量等级，应根据产品设计要求的焊缝质量等级，选择相应的焊接工艺进行施焊。当设计未明确要求时，焊缝质量等级应按二级焊缝要求检验。当在焊接空心球内部加十字肋和平行肋时，肋板与球内壁的焊接应按图4和图5加工，当设计未明确要求时，焊缝质量等级应按三级焊缝要求检验。

5.4.2 首次采用的原材料及焊接材料应进行焊接工艺评定。

5.4.3 焊接工艺应按 JGJ 81 有关要求进行。

5.5 焊接空心球几何尺寸允许偏差

表 5 焊接空心球几何尺寸允许偏差（单位为毫米）

项目	规格/mm	允许偏差/mm
直径	$D \leq 300$	± 1.5
	$300 < D \leq 500$	± 2.5
	$500 < D \leq 800$	± 3.3
	$D > 800$	± 3.5
圆度	$D \leq 300$	± 1.5
	$300 < D \leq 500$	± 2.5
	$500 < D \leq 800$	± 3.3
	$D > 800$	± 3.5
壁厚减薄量	$t \leq 10$	$\leq 18\%t$, 且不大于 1.5
	$10 < t \leq 16$	$\leq 15\%t$, 且不大于 2.0
	$16 < t \leq 22$	$\leq 12\%t$, 且不大于 2.5
	$22 < t \leq 45$	$\leq 11\%t$, 且不大于 3.3
	$t > 45$	$\leq 8\%t$, 且不大于 4.0
对口错边量	$t \leq 20$	$\leq 10\%t$, 且不大于 1.0
	$20 < t \leq 40$	2.0
	$t > 40$	3.0
焊缝余高		0~1.5

注：D为焊接空心球的外径；t为焊接空心球的壁厚。

5.6 除锈和涂层

5.6.1 焊接空心球表面应按设计要求进行除锈。如设计没有要求，除锈等级宜为 Sa2.5 级。

5.6.2 涂料稀释剂和固化剂等材料的品种、规格、性能等应符合国家现行产品标准和设计图纸提出的要求。当设计图纸无要求时，可根据该产品使用环境的腐蚀介质情况，由供需双方商定涂料品种和厚度。

5.6.3 当设计对涂层厚度无要求时，干漆膜总厚度应为：室内 $125 \mu\text{m}$ ，室外 $150 \mu\text{m}$ ，其允许偏差应为 $-25 \mu\text{m} \sim 0 \mu\text{m}$ 。

5.6.4 涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求。当产品说明书无要求时，环境温度宜为 $5^\circ\text{C} \sim 38^\circ\text{C}$ ，相对湿度不应大于 85%。构件表面有结露时不得涂装，雨雪天不得进行室外作业。涂装后 4h 内不得淋雨。

5.6.5 焊接空心球出厂前宜涂一道可焊性防锈漆，安装完成后再按设计图纸要求涂刷防锈底漆和面漆。

5.7 焊接空心球毛坯圆型钢板加热的温度要求

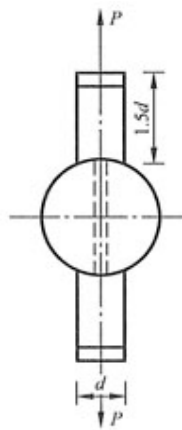
表 6 焊接空心球毛坯圆型钢板加热的温度要求

毛坯圆型钢板厚度 (mm)	加热温度 (°C)
$t \leq 18$	750~800
$18 < t \leq 28$	800~850
$t > 28$	850~950

6 试验方法

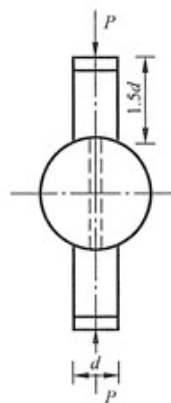
6.1 焊接空心球的极限承载力试验

6.1.1 焊接空心球承载能力试验，一般采用单向拉、压试验。单向拉力试验试件简图应符合图 7 要求，单向压力试验试件简图应符合图 8 要求。



d——钢管直径；P——试验施加的作用力。

图 7 单向拉力试验



d——钢管直径；P——试验施加的作用力。

图 8 单向压力试验

6.1.2 试验时焊接空心球应随机抽样，试验用配合钢管规格应按本标准表 3 和表 4 相应选用，可适当增加钢管壁厚。在加肋钢球上试验用配合钢管应焊在加肋方向，焊缝应全熔透。试验结果应符合表 3 和表 4 规定的数值。

6.2 材料试验

6.2.1 钢材抽样复验试验方法应符合下列规定：

6.2.1.1 钢材化学成份分析应符合 GB/T 223 的规定，取样方法应符合 GB/T 222 的规定，其结果应符合相应的钢材技术条件标准的规定。

6.2.1.2 钢材拉伸试验应符合 GB/T 228 的规定，取样方法应符合 GB/T 2975 的规定，其结果应符合相应的钢材技术条件标准的规定。

6.2.2 焊条、焊丝等焊接材料应按照 GB 50205-2020 中 5.2.1 的方法检查。

6.3 坡口尺寸的检验

按照 GB 50205-2020 中 7.4.3 的方法检查进行检验。

6.4 焊缝质量检验

6.4.1 焊缝的超声波探伤方法及探伤质量等级应符合 JG/T 203 的规定。

6.4.2 焊缝质量等级及缺陷分级应符合表 7 的要求。

表 7 焊缝质量等级及缺陷分级

焊缝质量等级		一 级	二 级
内部缺陷超声波探伤	评定等级	Ⅱ	Ⅲ
	检查等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
注：探伤比例计数方法应按以下原则确定：对工厂制作焊缝，应按每批各规格焊接空心球数量计算百分比抽取样本，每个样本的所有焊缝应进行探伤。			

6.4.3 焊缝外观检测一般可采用目测，裂纹检查采用放大镜，尺寸检查采用焊缝量规。

6.5 焊接空心球几何尺寸的检验

6.5.1 焊接空心球几何尺寸采用游标卡尺，外卡钳和套模进行检测，检测结果应符合表 5 的要求。

6.5.2 焊接空心球壁厚减薄量，采用超声波测厚仪检验，测得的减薄量平均值应符合本标准表 5 的要求，测量位置不应少于 3 点。

6.6 除锈和涂层的检测

应按 GB 50205-2020 中 14.2.1~14.3.4 的要求进行。

7 检验规则

产品检验分为出厂检验和型式检验两类。

7.1 出厂检验

7.1.1 出厂检验项目为材料、坡口、焊缝质量和壁厚减薄量。

7.1.2 抽样方法

焊接球样本应从提交检验批中随机抽取，检验批可以按交货验收的同一种型号产品作为一批，按每批的数量抽取5%样本，且不少于8件进行检验。

7.1.3 判定方法

检验结果当符合本标准第5章要求时，可判定为合格产品。主要检验项当有一项不合格时，应加倍抽取样本进行复验。如复验合格，可判该批产品为合格产品；如复检仍不合格，则判为不合格产品。

被判定为不合格的检验项为焊缝时，返修次数不宜超过两次。返修后的产品应重新检验是否合格，如检验不合格则应作为废品处理。

7.2 型式检验

7.2.1 型式检验的项目为本标准第5章要求中的全部项目。

7.2.2 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，定期积累一定产量(最多35000件)后，应周期性进行一次检验；
- d) 产品停产一年后，恢复生产时；
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

7.2.3 型式检验的样本应从批量产品中随机抽样。尚无形成批量产品时，在生产过程中随机抽样，但破坏试验的样本不应少于5件。

7.2.4 性能检验的试件所用的零、部件样本，应从批量产品中随机抽样。

8 验收

8.1 产品经本标准7.1出厂检验合格后方可交付使用。

8.2 产品出厂时，制造单位应提交下列技术文件：

- a) 焊接空心球产品合格证书和检验报告；
- b) 所用钢材和其他材料的质量证明或复检报告；
- c) 焊缝质量检验资料；
- d) 发运焊接球的清单。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 在产品上或包装上应有标志，如无法在产品上或包装上做出标志时可用说明书的形式提供。产品标志包括：

- a) 产品名称、型号、商标和标记(加肋焊接空心球应标明加肋方向)；

- b) 产品的主要参数和质量等级标志;
- c) 出厂日期, 制造厂名称。

9.2 包装按运输部门规定执行, 包装部分应随带清单及有关文件。

9.3 运输过程和装卸过程要防止构件变形、损伤和淋雨。

9.4 产品应按不同规格、不同型式和不同类型分别按编号顺序存放, 存放场地要防止潮湿及侵蚀介质的侵害。

参 考 文 献

- GB 50661 钢结构焊接规范
GB/T 700 碳素结构钢
GB/T 1591 低合金高强度结构钢
JG/T 11-2009 钢网架焊接空心球节点
-