

# 数显半径规校准规范 实验验证报告

（征求意见稿）

《数显半径规校准规范》编写组

二〇二四年三月

# 《数显半径规校准规范》实验验证报告

## 一、实验目的

数显半径规是测量内、外圆弧面半径的测量仪器，广泛用于装备制造、建筑、交通等行业的机械零件、工模具生产等领域，为了确认本校准规范的计量特性指标和校准方法是否合理，针对规范确定的计量特性及校准项目，规范编写小组选取不同规格类型的数显半径规，在不同实验室依据规范中的校准方法进行了试验。

以下实验是在确定没有影响计量特性因素的基础上进行的。

## 二、实验内容及结果

### (一) I型数显半径规

表1 I型数显半径规 1 mm

仪器名称	数显半径规			实验条件	温度: 19.7°C	相对湿度: 35%RH			
型号规格	I型 (0~13) mm			实验时间	2023.12.17				
仪器编号	F21210251			实验地点	济南市龙奥北路 1311 号 A1501 室				
制造商	/			实验人员	胡涵				
实验设备	影像测量仪 MPE: $\pm(2.5\mu\text{m}+L/300)L$ —mm、指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4\mu\text{m}/30\text{mm}$ 内, 半径标准块: $U=3\mu\text{m}$ , $k=2$ ; 平板: 1 级								
校准项目及校准结果									
1. I型量爪测头测量面半径偏差及半径变动量 ( $\Phi=3\text{mm}$ )									
C	测头规格	半径测量位置			平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论
		位置1	位置2	位置3					
10	测头 1	1.508	1.506	1.507	1.507	0.007	合格	0.002	合格
	测头 2	1.504	1.504	1.502	1.503	0.003	合格	0.002	合格
20	测头 1	1.499	1.494	1.496	1.496	-0.004	合格	0.005	合格
	测头 2	1.506	1.513	1.507	1.509	0.009	合格	0.007	合格
30	测头 1	1.506	1.512	1.506	1.508	0.008	合格	0.006	合格
	测头 2	1.508	1.504	1.508	1.507	0.007	合格	0.004	合格
60	测头 1	1.504	1.504	1.503	1.504	0.004	合格	0.001	合格
	测头 2	1.499	1.506	1.506	1.504	0.004	合格	0.007	合格
100	测头 1	1.506	1.501	1.503	1.503	0.003	合格	0.005	合格
	测头 2	1.506	1.502	1.502	1.503	0.003	合格	0.004	合格
2. I型量爪两测头球心间距偏差									
C	10	20	30	60	100				

两测头球心间距	9.943	19.992	29.991	59.974	100.008
两测头球心间距偏差	-0.057	-0.008	-0.009	-0.026	+0.008
结论	不合格	合格	合格	合格	合格

3. 数显指示表

示值误差	0.010mm	回程误差	0.002mm
------	---------	------	---------

4. I 型量爪半径示值误差

C	圆弧类型	第1点				第2点				第3点				半径示值误差
		半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	
10	外圆弧面	6	6.01	6.01	0.01	8.5	8.52	8.52	0.02	10	10.01	10.01	0.01	0.02
			6.01				8.52				10.01			
	内圆弧面	8	8.01	8.01	0.01	11	11.02	11.02	0.02	13	13.02	13.02	0.02	
			8.01				11.02				13.02			
20	外圆弧面	13.5	13.52	13.52	0.02	17.5	17.53	17.52	0.02	21	21.01	21.02	0.02	0.02
			13.52				17.51				21.03			
	内圆弧面	15	15.02	15.02	0.02	20	20.01	20.02	0.02	24	24.01	24.02	0.02	
			15.02				20.03				24.03			
30	外圆弧面	25	24.99	24.98	-0.02	35	34.89	34.89	-0.11	76	75.83	75.83	-0.17	-0.17
			24.97				34.89				75.83			
	内圆弧面	28	28.01	28.01	0.01	50	49.98	49.98	-0.02	80	79.98	79.98	-0.02	
			28.02				49.98				79.98			
60	外圆弧面	90	89.98	89.98	-0.02	120	119.91	119.91	-0.09	200	199.88	199.88	-0.12	-0.12
			89.98				119.91				199.88			
	内圆弧面	88	87.98	87.98	-0.02	92.5	92.47	92.47	0.03	125	124.95	124.96	-0.04	
			87.98				92.47				124.97			
100	外圆弧面	260	259.92	259.93	-0.07	320	319.88	319.88	-0.12	500	499.82	499.82	-0.18	-0.18
			259.94				319.88				499.82			
	内圆弧面	250	249.91	249.91	-0.09	300	299.89	299.88	-0.12	400	399.87	399.86	-0.14	
			249.91				299.87				399.85			

半径测量重复性

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测得值/mm	15.01	15.02	15.00	15.02	15.00	15.01	15.02	15.00	15.02	15.00
标准偏差 s/mm	0.009									

表 2 I 型数显半径规 2

mm

仪器名称	数显半径规	实验条件	温度：20.8℃	相对湿度：43.1%RH
型号规格	I 型	实验时间	2023.12.4	
仪器编号	M3011212164	实验地点	苏州英示测量科技有限公司试验室	
制造商	苏州英示测量科技有限公司	实验人员	高宇海，陆青龙	

实验设备	影像测量仪 MPE: $\pm (2.5 + L/100) \mu\text{m}$ (L 单位 mm)、指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4\mu\text{m}/30\text{mm}$ 内, 半径标准块: $U=3 \mu\text{m}$ , $k=2$ ; 平板: 1 级													
校准项目及校准结果														
1. I 型量爪测头测量面半径偏差及半径变动量 ( $\Phi=3\text{mm}$ )														
C	测头规格	半径测量位置			平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论					
		位置1	位置2	位置3										
10	测头 1	1.488	1.4995	1.5075	1.4983	-0.0017	合格	0.0195	合格					
	测头 2	1.4964	1.5117	1.5045	1.5042	0.0042	合格	0.0153	合格					
20	测头 1	1.517	1.4945	1.506	1.5058	0.0058	合格	0.0225	合格					
	测头 2	1.5006	1.4997	1.5146	1.5050	0.0050	合格	0.0149	合格					
30	测头 1	1.5110	1.5085	1.491	1.5035	0.0035	合格	0.0200	合格					
	测头 2	1.5	1.488	1.503	1.4970	-0.0030	合格	0.015	合格					
60	测头 1	1.5055	1.483	1.503	1.4972	-0.0028	合格	0.0225	合格					
	测头 2	1.4975	1.493	1.501	1.4972	-0.0028	合格	0.008	合格					
100	测头 1	1.5105	1.4985	1.497	1.5020	0.0020	合格	0.0135	合格					
	测头 2	1.4985	1.5015	1.495	1.4983	-0.0017	合格	0.0065	合格					
2. I 型量爪两测头球心间距偏差														
C	10	20	30	60	100									
两测头球心间距	9.9848	19.9863	29.9805	59.9975	100.0083									
两测头球心间距偏差	-0.0152	-0.0137	-0.0195	-0.0025	+0.0083									
结论	合格	合格	合格	合格	合格									
3. 数显指示表														
示值误差	7 $\mu\text{m}$			回程误差			3 $\mu\text{m}$							
4. I 型量爪半径示值误差														
C	圆弧类型	第1点				第2点				第3点				半径示值误差
		半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	
10	外圆弧面	5.998	6.01	6.01	0.012	7.998	7.98	7.98	-0.018	9.999	9.98	9.985	-0.014	0.035
			6.01				7.98				9.99			
	内圆弧面	7.003	7.03	7.03	0.027	10.001	10.02	10.025	0.024	13.485	13.52	13.52	0.035	
			7.03				10.03				13.52			
20	外圆弧面	11.998	11.88	11.88	-0.118	15.001	14.88	14.875	-0.126	17.498	17.45	17.44	-0.058	-0.118
			11.88				14.87				17.43			
	内圆弧面	13.485	13.49	13.495	0.01	19.989	19.91	19.91	-0.079	24.998	24.90	24.90	-0.098	
			13.50				19.91				24.90			
30	外圆弧面	35.002	34.84	34.84	-0.162	50.003	49.62	49.62	-0.383	84.015	84.00	83.995	-0.02	-0.162
			34.84				49.62				83.99			
	内圆弧面	24.998	24.94	24.94	-0.058	49.995	50.05	50.04	0.045	87.010	87.00	86.995	-0.015	
			24.94				50.03				86.99			
60	外圆弧面	82.980	82.89	82.99	0.01	139.020	140.15	140.145	1.125	248.620	248.57	248.57	-0.05	2.147
			82.99				140.14				248.57			

	内圆弧面	87.010	87.13	87.13	0.12	150.010	150.10	150.105	0.095	250.003	252.15	252.15	2.147								
			87.13				150.11				252.15										
100	外圆弧面	230.003	229.98	229.97	-0.03	320.021	320.12	320.125	0.104	890.032	892.13	892.145	2.113	2.113							
			229.96				320.13				892.16										
	内圆弧面	250.003	250.21	250.22	0.217	500.008	498.92	498.9	-1.108	890.018	889.67	889.6	-0.418								
			250.23				498.88				889.53										
半径测量重复性																					
测量次数		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
测得值/mm		83.99		84.01		83.99		83.99		84.00		83.99		83.99		83.99		84.00		84.00	
标准偏差 $s/mm$		0.00707																			

表 3 I 型数显半径规 3 mm

仪器名称	数显半径规		实验条件	温度: 21.0°C	相对湿度: 45.2%RH				
型号规格	I 型		实验时间	2023.12.4					
仪器编号	无		实验地点	苏州英示测量科技有限公司实验室					
制造商	苏州英示测量科技有限公司		实验人员	高宇海, 陆青龙					
实验设备	影像测量仪 MPE: $\pm(2.5 + L/100) \mu m$ (L 单位 mm)、指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4 \mu m/30mm$ 内, 半径标准块: $U=3 \mu m, k=2$ ; 平板: 1 级								
校准项目及校准结果									
1. I 型量爪测头测量面半径偏差及半径变动量 ( $\Phi=3mm$ )									
C	测头规格	半径测量位置			平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论
		位置1	位置2	位置3					
10	测头 1	1.4969	1.5100	1.5008	1.5026	0.0026	合格	0.0131	合格
	测头 2	1.4974	1.5107	1.5015	1.5032	0.0032	合格	0.0133	合格
20	测头 1	1.5356	1.4939	1.5360	1.5218	0.0218	合格	0.0421	不合格
	测头 2	1.4996	1.4999	1.5046	1.5014	0.0014	合格	0.005	合格
30	测头 1	1.5001	1.4955	1.5169	1.5042	0.0042	合格	0.0214	合格
	测头 2	1.5303	1.5225	1.5123	1.5217	0.0217	合格	0.0180	合格
60	测头 1	1.4982	1.4980	1.4975	1.4982	-0.0018	合格	0.0007	合格
	测头 2	1.4895	1.4888	1.5085	1.4956	-0.0044	合格	0.0197	合格
100	测头 1	1.5065	1.5033	1.5096	1.5065	0.0065	合格	0.0063	合格
	测头 2	1.4963	1.5057	1.4987	1.5002	0.0002	合格	0.0094	合格
2. I 型量爪两测头球心间距偏差									
C	10	20	30	60	100				
两测头球心间距	10.012	19.9899	30.0092	60.0135	100.0083				
两测头球心间距偏差	0.012	-0.0101	0.0092	0.0135	0.0083				
结论	合格	合格	合格	合格	合格				
3. 数显指示表									
示值误差	10 $\mu m$		回程误差		2 $\mu m$				
4. I 型量爪半径示值误差									

C	圆弧类型	第1点				第2点				第3点				半径示值误差	
		半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差		
10	外圆弧面	5.998	5.95	5.955	-0.043	7.998	7.97	7.98	-0.018	9.999	10.01	10.005	0.006	-0.043	
			5.96				7.99				10.00				
	内圆弧面	7.003	7.04	7.025	0.022	10.001	9.99	9.995	-0.006	13.485	13.51	13.51	0.025		
			7.01				10.00				13.51				
20	外圆弧面	11.998	11.95	11.935	-0.063	15.001	14.89	14.905	-0.096	17.498	17.47	17.47	-0.028	-0.063	
			11.92				14.92				17.47				
	内圆弧面	13.485	13.52	13.51	0.025	19.989	20.02	20.005	0.016	24.998	24.96	24.965	-0.033		
			13.50				19.99				24.97				
30	外圆弧面	35.002	35.02	35.01	0.008	50.003	49.95	49.95	-0.053	84.015	84.06	84.055	0.04	0.04	
			35.00				49.95				84.05				
	内圆弧面	24.998	24.99	25.00	0.002	49.995	50.01	50.005	0.01	87.010	87.00	86.99	-0.02		
			25.01				50.00				86.98				
60	外圆弧面	82.980	82.99	82.995	0.015	139.020	139.12	139.11	0.09	248.620	249.65	249.64	1.02	1.02	
			83.00				139.10				249.63				
	内圆弧面	87.010	86.85	86.865	-0.145	150.010	150.46	150.405	0.395	250.003	250.00	249.98	-0.023		
			86.88				150.35				249.96				
100	外圆弧面	248.620	249.99	249.97	1.35	320.021	320.35	320.33	0.309	890.032	888.87	888.81	-1.222	1.35	
			249.95				320.31				888.75				
	内圆弧面	250.003	250.35	250.335	0.332	500.008	499.86	499.82	-0.188	890.018	890.72	890.685	0.667		
			250.32				499.78				890.65				
半径测量重复性															
测量次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
测得值/mm		320.35	320.33	320.35	320.34	320.35	320.34	320.33	320.34	320.34	320.34	320.35			
标准偏差 $s/mm$		0.00789													

表 4 I 型数显半径规 4

mm

仪器名称	数显半径规		实验条件	温度: 20.1°C	相对湿度: 51.2%RH				
型号规格	I 型		实验时间	2024.2.8					
仪器编号	23Y4461		实验地点	浙江省计量科学研究院长度所 101 实验室					
制造商	日本三量合同会社		实验人员	王瑛辉					
实验设备	影像测量仪 MPE: $\pm(1.5+L/200)\mu m$ (L 单位 mm)、指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4\mu m/30mm$ 内, 半径标准器: $U=3\mu m, k=2$ ; 平板: 1 级								
校准项目及校准结果									
1. I 型量爪测头测量面半径偏差及半径变动量 ( $\Phi=3mm$ )									
C	测头规格	半径测量位置			平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论
		位置1	位置2	位置3					

10	测头 1	1.5051	1.4982	1.4975	1.500	0.000	合格	0.0076	合格
	测头 2	1.4953	1.5014	1.5008	1.499	-0.001	合格	0.0061	合格
20	测头 1	1.4937	1.4986	1.5034	1.499	-0.001	合格	0.0097	合格
	测头 2	1.5063	1.5042	1.5034	1.505	0.005	合格	0.0029	合格
30	测头 1	1.4935	1.5023	1.5056	1.500	0.000	合格	0.0121	合格
	测头 2	1.5011	1.4989	1.5023	1.501	0.001	合格	0.0034	合格
60	测头 1	1.4958	1.4963	1.5011	1.498	-0.002	合格	0.0053	合格
	测头 2	1.5004	1.4991	1.5018	1.500	0.000	合格	0.0027	合格
100	测头 1	1.5012	1.5028	1.5053	1.503	0.003	合格	0.0041	合格
	测头 2	1.4953	1.4986	1.4927	1.496	-0.004	合格	0.0059	合格

## 2. I 型量爪两测头球心间距偏差

C	10	20	30	60	100
两测头球心间距	10.0070	20.0080	29.9910	60.0090	100.0100
两测头球心间距偏差	0.0070	0.0080	-0.0090	0.0090	0.0100
结论	合格	合格	合格	合格	合格

## 3. 数显指示表

示值误差	5 μm	回程误差	0 μm
------	------	------	------

## 4. I 型量爪半径示值误差

C	圆弧类型	第1点				第2点				第3点				半径示值误差
		半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	
10	外圆弧面	6.0024	5.98	5.98	-0.0224	8.4954	8.46	8.46	-0.0354	10.9960	10.92	10.92	-0.0760	-0.076
			5.98				8.46				10.92			
	内圆弧面	7.0102	6.97	6.97	-0.0402	9.5132	9.51	9.51	-0.0032	14.0154	14.03	14.03	0.0146	
			6.97				9.51				14.03			
20	外圆弧面	10.996	10.99	10.99	-0.006	17.4838	17.44	17.44	-0.0438	21.9902	21.98	21.98	-0.0102	-0.0438
			10.99				17.44				21.98			
	内圆弧面	14.0154	14.03	14.03	0.0146	17.5085	17.51	17.51	0.0015	25.0160	24.98	24.98	-0.0360	
			14.03				17.51				24.98			
30	外圆弧面	21.9902	22.03	22.03	0.0398	60.4869	60.23	60.23	-0.2569	82.9882	82.81	82.81	-0.1782	0.3836
			22.03				60.23				82.81			
	内圆弧面	25.0160	25.06	25.06	0.0440	60.4949	60.75	60.75	0.2551	86.9964	87.38	87.38	0.3836	
			25.06				60.75				87.38			
60	外圆弧面	82.9882	83.21	83.21	0.2218	160.5500	159.73	159.73	-0.8200	250.1337	249.34	249.34	-0.7937	-1.1809
			83.21				159.73				249.34			
	内圆弧面	86.9964	86.64	86.64	-0.3564	160.4500	159.66	159.66	-0.7900	249.9409	248.76	248.76	-1.1809	
			86.64				159.66				248.76			
100	外圆弧面	250.1337	249.56	249.56	-0.5737	601.0896	600.31	600.31	-0.7796	900.1475	899.12	899.12	-1.0275	-1.3421
			249.56				600.31				899.12			
	内圆弧面	249.940	248.86	248.86	-1.0809	600.286	599.47	599.47	-0.8160	897.192	895.85	895.85	-1.3421	
			248.86				599.47				895.85			

弧面	9	248.86			0	599.47			1	895.85		
半径测量重复性												
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
测得值/mm	22.03	22.03	22.03	22.03	22.03	22.01	22.03	22.03	22.01	22.03		
标准偏差 $s/mm$	0.00843											



(二) II型数显半径规

表 5 II型显半径规 1

mm

仪器名称	数显半径规		实验条件	温度: 19.7°C	相对湿度: 25%RH											
型号规格	II型 (0~12.7) mm		实验时间	2023.12.17												
仪器编号	2857		实验地点	济南市龙奥北路 1311 号 A1501 室												
制造商	/		实验人员	胡涵												
实验设备	影像测量仪 MPE: $\pm (2.5\mu\text{m}+L/300)$ L—mm、轮廓测量仪 $U=5\mu\text{m}$ , $k=2$ ; 指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4\mu\text{m}/30\text{mm}$ 内, 半径标准块: $U=3\mu\text{m}$ , $k=2$ ; 平板: 1 级															
校准项目及校准结果																
1. II型量爪圆柱面测头半径偏差和半径变动量 ( $\Phi=3\text{mm}$ )																
C	测头1								测头2							
	截面1	截面2	截面3	平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论	截面1	截面2	截面3	平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论
10	1.509	1.506	1.506	1.507	0.007	合格	0.003	合格	1.506	1.502	1.502	1.503	0.003	合格	0.002	合格
20	1.498	1.496	1.498	1.497	-0.003	合格	0.001	合格	1.506	1.508	1.506	1.507	0.007	合格	0.002	合格
30	1.506	1.506	1.507	1.506	0.006	合格	0.002	合格	1.506	1.508	1.508	1.507	0.007	合格	0.004	合格
60	1.506	1.506	1.508	1.507	0.007	合格	0.002	合格	1.502	1.504	1.504	1.503	0.003	合格	0.002	合格
100	1.500	1.498	1.498	1.499	-0.001	合格	0.002	合格	1.498	1.499	1.499	1.499	-0.001	合格	0.001	合格
2. II型量爪两测头圆柱轴线间距偏差																
C	10		20		30		60		100							
面两圆柱测头一侧端面的中心距	9.9856		19.9825		29.9895		59.9925		99.9935							
两圆柱测头另一侧端面的中心距	9.9812		19.9852		29.9925		59.9896		99.9948							
平均值	9.9834		19.98385		29.9910		59.99105		99.99415							
间距偏差	-0.0166		-0.01615		-0.0090		-0.00895		-0.00585							
结论	合格		合格		合格		合格		合格							

3. 数显指示表				示值误差		6 μm		回程误差		2 μm					
4. II型量爪半径示值误差															
C	圆弧类型	第1点				第2点				第3点				半径示值误差	结论
		半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差		
10	外圆弧面	6	6.01	6.01	0.01	8.5	8.52	8.52	0.02	10	10.02	10.02	0.02	0.03	合格
			6.01				8.52				10.02				
	内圆弧面	8	8.01	8.01	0.01	11	11.02	11.02	0.02	13	13.03	13.03	0.03		
			8.01				11.02				13.03				
20	外圆弧面	13.5	13.52	13.52	0.02	17.5	17.53	17.53	0.03	21	21.01	21.02	0.02	0.03	合格
			13.52				17.53				21.03				
	内圆弧面	15	15.02	15.02	0.02	20	20.01	20.02	0.02	24	24.01	24.02	0.02		
			15.02				20.03				24.03				
30	外圆弧面	25	24.99	24.98	-0.02	35	34.89	34.89	-0.11	76	75.85	75.85	-0.15	-0.15	合格
			24.97				34.89				75.85				
	内圆弧面	28	28.01	28.01	0.01	50	49.98	49.98	-0.02	80	79.98	79.98	-0.02		
			28.02				49.98				79.98				
60	外圆弧面	90	89.91	89.91	-0.09	120	119.91	119.91	-0.09	200	199.88	199.88	-0.12	-0.12	合格
			89.9				119.91				199.88				
	内圆弧面	88	87.98	87.98	-0.02	92.5	92.47	92.47	0.03	125	124.95	124.96	-0.04		
			87.98				92.47				124.97				
100	外圆弧面	260	259.92	259.93	-0.07	320	319.83	319.83	-0.17	500	499.82	499.82	-0.18	-0.19	合格
			259.94				319.83				499.82				
	内圆弧面	250	249.91	249.91	-0.09	300	299.81	299.81	-0.19	400	399.81	399.81	-0.19		
			249.91				299.81				399.81				
半径测量重复性															
测量次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
测得值/mm		28.01	28.02	28.03	28.02	28.03	28.01	28.02	28.03	28.02	28.03				
标准偏差 s/mm		0.0079													

表6 II型数显半径规2

mm

仪器名称	数显半径规		实验条件	温度：20.6℃	相对湿度：45.3%RH											
型号规格	II型		实验时间	2023.12.5												
仪器编号	M30112122164		实验地点	苏州英示测量科技有限公司试验室												
制造商	苏州英示测量科技有限公司		实验人员	高宇海，陆青龙												
实验设备	影像测量仪 MPE: $\pm(2.5+L/100)\mu\text{m}$ (L单位 mm)，轮廓测量仪 MPE: $\pm(2+R/8)\mu\text{m}$ ，指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4\mu\text{m}/30\text{mm}$ 内，半径标准器： $U=3\mu\text{m}$ ， $k=2$ ；平板：1级															
校准项目及校准结果																
1. II型量爪圆柱面测头半径偏差和半径变动量 ( $\Phi=3\text{mm}$ )																
C	测头1								测头2							
	截面1	截面2	截面3	平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论	截面1	截面2	截面3	平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论
10	1.4975	1.4958	1.4761	1.4898	-0.0102	合格	0.0214	合格	1.4803	1.4701	1.4596	1.4700	-0.0300	合格	0.0207	合格
20	1.4801	1.4907	1.4801	1.4836	-0.0164	合格	0.0106	合格	1.4847	1.4981	1.5014	1.4947	-0.0053	合格	0.0167	合格
30	1.5046	1.4987	1.4993	1.5009	0.0009	合格	0.0059	合格	1.4839	1.4919	1.5019	1.4926	-0.0074	合格	0.0200	合格
60	1.4727	1.4728	1.4755	1.4737	-0.0263	合格	0.0028	合格	1.4757	1.4739	1.4974	1.4823	-0.0177	合格	0.0235	合格
100	1.5093	1.5085	1.5094	1.5091	0.0091	合格	0.0009	合格	1.4987	1.5007	1.4957	1.4984	-0.0016	合格	0.005	合格
2. II型量爪两测头圆柱轴线间距偏差																
C		10		20		30		60		100						
两圆柱测头一侧端面的中心距		9.977		20.001		30.016		59.987		100.007						
两圆柱测头另一侧端面的中心距		10.002		20.012		30.008		59.990		100.010						
平均值		9.9895		20.0065		30.012		59.9885		100.0085						
两圆柱测头轴线间距偏差		-0.0105		0.0065		0.012		-0.0115		0.0085						
结论		合格		合格		合格		合格		合格						

3. 数显指示表		示值误差				9 μm		回程误差		4 μm					
4. II型量爪半径示值误差															
C	圆弧类型	第1点				第2点				第3点				半径示值误差	结论
		半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差		
10	外圆弧面	5.998	6.00	6.00	0.002	7.998	8.00	8.00	0.002	9.999	9.98	9.98	-0.019	-0.023	合格
			6.00				8.00				9.98				
	内圆弧面	7.003	6.98	6.98	-0.023	10.001	9.99	9.995	-0.006	13.485	13.47	13.47	-0.015		
			6.98				10.00				13.47				
20	外圆弧面	11.998	12.00	12.00	0.002	17.498	17.50	17.50	0.002	19.999	20.01	20.01	0.011	-0.058	合格
			12.00				17.50				20.01				
	内圆弧面	13.485	13.45	13.45	-0.035	19.989	20.00	20.00	0.011	24.998	24.94	24.94	-0.058		
			13.45				20.00				24.94				
30	外圆弧面	35.002	35.02	35.015	0.013	50.003	49.99	49.99	-0.013	84.015	84.00	83.995	-0.013	-0.018	合格
			35.01				49.99				83.99				
	内圆弧面	24.998	24.98	24.98	-0.018	49.995	50.01	50.01	0.015	87.010	87.00	87.00	-0.01		
			24.98				50.01				87.00				
60	外圆弧面	84.015	84.03	84.03	0.015	148.02	148.09	148.09	0.07	230.003	230.10	230.10	0.097	0.097	合格
			84.03				148.09				230.10				
	内圆弧面	87.010	87.01	87.01	0.0	150.010	150.02	150.02	0.010	248.620	248.68	248.685	0.065		
			87.01				150.02				248.69				
100	外圆弧面	320.021	320.18	320.175	0.154	500.015	501.01	501.00	0.985	890.032	892.04	892.04	2.008	2.008	合格
			320.17				500.99				892.04				
	内圆弧面	250.003	249.88	249.88	-0.123	500.008	499.93	499.93	-0.15	890.018	891.02	891.025	1.007		
			249.88				499.93				891.03				
半径测量重复性															
测量次数		1	2	3	4	5	6	7	7	9	10				

测得值/mm	248.68	248.69	248.69	248.69	248.68	248.67	248.68	248.67	248.68	248.69			
标准偏差 $s/mm$	0.00789												
校准规范中代用方法													
1. II型量爪圆柱面测头半径偏差 ( $\Phi=3mm$ )，测量设备：影像测量仪 MPE: $\pm(2.5 + L/100) \mu m$ ( $L$ 单位 mm)													
C	测头1						测头2						
	位置1	位置2	位置3	平均值	半径偏差	测头1半径偏差	位置1	位置2	位置3	平均值	半径偏差	测头2半径偏差	
10	端面1	1.4875	1.4853	1.4858	1.486	-0.014	-0.014	1.4889	1.4874	1.4856	1.487	-0.013	-0.015
	端面2	1.4901	1.4883	1.4875	1.489	-0.011		1.4844	1.4861	1.4838	1.485	-0.015	
20	端面1	1.4999	1.5025	1.5037	1.502	0.002	0.015	1.4901	1.4873	1.4852	1.488	-0.012	0.013
	端面2	1.5143	1.5155	1.5138	1.515	0.015		1.5132	1.5113	1.5147	1.513	0.013	
30	端面1	1.5085	1.5096	1.5100	1.509	0.009	0.012	1.4913	1.4925	1.4911	1.492	-0.008	-0.008
	端面2	1.5122	1.5104	1.5119	1.512	0.012		1.4994	1.5017	1.5043	1.502	0.002	
60	端面1	1.5153	1.5141	1.5147	1.515	0.015	0.015	1.5154	1.5132	1.5166	1.515	0.015	0.015
	端面2	1.5109	1.5099	1.5097	1.510	0.010		1.5093	1.5132	1.5122	1.512	0.012	
100	端面1	1.4834	1.4841	1.4837	1.484	-0.016	-0.016	1.4878	1.4865	1.4873	1.487	-0.013	-0.013
	端面2	1.4855	1.4865	1.4860	1.486	-0.014		1.4924	1.4945	1.4933	1.493	-0.007	
2. II型量爪圆柱面测头半径变动量，测量设备：刀口尺和0.02mm塞尺													
C	测头1			测头2			C	测头1			测头2		
	素线1	素线2	素线3	素线1	素线2	素线3		素线1	素线2	素线3	素线1	素线2	素线3
10	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	20	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
30	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	60	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
100	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	/	/	/	/	/	/	/

表7 II型数显半径规3

mm

仪器名称	数显半径规		实验条件	温度：20.7℃	相对湿度：41.9%RH											
型号规格	II		实验时间	2023.12.5												
仪器编号	24011136		实验地点	苏州英示测量科技有限公司试验室												
制造商	苏州英示测量科技有限公司		实验人员	高宇海，陆青龙												
实验设备	影像测量仪 MPE: $\pm (2.5 + L/100) \mu\text{m}$ (L 单位 mm), 轮廓测量仪 MPE: $\pm (2 + R/8) \mu\text{m}$ , 指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4\mu\text{m}/30\text{mm}$ 内, 半径标准器: $l=3 \mu\text{m}$ , $k=2$ ; 平板: 1 级															
校准项目及校准结果																
1. II 型量爪圆柱面测头半径偏差和半径变动量 ( $\Phi=3\text{mm}$ )																
C	测头1								测头2							
	截面1	截面2	截面3	平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论	截面1	截面2	截面3	平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论
10	1.4720	1.4901	1.4634	1.4752	-0.0248	合格	0.0267	不合格	1.4643	1.4735	1.4920	1.4766	-0.0234	合格	0.0277	不合格
20	1.5030	1.4964	1.4786	1.4927	-0.0073	合格	0.0244	合格	1.4860	1.4775	1.4589	1.4741	-0.0259	合格	0.0271	不合格
30	1.4760	1.4757	1.4825	1.4781	-0.0219	合格	0.0068	合格	1.4843	1.5008	1.5015	1.4955	-0.0045	合格	0.0172	合格
60	1.4634	1.4845	1.4849	1.4776	-0.0224	合格	0.0215	合格	1.4911	1.4932	1.5000	1.4948	-0.0052	合格	0.0089	合格
100	1.4896	1.4944	1.4963	1.4934	-0.0066	合格	0.0067	合格	1.4898	1.4934	1.5017	1.4950	-0.0050	合格	0.0119	合格
2. II 型量爪两测头圆柱轴线间距偏差																
C	10		20		30		60		100							
两圆柱测头一测端面的中心距	9.991		19.992		30.010		60.007		99.995							
两圆柱测头另一测端面的中心距	9.999		19.999		30.015		60.013		99.992							
平均值	9.995		19.9955		30.0125		60.01		99.9935							
间距偏差	-0.005		-0.0045		0.0125		0.01		-0.0065							
结论	合格		合格		合格		合格		合格							

3. 数显指示表		示值误差				6 μm				回程误差				3 μm			
4. II型量爪半径示值误差																	
C	圆弧类型	第1点				第2点				第3点				半径示值误差	结论		
		半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差				
10	外圆弧面	5.998	6.00	6.00	0.002	7.998	7.95	7.95	-0.048	9.999	10.03	10.025	0.036	-0.048	合格		
			6.00				7.95				10.02						
	内圆弧面	7.003	7.00	7.00	-0.003	10.001	9.97	9.97	-0.031	13.485	13.49	13.49	0.005				
			7.00				9.97				13.49						
20	外圆弧面	11.998	11.92	11.91	-0.088	17.498	17.53	17.53	0.032	19.999	20.00	20.00	0.001	-0.088	合格		
			11.90				17.53				20.00						
	内圆弧面	13.485	13.45	13.45	-0.035	19.989	20.01	20.005	0.016	24.998	25.01	25.01	0.012				
			13.45				20.00				25.01						
30	外圆弧面	35.002	34.96	34.96	-0.042	50.003	50.01	50.01	0.007	84.015	84.00	84.005	-0.01	-0.042	合格		
			35.96				50.01				84.01						
	内圆弧面	24.998	24.99	24.99	-0.008	49.995	49.98	49.98	-0.015	87.010	87.03	87.03	0.02				
			24.99				49.98				87.03						
60	外圆弧面	84.015	84.07	84.07	0.055	148.02	148.03	148.025	0.005	230.003	231.02	231.005	1.002	1.002	合格		
			84.07				148.02				230.99						
	内圆弧面	87.010	87.12	87.12	0.11	150.010	150.09	150.09	0.08	248.620	248.75	248.75	0.13				
			87.12				150.09				248.75						
100	外圆弧面	320.021	320.22	321.215	1.194	500.015	499.87	499.87	-0.145	890.032	889.95	889.94	-0.092	-1.898	合格		
			320.21				499.87				889.93						
	内圆弧面	250.003	250.36	250.375	0.372	500.008	501.45	501.45	1.442	890.018	888.11	888.12	-1.898				
			250.39				501.45				888.13						
半径测量重复性																	
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							

测得值/mm	320.21	320.20	320.20	320.21	320.21	320.21	320.22	320.21	320.20	320.21			
标准偏差 $s/mm$	0.00632												
校准规范中代用方法													
1. II型量爪圆柱面测头半径偏差 ( $\Phi=3mm$ ), 测量设备: 影像测量仪 MPE: $\pm(2.5 + L/100) \mu m$ ( $L$ 单位 mm)													
C	测头1						测头2						
	位置1	位置2	位置3	平均值	半径偏差	测头1半径偏差	位置1	位置2	位置3	平均值	半径偏差	测头2半径偏差	
10	端面1	1.5123	1.5108	1.5119	1.512	0.012	0.012	1.5085	1.5094	1.5089	1.509	0.009	0.009
	端面2	1.5085	1.5067	1.5091	1.508	0.008		1.5012	1.5030	1.5035	1.503	0.003	
20	端面1	1.4906	1.4885	1.4878	1.489	-0.011	-0.011	1.4879	1.4866	1.4883	1.488	-0.012	-0.012
	端面2	1.5074	1.5090	1.5109	1.509	0.009		1.5025	1.5034	1.5029	1.503	0.003	
30	端面1	1.4905	1.4832	1.4840	1.486	-0.014	-0.014	1.5078	1.5104	1.5083	1.509	0.009	-0.011
	端面2	1.4900	1.4874	1.4861	1.488	-0.012		1.4889	1.4877	1.4891	1.489	-0.011	
60	端面1	1.5103	1.5131	1.5150	1.513	0.013	0.013	1.5153	1.5172	1.5139	1.515	0.015	0.015
	端面2	1.5089	1.5099	1.5124	1.510	0.010		1.5090	1.5115	1.5145	1.512	0.012	
100	端面1	1.4854	1.4833	1.4838	1.484	-0.016	-0.016	1.4872	1.4883	1.4861	1.487	-0.013	-0.013
	端面2	1.4875	1.4855	1.4848	1.486	-0.014		1.5068	1.5047	1.5056	1.506	0.006	
2. II型量爪圆柱面测头半径变动量, 测量设备: 刀口尺和0.02mm塞尺													
C	测头1			测头2			C	测头1			测头2		
	素线1	素线2	素线3	素线1	素线2	素线3		素线1	素线2	素线3	素线1	素线2	素线3
10	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	20	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
30	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	60	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
100	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	/	/	/	/	/	/	/

表8 II型数显半径规 4

mm



仪器名称	数显半径规			实验条件	温度：℃	相对湿度：%RH										
型号规格	II 型			实验时间	2024.2.8											
仪器编号	24011538			实验地点	浙江省计量科学研究院长度所 101 实验室											
制造商	苏州英示测量科技有限公司			实验人员	王瑛辉											
实验设备	影像测量仪 MPE: $\pm (1.5 + L/200) \mu\text{m}$ (L 单位 mm)、轮廓测量仪 MPE: $\pm 0.25\%$ /量程 指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4\mu\text{m}/30\text{mm}$ 内, 半径标准器: $U=3 \mu\text{m}$ , $k=2$ ; 平板: 1 级															
校准项目及校准结果																
1. II 型量爪圆柱面测头半径偏差和半径变动量 ( $\Phi=3\text{mm}$ )																
C	测头1								测头2							
	截面1	截面2	截面3	平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论	截面1	截面2	截面3	平均值	半径偏差	结论	半径变动量	结论
10	1.5077	1.5115	1.5108	1.510	0.010	合格	0.0038	合格	1.5075	1.5083	1.5096	1.508	0.008	合格	0.0021	合格
20	1.5143	1.5184	1.5175	1.517	0.017	合格	0.0041	合格	1.5121	1.5134	1.5130	1.513	0.013	合格	0.0013	合格
30	1.5130	1.5123	1.5125	1.513	0.013	合格	0.0007	合格	1.5115	1.5113	1.5117	1.512	0.012	合格	0.0004	合格
60	1.5103	1.5121	1.5117	1.511	0.011	合格	0.0018	合格	1.5114	1.5098	1.5110	1.511	0.011	合格	0.0016	合格
100	1.5063	1.5102	1.5110	1.509	0.009	合格	0.0047	合格	1.5086	1.5063	1.5094	1.508	0.008	合格	0.0031	合格
2. II 型量爪两测头圆柱轴线间距偏差																
C		10		20		30		60		100						
两圆柱测头一侧端面的中心距		10.0046		20.0067		30.0058		60.0024		100.0093						
两圆柱测头另一侧端面的中心距		10.0067		20.0093		30.0022		60.0041		100.0107						
平均值		10.00565		20.008		30.004		60.00325		100.01						
间距偏差		0.0056		0.0080		0.0040		0.0033		0.0100						
结论		合格		合格		合格		合格		合格						
3. 数显指示表		示值误差		1 $\mu\text{m}$		回程误差		0 $\mu\text{m}$								
4. II 型量爪半径示值误差 (mm)																
C	圆弧类型	第1点			第2点			第3点			半径示值误差	结论				

		半径实际 值	测得值	平均值	示值误差	半径实际 值	测得值	平均值	示值误差	半径实际 值	测得值	平均值	示值误差		
10	外圆弧面	6.0024	6.03	6.03	0.0276	8.4954	8.51	8.51	0.0146	10.9960	10.94	10.94	-0.0560	-0.1454	合格
			6.03				8.51				10.94				
	内圆弧面	7.0102	7.05	7.05	0.0398	9.5132	9.55	9.55	0.0368	14.0154	13.87	13.87	-0.1454		
			7.05				9.55				13.87				
20	外圆弧面	10.9960	11.03	11.03	0.0340	17.4838	17.46	17.46	-0.0238	21.9902	21.89	21.89	-0.1002	0.6640	合格
			11.03				17.46				21.89				
	内圆弧面	14.0154	14.04	14.04	0.0246	17.5085	17.48	17.48	-0.0285	25.0160	25.68	25.68	0.6640		
			14.04				17.48				25.68				
30	外圆弧面	21.9902	21.67	21.67	-0.3202	60.4869	60.66	60.66	0.1731	82.9882	83.54	83.54	0.5518	0.5518	合格
			21.67				60.66				83.54				
	内圆弧面	25.0160	25.03	25.03	0.0140	60.4949	60.72	60.72	0.2251	86.9964	87.28	87.28	0.2836		
			25.03				60.72				87.28				
60	外圆弧面	82.9882	83.18	83.18	0.1918	160.5500	161.03	161.03	0.4800	250.1337	250.92	250.92	0.7863	0.8991	合格
			83.18				161.03				250.92				
	内圆弧面	86.9964	87.21	87.21	0.2136	160.4500	161.11	161.11	0.6600	249.9409	250.84	250.84	0.8991		
			87.21				161.11				250.84				
100	外圆弧面	250.1337	250.89	250.89	0.7563	601.0896	601.93	601.93	0.8404	900.1475	900.85	900.85	0.7025	1.4740	合格
			250.89				601.93				900.85				
	内圆弧面	249.9409	251.01	251.01	1.0691	600.2860	601.76	601.76	1.4740	897.1921	898.53	898.53	1.3379		
			251.01				601.76				898.53				
半径测量重复性															
测量次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
测得值/mm		21.67	21.67	21.67	21.67	21.67	21.67	21.67	21.67	21.67	21.66				
标准偏差 s/mm		0.00316													

## (三) III型数显半径规

表9 III型数显半径规1

仪器名称	数显半径规		实验条件	温度: <u>20.7</u> °C	相对湿度: <u>40.8</u> %RH										
型号规格	III型		实验时间	2023.12.4											
仪器编号	M2811238130		实验地点	苏州英示测量科技有限公司试验室											
制造商	苏州英示测量科技有限公司		实验人员	高宇海											
实验设备	指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4\mu\text{m}/30\text{mm}$ 内, 半径标准器: $l=3\mu\text{m}$ , $k=2$ ; 刀口形直尺直线度: $1.0\mu\text{m}$														
校准项目及校准结果															
1. III型量爪两测面的平面度/ $\mu\text{m}$															
量爪规格		测量面1				测量面2									
A	B	长边	短边	对角线1	对角线2	平面度	结论	长边	短边	对角线1	对角线2	平面度	结论		
40	65	0	0	0	0	0	合格	1.0	0	0	0	1.0	合格		
65	165	0	0	0	0	0	合格	0	0	0	0	0	合格		
85	255	1.0	0	1.0	0	1.0	合格	0	0	0	1.0	0	合格		
95	345	1.0	0	0	0	1.0	合格	1.0	0	0	0	1.0	合格		
2. 数显指示表/mm		示值误差		0.010		回程误差		0.005							
3. III型量爪半径示值误差/mm															
量爪规格		第1点				第2点				第3点				半径示值误差	结论
A	B	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径示值误差	结论
40	65	5.998	6.00	6.00	0.002	35.002	34.99	34.99	-0.012	50.003	50.02	50.02	0.017	0.017	合格
			6.00				34.99				50.02				
65	165	50.003	49.99	49.99	-0.013	82.980	82.99	82.99	0.01	139.020	139.01	139.015	-0.005	-0.013	合格
			49.99				82.99				139.02				
85	255	140.002	140.01	140.005	0.003	180.001	180.00	180.00	-0.001	230.003	230.01	230.01	0.007	0.007	合格
			140.00				180.00				230.01				
95	345	230.003	230.02	230.02	0.017	250.003	250.02	250.02	0.017	320.021	320.01	320.01	-0.011	0.022	合格
			230.02				250.02				320.01				
半径测量重复性															
测量次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
测得值/mm		82.98	82.98	82.98	82.98	82.98	82.98	82.98	82.98	82.98	82.98				
标准偏差 $s/\text{mm}$		0.0													

表10 III型数显半径规2

仪器名称	数显半径规		实验条件	温度: <u>21.2</u> °C	相对湿度: <u>41.5</u> %RH
型号规格	III型		实验时间	2023.12.4	
仪器编号	M0401221544		实验地点	苏州英示测量科技有限公司试验室	
制造商	苏州英示测量科技有限公司		实验人员	高宇海	

实验设备		指示类量具检定仪 MPE: $\pm 4\mu\text{m}/30\text{mm}$ 内, 半径标准器: $U=3\mu\text{m}$ , $k=2$ ; 刀口形直尺直线度: $1.0\mu\text{m}$													
校准项目及校准结果															
1. III型量爪两测面的平面度/ $\mu\text{m}$															
量爪规格		测量面1						测量面2							
A	B	长边	短边	对角线1	对角线2	平面度	结论	长边	短边	对角线1	对角线2	平面度	结论		
40	65	0	1.0	0	0	1.0	合格	0	0	0	0	0	合格		
65	165	0	0	0	0	0	合格	0	0	0	0	0	合格		
85	255	0	0	0	0	0	合格	1.0	0	0	0	1.0	合格		
95	345	0	0	0	0	0	合格	0	0	0	0	0	合格		
2. 数显指示表		示值误差				0.010mm			回程误差				0.003mm		
3. III型量爪半径示值误差/mm															
量爪规格		第1点				第2点				第3点				半径示值误差	结论
A	B	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差	半径实际值	测得值	平均值	示值误差		
40	65	5.998	5.98	5.98	-0.018	35.002	35.00	35.00	-0.002	50.003	50.01	50.01	0.007	-0.018	合格
			5.98				35.00				50.01				
65	165	50.003	50.00	50.00	-0.003	87.010	87.00	87.005	-0.005	140.002	140.01	140.005	0.003	-0.005	合格
			50.00				87.01				140.00				
85	255	140.002	140.00	139.995	-0.007	160.012	160.02	160.02	0.013	230.003	230.01	230.01	0.007	0.013	合格
			139.99				160.02				230.01				
95	345	230.003	230.02	230.02	0.017	250.003	250.02	250.02	0.017	320.021	320.02	320.02	0.029	0.029	合格
			230.02				250.02				320.02				
半径测量重复性															
测量次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
测得值/mm		230.02	230.02	230.02	230.02	230.01	230.02	230.02	230.02	230.02	230.01	230.02			
标准偏差 $s/\text{mm}$		0.00316													

#### 四、测量不确定度评定

具体评定过程参见规范正文的附录 A、B。

#### 五、实验结论

通过上述实验可知,该校准规范确定的计量特性和校准方法科学、合理,可以满足数显半径规的校准要求,能够对数显半径规计量特性做出正确评价。