

И. Е. 阿列克赛德洛夫 著

玻璃样板制造

机械工业出版社



玻璃样板制造

И. Б. 阿列古舍维奇 工程师著

C. 福列尔 译
张 亚 曹 振 译

江苏工业学院图书馆

藏书章

机械工业出版社

出版者的話

本書詳細地敘述了檢驗平面和球面用之玻璃样板的製造和檢驗的全部工藝過程，並介紹了所用的儀器。

本書可作為光學工廠的样板製造工人及工藝員的參考資料，亦可作為精密機械和光學綜合學校及有關此類專業學校學生的參考書。

И. Е. Александров Под Редакц. С. И. Фрейберга Изготовление Пробных Стекол Редакционно-издательский Отдел вооми - Ленинград 1932 本書系根據全蘇光學機械工業聯合會編輯出版室一九三二年俄文版譯出

*

*

*

NO. 2066

1957年10月第一版 1959年10月第一版第三次印刷

787×1092 $1/32$ 字數44千字 印張2 $1/16$ 2,691—3,770冊

機械工業出版社(北京阜成門外百芳莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業
許可証出字第008號

統一書號 15033·1047

定價 (10) 0.29 元

前 言

苏联光学工业仅在不久以前才成为一门独立的工业，并成为工厂生产的一种形式。因此，有关光学玻璃加工工艺规程的俄文书籍现在几乎还没有，是毫不足为怪的。在沙皇时代出版的书籍只是很肤浅地涉及了玻璃加工的问题，而且所述的概念也不很清晰。即使如此，苏联读者也极难买得到手，因为这些书是现在书籍目录中很罕见的。

另一方面，光学玻璃加工，特别是从前的光学玻璃加工，几乎完全依靠个别工人的技艺。只是近几年来由于有人开始研究光学玻璃加工工艺规程，才使其有了理论的基础。但是，这些对工艺规程的研究还不够深入，还未能根本影响到目前所采用的光学玻璃加工方法（即主要是依靠工人的技艺和经验）的改变。

玻璃样板的制造是光学玻璃制造中非常重要的一项工作，因为玻璃样板是光学工人的一个重要依据。没有它光学工人根本就不能完成任何一项工作。玻璃样板是一种用玻璃制成的形状样板，用以检验被加工之光学零件的表面。现在，人们既能制造检验平面用的玻璃样板，也能制造检验任何一种有规定曲率半径之球面用的玻璃样板，但是，我们还会制造检验其他表面（如圆柱形表面）用的玻璃样板。^①

因为加工表面是用玻璃样板来检验，所以，被加工表面制造的精度，自然主要是与玻璃样板本身制造的精确度有关。玻

① 这类玻璃样板，现在有些已经可以制造了——编者。

玻璃样板制造得越精确，根据它再制出来的表面的精度也就越高。由此可知，玻璃样板在光学零件制造过程中起着何等重要的作用，以及为什么在其制造过程中要求特别高的精确度。

在“玻璃样板制造”一书中，工程师 И. Е. 阿列克赛得洛夫詳細地叙述了檢驗平面和球面用之玻璃样板的制造和檢驗的全部工艺过程，并介紹了所用的仪器。И. Е. 阿列克赛得洛夫所写的正是我們光学工厂采用的工作方法。

本書作者是我們光学玻璃加工方面很好的专家。他亲手編制出他所介紹的生产工序。

此書写得很通俗，所以能为广大讀者所理解。這本書是精密机械和光学綜合学校及类似此专业之学校学生的一本很好的参考書，也是提高我們企业中的技术人員、工程师和工人技术熟練程度的一本很好的参考書。

С. И. 福列依別尔哥

作 者 的 話

俄国的光学生产是非常年輕的，只在1905年才开始出現。那时，在从前的欧布浩夫（Обухов）工厂里附設了一个机械光学室，从此，它才在各项工业部門中占据了自己单独的地位。当时如果說机械生产中产品的质量依靠工人的技术熟練程度就象依靠机床的质量一样，那么，在光学生产中产品质量90%是依靠工人的技术。产生这种现象的原因，是由于大多数工序（其中包括最主要的工序）都只依靠于工人的技巧和在工作中的准确性。玻璃样板制造的全部工序，差不多都是用手工方法进行，所以它就成为光学生产中最困难的工作之一。因此，这种专业干部的培训工作就成为相当困难和艰巨的任务。同时，由于光学工业的飞躍发展，到处都深感熟練的光学工人的不足，也几乎抽不出人来培训干部，因而受过技术教育的光学工人就更为缺少。

作者希望：自己二十年的实践所得出的实际經驗，能帮助青年光学工人很快掌握光学“艺术”（我特別将艺术两字用引号括上，是因为目前光学工人的工作，特别是在脚踏机上进行的这种工作，比手工业更接近于艺术），并以此作为干部培训工作尽一些力。

作 者

目 录

前言	2
作者的話	4
第一章 玻璃样板的一般概念及其使用	1
材料。牛頓光圈。寬度相等之光帶。負誤差“低光 圈”。区域性誤差	
第二章 球徑儀	12
公式求証。三足球徑儀。环式球徑儀。測天文鏡用 环式球徑儀	
第三章 球面玻璃样板的制造	20
玻璃样板的直徑。矢高的計算。玻璃样板的制造。 上胶与粗磨。精磨。檢驗和准备拋光。制造拋光模。 表面的檢驗。拋光。摆动。一般誤差的消除。光圈的 穩定。观察干涉图案的方法。按照形状样板制造 玻璃样板	
第四章 根据千分尺制造玻璃样板	40
此方法的特点。工具。粗磨。精磨。千分尺的區別。 拋光。玻璃工作样板	
第五章 平面玻璃样板的制造	50
玻璃直尺。平面玻璃工作样板的大量制造。平面玻 璃檢驗样板的制造。三元一次方程式方法。平面玻 璃檢驗样板制造的特点。玻璃压板的应用。在机械 加工中平面玻璃样板的应用	

第一章 玻璃样板的

一般概念及其使用

無論在保持所規定的曲率半徑上，以及在球面或平面誤差上，要求精度很高的光学零件表面（平面或球面）的拋光，是光學生產中最重要的工序。

國立光學研究所光學計算室要求光学零件表面曲率半徑的精度能保持到0.1%。若用實綫表示理論上計算出之表面，用



圖 1

虛綫表示允許誤差，用字母 δ 表示制出的表面與所規定表面的誤差值（圖1），則在玻璃零件的直徑約為50公厘時， $\delta = \pm 0.001$ 公厘。大批製造產品時，單個表面之間的差別只允許為0.5公微，製造重要的攝影鏡頭時，只允許為0.25公微。球面或平面的誤差（稱做象散差）只允許為0.05公微。製造稜鏡的平面時，要求的精度還要更高些。

要保證得到這樣的精度，就必須根據一種用玻璃製成的特殊樣板來進行拋光，這種樣板即稱為玻璃樣板。

玻璃樣板就是下述的一種圓玻璃板：此種圓玻璃板的直徑比所製造的透鏡的直徑稍大一些，厚度約為20公厘，其一面是平的，曾在呢絨上拋光過，另一面是帶有規定的曲率半徑的球面，但球面的符號與加工零件表面的符號相反，即檢驗凸透鏡用的

样板球面是凹的，而檢驗凹透鏡用的样板球面是凸的。图 2 所示的，是凸面、凹面和平面的三种玻璃样板

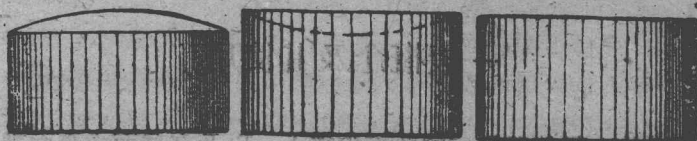


图 2

材 料

制造玻璃样板最合适的材料应是石英，因为石英的硬度很高，膨胀系数也不大。但是，由于石英很少，并且很贵，所以一般多采用毕勒克斯^①玻璃做样板。毕勒克斯玻璃差不多是用純石英砂制成，它比鏡玻璃硬的多，并且和石英一样具有很小的膨胀系数。这一性質对光圈变形有很大的意义。此点以后还要談到。

列宁格勒光学玻璃工厂（Лен30С）生产的毕勒克斯玻璃，每公斤約值 6 个盧布。訂購毕勒克斯玻璃时，应訂成各种适当直径，厚度約为 20~25 公厘的圓平板。

牛 頓 光 圈

以观察牛頓干涉光圈的方法，用玻璃样板檢驗表面。若将某一曲率半徑很大的透鏡 II 放在一块平玻璃板 II（此透鏡和平玻璃板，应預先用沾有变性酒精的軟擦布擦淨，并用毛刷掸去上面的灰尘）上（图 3），它們之間就会出现牛頓光圈：中心显出一个小黑点，在它周圍有許多同心的七色圈。靠近小黑点的

① Пирекс一般称为假石英——編者。

圈較寬，靠外沿的圈逐漸變得狹窄。靠近中部的光圈顏色較鮮明，靠近邊沿的光圈顏色逐漸變淡，距中心一定距離以外的光圈就看不見了。我們不準備解釋干涉現象，但應指明，這種現象的產生，是由於兩表面之間的距離，在其中心形成小黑點的地方等於零，而在邊沿處逐漸擴大起來。如果將這兩塊玻璃放在水銀弧的單色綠光下或透過綠色濾光鏡來觀察時，干涉圖案就會發生變化：我們將會看見中部有一暗點，圍繞它有許多暗色的和明亮的同心圓圈。從中心算起；第一個暗色圈中部所在處，兩玻璃表面之間的距離將等於綠色光的 0.5 (半個波長)。

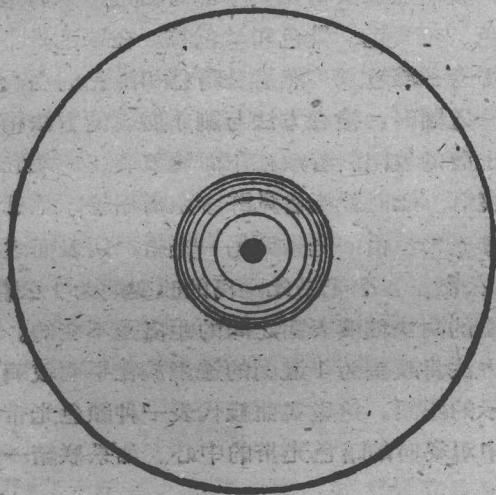


圖 3

实际上也可以認為这个值等于 0.25 公微^①。在第四个暗色圈的中部此一距离将等于 1 公微，其余以此类推。

如果把曲率半徑更大的透鏡放在平面玻璃上，則所得到的光圈就会更寬，干涉图案也将在玻璃上占更大的面积。若取一直徑等于 40 公厘，曲率半徑为 200 公尺的透鏡放在平面玻璃上，将整整得到 4 个光圈。此时，透鏡的球形表面与平面只差 1 公微。若透鏡的曲率半徑为 800 公尺，直徑不变，就得到一个光圈。透鏡球面与平面之差为 0.25 公微。

寬度相等之光带

有这种誤差时，干涉图案就与上述的干涉图案根本不同。在干涉图案的中心不再有一暗色小圓圈。若企图得此暗色小圓圈时，会使整个玻璃上呈現出暗圈，或呈俗称的“光胶現象”。在这种情况下，玻璃应放置得使其中部为白色，靠向边沿方向逐渐变成淡黄色、深黄色、紫色和兰色等。在单色光中就会看到玻璃的中心上有一淺色点，然后是暗色和淺色的圈。誤差为一道圈或小于一道圈时，檢驗方法与剛才所講的方法稍有不同。檢驗时，将上面的玻璃斜着放在下面的玻璃上，使它們之間的空气层成一楔形。此时就能看見許多距离相等，且都弯曲成一定程度的干涉光带。由一光带到另一光带，两表面之間的距离改变为 0.25 公微。4 个光带此距离的改变則为 1 公微。在一个光带全长上的两块玻璃表面之間的距离是不变的。

若用此方法将誤差为 1 道圈的透鏡放在平面玻璃上，則会得到图 4 所示的图案。这里实曲綫代表一种顏色光带的中心，或在单色光中观察时的暗色光带的中心。如果联結一光带的两

① 綠色光的真正波长等于 0.546 公微。

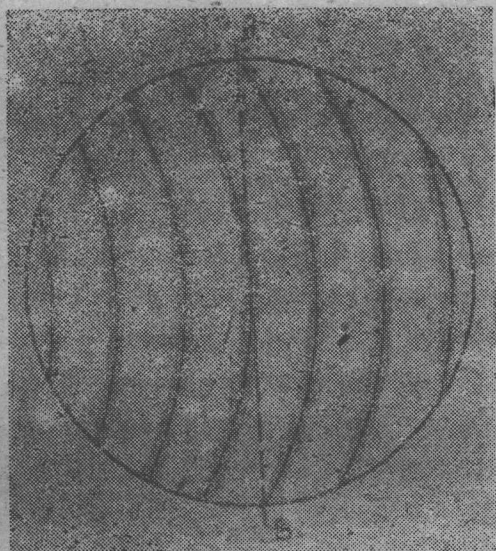


图 4

端画一虚线AB，就会看到，此一虚线刚好经过相邻光带。因为相邻两个光带的距离相差0.25公微，所以我们可以说：中部和边沿之间的空气层厚度之差等于0.25公微。这种误差俗称为“一道圈”。在实际工作中，将一直尺放在玻璃上代替虚线，然后看直尺的一面截在邻近光带的那一部分上。根据它再确定误差是几道圈。

图5所示是误差为0.5道圈的平面干涉图案。图6所示是误差超出0.1道圈范围的平面干涉图案。

负误差“低光圈”

上面谈了正误差，即高光圈。经常还有负误差，即低光圈。有负误差时，在图3中则于边沿上出现光圈很窄的干涉图

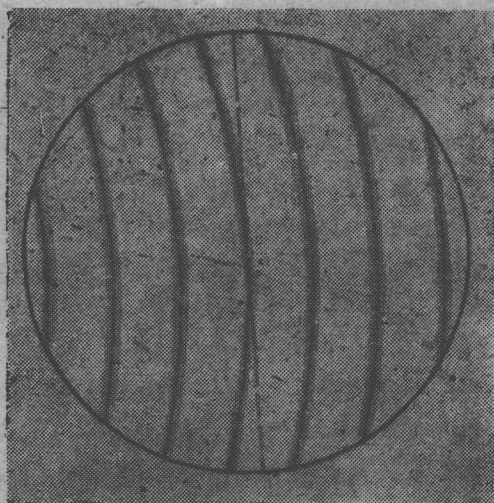


图 5

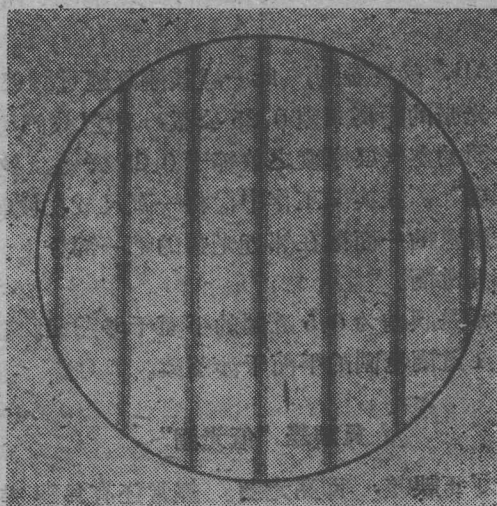


图 6

案。随着透镜上光圈低的减少，所成的光圈也越益鲜明宽阔。若放的是一块光圈低 1 公微的玻璃，则得到的干涉图案将和第一种情况几乎相同，即光圈高 1 公微的干涉图案也是 4 道圈。要区别出是光圈高，还是光圈低，需要有一些经验。有经验的光学工人根据下述一点来区别它们：光圈高时中部光圈的顏色要比边沿上的较为鲜明，光圈低时就恰好相反。对于一个没有经验的观察者，可采用下述一个区别方法：用一手指轻压玻璃的一边，若玻璃是光圈高时，干涉图案的中心就会向压的一方移动，如果是光圈低时，就不会移动。用宽度相等之干涉光带检验时，用下面的方法来区别光圈的高低：若光带凸向楔形空气层的薄端（两块玻璃相压的地方），即光圈低。反之，如果是凹向楔形空气层的薄端，即光圈高。由此可知，若在图 5 中，玻璃的左面压在平板 n 上，则玻璃上的光圈，高 0.5 道圈。如果楔形空气层薄的部分在右边，则玻璃上的光圈低 0.5 道圈。

区域 性 誤 差

直到目前为止，我們只談了規則的誤差——正常的高光圈或正常的低光圈。如果将一块在呢絨上拋光过的鏡玻璃放在平玻璃板上，就会得到图 7 所示的图案。在这里我們所見到的已經不是前边見過的那種規則誤差了，而是不規則的光圈；在同一表面上的光圈，同时会有局部

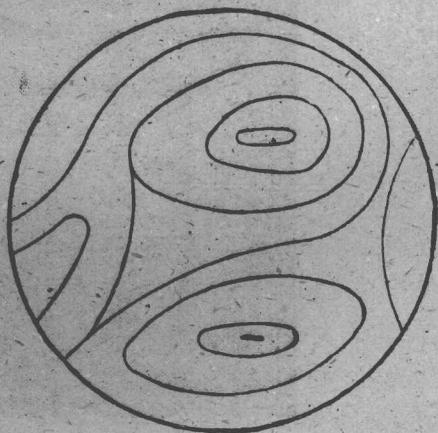


图 7

高起和局部低下的現象。在柏油模上拋光玻璃時，無論是球面或是平面，都沒有這樣大的誤差，但1~2道圈的誤差還是會有的。這種局部或“區域”誤差常以下列形狀出現：

1. 局部高光圈常和邊沿稍微高起的現象同時出現。沒經驗的光學工人在拋光玻璃時，經常會出現這種誤差。圖8的上一部分是干涉圖案，下一部分是有誤差表面的放大截面形狀。圖中虛線表示所要求之表面的截面形狀，實線表示得到之

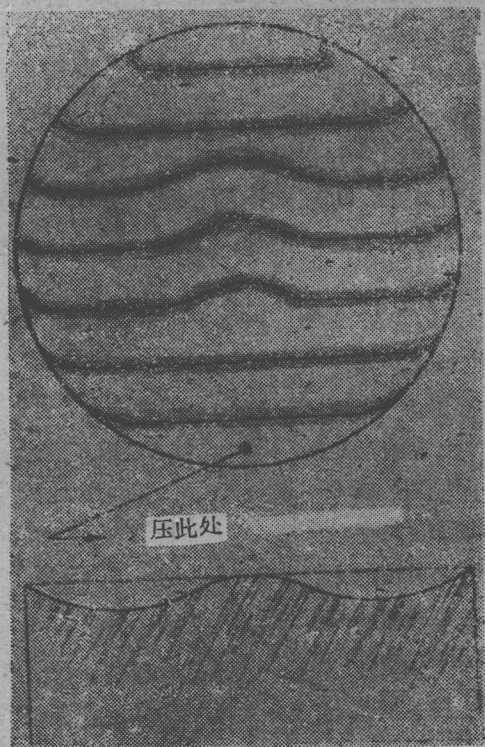


图 8

表面的截面形状。此种误差有时亦称做压扁的圆球体^①。

2. 塌边或称“低边”常常是因为在抛光前，没有将抛光模加热及压好而得的。图9是将此种误差用同图8一样的方法来表示的。

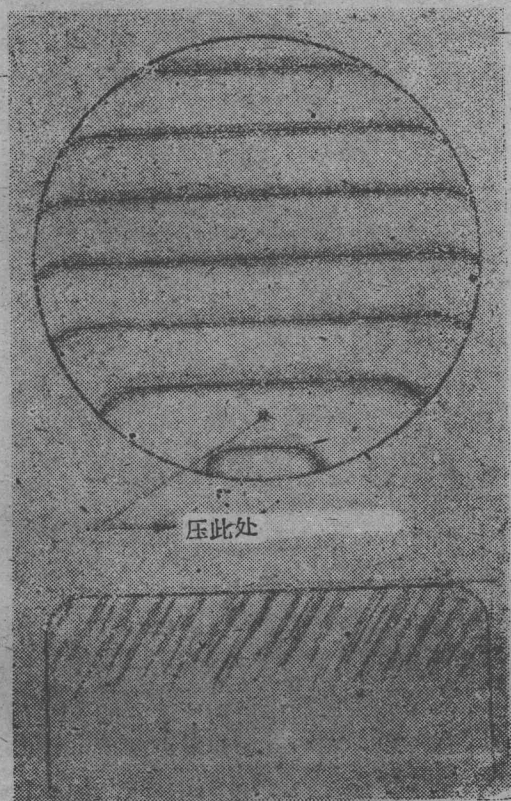


图 9

① A.A. 奇肯著反射望远镜。

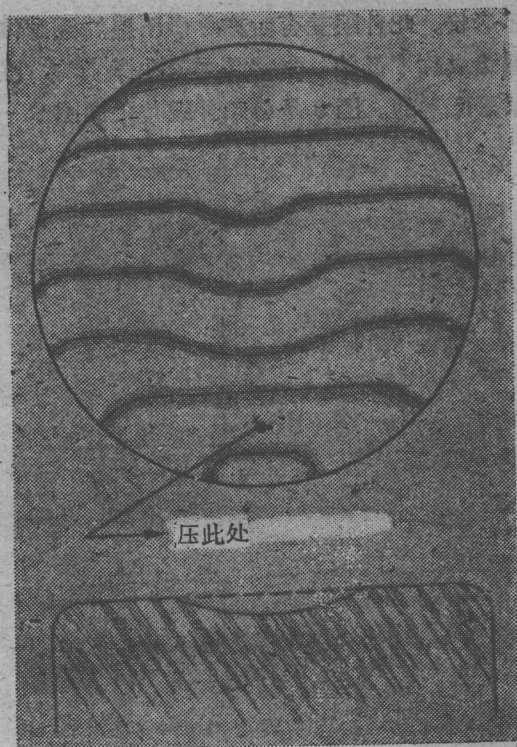


图 10

3. 局部低光圈常常是稍微带些塌边 (图10)。

4. 像散 (光学工人称之为“槽”) 主要是因为自动机上抛光透镜时, 由于上胶火漆的作用而产生。图 11 所示是象散的一种。图的上一部分是空气层楔形度沿直径 A B 方向的干涉图案。此处可以看出光圈高 $\frac{1}{4}$ 道圈。图的下一部分是空气层楔形度沿直径 C D 方向的干涉图案。在这一方向的光圈高一道圈。这就是说, 在这块玻璃上有 $\frac{3}{4}$ 道圈的象散 (或“槽”)。

这些就是光学零件表面“局部”或区域误差最显著的情