

高液压密封裝置的 新 結 構

米海耶夫 著



机械工业出版社

出版者的話

本書研究了压盖和密封填料的用途及其技术要求，指出目前使用的密封填料的缺点，并叙述用多氯乙烯塑料制成的各种尺寸的密封圈的一些新結構。

在本書中提出了对新設計的机器或正在使用的机器所采用新密封填料的基本知識，并叙述了制造密封圈的工艺过程，也闡明了压模的結構和檢查密封圈的基本資料。

本書适用于工程师、技术人員和操作水压設備的技术工人，以及水压机制造和水泵制造業的設計師們。

苏联 В. А. Михеев 著 'Новые конструкции уплотнителей
для высоких гидравлических давлений' (Машгиз 1951 年
第一版)

著者：米海耶夫 譯者：高福洪、楊貴忠

NO. 1749

1958 年 2 月第一版 1958 年 2 月第一版第一次印刷
787×1092 $\frac{1}{32}$ 字数 39 千字 印張 1 $\frac{3}{4}$ 0,001—1,700 册
机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版
机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業
許可証出字第 008 号

統一書号 15033·853
定 价 (10) 0.30 元



林香

贈書 289

目次

原序	2
緒論	3
密封体和压盖的用途及其主要缺点	3
第一章 密封装置的新結構	10
1 密封圈的截面及其尺寸	10
2 摩擦力的計算	11
3 新密封圈的耐热性及其机械性能	13
4 密封圈支承器、密封圈的裝配	14
5 用新密封圈密封管試驗头	22
6 活塞的密封	24
7 上、下和水平液压缸的密封	28
8 泵閥箱和分配器閥的密封	33
9 泵柱塞和节流閥的密封	35
10 空气操縱的分配器閥的密封	38
第二章 密封圈的制造	41
1 混合粉料的准备	41
2 对压模的要求	43
3 密封圈的压挤	48
第三章 技术檢查和設備計算	52
1 密封圈的檢查和廢密封圈的特征	52
2 对压床的要求	54
3 压挤密封圈时压床生产率的計算	54
附录	56

TB 42/11



0655595

02
H

原 序

結構水壓設備及其分配器、水泵蓄水器組以及配水器的各種輔助機構，要保證它們能在高液壓達500公斤/公分²下正常工作，最重要的條件，是它們所使用的密封裝置結構要好。

從工業中過去和現在所採用的密封裝置和壓蓋的各種多樣結構中，讓操作高水壓設備的生產人員有可能根據密封物優缺點的評價，來選擇更適合具體生產條件的密封填料。

毫無疑問，採用更完善的壓蓋和密封裝置的結構；過渡到利用最有價值的代用品；為水壓設備的工作創造最合理的條件是目前亟待解決的問題。

目前，在這方面的要求，實際運用優質的代用品來代替像鉻鞣革、特种皮革、錫青銅等稀少材料，這一問題成了研究人員和生產人員注意的中心。

新密封物代用品的利用，不能認為像改換機械那樣簡單，所以書中敘述的材料是幫助避免在使用密封物時出現一些已被研究工作和實驗所証實的錯誤和不正常現象。

在水壓設備上使用新密封物時，可能碰到一些本書中未詳盡說明或根本沒涉及到的問題，這大概是每做一件新事情時所必然有的。

如果對這問題關心的讀者，在採用新密封物方面獲得了優良成果外，還能對所敘述的資料給與一些有益於今後改進新密封物的實際補充的話，那麼作者認為自己的目的達到了。

作者對尤·姆·米列爾同志，在試驗中所給與的巨大幫助表示感謝，同時，對實際參加新密封物試驗的維·格·柯列尼克夫同志也表示謝意。

緒 論

密封体和压蓋的用途及其主要缺点

在达500公斤/公分²高水压下工作的机器上所用的密封裝置，其用途是保証密閉容器內（液压缸、压力室）的受压液体，不会从运动的工作機構如柱塞、活塞杆等处泄漏；此外，密封裝置的材料及在其中滑动的零件材料必須是耐磨和具有較長的寿命。

只一般地研討液体的密封，而不考虑其摩擦力的大小是不應該的。虽然可以創造工作液体完全不泄漏的条件，但是这样会急剧减少运动工作機構的有效力量。此种現象可以引起橡皮或多氯乙稀塑料等制成的矩形截面的密封圈在压蓋中压得太紧。

由于設計师和研究人員們渴求創造一种滿足上述基本要求的密封体，因而出現了各种各样的密封裝置結構和密封材料。

最广泛采用的密封裝置有下面三类：

- 1) 帶密封圈的密封裝置；
- 2) 帶密封圈型特殊填料的压蓋密封；
- 3) 帶軟質填料的压蓋密封。

所采用的皮碗密封裝置的缺点如下：

1. 皮革在矿物油中的抵抗性弱；
2. 在制造直径为 200 公厘或更大的皮碗时，皮革的消耗量很大，特别是大直径的皮碗如 500 公厘，这时，一个皮碗就

需要一張牛皮做坯料；

3. 在低压 ($20 \sim 30$ 公斤/公分² 以下) 时, 皮碗的斜翼未能被液体的压力压紧在柱塞的滑动表面上, 工作液的泄漏就会增大;

4. 放在活塞槽中的密封皮碗沒有延伸的可能性;

5. 皮碗不适用于高水压, 因工業皮革的抗張强度較低, 按 ГОСТ 1898-48 平均值为 2.5 公斤/公厘²。

液体的許用压力不大, 实际上不超过 500 公斤/公分²。

虽然皮碗有某些良好的性能, 可是却要用上等而相当稀缺的皮革制造。

所以, 在战时的后几年中, 特别是在战后时期, 在工業中开始使用由皮革的代用品——特种橡胶 (севанита)、合成橡胶 (совпрена)、橡皮、多氟乙烯塑料等制成的密封圈。

在圖 1 和圖 2 中示出了这种密封圈的截面, 圖 3 左边示出了用特种橡胶制做的密封圈截面。

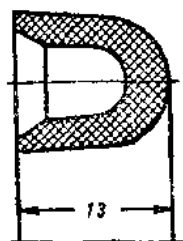


圖 1 皮革代用品密封圈的結構。

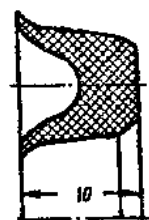


圖 2 代用品密封圈 (德國式結構)。

圖 1 那样的密封圈結構型式, 因下列原因而不被采用:

- 1) 密封圈的底部做成半圓形, 恰似皮碗的底部;
- 2) 密封圈的斜翼是从接触点起至底部的半徑止;

3) 密封圈斜翼的頂部有小平面。

我們接着上述意見的程序來研討密封圈的截面。

如果制造工艺过程已証实皮碗的半圓形底部是正确的，則对于代用品的密封圈，仿效这样的形狀就不对了。

使用經驗証明：皮碗經常損坏的部位就是底部，如圖3 左边 I—I 截面所示，这是因压环形狀的制作質量低劣而产生，

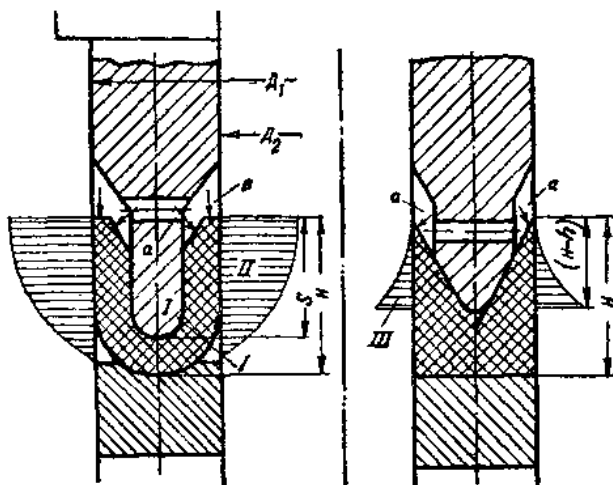


圖3 密封圈上的摩擦力分布情况。

也就是密封圈与压环的半徑沒保持相等，在这种情况下，密封圈的材料受破断力作用，其实，在任何条件下密封圈都不应遭受这样的变形。

显而易见：在任何情况下都不适合仿照皮碗的半圓形截面，制造由皮革代用材料制成的密封圈。

所以，用優質代用品制成的并有半圓形底部的密封圈經常过早地損坏，因而引起使用人員給代用材料以不应有的不好

评价。

把保证“自封”的密封圈斜翼高度做成像圖 1 所示的那种結構型式，会造成附加摩擦力，而高于最小必需阻力。

实验数据证明：密封圈斜翼的高度如果等于 $0.5H$ (H 为密封圈高度) 就够了，在该情况下，密封圈的摩擦力会减少一半，这在机器长期运转时，有着相当大的经济意义。

密封圈斜翼的顶部有小平面，会造成不良的后果，譬如，优质代用品密封圈，由于过大的摩擦和活塞的“楔塞”而报废在实际中是常见的。

这种现象的真实原因是很明显的，如果能注意一下圖 3 左边，我们就会看到斜翼顶部的小平面。由于小平面的存在，摩擦力 (圖 3, II 区) 会急骤地增长，因为除了使斜翼压紧在柱塞上的分力 a 外，还产生一个与柱塞轴向成平行的压缩斜翼顶部的力 σ 。

此二力的同时作用，构成了以某种角度沿着整个圆周压缩密封圈斜翼的合力。

在一定的合力下，密封圈的摩擦力会增长到使柱塞停止运动的程度。这种现象在实际中叫做“楔塞”，液体压力愈高，楔塞也愈严重。

据根上述，可做出重要的实际结论：在任何情况下，都必须把密封圈的斜翼顶部做成 $40^\circ \sim 45^\circ$ 的三角形锐角形状。

圖 3 右边所示的是这种截面密封圈内的摩擦力分布 (圖 3, III)。从圖中可看出，如垂直分力等于零，就不存在引起密封圈“楔塞”的合力。

补充上面谈过的：必须指出，密封圈斜翼上的小平面，尽管宽度很小，那怕是 0.5 公厘，也会造成密封圈不能进行自封

和出現泄漏的情況。

对新式密封圈的長期研究和試驗証實：凡有这样缺陷的密封圈是不适用的，在技术檢查时应視為廢品。

以低压（例如20公斤/公分²以下）的液体供給机器时，出現液体經密封填料泄漏的原因之一，就是密封圈斜翼的形狀不正确。

有时，机械師們知道这种情况，但并不注意这种泄漏，而力求尽快地提高液体压力和增大液体供給量，这时，确实停止了泄漏。

一般的皮碗，在其斜翼（按整个圓周）和柱塞表面之間有間隙。在低压时，間隙愈大，液体流入間隙也愈多。皮革在水中的膨脹，減少了这种間隙和在压力提高到某种程度及同时增加供給量时，密封圈的斜翼会貼压在柱塞的表面上。为了补偿初期的泄漏，經常安放数个皮碗，但是在皮碗膨脹之前，上述間隙的存在还常常引起液体的泄漏。皮碗在矿物油中工作时不产生膨脹，这时泄漏將會加剧。此外，皮革在矿物油的化学作用下会生成裂紋，而造成密封圈过早地磨损。

为了消除間隙，有时把皮碗直径做得比柱塞直径小1~2公厘。但是，由于皮革的彈性不强，这种方法会引起相当大的，固定不变的附加摩擦力。

环型的特殊填料，在安装在填料函內时，具有間隙，为了消除难以避免的泄漏，事先將填料压低3~4公厘，而使填料环的內徑减小，因此，填料更加紧紧地貼压在柱塞上。

用硫化棉織品制成的填料所受的强制压力，引起了过度的摩擦力。

填料不仅以斜翼的高度，而且以本身的整个高度貼压在柱

塞上，这种貼压力，在柱塞空行程和工作行程时固定不变和始終存在。同时，在后一种情况下，由于液体工作压力对斜翼的附加压力，而使貼压力增大。

由于機構使用这种密封填料工作，出現了柱塞和活塞杆等的摩擦表面的严重磨損，而成了經常更換这些零件的原因。

上面所說的完全与軟質填料有关，其中唯一不同处是：在这种填料內缺少“自封”的斜翼，如不經常擰紧压盖，在高压（达400公斤/公分²）下，就不可能長期地操作机器。所以，这样的填料，实际上在200~300公斤/公分²的液压下，才能很順利地工作。但水压設備的运轉，却常常不得不在工作液溫度达60°C，压力达500公斤/公分²的情况下进行。

在这种情况下，上面所研討的密封材料中的任何一种都不能符合生产要求。工作液溫度的升高会引起激烈的泄漏，同时还会損坏密封填料的强度。为了消除存在于被采用的密封填料中的这些不正常現象，只能采取在分配系統中增設專門冷却器的办法。

如果詳細地分析上述对皮碗和密封填料的評語，就不难察觉：在所介紹过的各种密封物中，沒有一种能充分符合密封裝置所提出的最新技术經濟要求，这些要求可归納下面几种基本形式。

密封裝置应为：

1) 当液体压力由零开始，升高不很大时，保証“自封”，而不形成附加摩擦力；

2) 具有比皮革更高的抗張性和耐磨性；

3) 具有比皮碗和填料更好的严密性；

4) 有較小的摩擦系数，不超过0.06~0.08；

5) 用便宜而不缺少的材料制做;

6) 在规定的压力下(工作行程), 保持固定的摩擦力, 而在液压降低时(空行程), 摩擦力减小到最小值;

7) 允许在各种液体中(水、矿物油、植物油、石油等)内工作;

8) 不使柱塞、活塞杆的滑动表面产生过度的磨损;

9) 当工作液体温度由 $0\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时保证密封;

10) 在磨损时易更换;

11) 制出一种使密封材料仅遭受压缩变形的结构。

最新密封圈结构和新的密封装置的材料, 在很大程度上接近于满足上述的密封装置要求。

第一章 密封裝置的新結構

1. 密封圈的截面及其尺寸

“重型机床水压机厂”在創造，用多氯乙烯塑料制成新結構的密封圈方面，进行了很多試驗和試制，由于三年研究的結果，制出了一些新型的密封圈，用于各种尺寸柱塞的密封圈截面如圖 4 所示。



圖 4 密封圈截面。

試驗的結果表明：制造用于直徑为 12~980 公厘柱塞的各种合理形狀的密封圈是可能的。

新密封圈同过去被广泛采用的密封裝置（其中包括特殊和軟質填料、皮碗、以及用皮革的代用品——橡皮、特种橡膠和其他結構的密封物）的區別，在于它有較好的技术經濟指标。

新結構的密封圈底部作成矩形，这就能消除在半圓形底部密封圈内易發生的下部断裂。截面具有这种形狀时，密封圈的材在液压作用下，只受压缩变形，这也正是所要求的。密封圈的兩斜翼約由密封圈半高处开始，其內斜翼是用于預先密封运动的拉杆，外斜翼密封液压缸的凹槽表面。

这种密封圈，在液压缸內充滿無压液体时，仍能充分保証密封，这是皮碗所达不到的；正像上面所指出的：液 压愈高，皮碗的溢漏愈小，相反，液 压愈低，則溢漏愈大。經驗 証实：斜翼应采用这样的高度，能完全保証良好的密封，同时显著地减少了摩擦力，因为摩擦力的增長与密封圈进行自封的斜翼高度的增加成正比。

2 摩擦力的計算

新型的密封圈可不用特殊的和軟質的填料，还可不用几个皮碗。試驗表明：在工作柱塞的运动速度为 10 公分/秒 以下时，安裝一个密封圈足够造成 1000 公斤/公分² 压力以下的液体（水）的良好密封。

在这种情况下，按下式計算柱塞摩擦力（密封圈斜翼上的預压力很小，未考虑）：

$$R = \pi \cdot d \cdot (H - h) \cdot \mu \cdot P,$$

式中 R —— 摩擦力（公斤）；

d —— 活塞杆直径（公分）；

$(H - h)$ —— 密封圈斜翼高度（公分）〔 $(H - h)$ 的尺寸見圖 4 和表 1〕；

μ —— 多氯乙炔塑料与鋼的摩擦系数，
等于 0.06~0.08；

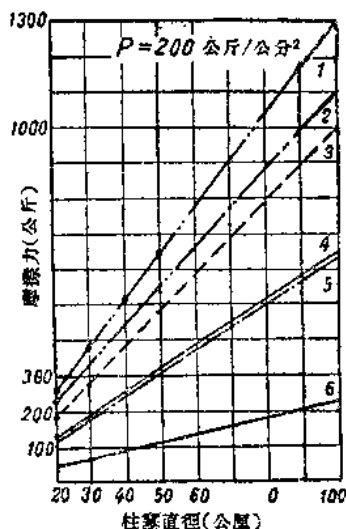


圖 5 各种密封的摩擦力变化圖：
1—乃隆（Лайон）型；2—橡皮；3—軟質填料；4—特殊填料；5—皮革；6—多氯乙炔塑料。

表 1 密封圈尺寸 (圖 4)

d	D	d_1	D_1	H	h_1	h	R	每个重量 (公斤)
12	32	9	35	10	4	3	1.65	0.0058
16	40	12	44	10	4	3	1.65	0.0075
(18)	32	14	36	10	4	3	1.65	0.0042
20	40	16	44	10	4	3	1.65	0.0075
(24)	40	20	44	10	4	3	1.65	0.0073
25	45	21	49	10	4	3	1.65	0.0088
32	52	28	56	14	6	5	1.65	0.015
35	55	31	59	14	6	5	1.65	0.015
40	60	36	64	14	6	5	1.65	0.018
45	65	41	69	14	6	5	1.65	0.020
50	70	46	74	14	6	5	1.65	0.022
60	80	56	84	14	6	5	1.65	0.025
70	90	66	94	14	6	5	1.65	0.029
75	95	71	99	14	6	5	1.65	0.031
80	100	76	104	14	6	5	1.65	0.032
85	105	81	109	14	6	5	1.65	0.034
90	110	85	114	14	6	5	1.65	0.036
100	120	96	124	14	6	5	1.65	0.040
110	130	105	135	14	6	5	1.65	0.044
120	140	115	145	14	6	5	1.65	0.047
130	150	125	155	14	6	5	1.65	0.051
140	160	135	165	14	6	5	1.65	0.055
150	170	145	175	14	6	5	1.65	0.059
160	180	154	186	18	9	8	2.5	0.086
170	200	164	206	18	9	8	2.5	0.145
200	230	194	236	18	9	8	2.5	0.168
220	250	214	256	18	9	8	2.5	0.184
250	280	244	286	18	9	8	2.5	0.207
280	310	272	318	25	11	10	2.5	0.296
320	350	312	358	25	11	10	2.5	0.336
360	400	350	410	25	11	10	2.5	0.544
400	440	390	450	25	11	10	2.5	0.600
440	480	428	492	30	14	13	3.3	0.810
520	560	508	572	30	14	13	3.3	0.915
540	580	528	592	30	14	13	3.3	0.985
580	620	568	632	30	14	13	3.3	1.06
620	660	608	672	30	14	13	3.3	1.13
700	740	685	755	40	21	20	3.3	1.77
800	840	785	855	40	21	20	3.3	2.02
900	940	885	955	40	21	20	3.3	2.27
980	1020	965	1035	40	21	20	3.3	2.46

P ——單位液壓 (公斤/公分²)。

當液壓 (水) 為 200 公斤/公分²，并用橡皮、皮革、以及軟質和特殊填料和多氯乙炔塑料制成的密封圈做密封物時，摩擦力的變化與柱塞直徑的關係如圖 5 所示。

從圖表中可看出使用多氯乙炔塑料密封圈的優越性，保證了最小的摩擦力。

此外，當密封圈斜翼預空的公盈不大時，靠着多氯乙炔塑料密封圈的彈性和較小的摩擦力，就顯著地減少了柱塞或者活塞杆摩擦表面的磨損。

這種密封圈還有一個很重要的優點——在水、礦物油、植物油、汽油、煤油、弱酸、弱鹼，甚至弱醚中不受侵蝕。

3 新密封圈的耐熱性及其機械性能

密封圈在正常使用中許用溫度為 0 ~ 60°C。

當需要較耐熱的密封圈時，如在達 90°C 的溫度時，可添加 10 ~ 15% 碳酸鉛鹵式鹽使多氯乙炔塑料成份改變。所獲得的這種密封圈更加堅硬，在液體溫度和壓力提高時，其耐磨性則升高。

多氯乙炔塑料，在 200 公斤/公分² 的壓力下，間隙超過 0.15 公厘時，會有流進間隙內的性質，應算做新密封圈的獨特缺點。根據化學研究資料，多氯乙炔塑料約經二年才失掉彈性和強度，這完全能滿足機器的使用要求。

在生產條件下試驗新密封圈的良好結果，可以擬制各種用途的密封圈的尺寸，如在設計新機器時，和在使用中的設備上，經常遇見各種直徑的水壓機柱塞、泵杆、分配器閥和活塞等 (圖 4，表 1)。用多氯乙炔塑料製造密封圈的工藝過程十分簡

單，能够容易获得各种大小不同直径的密封圈。

如上所述：如果柱塞的滑动速度不超过10公分/秒时，才可安装一个密封圈。当速度大时，必须安装二个密封圈：靠近高压液体的第一个密封圈是起主要密封作用的，第二个密封圈是做清理的——就是收集，因速度过高而残留在柱塞和活塞滑动表面上的液体层。

这种密封圈，多半用来密封高压快速水泵柱塞和快速水压机。

根据对上述密封物的观察，肯定了它们在水泵柱塞上时，完全消除了泄漏现象，连稍微渗漏都不允许。

4 密封圈支承器、密封圈的装配

过去，皮碗用的支承器结构不适用于新密封圈。支承器的新结构应能使密封圈的斜翼或斜面被支承器的锥形部分稍微压住。圖6中所示的支承器结构适用于圖4中所示的密封圈，其相应的尺寸见表2。尺寸 H （圖6）可按结构情况采用。

密封圈支承器用無錫青銅制作。

在填料函内安装密封圈时，在填料函内，要做出倒角，以便密封圈的斜翼顺利地装入孔内。对于直径达50公厘的柱塞，这种倒角建议做成 30° 角，高为10公厘，如对于直径为300~980公厘的柱塞，则其高度应为15~30公厘。

一个或两个密封圈的安装应这样进行：使密封圈的轴向移动不大于1公厘。

不得将密封圈压得过紧。因在这种情况下，会减小密封圈截面圆柱形部分（由斜翼始点至底部）的内径，由于产生激烈的摩擦，从而引起滑动柱塞的过热。



0655595

15

表 2 密封圈支承器的尺寸 (圖 6)

密封圈	$\frac{D_2}{D_1}$	$\frac{D_3}{D_1}$	d	h	h_1	h_2	R	α	密封圈	$\frac{D_2}{D_1}$	$\frac{D_3}{D_1}$	d	h	h_1	h_2	R	α
12×32	12	32	29	11	9	4.5	1.65	58°	150×170	150	170	154	166	11	13	1.65	44°
16×40	16	40	35	11	9	5	1.65	68°	160×180	160	180	164	176	13	16	2.5	33°
20×40	20	40	37	11	9	4.5	1.65	58°	170×200	170	200	174	196	13	16	2.5	33°
25×45	25	45	42	11	9	4.5	1.65	58°	200×230	200	230	204	226	13	16	2.5	60°
32×52	32	52	48	13	11	5	1.65	44°	220×250	220	250	224	246	13	16	2.5	60°
35×55	35	55	51	13	11	5	1.65	44°	250×280	250	280	254	276	13	16	2.5	60°
40×60	40	60	56	13	11	5	1.65	44°	280×310	280	310	285	305	19	23	2.5	40°
45×65	45	65	61	13	11	5	1.65	44°	320×350	320	350	325	345	19	23	2.5	40°
50×70	50	70	66	13	11	5	1.65	44°	360×400	360	400	365	395	19	23	2.5	55°
60×80	60	80	74	13	11	5	1.65	44°	400×440	400	440	405	435	19	23	2.5	55°
70×90	70	90	86	13	11	5	1.65	44°	440×480	440	480	445	475	21	25	3.3	47°
75×95	75	95	91	13	11	5	1.65	44°	520×560	520	560	525	555	21	25	3.3	47°
80×100	80	100	96	13	11	5	1.65	44°	540×580	540	580	545	575	21	25	3.3	47°
85×105	85	105	101	13	11	5	1.65	44°	580×620	580	620	585	615	21	25	3.3	47°
90×110	90	110	106	13	11	5	1.65	44°	620×660	620	660	625	655	21	25	3.3	47°
100×120	100	120	116	13	11	5	1.65	44°	700×740	700	740	705	735	24	28	3.3	40°
110×130	110	130	126	13	11	5	1.65	44°	800×840	800	840	805	835	24	28	3.3	40°
120×140	120	140	136	13	11	5	1.65	44°	900×940	900	940	905	935	24	28	3.3	40°
130×150	130	150	146	13	11	5	1.65	44°	980×1020	980	1020	985	1015	24	28	3.3	40°
140×160	140	160	156	13	11	5	1.65	44°						24	28	3.3	40°