

中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T 347—2004
代替 YS/T 347—1994

铜及铜合金 平均晶粒度测定方法

Copper and copper alloys—Estimation of average grain size

2004-06-17 发布

2004-11-01 实施

国家发展和改革委员会 发布

前 言

本标准是对 YS/T 347—1994《单相铜合金晶粒度测定法》的修订。

本标准非等效采用了国际标准 ISO 2624:1990 和美国标准 ASTM E 112:1996。

与前版相比,主要有以下修订:

——对标准名称进行了修改。

——增加了晶粒度“级”的表述方法,以便和其他材料的晶粒度表述取得一致性。

——用“公称直径”作为晶粒平均直径的值,与国际标准统一。

——比较法中增加了部分晶粒度级别的图片,使分级更细。

本标准代替 YS/T 347—1994。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会提出并归口。

本标准由洛阳铜加工集团有限责任公司负责起草。

本标准主要起草人:张智强、董福伟、路俊攀、梅恒星、张敬华、王庭芳。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会负责解释。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——YB 797—1971;

——YS/T 347—1994。

铜及铜合金 平均晶粒度测定方法

1 范围

本标准规定了用比较法、面积法和截距法测定铜及铜合金晶粒度的具体方法。通常测量可以用比较法。当有异议时,以截距法为仲裁方法。

本标准适用于测定单相或以单相为主的铜及铜合金退火状态的晶粒度。

2 引用标准

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

YS/T 449 铜及铜合金铸造和加工制品显微组织检验方法

3 定义及符号

3.1

晶粒度 grain size

是基体晶粒大小的量度。铜及铜合金晶粒度通常采用“公称直径(d_n)”来表示“晶粒平均直径”。

3.2

晶粒级别指数 G grain degree class index number

在 100 倍放大倍率下, 645.16 mm^2 面积所包含的晶粒数 n 与 G 有如下关系,见式(1):

$$n = 2^{G-1} \dots\dots\dots(1)$$

注: G 值可在表 3 中查出。

3.3

字母符号

本标准采用的字母符号汇总见表 1。

表 1

符 号	名称及说明	单 位
G	晶粒级别指数	
n	测量面积为 645.16 mm^2 时所包含的晶粒数	
n_g	测量面积为 $5\,000 \text{ mm}^2$ 时所包含的晶粒数	
n_1	测量圆内晶粒数	
n_2	被圆切割的晶粒数	
n_A	单位面积内的晶粒数	$1/\text{mm}^2$
L	所有测量线段的总长度	mm
M	放大倍率	
N	所有测量线段上的总截点数	
S	晶粒平均截距	mm
d_n	平均直径	mm
d_f	弗里特直径	mm
a	平均晶粒截面面积	mm^2

4 试样

4.1 试样应直接从交货状态的产品上截取。取样部位和取样数量应按相关产品标准的有关规定进行。

4.2 试样取样尺寸推荐如下：

板带材：取 15 mm×15 mm 正方形样；

管棒材：沿轴向取 10 mm~15 mm 长圆环样或圆片样。

4.3 试样制备方法按照 YS/T 449 规定进行。

5 晶粒度测定方法

5.1 比较法

5.1.1 比较法是通过被测试样的图像与标准图对比来测定试样晶粒度。

5.1.2 比较法测量方法：试样制好后，在放大 100 倍的倍率下，通过金相显微镜投影图像或拍出有代表性视场的显微照片，与相应的标准评级图片附录 A 直接比较，选出与试样图像最接近的标准图片，作为试样的晶粒度，报出晶粒度值。通常应选择三个以上视场进行比较。

5.1.3 不具备投影或照像功能的显微镜，可以直接通过目镜观察，对照标准评级图，找出最接近的标准图片，报出试样晶粒度。

5.1.4 当试样晶粒度超过标准评级图片所包括的范围时，可采用成像放大倍率 M 。在此放大倍率下的晶粒图像与标准放大倍率(100×)的标准评级图片进行比较，找出最接近的图片后，按表 2 查对，报出实际晶粒度。

表 2 在各种放大倍率下观测的试样真实晶粒度与标准图之间的对应关系

成像放大倍率 M	成像和标准图相比时的晶粒度/mm								
100×(标准)	0.008	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040	0.045
25×	0.030	0.040	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160	0.180
50×	0.015	0.020	0.030	0.040	0.050	0.060	0.070	0.080	0.090
75×	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.045	0.050	0.060
200×	—	0.005	0.007	0.010	0.012	0.015	0.017	0.020	0.022
500×	—	—	—	—	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
成像放大倍率 M	成像和标准图相比时的晶粒度/mm								
100×(标准)	0.050	0.055	0.065	0.075	0.090	0.110	0.130	0.150	0.180
25×	0.200	0.220	0.260	0.300	0.360	0.440	0.520	0.600	0.720
50×	0.100	0.110	0.130	0.150	0.180	0.220	0.260	0.300	0.360
75×	0.070	0.075	0.085	0.100	0.120	0.150	0.180	0.200	0.250
200×	0.025	0.030	0.035	0.040	0.045	0.055	0.065	0.075	0.090
500×	0.010	0.011	0.012	0.015	0.018	0.022	0.025	0.030	0.035

5.2 面积法

5.2.1 面积法是通过统计给定面积内的晶粒数来测定试样晶粒度。

5.2.2 面积法测量方法：在显微镜毛玻璃上或照片上划一个直径 79.8 mm 的测量圆，面积近似为 5 000 mm²，选择适当放大倍率 M ，使该圆内至少包含有 50 个晶粒。计算测量圆覆盖的晶粒数 n_g ，见式(2)、(3)：

当 n_2 为偶数时：
$$n_g = n_1 + n_2 / 2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

当 n_2 为奇数时：
$$n_g = n_1 + (n_2 + 1) / 2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

n_g ——测量为 5 000 mm² 时所包含的晶粒数；

n_1 ——圆内晶粒数；

n_2 ——被圆切割的晶粒数。

由式(4)计算出单位面积内的晶粒数 n_A 。

$$n_A = \frac{M^2 \cdot n_g}{5\ 000} = 0.000\ 2\ M^2 \cdot n_g \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中：

M ——测量用放大倍率；

n_A ——单位面积内的晶粒数；

n_g ——测量圆内的晶粒数。

5.2.3 晶粒度级别指数 G 的计算按式(5)：

$$G = -2.954\ 2 + 3.321\ 9 \lg n_A \quad \dots\dots\dots(5)$$

根据单位面积内的晶粒数 n_A 或者晶粒度级别指数 G ，查表 2 可得晶粒平均直径。

5.3 截距法

5.3.1 截距法是通过统计一定长度的一条或几条线段上所截的晶粒个数，计算出晶粒平均截距来测定晶粒度的大小。

5.3.2 截距法测量方法：在晶粒图像上，任画出一条或几条一定长度的线段作为测量线段，选择适当的放大倍率，以保证至少有 50 个晶粒被线段截过。统计出测量线段上截过的晶界总截点数 N 。计算截点时，测量线段的终点不是截点的不计算；终点正好接触到晶界时，应计 1/2 截点；测量线与晶界相切时，应计 1 个截点；测量线段明显与三晶界的汇合点重合时，应计 1.5 个截点。孪晶界不计算在内。为了获得准确的平均值，应选择 3~5 个视场进行测量。

5.3.3 计算晶粒平均截距 S ，采用式(6)：

$$S = L / (M \cdot N) \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中：

S ——晶粒平均截距，单位为毫米(mm)；

L ——所有测量线段的总长度，单位为毫米(mm)；

M ——所用放大倍率；

N ——所有测量线段上的总截点数。

根据计算出的晶粒平均截距，查表 2 可得出晶粒平均直径或者其他晶粒度指标。

5.3.4 晶粒度级别指数 G 的计算按式(7)：

$$G = -3.287\ 7 + 6.643\ 9 \lg(M \cdot N / L) \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中： M 、 N 、 L 同 5.3.3。

6 晶粒度的表述

6.1 使用任何一种测量方法，最终应以晶粒平均直径来表述晶粒度。必要时可根据表 3 查出相应的其他数值。

6.2 使用比较法可直接得出晶粒平均直径；使用截距法时可近似采用 $d_n = 1.13S$ 算出晶粒平均直径；使用面积法测量时： $d_n = (1/n_A)^{1/2}$ 。

6.3 当试样存在着晶粒不均现象，且优势晶粒所占面积比例不大于视场面积的 90% 时，则应筛选出两种优势晶粒，按 5.1、5.2、5.3 规定测量出两种晶粒的平均直径及所占百分比，报出两种晶粒的平均直径及所占比例作为最终晶粒度结果。如 0.025 mm 40% 和 0.045 mm 60%。否则，只报出优势晶粒的晶粒度。

表3 任意取向的均匀、等轴晶粒度关系表

晶粒度级别 指数 G	晶粒截面平均直径		晶粒平均截距 S	平均晶粒截面面积 a	单位面积晶粒数 n_A
	晶粒平均直径 d_n /mm	“弗里特”直径 d_f /mm	mm	mm ²	个/mm ²
—1	0.51	0.570	0.453	0.258	3.88
0	0.36	0.403	0.320	0.129	7.75
0.5	0.30	0.339	0.269	0.091 2	11.0
1.0	0.25	0.285	0.226	0.064 5	15.5
1.5	0.21	0.240	0.190	0.045 6	21.9
—	0.20	0.226	0.177	0.040 0	25.0
2.0	0.18	0.202	0.160	0.032 3	31.0
2.5	0.15	0.170	0.135	0.022 8	43.8
3.0	0.13	0.143	0.113	0.016 1	62.0
3.5	0.11	0.120	0.097	0.011 4	87.7
	μm	μm	μm	mm ² × 10 ⁻³	
4.0	90	101	80.0	8.07	124
4.5	75	85	67.3	5.70	175
5.0	65	71	56.6	4.03	248
5.5	55	60	47.6	2.85	351
—	50	56	44.3	2.50	400
6.0	45	50	40.0	2.02	496
—	40	45	35.4	1.60	625
6.8	35	39	31.0	1.23	816
7.3	30	34	26.6	0.900	1 111
7.8	25	28	22.2	0.625	1 600
8.3	20	23	17.7	0.400	2 500
9.3	15	17	13.3	0.225	4 440
10.3	10	11.3	8.86	0.100	10 000
11.0	8.0	8.9	7.07	0.063	15 870
12.3	5.0	5.6	4.43	0.025	40 000
14.0	2.8	3.2	2.50	0.008	125 000

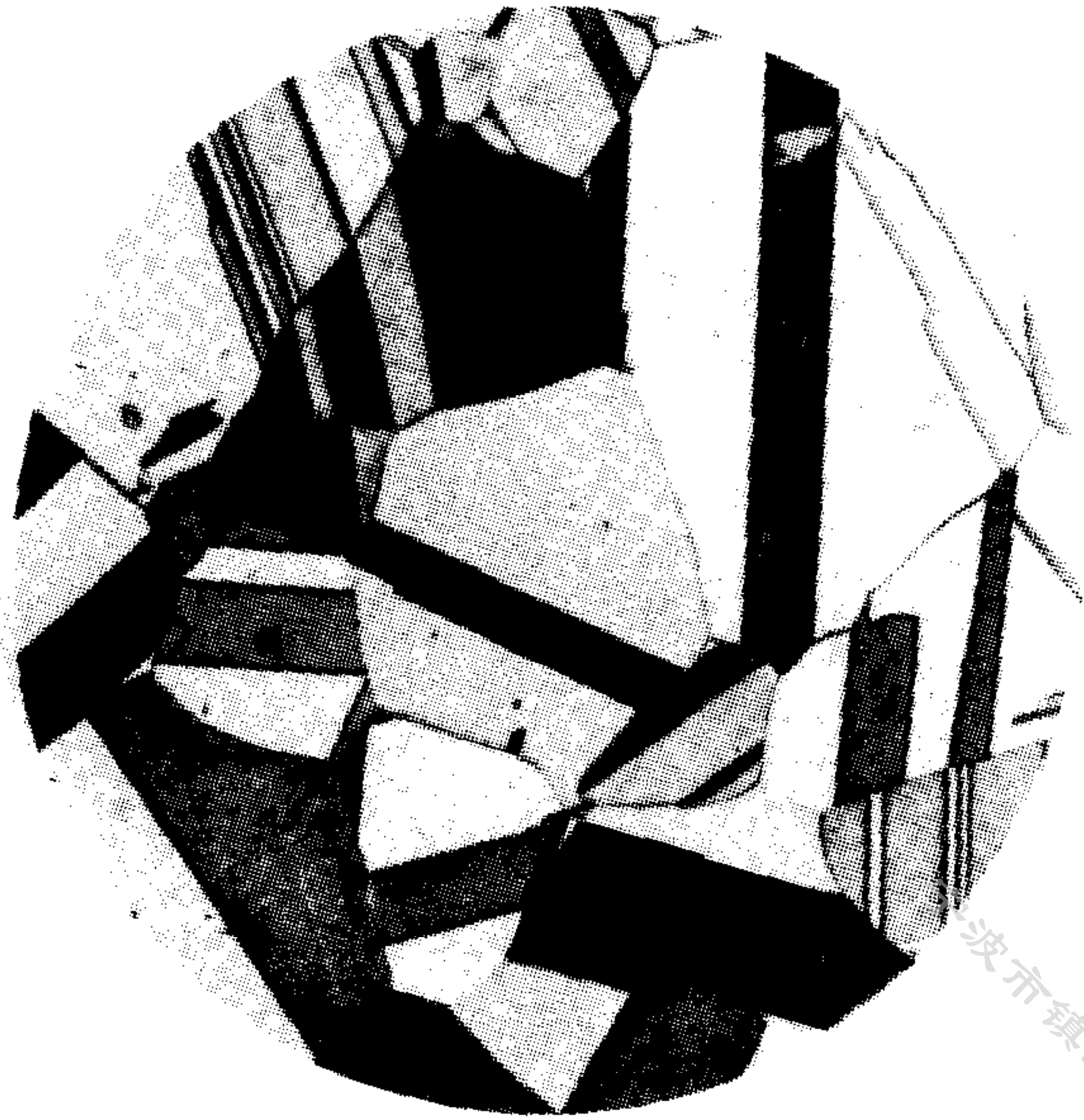
注： $d_f = a/S$ ； $S = (\pi a/4)^{1/2}$ ； $a = 1/n_A$ ； $d_n = (a)^{1/2}$ 。

7 晶粒度报告

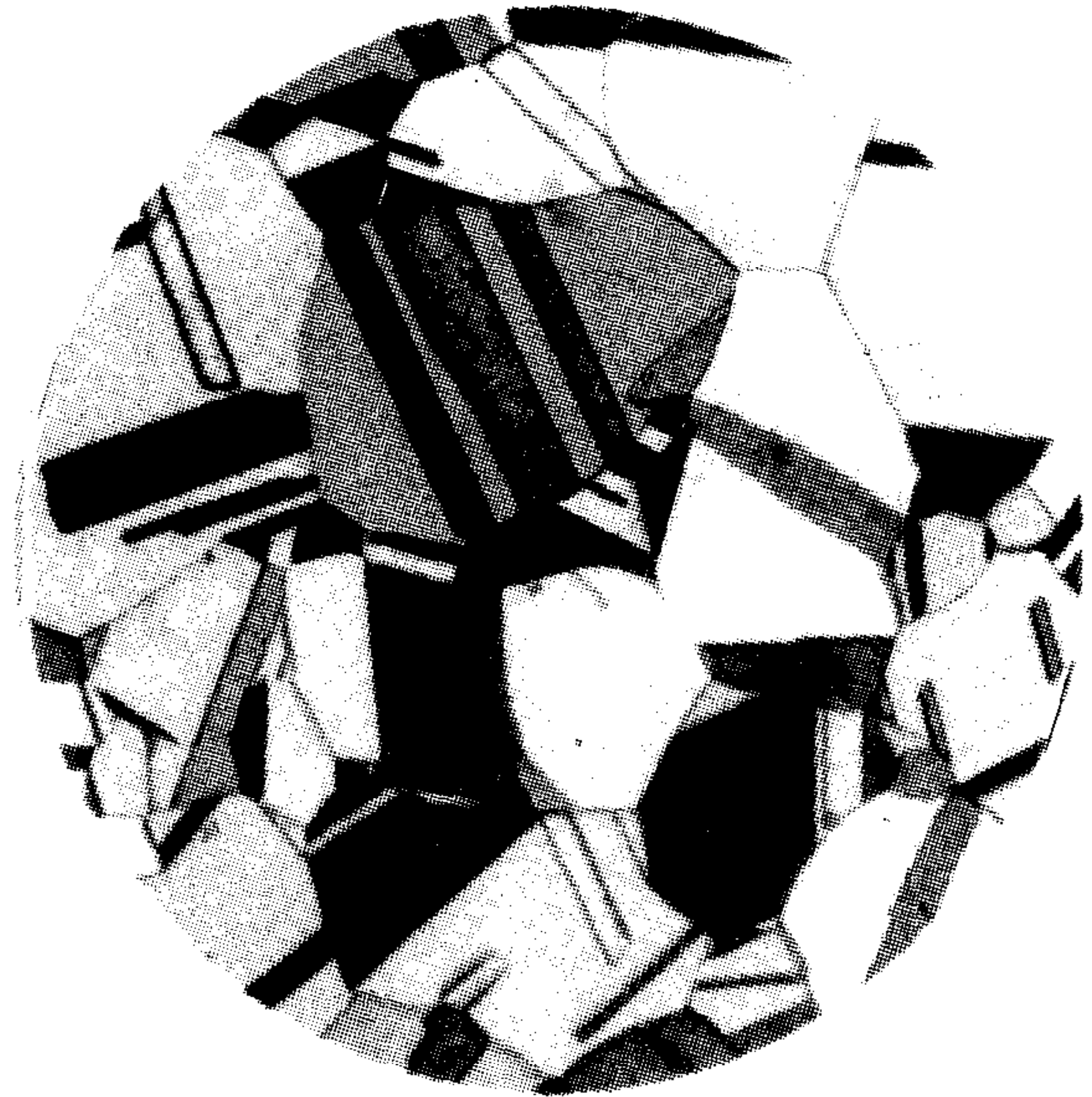
报告一般应包括以下几条：

- 合金牌号、规格、批号、热处理状态。
- 使用仪器的型号及编号。
- 环境状况。
- 检测结果。
- 检测人员与审核人员签字。
- 所采用的标准号。

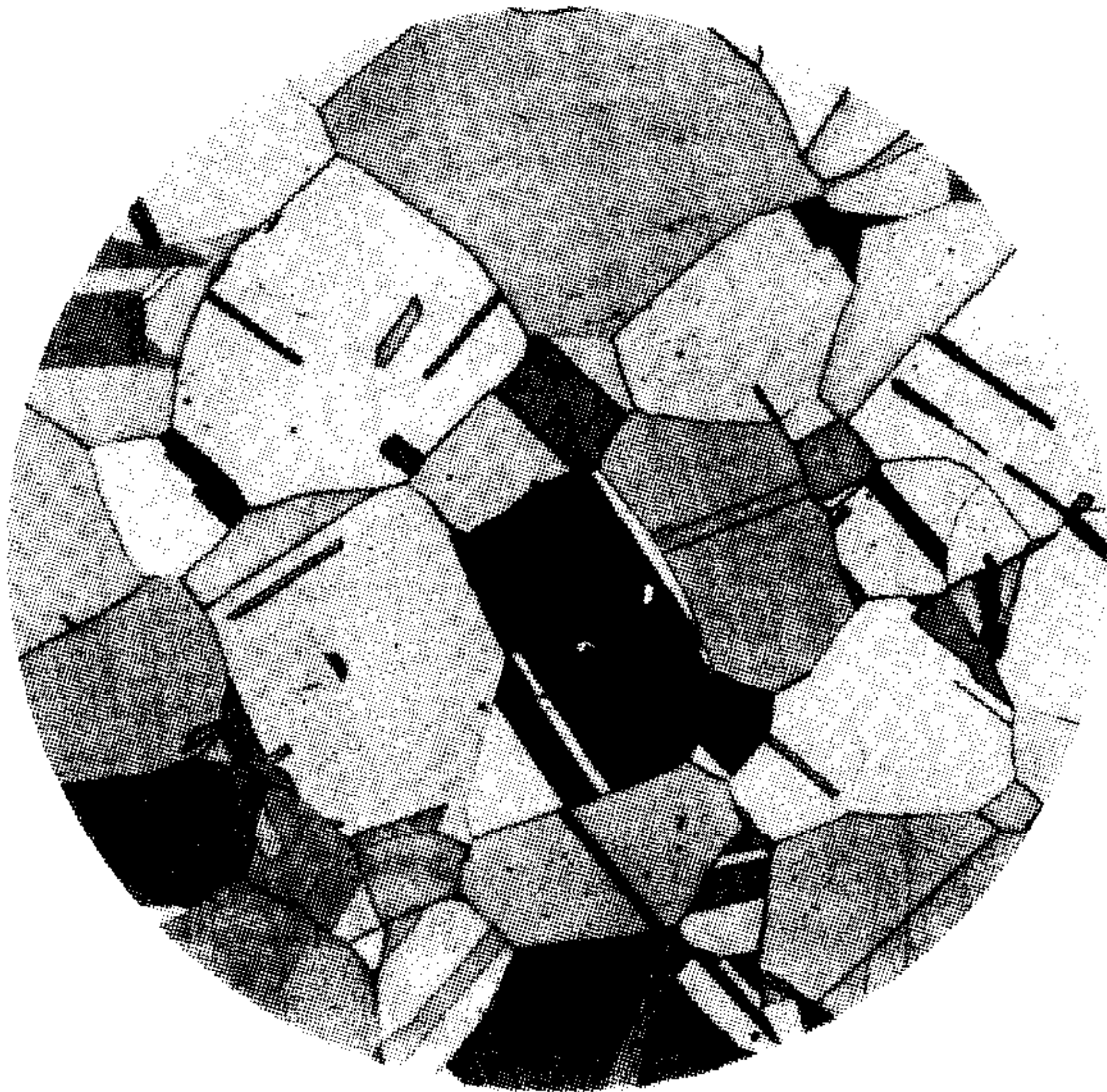
附录 A
(规范性附录)
标准晶粒度图片(100×)



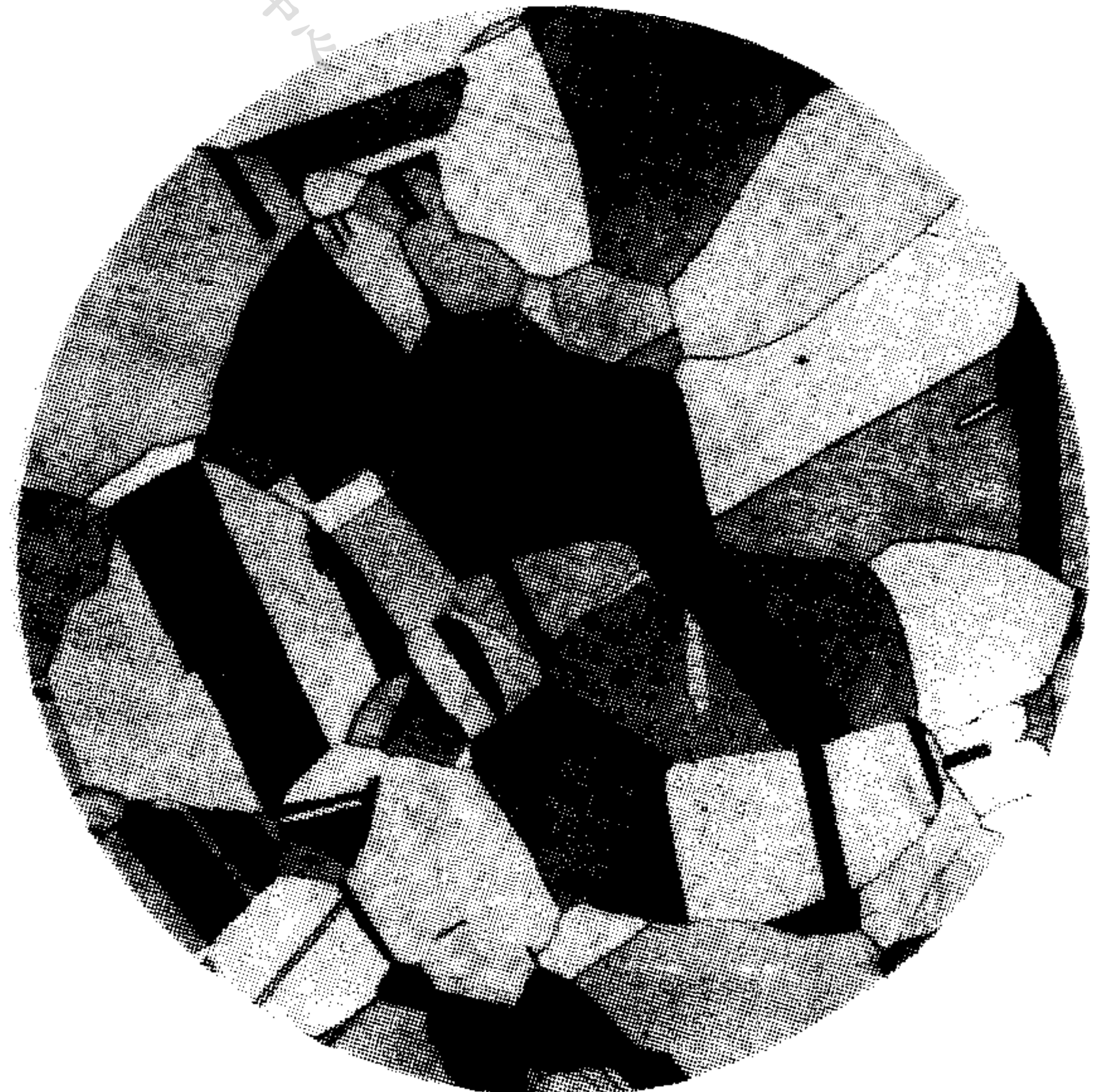
晶粒平均直径 0.180 mm
(75×0.250 mm)



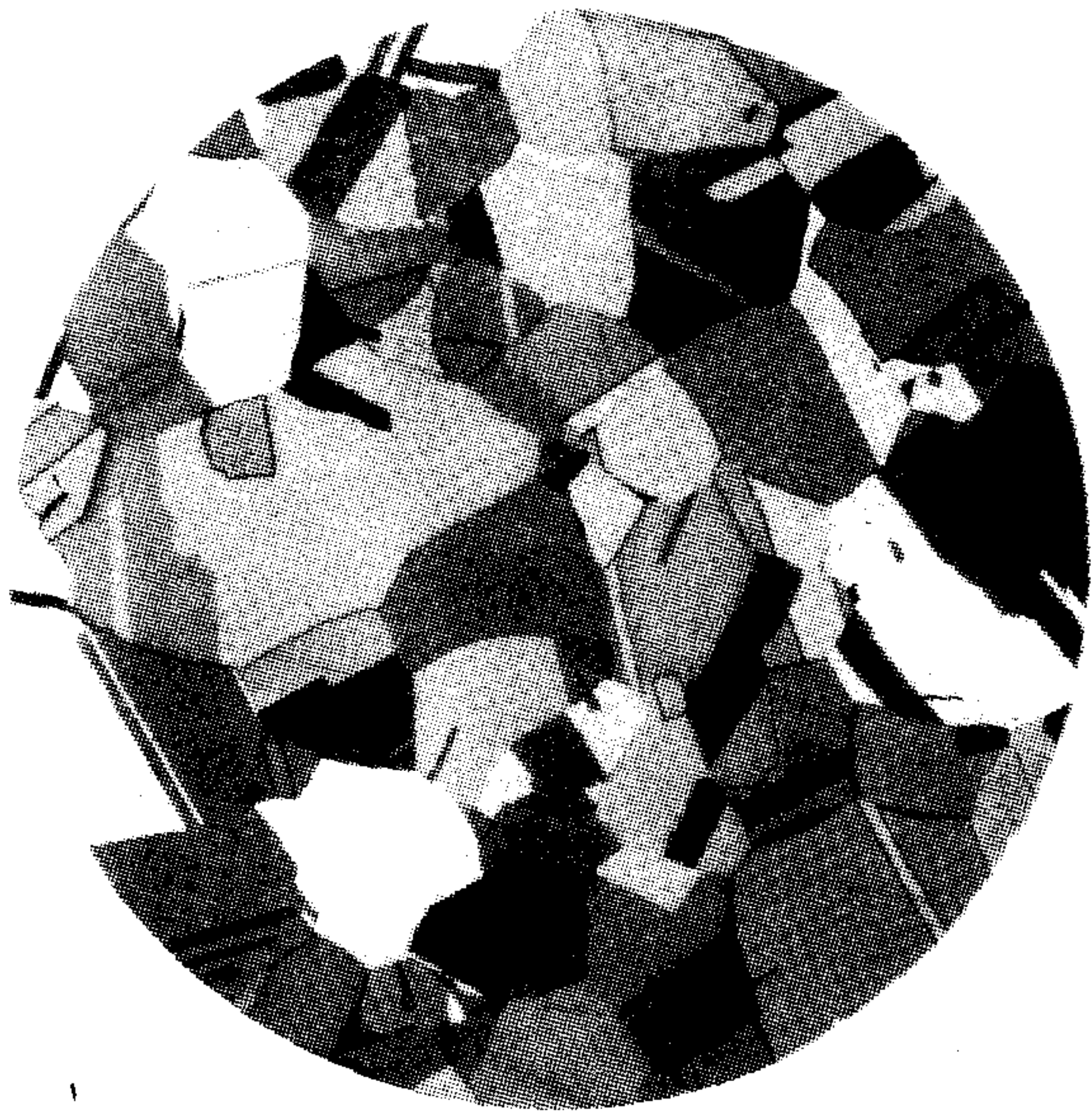
晶粒平均直径 0.150 mm
(75×0.200 mm)



晶粒平均直径 0.130 mm
(75×0.180 mm)



晶粒平均直径 0.110 mm
(75×0.150 mm)



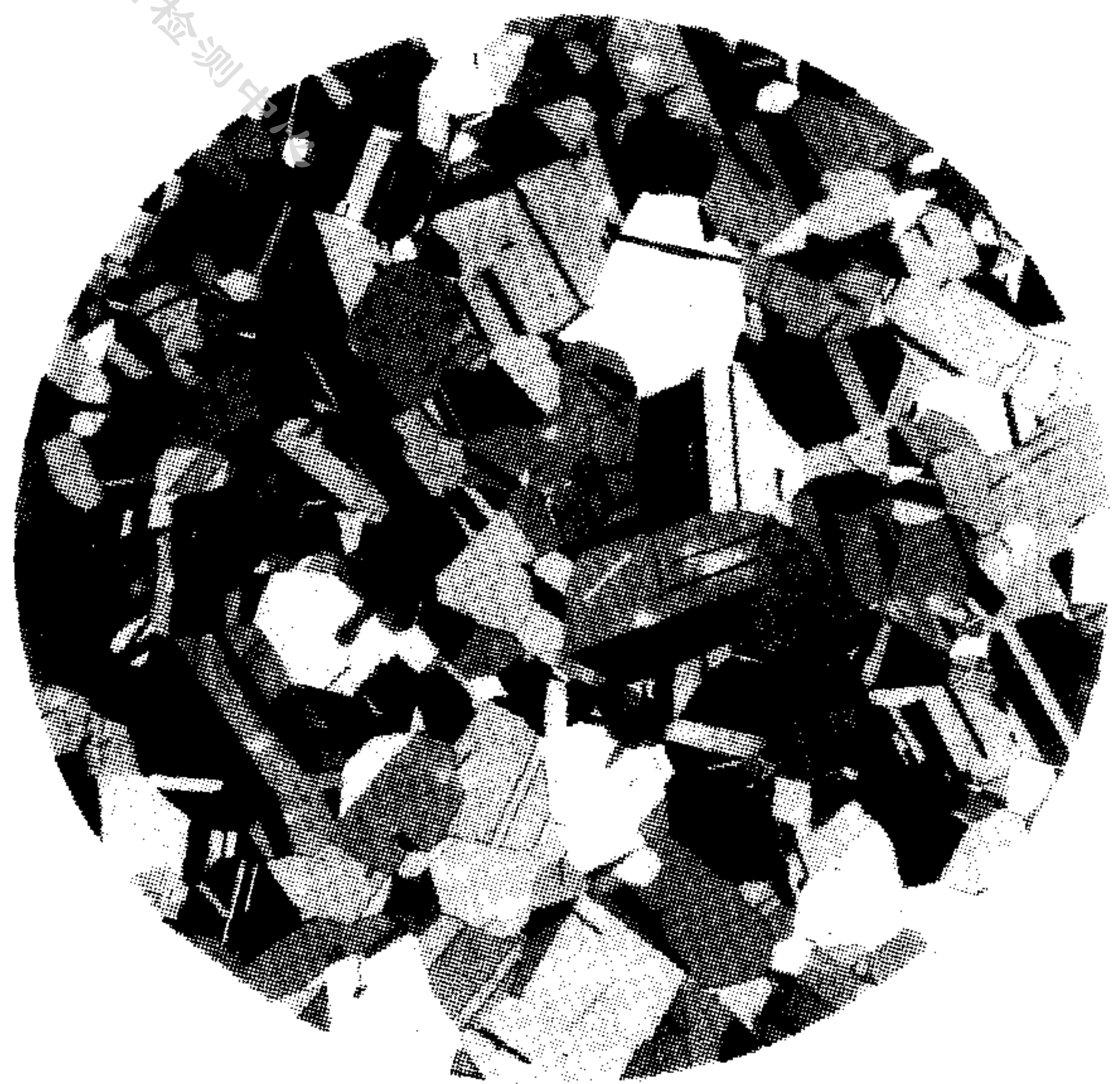
晶粒平均直径 0.090 mm
(75×0.120 mm)



晶粒平均直径 0.075 mm
(75×0.100 mm)



晶粒平均直径 0.065 mm
(75×0.085 mm)



晶粒平均直径 0.055 mm
(75×0.075 mm)



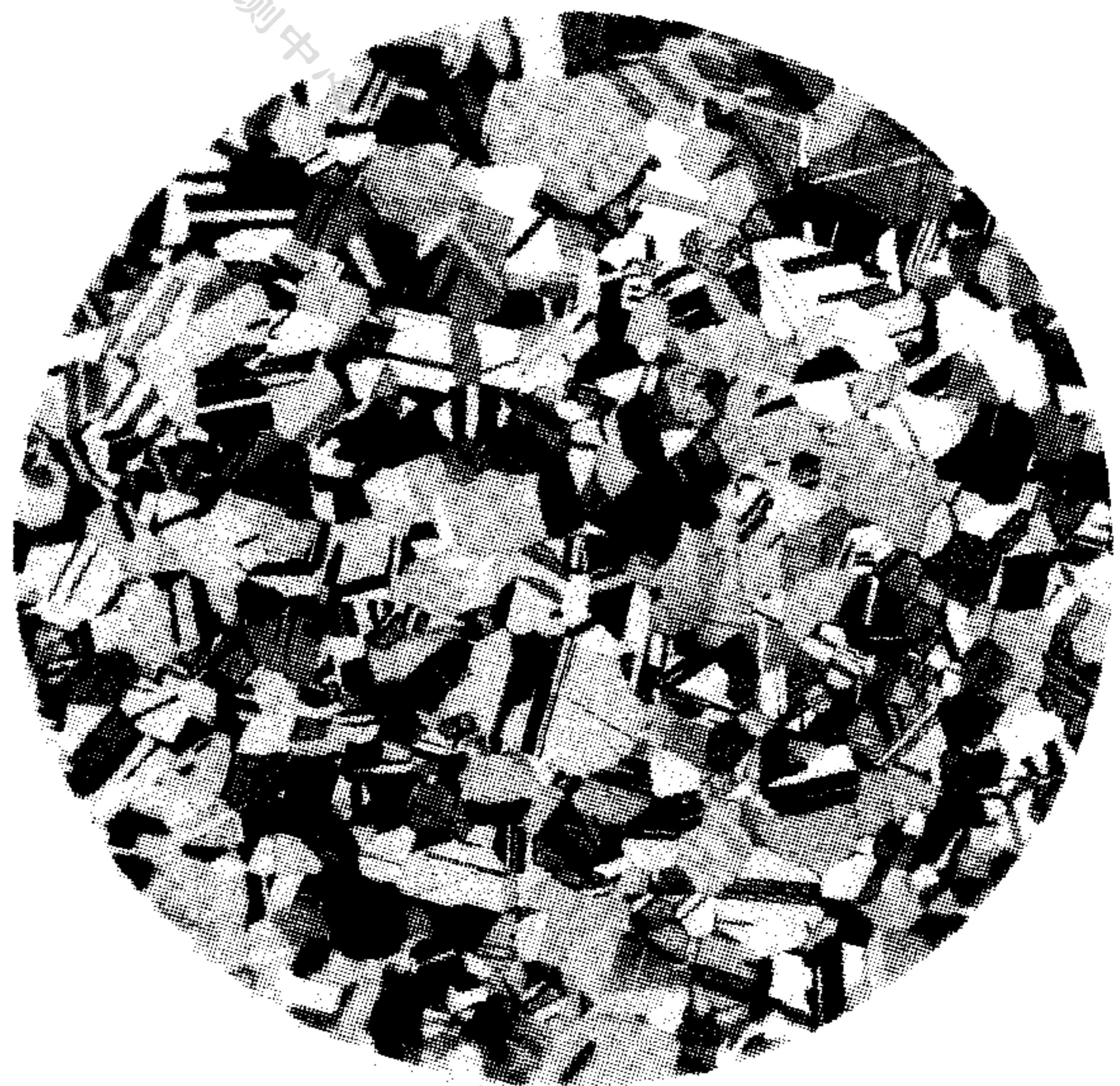
晶粒平均直径 0.050 mm
(75×0.070 mm)



晶粒平均直径 0.045 mm
(75×0.060 mm)



晶粒平均直径 0.040 mm
(75×0.050 mm)

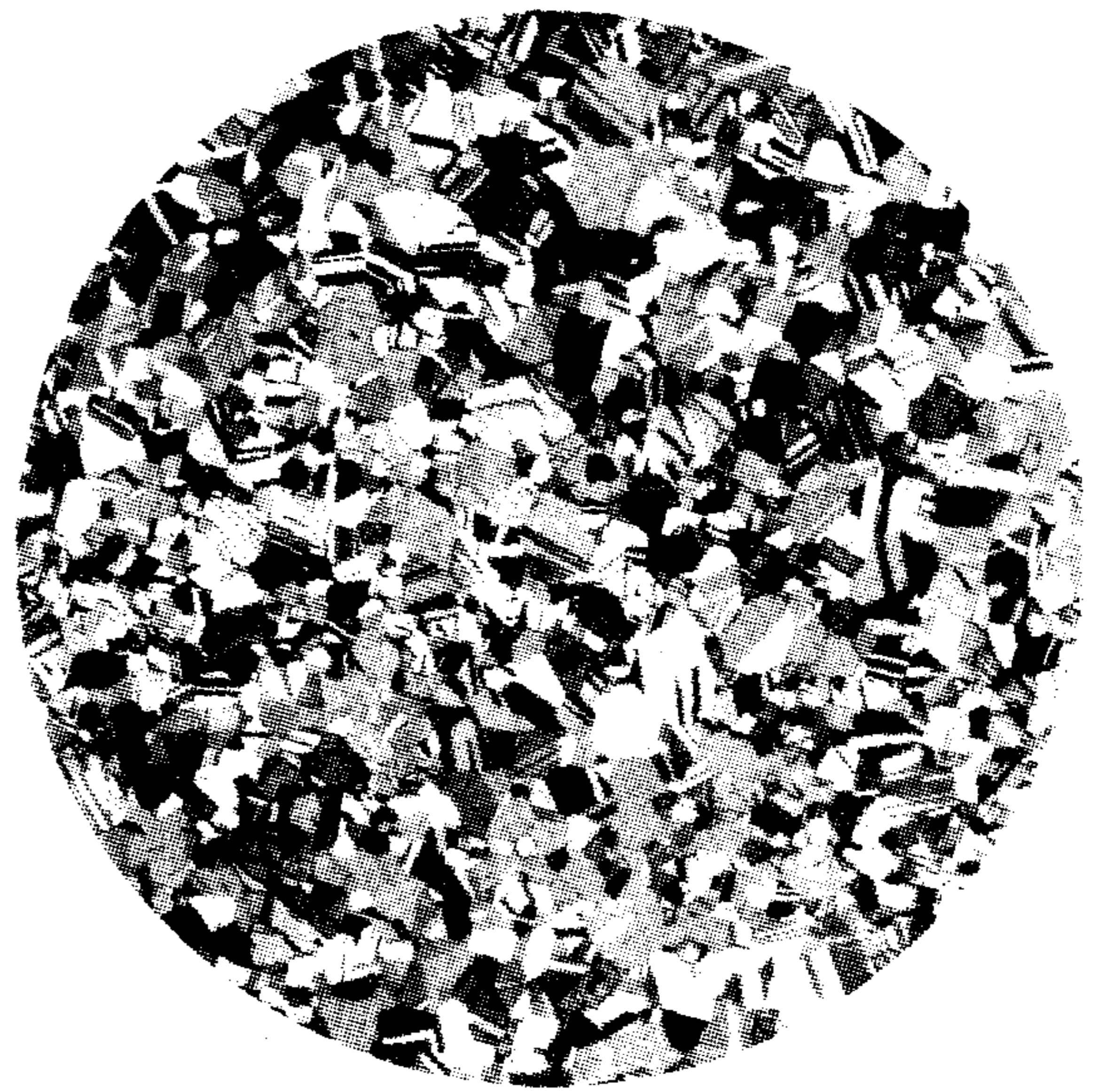


晶粒平均直径 0.035 mm
(75×0.045 mm)

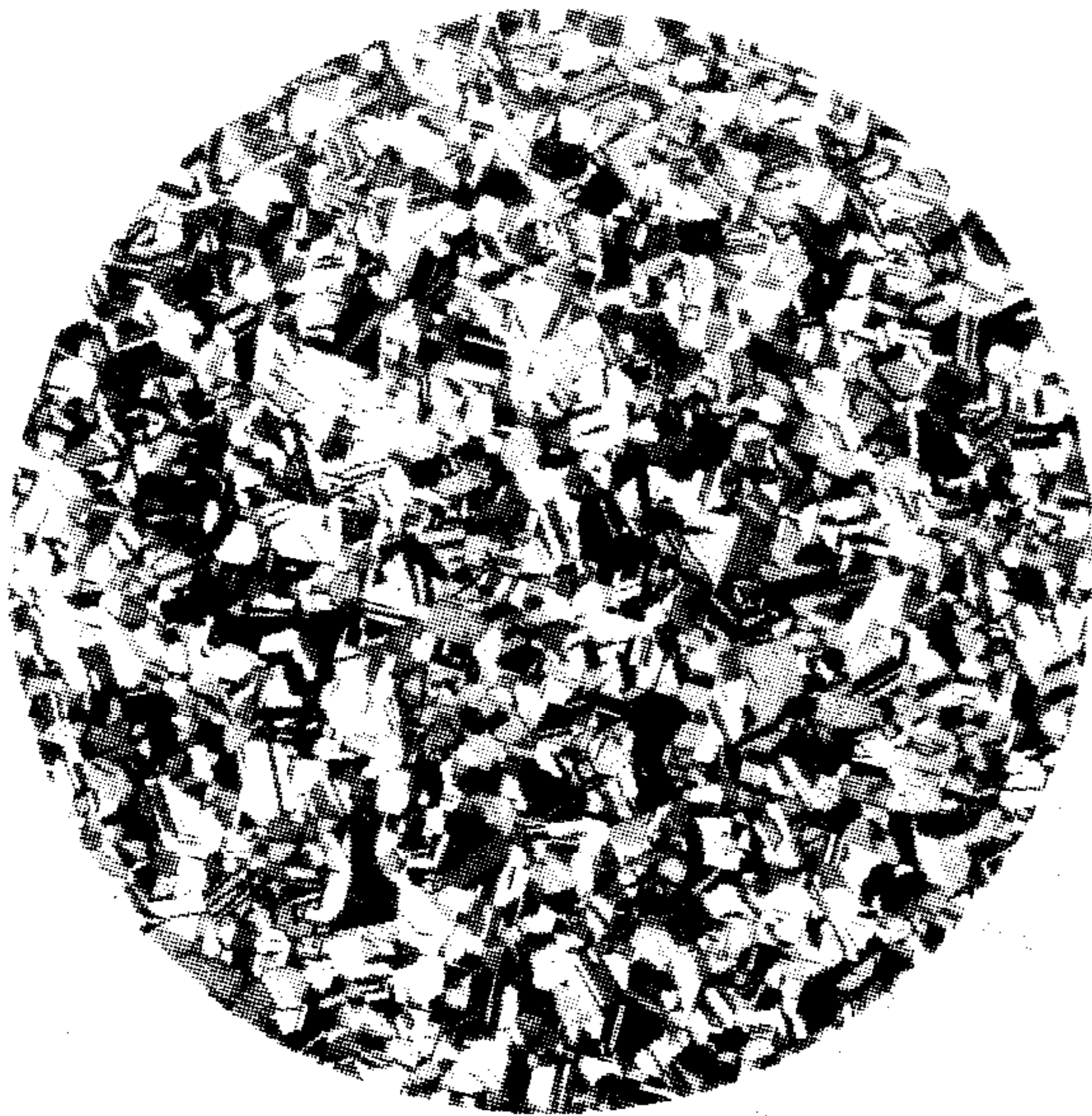
宁波市镇海区质量技术监督检测中心



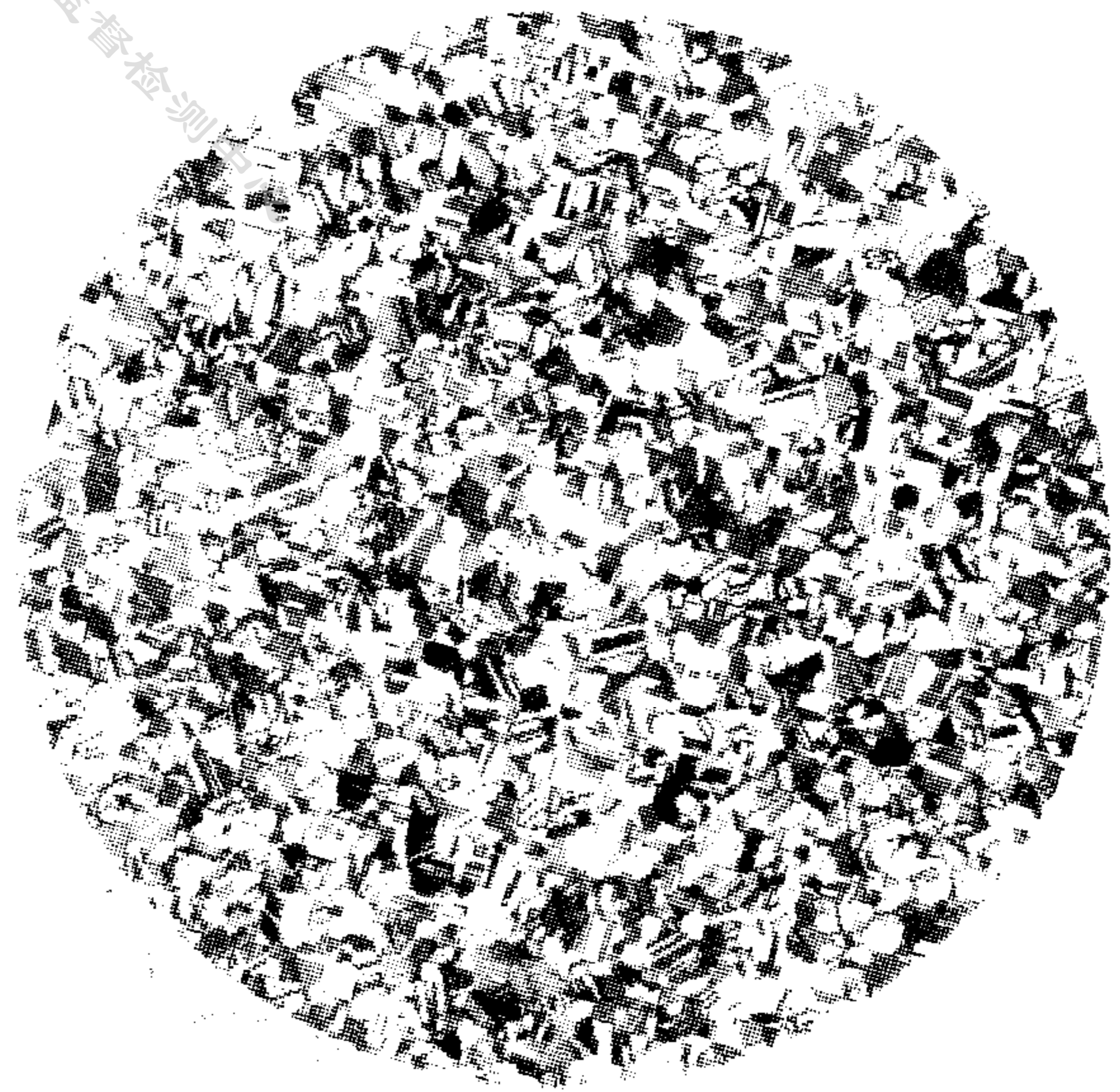
晶粒平均直径 0.030 mm
(75×0.035 mm)



晶粒平均直径 0.025 mm
(75×0.030 mm)

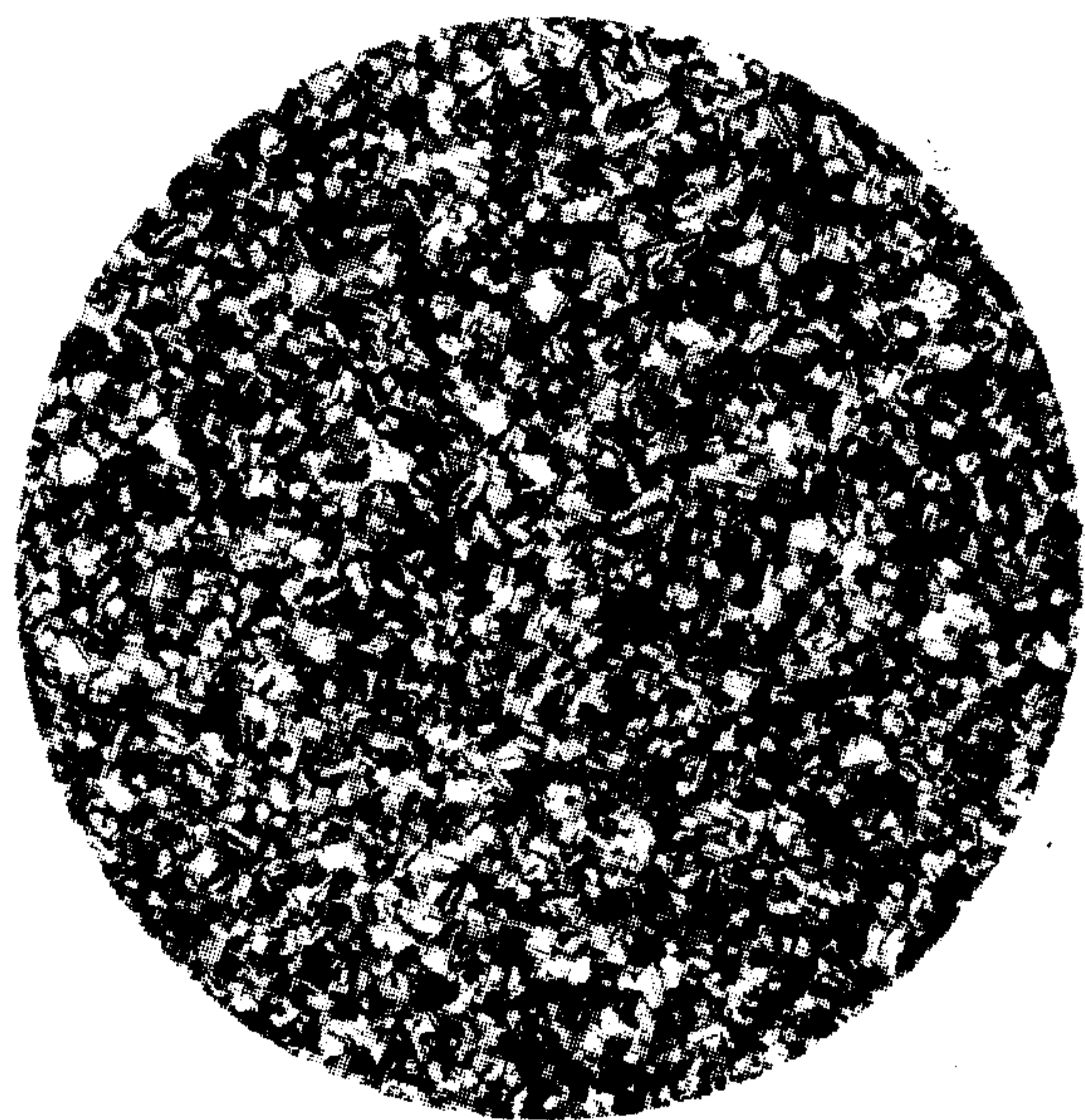


晶粒平均直径 0.020 mm
(75×0.025 mm)

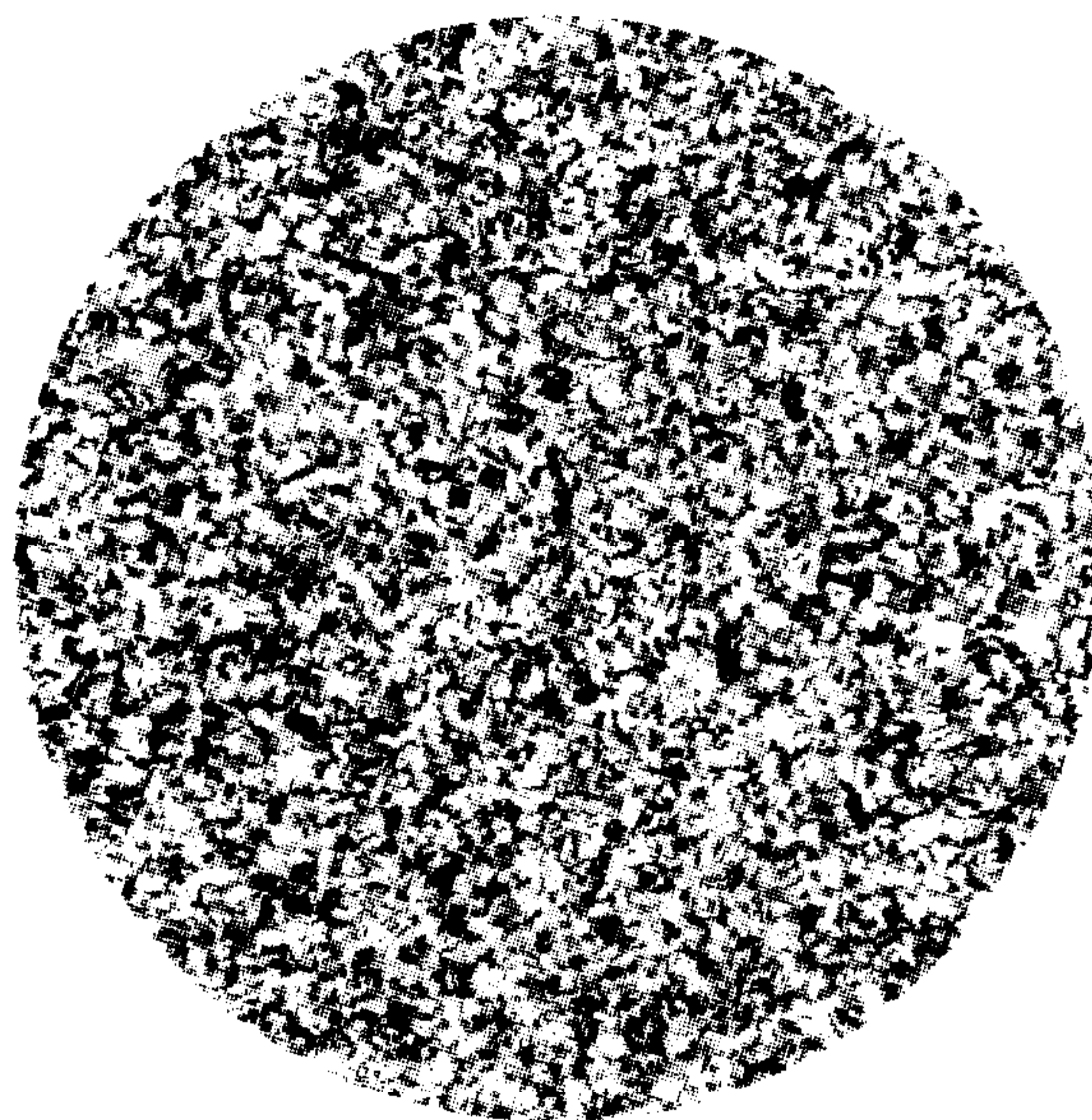


晶粒平均直径 0.015 mm
(75×0.020 mm)

宁波市镇海区质量技术监督局



晶粒平均直径 0.010 mm
(75×0.015 mm)



晶粒平均直径 0.008 mm
(75×0.010 mm)

宁波市镇海区质量技术监督检测中心