

产品样本 No.R364(2)

精密测量仪器的历史 游标卡尺的起源和变迁



Mitutoyo

目录

1. 什么是游标卡尺.....	1
2. 什么是卡尺.....	2
3. 游标卡尺名称的起源及游标刻度.....	4
4. 最古老的滑动卡尺：游标卡尺.....	8
5. 19世纪中叶前的鞘箱型滑动卡尺.....	9
6. 现存世界最古老的带游标刻度的滑动卡尺.....	11
7. 带游标刻度的滑动卡尺发祥于美国论.....	12
8. 欧美1945年前后(二战结束)的游标卡尺.....	13
8.1. 没有游标刻度的滑动卡尺：简易游标卡尺.....	14
8.2. 带对角线刻度的滑动卡尺：游标卡尺.....	18
8.3. 带游标刻度的滑动卡尺：游标卡尺.....	19
9. 深度尺和高度尺.....	26
10. 日本使用游标卡尺的开始.....	28
11. 游标卡尺在日本投入工业化生产及普及.....	36
12. 二战后游标卡尺的动向，日本工业标准 JIS的制定.....	39
13. 高度尺在日本的发展.....	45
14. 数显游标卡尺*2的开发与发展.....	47
15. 结语和致谢.....	53
文献.....	55

注*1：本册以精密工学会精密工学基础讲座“精密测量的历史”第3讲游标卡尺的起源与变迁(2012年12月26日网页版)的文章为基础，增加了部分内容。

注*2：很多情况下都使用“数字”，本文使用学术术语、JIS术语“数显”。

1. 什么是游标卡尺

众所周知，游标卡尺是“可以手持进行测量的滑动夹式尺寸测量工具”。换言之，可以称之为通过丈量量爪在尺子上移动的距离来计算“物品”大小的卡尺，简单来说，就是尺子与卡钳的组合。

只要是机械工厂，哪怕是只有1名员工、1台车床的小厂，都必定会使用游标卡尺。亲手对汽车等进行保养的人士估计也会拥有这种工具。

考古研究表明，尺子(Scale)的历史在西方可追溯到公元前5000年的古埃及，在东方可追溯到公元前1500年的中国殷代，然而，工业用长度计的历史笼罩

着诸多谜团，特别是具有代表性的游标卡尺——带游标刻度的滑动卡尺，其历史可谓是扑朔迷离。按照尺子从古至今的发展推演，制造出滑动卡尺估计是因为用量爪夹住物品可以方便地进行测量。日本的度量衡法曾将游标卡尺视为尺子的一种，1945(昭和20)年1月才从尺子中独立出来，作为游标卡尺自成一类。

虽说历史脉络并不清晰，但在这里，笔者还是想以已知的内容为中心，聊聊滑动卡尺，也就是游标卡尺的起源和及其古老的类型，对游标卡尺在日本制造、使用的历史和发展过程进行一下介绍。



2. 什么是卡尺

首先必须解释一下“什么是Calliper”。因为在2010年12月出现了一份叫作《ISO/DIS(International Organization for Standardization / Draft of International Standard)13385-2.2》的标准草案。9个月后,这份草案竟然在2011年通过了¹⁾。该标准草案名为《Geometrical product specifications(GPS)—Dimensional measuring equipment—Part 2 : Calliper depth gauges—Design and metrological requirements》。问题在于其名称“Calliper depth gauges”。这项标准的内容明显是深度尺,名称中却出现了与内容无关的多余术语“Calliper”。各国担任ISO/TC213测量委员的专家们似乎已经忘记了“Calliper”指的是什么,既然如此,那就在这里讲解一下。

为了证明上面所言非虚,几乎同期进行的还有千分尺的ISO 3611 1978 标准的修改工作,将其名称从《Micrometer Callipers for external measurement》变更为《Micrometers for external measurement》²⁾,反而去掉“Calliper”,扩大了涵盖的范围。

“卡尺是通过用2点夹住物品来测量其直径、厚度等尺寸的测量工具”。因此,上面标题中的“Calliper depth gauges”应该去掉“Calliper”,改为“Depth gauges”。听说加上“Calliper”的字样是因为有滑动部分。这估计是受到了用“Vernier Calliper”来表示游标卡尺的影响。

大约10年前,丹麦曾提出过“Calliper height gauges”的标准草案。当时,笔者作为委员出席了这场会议,在说明理由并提出订正建议后,马上得到众多出席委员的赞同并进行了修改。之所以会出现这样的谬误,可能是因为在这场会议的不久前,英国标准协会BSI(British Standard Institute)的委员就开始缺席该委员会。虽说上面的“Calliper depth gauge”成为了ISO标准,但笔者在2010年12月提出的意见得到了回应,称在5年后进行调整时会予以订正。

作为通过2点夹住物品进行测量的工具,“Calliper”种类繁多,而且历史悠久,其主要类型如图1所示。图片标题中还附上了英文名称以供参考³⁾。

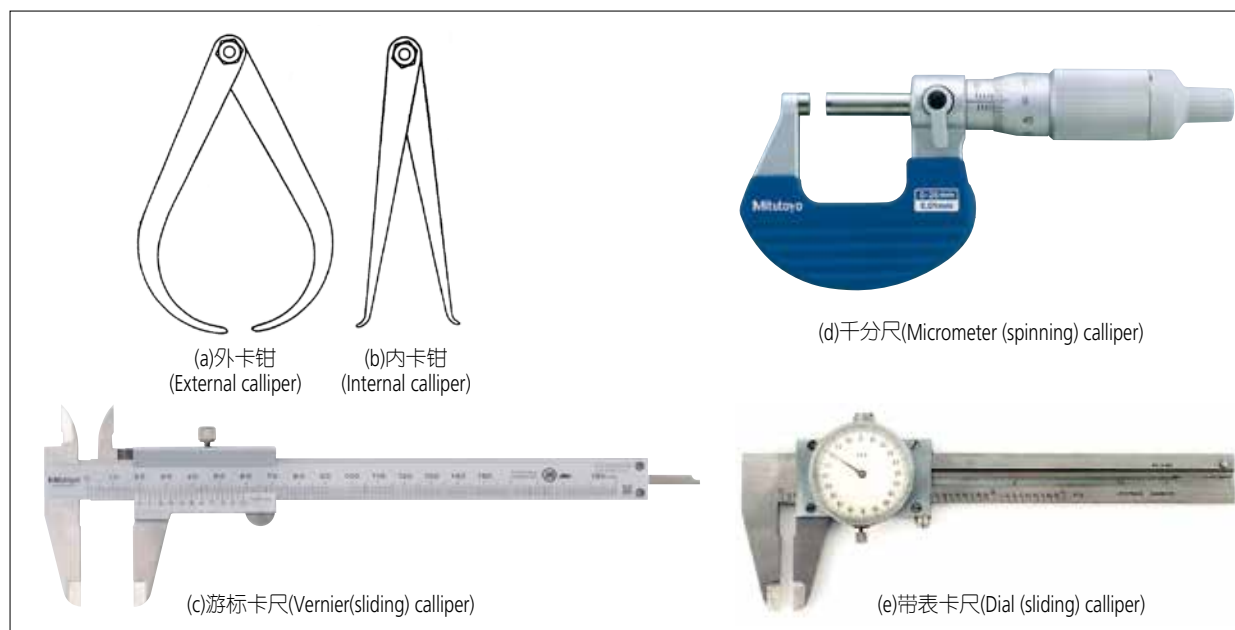


图1 各种卡尺(Callipers)*³

注*3: “Calliper”是英式英语,“Caliper”是美式英语。ISO标准使用英式英语的表述。括弧内附有英文名称,表示接触测量的方法。用以满足提高分辨率的需要。

说起卡尺，首先必须提到图1(a)(b)中的卡钳。这在英语中也叫“Calliper”。昭和初期之前，日本经常采取用卡钳轻轻夹住测量物，或是用手估量测头与测量物接触的程度，同时移动测头，再用直尺测量其间隔的方法，某部门甚至将这种方法沿用到了二战时期。在这个时代，游标卡尺的应用无疑变得越来越多，但两种方法是共存的。

之后，图1(c)中的游标卡尺取代了卡钳，使工件尺寸的测量达到了极高的效率和精度。最近，游标卡尺得到广泛普及，除了美国等地的部分企业还在使用，卡钳已经基本淡出了人们的视野。然而，随着游标卡尺的大范围普及，带有滑块的器具被当成是“Calliper”，丢掉了原本两点夹住物品的重要概念，上面提到的ISO标准的名称就是如此。

另外，图1(d)中的千分尺比游标卡尺更精密，是读数可以达到微米级的卡尺。前面已经说过，由于与游标卡尺的关系，人们如今以为千分尺并不属于“Calliper”。但千分尺的正式英文名称叫作“Micrometer Calliper”，“Micrometer”是省略后的通称。

图1(f)中使用指针式指示表来测量厚度的带表厚度尺、图1(g)(h)中的内外侧带表卡尺，以及图1(e)中的带表卡尺等，都属于带表卡尺。最近，图1(i)(j)中的数显游标卡尺和数显千分尺，以及用数显指示器替代了图1(f)中的指针式指示表的厚度尺得到了广泛运用，这些也都属于卡尺。

现如今，我们已经知道了这些卡尺对于机械工业所作出的历史性贡献。

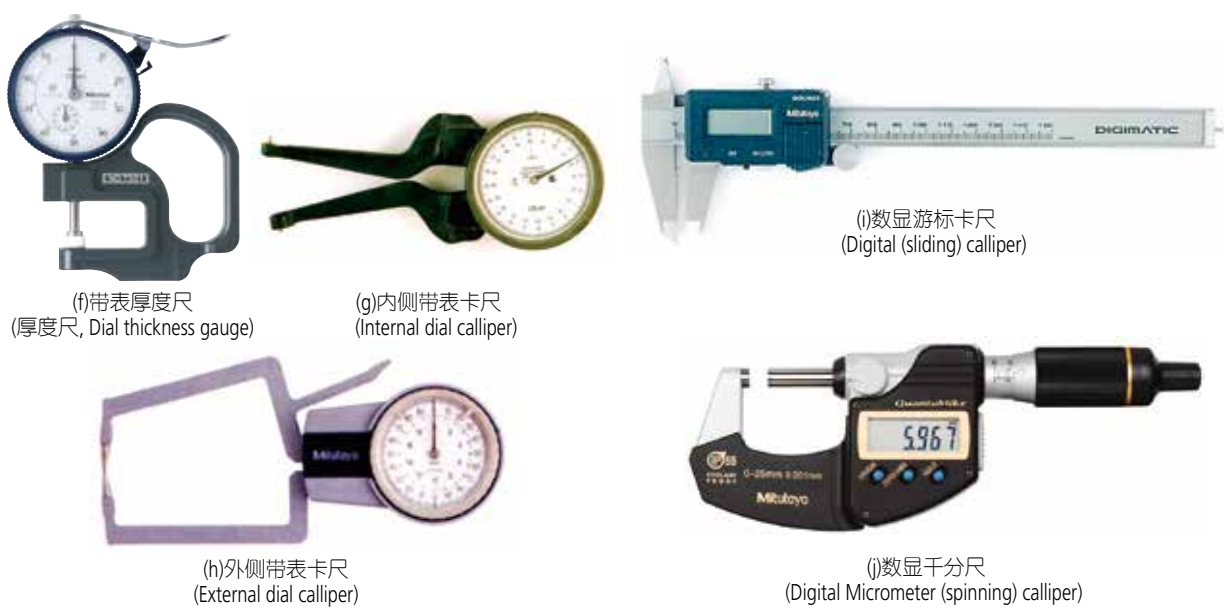


图1 各种卡尺(Callipers)*³

3. 游标卡尺名称的起源及游标刻度

游标卡尺在日语中念作“NoGiSu”，听上去像音译的外国词汇，然而在外国却并不通用。游标卡尺的英语是“Vernier Calliper”，法语是“Pied à Coulisse”，德语是“Schieblehre”或“Messschieber”，西班牙语是“Calibres pie de rey”。使用的术语各具特色。

相传日语的游标卡尺一词是德语“Nonius”(意思是副尺或将一个分度细分进行读数的刻度)的讹误³⁴⁾。从德语传入日语后发音出现讹误的词汇并不少，这可能也是其中之一。其来源也有可能是同属德语系的荷兰语“Nonius”。不过，在机械工厂使用的词汇中，从英语传入日语的词汇极多。对此，笔者会在后面进行介绍。机械加工方法传入日本的源头，是江户幕府建设的两座近代造船厂——长崎钢铁厂和横须贺钢铁厂。为了教授日本人机械加工的方法，长崎钢铁厂请来了荷兰技师、横须贺钢铁厂请来了法国技师，因此，在明治、大正、二战前的昭和时代传入的不少词汇都来自于荷兰语和法语。下面举几个例子。

“平面规”在日语中念作“ToSuKan”，发音与英语“Surface gauge”、德语“Parallelreisser”完全不同。与法语“Troussequin”则非常相似。因此，平面规一词来源于法语。而且，在二战前，加工现场经常将车床叫作“DaRaiBan”，刨床叫作“ShiKaRuBan”。这两个词分别来自荷兰语“Draaibank”、“Schafbank”。将切屑叫作“DaRaiKo”、机床叫作“BanKo”则是在此基础上进一步发展而来的合成词。

在现代荷兰语中，“Nonius”是表示副尺的术语，游标卡尺叫作“Schuifmaten”。德语的游标卡尺前面已经说过，叫作“Schieblehre”(“schieb”表示滑

块或滑动，“lehre”表示规或尺，是滑尺的意思)或“Messschieber”(“mess”表示测量，“schieber”表示滑动，意思是滑动测量工具)，“Nonius”则是副尺。顺便一提，在法语中“pied”表示尺、“coulisse”表示滑动槽，因此是滑尺的意思。

综上所述，游标卡尺一词无论是来自德国还是荷兰，都只能追溯到表示副尺的“Nonius”。倘若游标卡尺是从长崎钢铁厂传入并传播开来的，那么可以推测，该厂的工人们在读取游标卡尺的读数时经常会听到“Nonius”，将其误念作“NoGiSu”，久而久之，就成了游标卡尺的代称。

游标卡尺的词源“Nonius”是葡萄牙人佩德罗·努涅斯(Pedro Nunez)的姓氏，此人生于1492年，卒于1577年。据记载，努涅斯在1542年发明了一种4分圆的分割法，如图2所示，他先将90度最外侧的圆90等分，然后将其内侧的圆分割成89份，再依次将内侧的圆分割成88、87、86等不同的等分，由此制成刻度，根据指针指向的位置来测量角度⁵⁾。这种方法是分割直角，虽然略有不同，但将直角视为1个分度的话，也可以看作是一种分割测量法。

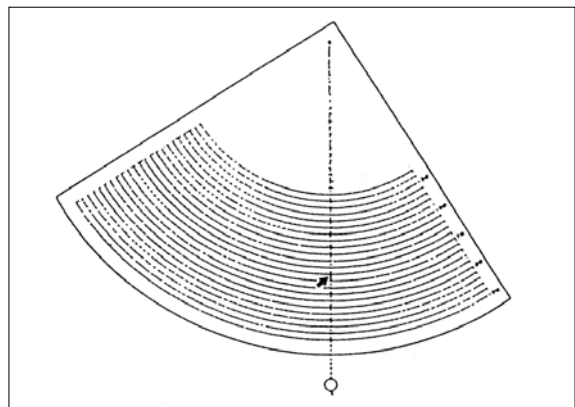


图2 努涅斯刻度

尽管发明游标刻度是法国人维尼尔(Vernier),但在德国是以这种分割的鼻祖“Nunez”命名,用其德语发音“Nonius”来表示副尺。从4分圆分割法的关联性来看,说二者相似并不为过,但在德语辞典中,所有副尺都叫作“Nonius”。之所以只字不提“Vernier”,可能是德国人出于历史原因,在情感上不愿意用法国人的名字来命名物品。

按照一般说法,游标刻度是法国人皮埃尔·维尼尔(Pierre Vernier(1580~1637))发明的。作为一位著名的数学家,他的本职工作却是地方官员。威尼尔1631年在布鲁塞尔发行了数学书《新4分圆的结构、利用及特性》,因为书中记载了游标刻度,所以,他成为了公认的副尺,也就是游标刻度的发明者。有的资料甚至说游标卡尺也是他发明的³⁾⁴⁾。但迄今为止,人们还没有找到带有他发明的游标刻度的游标卡尺。其存在的真实性尚存疑问。法国人非常爱国,如果真有实物,应该会在收藏古董设备的巴黎工艺技术博物馆(Conservatoire National des Arts et Metiers)进行展示,但却没有。而且,在保存展示的展品之中,也没有那个时代的游标卡尺,令人不得其解。

法国用本国的发明者帕尔默(J. L. Palmer)命名了千分尺,既然游标卡尺的发明者是法国人,那为什么不将游标卡尺叫作“Vernier”,而要叫作“Pied à Coulisse”呢?这可能是按照书中的记载,威尼尔发明的是游标刻度,而非游标卡尺,而且在当时,滑动卡尺已经得到了应用,而维尼尔并没有制作带有游标刻度的滑动卡尺。因此,就算是爱国的法国人,也没有将游标卡尺叫作“Vernier”。

在欧洲,收藏古董级工业设备的有伦敦的科学博物馆(The Science Museum at South Kensington)、慕尼黑的德国科学技术博物馆(Munich Science and Technology Museum, Germany)和巴黎的工艺技术博物馆。这些博物馆都展示了古老的千分尺,却没有陈列古老的游标卡尺,诚然令人不可思议。而且,有人说游标卡尺是美国发明的,从后面第7章的内容来看,这一主张也不能予以否定。

对于游标卡尺的河源——副尺,也就是游标刻度,图3是日本工业标准JIS(Japanese Industrial Standard)游标卡尺给出的示例⁶⁾。常用类型是主尺的分度值为1毫米,将19毫米或39毫米20等分,或是将49毫米50等分。过去还有将主尺分度值10等分的(a)和(b),但在今天的游标卡尺中非常少见。游标刻度也变得可以沿主尺刻度滑动。

假设游标卡尺刻度的对应关系如下:

$n-1$: 主尺刻度数

n : 游标的刻度数

S : 主尺刻度间隔

V : 游标刻度间隔

α : 整数,多为1或2

ρ : 刻度读数的小数

那么,将主尺的 $\alpha n-1$ 个刻度换算为游标刻度的 n 个刻度,则主尺刻度间隔 S 与游标刻度间隔 V 的关系为:

$$(\alpha n - 1)S = nV \quad (1)$$

由此得出,当游标刻度的第 m 个刻度与主尺的刻度对齐时,根据主尺刻度间隔与游标刻度间隔的关系,

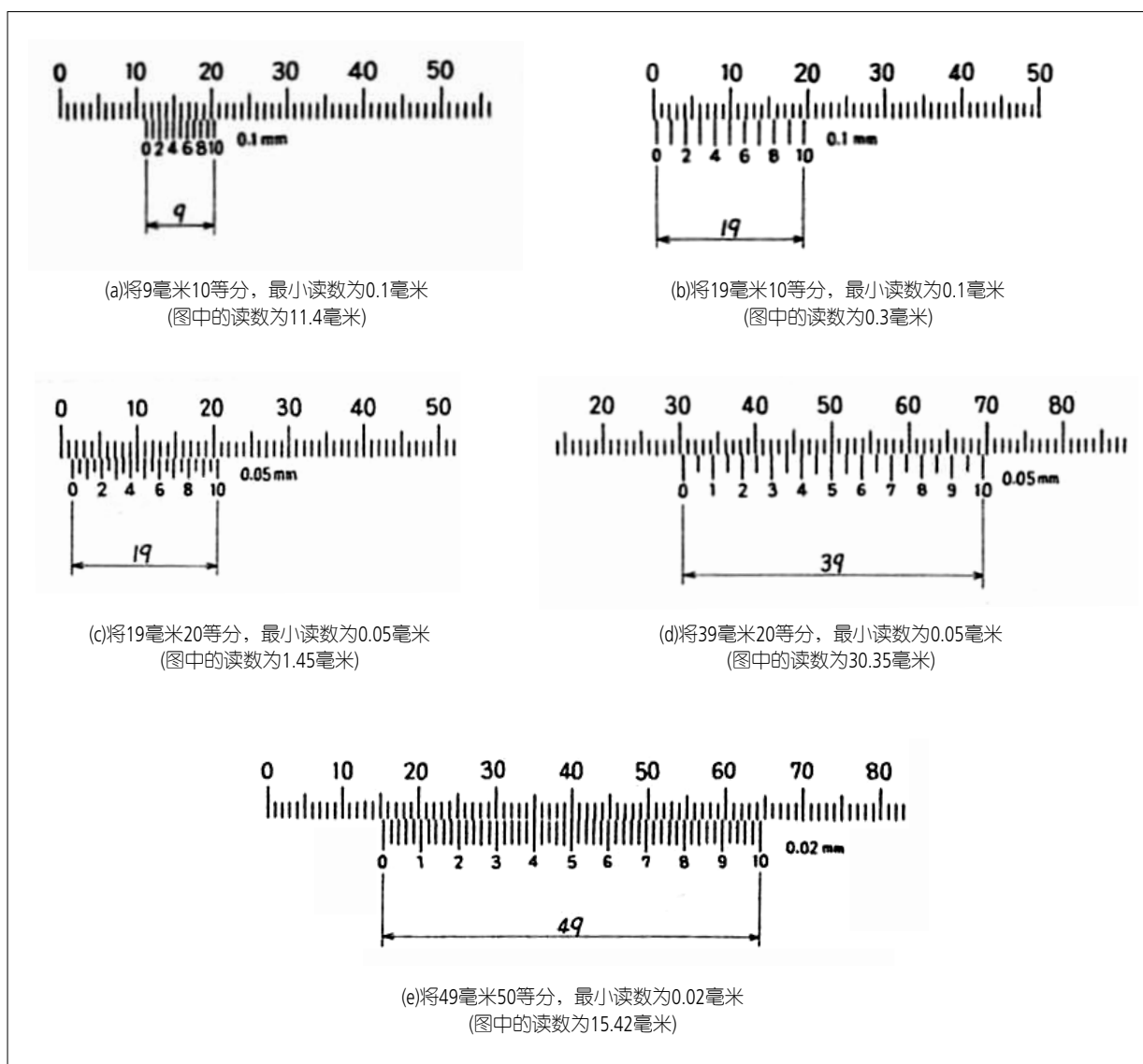


图3 游标刻度及其读数示例

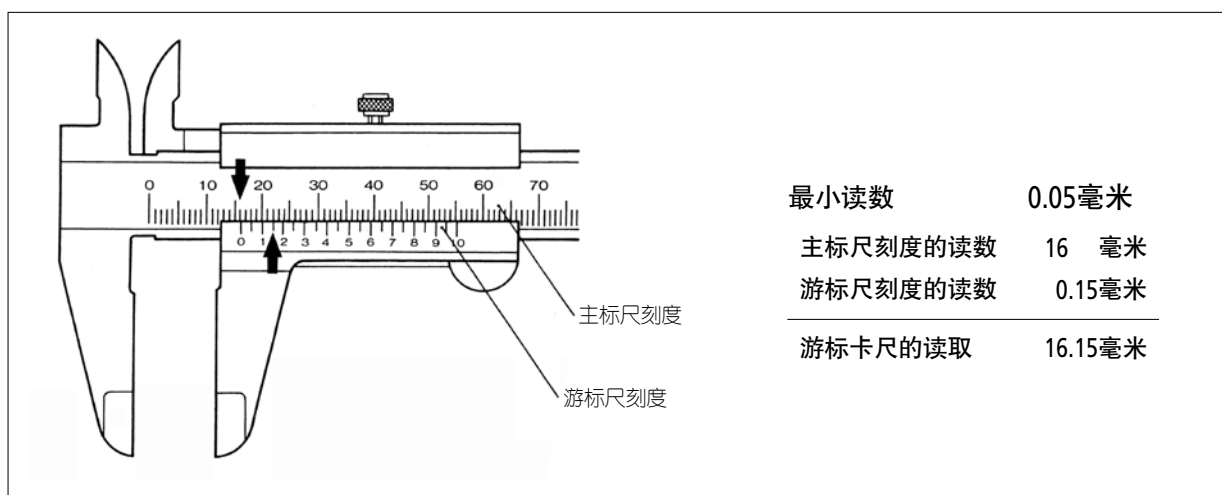


图4 游标刻度的读数方法

刻度读数的小数 p 等于:

$$Sp = m(\alpha S - V) = Sm / n \quad (2)$$

现在, 将公式(2)套用至图3(d), 主尺的39个刻度等于游标刻度的20个刻度, 即 $S=1$ 毫米、 $(\alpha=2)$ 、 $n=20$ 、 $m=7$, 按照公式(2)计算, 小数 p 等于:

$$1 \times 7 \div 20 = 0.35 \text{ (mm)}$$

因此, 读数为 $30 + 0.35 = 30.35$ 毫米。

如图3所示, 游标卡尺使用的游标刻度与主尺刻度方向相同, 叫作顺读游标。除此之外, 当公式(1)的左边为 $(\alpha n + 1)$ 时, 也可以成立相同的关系, 此时, 游标刻度与主尺刻度的方向相反, 叫作逆读游标。因为刻度方向相反, 所以应用较少。

图4是游标读数方法的示例。图中的箭头标出了使用的刻度。游标刻度的零点位于主尺的两个刻度之间, 要在其右侧找到游标刻度与主尺刻度对齐的点计算数值。

通过组合主尺刻度和游标刻度, 读数越来越精确。但肉眼可以辨识刻度对齐的分辨率, 也就是分割刻度间隔存在极限。如图2所示, 比较合适的分辨率是将49毫米50等分, 约为0.02毫米。

因为带游标刻度的卡尺在英语中叫作“Vernier Calliper”, 所以在日本, 有些没有游标刻度的数显游标卡尺会去掉代表游标刻度的“Vernier”, 名称中只保留“Calliper”, 也就是卡尺。如果只用日语对话, 这样说并不会产生歧义, 但是, 在与海外交流频繁的今天, 日语中卡尺的发音是英语中的“Calliper”。然而如图1所示, 这个词在日语中代表的是游标卡尺、千分尺等, 叫作“Calliper”并不恰当。我们必须认识

到, “Calliper”一词指的是用2点夹住物品测量厚度、直径等尺寸的测量工具。随着最近测量仪器的发展, “数显卡尺”其实指的是“数显游标卡尺”及“数显千分尺”。

在日本, 游标卡尺(NoGiSu)已经成为了带游标刻度的滑动卡尺的代称, 就算源自于德语或荷兰语的副尺“Nonius”, “NoGiSu”在发音和形状上, 都应该指代的是滑动卡尺。而且, 这个词语如今与外语已经没有直接的关系了。因此, 与数显卡尺相比, 叫作数显游标卡尺更为合适。在本文中, 滑动卡尺统称为游标卡尺, 与有无游标刻度无关。

今天, 千分尺和滑动卡尺, 也就是游标卡尺都出现了读数可达微米级的数显测量工具。如图1所示, 用英语来表示读数达到微米级的数显游标卡尺和数显千分尺的话, 数显游标卡尺叫作“Digital micrometer sliding Calliper”, 数显千分尺叫作“Digital micrometer spinning Calliper”。

4. 最古老的滑动卡尺：游标卡尺

中国殷代之前使用的刻度尺是用猛犸象的骨头、牙，以及动物角、玉石制成。殷代开始后，中国先在公元前1400年左右进入青铜器时代，后又在公元前500年左右进入了铁器时代。顺应时代的发展，刻度尺的材质也从骨类换成了青铜，之后又逐渐演变为竹子、木头、钢铁。

刻度尺可以放在测量对象上测量圆球的直径和长度，但测量的数值会受到尺子放置方法的影响，需要想办法看到后面的情况或是观察方向等。而给尺子装上量爪，把测量物夹在两个量爪之间的话，就可以方便地测量尺寸了。

在北京的中国国家博物馆的青铜器文物陈列品中，就有实现了这一操作的卡尺。也就是图5。这把滑动卡尺为铜制，固定主尺和沿主尺上的沟槽滑动的滑动尺上各有一个量爪。是王莽在公元8年建立新朝的一年后，于公元9年制造的滑动卡尺，名为玉尺^{7)~9)}。在图中靠右的区域，固定尺下侧打点的部分，就像是以右侧为首的鱼的鱼鳍，做工非常精良。王莽即位后立即开始着手完善中国的度量衡制度体系，其中就包括制作这把滑动卡尺。主要用途是将印玺、玉石和宝石夹在量爪之间测量大小。其记载首见于清末吴大澂撰写的《权衡度量实验考》，在之后的许多著作中也有记述⁷⁾。

这是现存世界上最古老的滑动卡尺，也就是没有游标刻度的游标卡尺。但说不定在王莽之前的汉朝和秦朝的时候，人们就已经开始制作并使用这样的滑动卡尺了。毕竟用来规定尺的基准的黄钟律管就出现于汉代^{10)~12)}，由此可见，当时的科学已经非常进步了¹³⁾。

在之后的1500年乃至更长的时间，滑动卡尺，也就是游标卡尺的发展情况不得而知。但可以想象，在很长的一段时间里，游标卡尺应该延续着图5中L形尺滑动的结构。

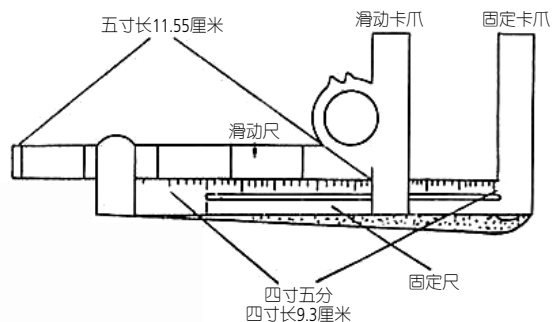


图5 新王莽铜制滑动卡尺(中国)公元9年

5. 19世纪中叶前的鞘箱型滑动卡尺

随着英国进入工业革命时代，鞘箱型滑动卡尺出现了，带量爪的尺鞘包裹着带量爪且标有刻度的主尺，主尺像刀子一样，可以在尺鞘中伸缩。测量物夹在两个量爪之间，在鞘口读取测量值。其概念图如图6所示。这里将其称之为简易游标卡尺。

巴黎的工艺技术博物馆展出了多件1887年的“Pieds à Coulisse”，也就是可以叫作滑动卡尺或卡钳的简易型游标卡尺。如图7所示，其量爪突出，一侧量爪可动，这个量爪所在的主尺上标有刻度，可以从带量爪的尺鞘中拔出³⁾。测量时将测量物夹在两个量爪之间，在鞘口边缘读数。尺鞘正面也有刻度，可作为普通的刻度尺。主尺刻度与尺鞘刻度相加，最大量程接近主尺长度的两倍。也可将一侧量爪置于下方，直立作为高度尺使用。

图8是1840年前后在法国制造的简易游标卡尺，比图7更加古老，现展出于三丰博物馆¹⁴⁾。与图7相同，这也是从尺鞘中抽出主尺，用主尺上的刻度进行测量的鞘箱型滑动卡尺，但除了毫米刻度，其背面还标有法国过去使用过的法寸(pouce)刻度。这把简易游标卡尺的主尺宽度为12毫米、厚度为2毫米、测量范围为140毫米、量爪的截面接近于细长的等腰三角形，其测量面约为5毫米×50毫米，主尺及量爪的材质为铁。尺鞘则为黄铜材质，宽15毫米、厚5毫米、长180毫米。刻在主尺背面的法寸刻度有两种，分别是1/12刻度，也就是1莱尼(ligne)刻度，以及1/24刻度(=

5 point, 磅因)。尺鞘正面刻有1毫米刻度，背面刻有1莱尼刻度，与图7相同，其测量范围为主尺刻度与鞘尺刻度相加，可以测量超过30毫米的长度和高度。1法寸长约27.07毫米，接近于英寸。1840年以后，法国禁用了公制以外的单位¹⁵⁾。综合考虑这把游标卡尺有两种单位的刻度，其制造时间推测为1840年前后。

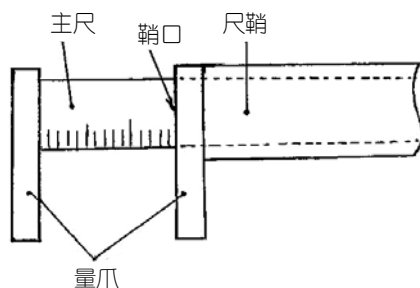


图6 鞘箱型滑动卡尺，简易游标卡尺概念图



图7 鞘箱型滑动卡尺，简易游标卡尺(法国制)1887年



图8 鞘箱型滑动卡尺，简易游标卡尺
(毫米和法寸刻度)
(法国制造)1840年前后



图9 鞘箱型滑动卡尺，简易游标卡尺
(英寸和毫米刻度)
(法国制造)1870年前后

除此之外，也有样式相同、尺寸相近、正反面分别为英寸刻度和毫米刻度的简易游标卡尺。图9是在法国制造、在美国使用的简易游标卡尺，测量范围为5英寸、120毫米。尺鞘中的主尺刻有4种，分别是毫米刻度，以及分度值为1/10、1/12、1/16英寸的3种英寸刻度。这把游标卡尺似乎经常使用，尺鞘上的毫米刻度已经磨光了，只能隐约看到痕迹。当时制造的游标卡尺量爪有长有短，长度各异。

附带量爪，将测量物夹在其间进行测量的测量工具还有英国的加斯科因(Gascoign)于1639年前后制造的千分尺，其外观如图10所示，是世界上第一个使用螺丝进行调节的测量工具^{16)~19)}。

图7~9中的游标卡尺都没有作为副尺的游标刻度。正如其名，是滑动卡尺。由此可以推测，维尼尔虽然1631年在著作中记述了游标刻度，但实际并没有制造。

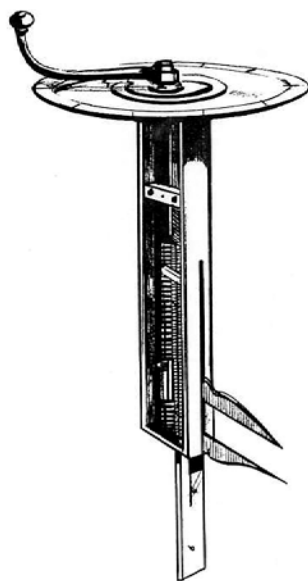


图10 加斯科因(英国)制造的使用螺丝的夹式测长器 1639年

6. 现存世界最古老的带游标刻度的滑动卡尺

图11是带游标刻度的滑动卡尺，这把游标卡尺与图8中的简易游标卡尺一样，也制造于1840年前后，据说是法国的陆军炮兵队皇家工厂制造并使用，现存于三重县四日市市中野町三岐线保保站附近的秤乃馆(馆长：小林健藏)。

这把游标卡尺全长650毫米，主尺宽25.4毫米、厚7.13毫米，测量范围为530毫米，正面是毫米刻度，背面是法寸刻度。正面的游标刻度(图11(a))将9个1毫米刻度10等分，读数可精确到0.1毫米，背面的游标刻度(图11(b))则将11个1莱尼(1法寸的12等分)12等分，读数可精确到1磅因。法国于1837年7月4日颁布法律，规定从1840年以后，禁止使用公制以外的法寸等单位，违者严惩，通过在正面设置毫米刻度，背面设置过去的法寸刻度，可以轻松判断公制单位的大小。因此，这把游标卡尺估计制造于这项法律出台的1837~1840年期间。

为确认这把游标卡尺的测量精度，东洋大学的大网功教授等人在2009年使用最新型的三丰制游标卡尺，对比测量了相同测量物的长度²⁰⁾。在测量79.00毫米至400.00毫米不等的4种测量物的长度²¹⁾后，其结果如图12所示。图中的纵轴表示法国游标卡尺的读数减去三丰游标卡尺的读数的测量值，公制刻度的测量值用●，法寸刻度的测量值用×来表示。

论文的目的是根据每个测量物的读数，由测量物的长度求出法寸值，计算法寸的平均值。但在这张图中，法寸值是用1法寸 = 27.07毫米的换算值来表示的。

由图可知，这把游标卡尺的读数平均误差为0.05%，可以说精度极高。

为什么这把法军工厂制造的游标卡尺现存于日本，而不在法国的工艺技术博物馆呢？这就要追溯到很久以前了，在那以后，这把游标卡尺也许进行过整修。



(a)毫米刻度面



(b)以法寸为单位的游标刻度

图11 法国陆军炮兵队皇家工厂制造过去使用的游标卡尺(1840年前后制造)

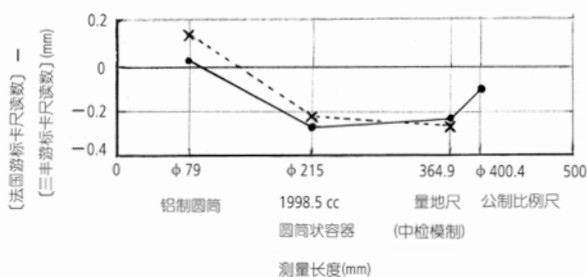


图12 法国制造的游标卡尺(图11)的精度(●是正面公制刻度的读数，×是背面法寸刻度的读数，原著中对法寸值进行了计算，但笔者使用的是按照1法寸=27.07毫米对其平均值进行换算后的数值)

7. 带游标刻度的滑动卡尺发祥于美国论

对比前面提到的法国陆军制造的游标卡尺，美国的机床历史权威罗伊(J. W. Roe)应该无从知晓，他在1916年发行的著作《英美机床制造商》中写道，美国的布朗沙普公司(Brown & Sharpe Mfg. Co.)第一个制造出了带游标刻度的游标卡尺，并对其由来做了以下记述³⁾。

作为布朗沙普公司的创始人，优秀的机械师布朗(J. R. Brown)在1850年发明并制造了用于尺子刻度作业的自动式直线刻度机(带校正装置)。并使用这台刻度机，在随后的1851(嘉永4)年制造出了精度为1/1000英寸(0.025毫米)的第1把游标卡尺。据说这令他感到非常骄傲，认为让所有机械师都能得到精确至1/1000英寸的精密测量工具是真正的划时代壮举，不禁为此拍手称快。因此，布朗沙普公司的产品目录在很长一段时间里都写着游标卡尺是布朗发明的²⁾。

布朗制造的游标卡尺的外观如图13所示。游标刻度部与滑块相连，作为鞘箱型滑动卡尺的刀身的一部分，沿中央部的燕尾槽(Dovetail groove)移动。尺鞘上刻有主尺刻度，主尺刻度的分度值为1/32英寸，最大刻度值为6英寸。图13不够清晰，如果游标刻度是将接近1英寸的31个主尺刻度32等分的话，就是1/1024，读数精确度可达1/1000英寸。因为其刻度数并不是10或20，这样计算其实并不合理。布朗沙普公司后续制造的游标卡尺大多是在主尺刻度上将1英寸40等分，

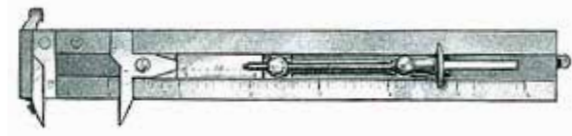


图13 布朗制造的游标卡尺(美国)1851年

采用将24个主尺刻度25等分的游标刻度²⁾。

在距其3年前的1848年，千分尺专利首先在法国被提出，尽管当时在欧洲没有成为热门产品，但这种游标卡尺无疑具有划时代的意义。在大范围内以等间距准确雕刻刻度并不是一项容易的技术，因此，直线刻度机的开发值得肯定。

然而，尽管游标卡尺如此出色，最初却并不受欢迎，第一年只制造了4把，3年后才开始销售³⁾。也就是说，是先发明出能精确制造尺子的刻度机，运用刻度机制造出游标卡尺后，游标卡尺才逐渐实现了普及。虽然历时漫长，但如图14所示，布朗沙普公司为了普及游标卡尺，在1877年11月发行的《美国机械师》杂志创刊号上，以精密机械、缝纫机为题刊登广告，展示了工具、规尺等产品。其中也能看到游标卡尺和直尺等名称。

如果说带游标刻度的游标卡尺是布朗沙普公司最一开始制造的，那么，其发展模式与千分尺一样，都是先在欧洲发明原理，再在美国制造并普及。然而，在信息传输并不发达的时代，美国人还以为带游标刻度的滑动卡尺，也就是游标卡尺根本没有在欧洲出现过，在这样的情况下，会认为自己先发明更是不足为奇。

美国的说法已经传播开来，而且得到了采信⁸⁾。但如上所述，秤乃馆收藏有1840年前后在法国制造的带游标刻度的公制法寸双刻度游标卡尺，根据之后游标卡尺的形制，可以说威尼尔所在的法国制造在先。

8. 欧美1945年前后(二战结束)的游标卡尺

1840年前后到1950年前后, 或者说是二战刚结束的时候, 被普及使用的游标卡尺有两种样式, 可以按照用途选择使用。其中一个体系是鞘箱型滑动卡尺, 是通过滑块的指示来读取主尺刻度, 也就是简易游标卡尺, 另一个体系是带游标刻度的滑动卡尺, 也就是正统的游标卡尺。二者各司其职, 历经漫长的岁月, 逐渐演变为了带游标刻度的游标卡尺。

前一种在前面的第5章已经做了介绍, 这种滑动卡尺, 也就是简易游标卡尺的历史悠久, 是作为一种尺子使用。而后一种带游标刻度的滑动卡尺, 也就是游标卡尺的起源, 至少要追溯到1840年前后或更早的法国或其他欧洲国家。这种测量工具的优点在于可以

夹住测量物, 使用游标刻度更准确地读取其尺寸, 适用于机械工业。

参观三丰博物馆的游标卡尺的展品可以发现, 简易游标卡尺和带游标刻度的滑动卡尺, 也就是游标卡尺同步出现于1950年前后²³⁾。从展示内容来看, 在法国制造的游标卡尺中, 带游标刻度的类型很早就出现了, 似乎印证了第6章对于游标卡尺的起源的论述。

早在1851年就制造出带游标刻度的游标卡尺的布朗沙普公司1924年至1935年及之后的产品目录^{24)~28)}、史塔雷公司(The L. S. Starrett Company)1927年及1930年的产品目录^{29) 30)}, 都用相当大的篇幅记述了这两种游标卡尺。而且, 在距今更近的史塔雷公司1979年的产品目录中, 除了带游标刻度的游标卡尺外, 口袋型滑动卡尺样式的简易游标卡尺也占据了3页的篇幅³¹⁾。可以说二者处于各司其职的状态。

比以上几本产品目录更早, 德国工具商阿道夫菲弗尔公司(Adolf Pfeiffer, Mannheim)在1905年发行的产品目录³²⁾、地处美国和加拿大的拉夫金公司(The Lufkin Rule Co.)二战后在1958年发行的产品目录³³⁾也存在相同的情况。史丹利测量尺与水平仪公司(Stanley Rule & Level Co.)1920年的产品目录也刊登了包含卡尺在内的尺子³⁴⁾。在这里, 笔者将以上资料中出现的器具为主要示例进行阐述。



图14 布朗沙普公司在《美国机械师》(American Machinist)创刊号Vol.1 No.1(1877)上刊登的广告

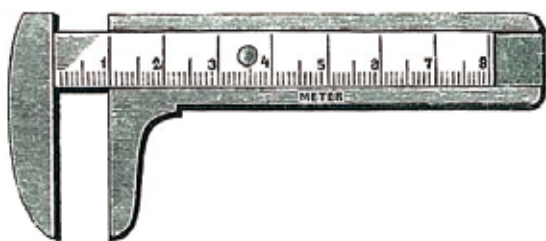


图15 阿道夫菲弗尔贸易公司(德国)简易游标卡尺
(最大刻度值80毫米)1905年

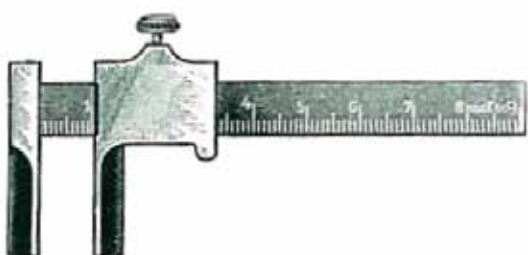


图16 阿道夫菲弗尔贸易公司简易游标卡尺
(测量范围65毫米)1905年



图17 布朗沙普公司(美国)简易游标卡尺
(最大刻度值4英寸, 分度值1/32、1/64英寸)1924年

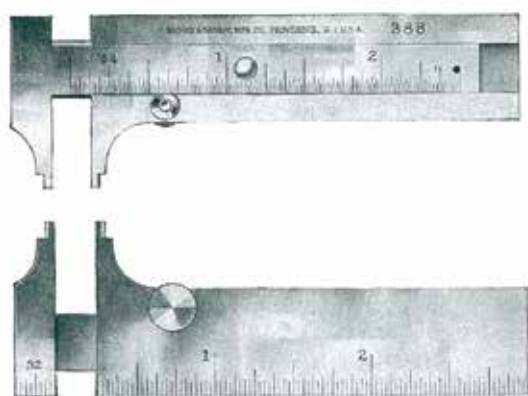


图18 布朗沙普公司(美国)简易游标卡尺
(最大刻度值3英寸, 分度值1/32英寸)1924年



图19 史塔雷公司(美国)带拇指滑块直尺
(最大刻度值6英寸, 分度值1/8、1/16英寸)1927年

8.1. 没有游标刻度的滑动卡尺：简易游标卡尺

简易游标卡尺在图6的基础上进化，去掉尺鞘的一面，通过采用燕尾槽作为主尺与尺鞘接触的导槽，使主尺面与尺鞘面基本处于同一平面，可以提高精度。图15是1905年前后在德国使用的这种毫米刻度简易游标卡尺³²⁾。其最大刻度值为80毫米，是根据滑块量爪端面的所在位置来读取测量的尺寸值。如图16所示，同时期还有没有尺鞘，而是在滑块上配备量爪的简易游标卡尺，其测量值在滑块端面的边缘读取，最大刻度值为90毫米，测量范围为65毫米。

在美国也有这样的简易游标卡尺。图17是布朗沙普公司的产品，这把简易游标卡尺上有进给钮，可以轻松地向后推出刀身，也就是主尺²⁴⁾。测量值依据尺鞘上切削出的箭头形凸起的指示读取。而且，尺鞘上刻度的分度值为1/32, 1/64英寸，也可以用作3英寸或4英寸的直尺。图17引用自布朗沙普公司1924年的产品目录，但考虑到布朗沙普公司自1833年成立后一直在制造工具，而且如上所述，在1851年还制造了游标卡尺，可以推测，这样的简易游标卡尺至少在1850年以前就开始制造并销售了。

同一时期，史塔雷公司也在制造销售^{29) 30)}图17中这种能看到主尺刻度的卡尺。史塔雷公司成立于1880年，与布朗沙普公司不仅在千分尺上是竞争对手，还都制造直尺、简易游标卡尺和游标卡尺，到19世纪末，这些产品和千分尺估计就已经非常普及了。

图18与图13一样，也是能看到主尺刻度的结构，由布朗沙普公司制造^{24) 25)}。刀身主尺的分度值为1/64英寸，最大可测量2.5英寸。图中还展示了背面，可以看出，合上量爪后是一把刻度分度值为1/32英寸的直尺，从量爪顶端算起，其量程为3英寸。

图19是配备了指示滑块的直尺，可以方便地用手指操作，与上面几种相比，其使用人群可能略有不同，但使用方法应该是一样的。直尺刻度的分度值为下1/8英寸、上1/16英寸，滑块沿主尺中央的细槽移动。除此之外，还有图20中尺子的顶端装有可调节钩的直尺(刻度分度值为下行1/64英寸、上行1/32英寸)、图21中在单侧配备固定钩的直尺(下行刻度分度值1/8英寸、上行1/16英寸)等。将二者合二为一，也就是将图20加入图19，就成为了一把滑动卡尺，举例来说，当时还有图22形状的直尺。图17至图22中的测量器具在布朗沙普公司和史塔雷公司的产品目录中都找得到，可见当时已经在制造销售同类产品了^{24)~26) 29) 30)}。

图23是布朗沙普公司1910年制造的简易游标卡尺。主尺的分度值为1/32英寸，最大量程为3英寸。滑块侧量爪的读数部分刻有读取外侧测量刻度及内侧测量刻度的标线。滑块侧量爪可调节，而且配备了滑块微调装置以确保精度。现展出于三丰博物馆。在1924年的产品目录中，可以找到样式与其相同的简易游标卡尺，测量范围除4英寸外，还有6英寸和9英寸，分度值更小，正面为1/64英寸，背面为1/100英寸，考虑到测量时的接触，量爪进行了淬火，微调部分的做工也更扎实。

如图24所示，史塔雷公司也制造过这样的简易游标卡尺。这把游标卡尺的内外侧测量用指示标记位于主尺上侧。图24中的产品制造于1927年前后，分度值为正面1/64、背面1/100英寸，测量范围有3、4、6英寸3种。

图25是史塔雷公司1890年制造的简易游标卡尺，测量范围为3英寸时，分度值为1/64、1/100英寸，测量范围为6英寸时，分度值为1/64英寸。二者现均展

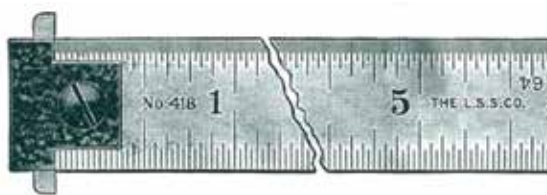


图20 史塔雷公司(美国)可调节带钩直尺
(最大刻度值6~48英寸，分度值1/32、1/64英寸)1927年



图21 布朗沙普公司(美国)带钩直尺
(最大刻度值4~36英寸，分度值1/8、1/16英寸)1924年



图22 布朗沙普公司(美国)滑动卡尺
(最大刻度值4英寸，分度值1/32英寸)1924年



图23 布朗沙普公司(美国)简易游标卡尺
(测量范围3英寸，分度值1/32英寸)1910年，相同样式1924年

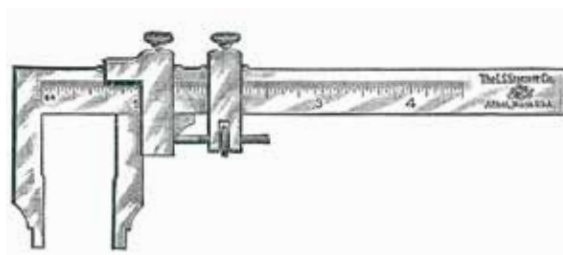


图24 史塔雷公司(美国)简易游标卡尺
(测量范围3、4、6英寸，分度值1/64英寸，背面1/100英寸)1927年

出于三丰博物馆²³⁾。该公司1927年的产品目录中刊载了同样的产品。测量时要根据对象物移动固定侧量爪,使其与滑块侧量爪分别夹住测量物的两端,然后根据情况进行微调。布朗沙普公司也制造过这样的产品。

如图26所示,史塔雷公司的简易游标卡尺在两个量爪的前端配备了螺丝,用来安装针尖,这种简易游标卡尺功能繁多,可以测量汽车轮胎纹路等的模具、像图中右下角一样作为外侧卡钳与内侧卡钳的间隔设定尺,或是安装更硬的划线针使用。因此,其主尺的宽度为1又1/4英寸,厚度为0.85英寸,测量范围为12~48英寸不等的5种,分度值为1/8、1/16、1/32、1/64英寸,用途非常多样。

图27是史塔雷公司1960(昭和45)年制造的口袋型简易游标卡尺,现展出于三丰博物馆。其下侧刻度能够以1/32英寸的精度测量圆形部件的直径,上侧刻度则能够以1/16英寸的精度,计算出圆周长长度。主尺附带进给钮、夹紧机构。史塔雷公司1979年的百年纪念产品目录中也展示了这种简易游标卡尺³¹⁾。可见这种游标卡尺一直使用到了近代。其他公司也制造过测量直径和周长的同类简易游标卡尺,例如图28中拉夫金公司1958年的产品³³⁾。拉夫金公司成立于1869年,由此推测,该公司应该是在19世纪下半叶到20世纪60年代初之间生产过该产品。

同为在测量圆形物体直径的同时计算周长的简易



图25 史塔雷公司(美国)滑动卡尺
(测量范围3~6英寸,分度值1/64、1/100英寸) 1890年、1927年

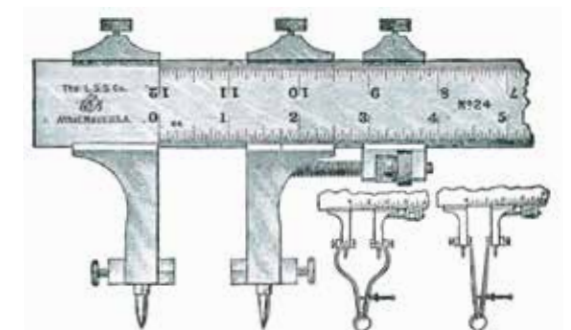


图26 史塔雷公司(美国)轮胎模具等多用途简易游标卡尺
(分度值1/32英寸、上行为反刻度)1927年

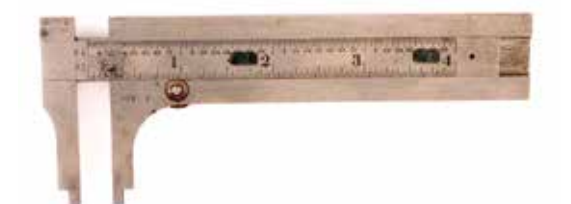


图27 史塔雷公司(美国)口袋型简易游标卡尺
(测量范围4英寸,下行分度值1/32英寸,上行圆周用分度值1/64in, 1960年)



图28 拉夫金公司(美国)口袋型简易游标卡尺
(下行刻度分度值1/32英寸,上行圆周用分度值1/16英寸)1958年



图29 木制滑动卡尺(法国制造,上行为直径用刻度 分度值1厘米
最大25 cm 下行为圆周用刻度分度值2.5厘米 最大80厘米)1930年

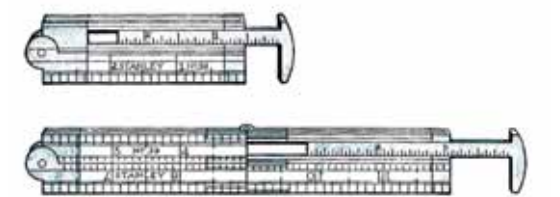


图30 史丹利测量尺与水平仪公司(美国)带简易游标卡尺折叠尺
(木、牙或角制,分度值1/16英寸,折叠尺分度值1/10、1/8英寸)1920年

游标卡尺,比上面几种更早的,还有图29中1930年在法国制造、用于测量树木的木制简易游标卡尺,现展出于三丰博物馆²³⁾。另外,说到木制,在美国和欧洲都有一段配备简易游标卡尺的尺子,例如图30中配备滑动卡尺的折叠尺(也叫折尺)³⁴⁾。材质除了木头,还有动物的角、牙等,适用于各种长度测量,使用起来非常方便。图31是美国的邓禄普公司(Dunlop Co.)1920年制造的游标卡尺,主尺的材料比较薄,但形状接近现代的游标卡尺,内侧测头为刀刃型,位于上方。而且配备了滑块进给机构和固定钮。

前面主要介绍的是美国的情况,欧洲以图15、16中德国制造商为代表,其实也存在相同的趋势。图32~36是三丰博物馆展出的英国和德国制造的简易游

标卡尺。多数是毫米刻度、英寸刻度并用。图16、图32、图33采用带量爪滑块滑动,在滑块左端读取测量值的结构。图31、33还在上侧配备了喙形测头,可以测量内侧等孔形测量物。

图36是能够看到主尺刻度的常见游标卡尺的形状,但没有游标刻度²³⁾。之所以会是这种结构,可能是因为其制造于1950年,距今并不久远。如果以后继续制造,估计也会保持这种样式。

就这样,自从在1850年前诞生后,这样的简易游标卡尺一直使用了一百多年。



图31 邓禄普公司(美国)简易游标卡尺
(测量范围5英寸,分度值1/16及1/32英寸)1920年



图34 雷伯恩父子公司(英国)简易游标卡尺
(测量范围3英寸、80毫米,分度值1/32英寸、1毫米)1920年



图32 切斯特曼谢菲尔德公司(英国)简易游标卡尺(测量范围4英寸、120毫米,分度值1/32英寸、0.5毫米)1900年

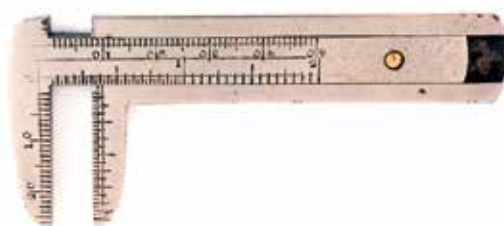


图35 科特里尔公司(德国)简易游标卡尺
(测量范围2英寸、50毫米,分度值1/16英寸、1毫米)1930年



图33 派克公司(英国)简易游标卡尺
(测量范围5英寸、130毫米,分度值1/32英寸、1毫米)1920年



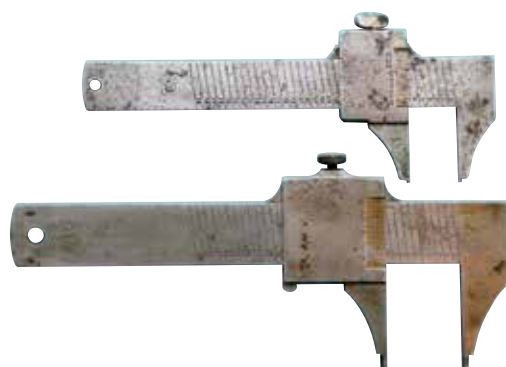
图36 谢菲尔德公司(英国)简易游标卡尺
(测量范围5英寸、13厘米,分度值1/32英寸、0.5毫米)1950年

8.2. 带对角线刻度的滑动卡尺：游标卡尺

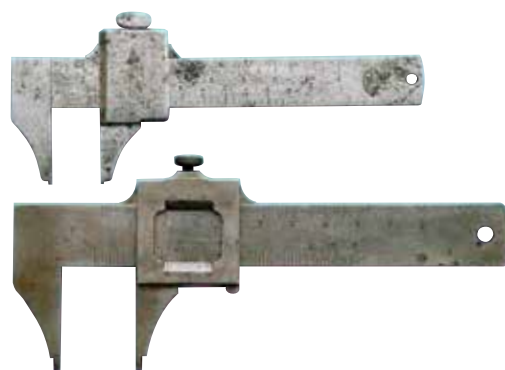
对角线刻度将直角三角形的短边投射到对应的斜边的长度上，容易进行细分，英语叫作“Diagonal Scale”。由希伯来(古代以色列)的莱维·本·热尔松(Levi ben Gerson)在14世纪发明⁵⁾。比游标刻度还早了2个世纪。其用途包括航海使用的十字测天仪(Jacob’s Staff, 测距仪器)、指南针、六分仪等。众所周知，丹麦天文学家第谷·布拉赫(Tycho Brahe)1576年在汶岛(Heveen)设立观测站时，制作了带对角线刻度的壁面四分仪，其半径达到了两米⁵⁾，提高了观测的精度。既然在天文、测量仪器中有所应用，用作游标卡尺的副尺也是合情合理的。但是，将对角线刻度用作副尺的游标卡尺存世并不多，非常罕见。

图37是法国的特德·克鲁姆(Ted Crum)收藏的带对角线刻度游标卡尺^{35)注*4}。推测制造于1850年至1890年之间。使用的单位是毫米和法寸。1840年后是法国以惩罚的方式勒令改换公制单位的时代。因为已经过了那个年代，这把游标卡尺的推测制造年代不免令人质疑。但是，包括光学透镜的焦距在内，透镜厚度等的单位当时依然使用法寸，其用途是测量光学透镜也未可知。而且，拿破仑三世恢复帝制后，也可能在1850年前后放宽了度量衡管制，推测年代时似乎综合考虑了这些不确定因素。

注*4：笔者就对角线刻度游标卡尺是否存在咨询了各国的几十位测量研究人员，其中，美国的罗伯特·J·霍肯教授(Prof. Dr. Robert J. Hocken, 北卡罗来纳大学夏洛特分校, 美国)向笔者介绍了法国的特德·克鲁姆的藏品(The Ted Crum Collection, France)。



(a)正面：对角线(1莱尼)刻度



(b)背面；下：1/10游标刻度，上：无细分

图37 带对角线刻度的游标卡尺
(法国，特德·克鲁姆的藏品)1850年~1890年

在图37中，上排的游标卡尺如(a)所示，只有法国在改换公制前使用的法寸的对角线刻度，另一面则如(b)所示，上行为毫米刻度，下行为法寸刻度，只有对角线刻度进行了小于一个分度的细分。下排的游标卡尺如(a)所示，一面是法寸对角线刻度，另一面如(b)所示，上下分别是毫米和法寸两种刻度，均可使用游标刻度读数。其分度值为1/24法寸(= 0.5莱尼)，对角线刻度使用1/12法寸，即1莱尼，滑块右端纵向刻有12个刻度，可以方便地读取分度值的1/12(= 1磅因)。

下排这把游标卡尺的游标刻度将11个0.5莱尼的下行法寸刻度12等分，用以读取对角线刻度，精确度可达1磅因。上行毫米刻度读数的精确度则为1/10个刻度。这把既有对角线刻度也有游标刻度的游标卡尺可能并不是为了实用，而是为其他用途制造的。

考虑到法寸单位和对角线刻度的使用情况，笔者推测图37中上面的游标卡尺制造于1940年以前，不知各位是否认同。如图76所示，日本在更早的19世纪40年代，就有大野弥三郎规行(大野规行)制造了对角线刻度游标卡尺，后面会进行介绍，请移步参考。

8.3. 带游标刻度的滑动卡尺：游标卡尺

第6章中已经讲过，现存最古老的“带游标刻度的滑动卡尺”，也就是游标卡尺于1840年前后诞生于法国。图38~42是三丰博物馆展出的19世纪90年代的游标卡尺²³⁾。与现存最古老的游标卡尺一样，均为法国制造，由此可见，法国在带游标刻度游标卡尺的普及上走在了前面。

图38是现在的法国ROC公司的游标卡尺的形状，测量范围为150毫米，游标刻度将9个主尺刻度10等分，最小读数为0.1毫米。量爪前端有内侧测量面，适用于10毫米以上的内径。也配备了滑块夹紧机构。

图39的游标卡尺与图38非常相似，测量范围也与图38同为150毫米，但主尺和量爪稍大。而且，图39的游标卡尺通过采用将19毫米20等分的游标刻度，最小读数为0.05毫米，小于图38，更加精确，测量精度与现在的游标卡尺相同。在广泛使用0.1毫米的当时，0.05毫米的最小读数可以说是极其超前的。图40中游标卡尺尺寸略小，但也是法国制造，测量范围为100毫米，最小读数为0.1毫米。

图41的游标卡尺除了常见的内外侧量爪，上方还配备了圆口量爪，在测量管类和有边沿的测量物时，可以避开边沿部分测量厚度等，适用于测量一定深度



图38 游标卡尺(法国制)
(测量范围150毫米，将9毫米10等分，最小读数0.1毫米)1890年前后



图39 游标卡尺(法国制)
(测量范围150毫米，将19毫米20等分，最小读数0.05毫米)1890年前后



图40 游标卡尺(法国制)
(测量范围100毫米，最小读数0.1毫米)1890年前后



图41 带圆形量爪游标卡尺(法国制造)
(测量范围150毫米，最小读数0.1毫米)1890年前后

下的厚度。最小读数为0.1毫米，测量范围为150毫米。1900年前后，德国的海利欧斯公司(Helios Co.)也推出了近似于图38的游标卡尺。

图42是英国罗可公司(Rawco Co.)在1900年前后制造的游标卡尺。其结构与现在的游标卡尺近似，配备有深度杆，可以测量内外径和深度、高低差等，功能多样。而且还配备了滑块微调机构，通精密调节量爪，

可以提高测量精度。测量范围为100毫米、4英寸，最小读数为0.1毫米，英寸游标刻度为1/128英寸，将7个分度值为1/16英寸的刻度分为了8等分。与后面介绍的哥伦布卡尺有相通之处。

图43是1905年制造的精密游标卡尺，由阿道夫菲弗尔贸易公司经销³²⁾，与图41一样，其上方也配备了避开边沿测量管类厚度的量爪，但这一部分采用刀刃测头，有的还适用于薄测量物和小测量物。还配备有滑块微调装置，使用微调装置可以使量爪精密地接触测量物。有的微调装置上还刻有刻度。主尺上行刻度为毫米刻度，采用将9毫米10等分的游标刻度，可以精确到0.1毫米，下行刻度是德国(普鲁士)在采用公制单位之前使用的单位德寸(zoll, 1德寸=26.1毫米)的1/16，将7个刻度8等分，精确度达到了1/128德寸。在单位交替的时候，这种新旧两种单位并用的方式非常方便。图43既有下行德寸刻度配合游标刻度的类型，

也有不配合的类型。除此之外，还有用英寸替代了德寸的类型。现在，德国将游标卡尺的英寸刻度称为德寸刻度。测量范围有200、250、300毫米3种，量爪的长度因大小而异。

阿道夫菲弗尔贸易公司也备有图44中的通用型游标卡尺。既有配备上侧测头，可借助其顶端尖爪测量沟槽等的类型，同时也有没有上侧测头的类型。主尺刻度与图43一样为毫米和德寸，最小读数为0.1毫米、1/128德寸。

图45同样出自阿道夫菲弗尔贸易公司，是该公司在1905年前后销售的“哥伦布卡尺”³²⁾。主尺刻度为毫米刻度与德寸刻度(1/16德寸)或英寸刻度(1/16英寸)的双刻度。量爪分为外侧量爪和内侧量爪，还配备了深度杆，是可以测量深度、高低差等数据的多功能游标卡尺。开创了游标卡尺配备深度杆的先河。名称中似乎暗藏着万事开头难的含义。与图42中罗可公司的



图42 罗可公司(英国)多功能游标卡尺
(带深度杆，下行最大刻度值120毫米，上行刻度5英寸，测量范围100毫米、4英寸 最小读数0.1毫米、1/128英寸(将7个1/16英寸刻度8等分)) 1900年



图43 阿道夫菲弗尔贸易公司(德国)
带精密圆口量爪游标卡尺
(上行最大刻度值200毫米，下行刻度8德寸，测量范围150毫米、6德寸，最小读数0.1毫米、1/128德寸(将7个1/16德寸刻度8等分)) 1905年



图44 阿道夫菲弗尔贸易公司游标卡尺(德国)
(测量范围150毫米、6德寸，最小读数0.1毫米、1/128德寸)1905年



图45 阿道夫菲弗尔贸易公司多功能游标卡尺(德国)
(带深度杆，被命名为哥伦布卡尺，
测量范围100毫米、4德寸，最小读数0.1毫米、1/128德寸)1905年

游标卡尺一样，这样的结构在当时非常超前，与今天的游标卡尺具备相同的测量功能。

图42中罗可公司的游标卡尺制造于1900年前后。另一方面，图45中阿道夫菲弗尔贸易公司的游标卡尺刊载于1905年的产品目录，可见作为带深度杆的游标卡尺，图42中罗可公司的游标卡尺要更早一些。但阿道夫菲弗尔贸易公司命名的“哥伦布卡尺”（图45）会令人联想到产品具有前人无法想像的新功能，也不排除阿道夫菲弗尔贸易公司在罗可公司之前就上市了带深度杆的游标卡尺。至于究竟是阿道夫菲弗尔贸易公司在先，还是罗可公司在先，就没有具体资料来进行考证了。

在精密机械及工具进口商近常商店(Kintsune Shoten，位于东京市京桥区银座二丁目)1922(大正14)年发行的产品目录中，除了史塔雷公司及日本国产的游标卡尺，还刊载了“亨利波卡公司制哥伦布卡尺”³⁶⁾，其结构近似于可测量内外径和深度3种数据的图42罗可公司和图45阿道夫菲弗尔贸易公司的游标

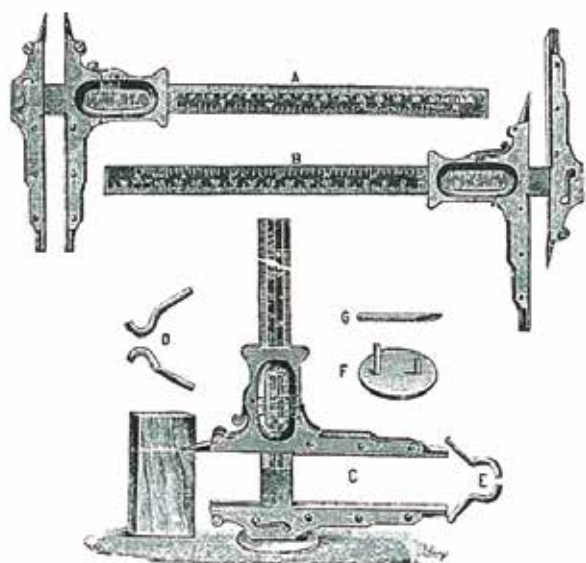


图46 阿道夫菲弗尔贸易公司作业用游标卡尺(德国)的使用例
1905年



图47 俄罗斯制游标卡尺
测量范围150毫米，最小读数0.05毫米(将39毫米20等分)1910年



图48 布朗沙普公司(美国)
(测量范围5英寸，最小读数0.001英寸)1910年

卡尺。看来在当时，哥伦布卡尺是具备3种功能的游标卡尺的统称。

图46是阿道夫菲弗尔贸易公司在1905年前后销售的作业用游标卡尺³²⁾。如图所示，通过将通常游标卡尺的固定侧量爪反向安装，可以根据测量对象的情况进行调整，还可以使用量爪另一端进行划线。为了更换安装方向，固定量爪采用将主尺上的凸销嵌入量爪引导孔中进行固定的方式，可用作高度尺，图46是划线时的情况。

图47是俄罗斯制造的游标卡尺，下侧有普通形状的量爪，上侧为尖爪，可以与有狭窄部位的测量物接触。这是三丰博物馆的展品²³⁾，生产于1910年前后，与日俄战争相隔不久。刻度只有毫米，其最小读数为0.05毫米，测量范围为150毫米。滑块为箱形，将游标刻度精巧地框在其中。

图48中的游标卡尺是三丰博物馆的展品，由布朗沙普公司于1910年制造，测量范围为5英寸，游标刻度如第7章所述，将24个1/40英寸刻度25等分，最小读数为1/1000英寸。图49中游标卡尺的照片刊载于布朗沙普公司1924年的产品目录中²⁴⁾，其规格与前者相

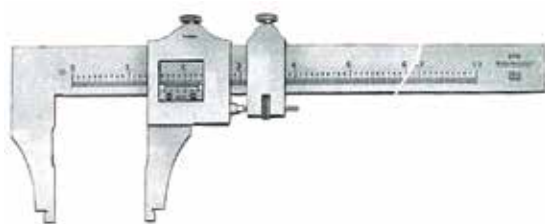


图49 布朗沙普公司(美国)
(最小读数0.001英寸, 测量范围6、12.24、36英寸)1935年



图50 史塔雷公司游标卡尺(主尺分度值1/40英寸, 量爪移动调节螺丝旋转1圈为25等分刻度, 最小读数1/1000英寸)1900年前后

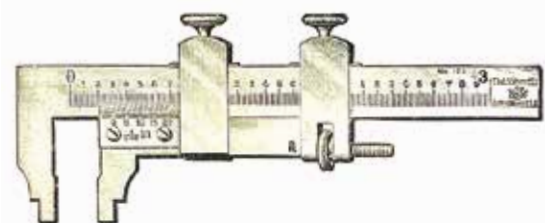


图51 史塔雷公司口袋游标卡尺(美国)
(测量范围1 1/2英寸)1927年

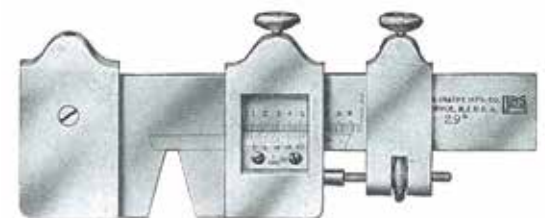


图52 布朗沙普公司螺纹用游标卡尺(美国)
(有适用于螺纹角60° 55° 29° 的类型, 按照螺牙设置, 用于测量螺距等)1924年

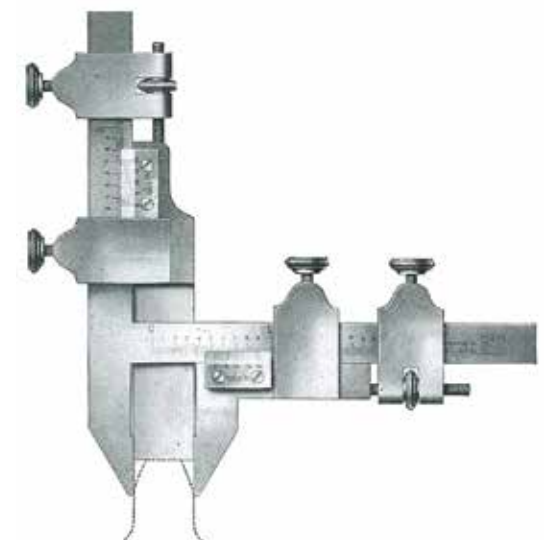


图53 布朗沙普公司齿厚游标卡尺(美国)
(模数1/4~12(周节20~2英寸)
最小读数1/1000英寸)1924年

同。测量范围扩大到了6、12、24、36英寸, 也有测量范围相当的毫米单位游标卡尺, 即150、300、600、900毫米。

图50是1900年左右的游标卡尺, 名为千分游标卡尺²⁹⁾³⁰⁾, 由史塔雷公司制造, 不使用游标刻度, 最小读数为1/1000英寸, 现为三丰博物馆展品²³⁾。主尺刻度的分度值为1/40英寸, 测量范围为6英寸, 一个分度相当于主尺下方移动量爪调节螺丝旋转1圈, 1圈分为25等分, 在螺纹套的圆周上刻有刻度。与千分尺螺杆菌组合, 精度达到了 $1/40 \times 1/25 = 1/1000$ 英寸。是一种稀有的游标卡尺。除了图50中的6英寸外, 还供应过测量范围为4或12英寸的产品。读取1/40英寸分度值以下的分割量操作起来比较麻烦。其使用跨度估计超过了30年。

史塔雷公司在1930年前后制造销售的通用型游标卡尺除了图51之外, 还有与布朗沙普公司制造的图48结构相同的产品。测量范围为4、6、9、12、24、36、48英寸, 能测量非常大的物品。最大的公制游标卡尺的测量范围则为600毫米, 相当于24英寸。最小读数与布朗沙普公司的游标卡尺相同, 将24个1/40英寸的主尺刻度25等分, 精度为1/1000英寸。也许是在测量范围上与之抗衡, 布朗沙普公司在1935年制造出了测量范围为48英寸的游标卡尺²⁶⁾。史塔雷公司则除了结构与图48相同的游标卡尺外, 还制造出了图51中在量爪根部安装刻度专用板来取代箱型滑块的游标卡尺²⁹⁾。其测量范围为1 1/2英寸、40毫米, 最小读数为1/1000英寸、0.02毫米。

不只是这些产品, 布朗沙普公司还投产了用于检

查螺纹工具的各种螺距、螺纹角牙形的游标卡尺(图52), 以及用于测量齿轮齿厚的游标卡尺(图53)²⁴⁾。图52的螺纹用游标卡尺可以设置为螺牙所需螺距的宽度, 以1/1000英寸的精度进行检查。图53的齿厚游标卡尺与现在的产品几乎完全一样。史塔雷公司在制造齿厚游标卡尺的同时, 也推出了图54中的燕尾槽测量用游标卡尺²⁹⁾。这种游标卡尺在测头上安装了滚子, 可以通过滚子与燕尾槽接触, 求出燕尾槽的宽度和形状。这些游标卡尺有着明确的测量对象, 自1900年后问世以来, 一直应用到了今天。

图55、56与千分尺合二为一。借助游标卡尺, 将千分尺的测量范围扩大到了6英寸和12英寸。与图50相比, 使用起来应该更方便。

由此可知, 测头与测量物相对应的游标卡尺出现于1920年前后, 使游标卡尺的用途得到了扩大。

图57是1920年前后在荷兰制造的外侧游标卡尺, 现为三丰博物馆展品²³⁾。这把游标卡尺配备了用来移动滑块的把手和夹紧机构, 有毫米刻度和1/16英寸刻度, 最小读数为0.1毫米、1/128英寸。而且测量面用螺丝安装于量爪上, 可以更换。

图58、59是德国海利欧斯公司(Helios Co.)在1920年前后和1940年前后制造的游标卡尺, 现为三丰博物馆展品²³⁾。海利欧斯公司成立于1910年, 二者分别是其创业期的产品和更成熟的产品。这些游标卡尺形似图32和图34中的简易游标卡尺, 有游标刻度。1920年制造的游标卡尺的测量范围为120毫米和4英寸, 最小



图54 史塔雷公司燕尾槽游标卡尺(美国)
(燕尾槽角度45、55、60度, 测量范围0~12英寸, 最小读数1/1000英寸)1927年



图55 布朗沙普公司带测微头游标卡尺(美国)
(测量范围最大12英寸)1920年



图56 史塔雷公司可动带测微头游标卡尺(美国)
(测量范围最大6英寸)1920年



图57 外侧游标卡尺(荷兰)
(测量范围6英寸、120毫米, 最小读数1/128英寸、0.1毫米)1920年



图58 海利欧斯公司(德国)游标卡尺
(测量范围120毫米、4英寸, 最小读数0.1毫米、1/128英寸)1920年



图59 海利欧斯公司(德国)旋转量爪游标卡尺
(测量范围5英寸, 最小读数1/128、1/1000英寸)1940年

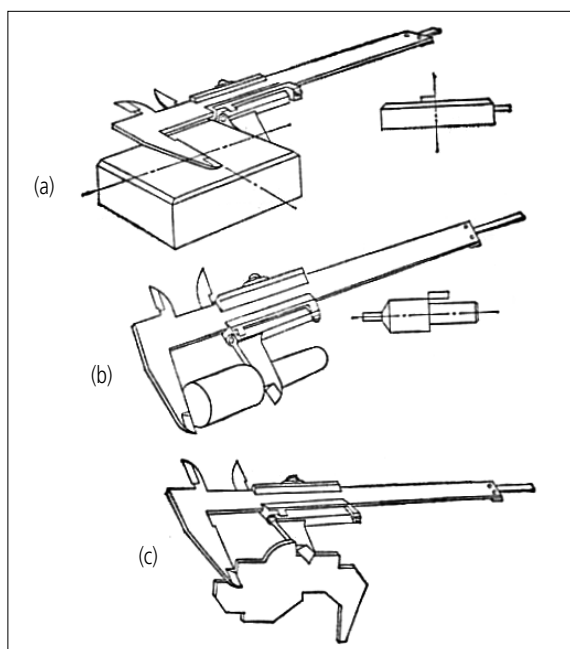


图60 滑动量爪旋转的旋转量爪游标卡尺的测量示例

读数为0.1毫米和1/128英寸，虽然没有深度杆，但有杆型的滑块夹紧机构和把手。1940年制造的后者为旋转量爪型，滑块测量爪能相对于测量轴旋转移动，可以测量复杂的测量物。

图60中列举的例子展示了测量的方便程度，测量对象包括了测量轴偏移的物品、有高低差的物品等。由图可知，借助量爪的形状和活动，可以大大增加测量物的范围。这把游标卡尺是为美国制造的产品，刻度只有英寸，最小读数为1/1000英寸(主尺分度值为1/40英寸，将24个刻度25等分)和1/128英寸(主尺分度值为1/16英寸，将7个刻度8等分)。1920年前后制造的游标卡尺的滑块采用杆型夹紧机构，1940年的游标卡尺则改为了螺丝夹，不仅在外形上与现在趋同，可测量的数据也扩大到了内外侧、深度等。

图61是英国的微精密游标公司(Micro-Precision Vernier Co.)制造的游标卡尺，使用使其为1929年前后³⁷⁾。

其结构、最小读数等与图51中史塔雷公司的游标卡尺非常相似。

图62是德国卡尔马尔公司(Carl Mahr Esslingen a. N.)的游标卡尺³⁸⁾。很像现在JIS的M型游标卡尺。刻度长度为下行160毫米、上行6英寸，最小读数为0.05毫米和1/128英寸，可测量内外径和深度等数据。相对于这种通用型的口袋游标卡尺，图63中的游标卡尺则是用于测量较长的物品，其长度从200毫米至1000毫米，最小读数为0.1毫米、0.05毫米，英寸刻度的最小读数为1/128英寸用和1/1000英寸^{38) 39)}。这种形状近似于图

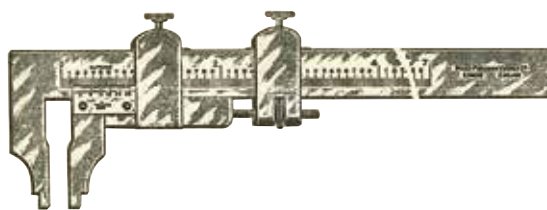


图61 微精密游标公司(英国)游标卡尺
(测量范围5英寸，最小读数1/1000英寸)1929年



图62 卡尔马尔公司(德国)口袋游标卡尺
(测量范围120毫米、5英寸，最小读数0.05毫米、1/128英寸)1931年



图63 卡尔马尔公司游标卡尺(德国)
(测量范围400、500、1000毫米，最小读数0.1毫米)1931年



图64 毛瑟公司(德国)游标卡尺 1940年

38中法国制造的产品或图48中布朗沙普公司的游标卡尺。

图64是德国毛瑟公司(Mauser-Messzeug GmbH)在1940年前后制造的游标卡尺⁴⁰⁾。其形状与图62很像³⁸⁾，估计源自于20世纪20年代。刻度为毫米和英寸，最大刻度值为160毫米，测量范围为135毫米，最小读数为0.1毫米或0.05毫米、1/128英寸。比较早期的游标卡尺中，还有毫米英寸双刻度的类型。可以推测，在20世纪初，像图62和图64这样的游标卡尺已经在德国广泛使用了。

图65是卡尔马尔公司的齿厚游标卡尺，功能与图53中布朗沙普公司的产品相同。适用模数为1至17(周节25~1.5)和5至35(周节5~0.75)。

图66的游标卡尺上仅标注了品牌标志CSE，具体制造商不详，但可以确定是1940年前后在德国制造，刻度只有英寸²³⁾。测量范围为5英寸，最小读数为1/1000英寸，外侧用游标刻度刻在滑块的下半部分，内侧用刻在上半部分。上方有用于测量较薄物品的刀刃式测头，还配备了滑块微调装置，可以确保精度。

综合以上概述可知，到1900~1930年前后，欧美的游标卡尺在功能、形状上都已基本达到了成熟水平。

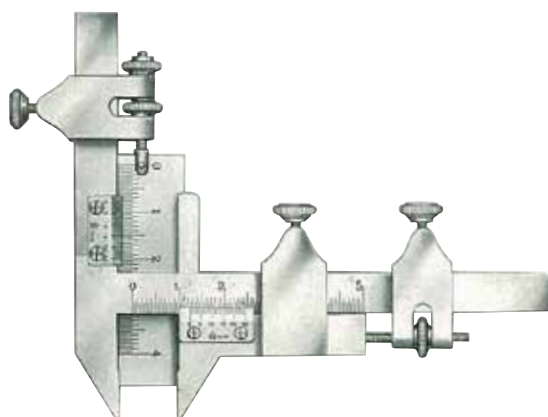


图65 卡尔马尔公司齿厚游标卡尺(德国)
(模数1~17(周节25~1.5), 最小读数0.02毫米、1/1000英寸)1931年



图66 印有品牌标志CSE(德国)的游标卡尺
(测量范围5英寸, 最小读数1/1000英寸)1940年

9. 深度尺和高度尺

深度尺和高度尺采用滑动主尺或沿主尺滑动滑块与测量物接触的形式，虽然有近似于游标卡尺的滑动部分，但并不夹住测量物。第5章已经介绍过，在1850年前后，人们曾借助鞘箱型滑动卡尺样式的简易游标卡尺，使用量爪和主尺、尺鞘上的刻度来测量高度。而且，如图46所示，游标卡尺的使用方法中也包括用作高度尺。测量深度和高度估计是这一用法的延伸，虽然可以想象，深度尺和高度尺是由此发展而来，但开发和开始使用的时间却不得而知。不过，根据德国阿道夫菲弗尔贸易公司1905年的产品目录和布朗沙普公司等1924年前后的产品目录推测，深度尺是在1900年前后，高度尺是在1910年前后出现并开始使用的。下面就来介绍一下当时出现的仪器。

曾于1905年前后在德国使用的没有游标刻度的深

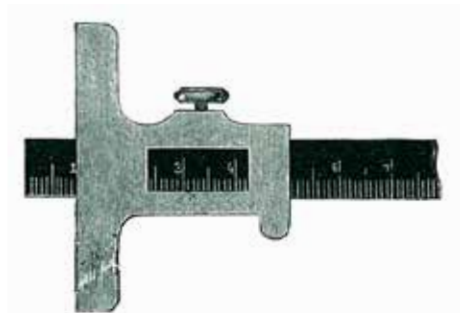


图67 阿道夫菲弗尔贸易公司深度尺(德国)
(测量范围100~300毫米)1905年

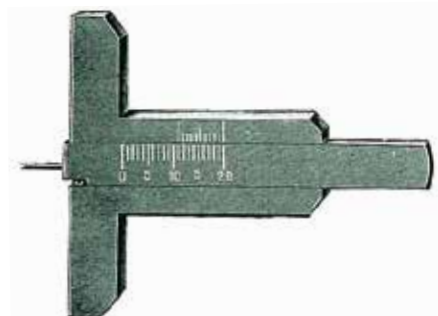


图68 阿道夫菲弗尔贸易公司深度尺(德国)
(测量范围10毫米, 最小读数0.1毫米)1905年



图69 布朗沙普公司深度尺(美国)
(测量范围4.5英寸, 分度值1/32、1/64英寸)1924年



图70 布朗沙普公司深度尺(美国)
(测量范围3又1/2英寸、88毫米, 最小读数1/64、1/1000英寸、0.02毫米)1924年

度尺如图67所示，带游标刻度的深度尺如图68所示²²⁾。

图67的测量范围为100毫米至300毫米，图68的测头细长，能以0.1毫米的精确度读取10毫米以内的数值。

距其略晚一些，图69、70是1924年布朗沙普公司的深度尺²⁴⁾。图69是没有游标刻度的简易深度尺，主尺长度为6英寸，测量上限接近3又1/2英寸。图70的主尺长6英寸或12英寸，有刻度分别为公制和英寸，以及双刻度的类型，最小读数为0.02毫米和1/1000英寸。

史塔雷公司也制造了功能与图69、70基本相同的深度尺²⁹⁾。还有与图68相当的深度尺，其名称为深度角度尺，主尺可以倾斜 $\pm 60^\circ$ 。图71中的深度尺比图68的同等产品更加古老，主尺的位置可向图中的左侧移动，主尺的长度为4和6英寸，该公司还制造了主体底座长3~10英寸的简易深度尺。主尺可向图中的左端移动，按照测量对象的情况使用。

图72是卡尔蔡司公司(Carl Zeiss)的可调式深度尺，

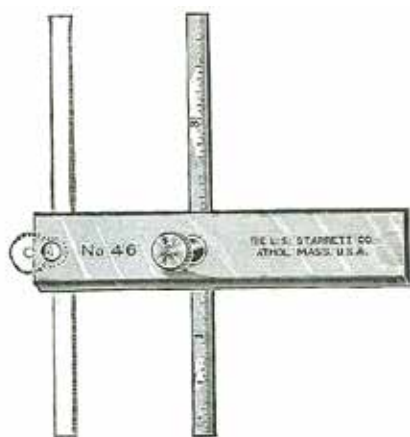


图71 斯塔雷公司深度尺(美国)
(分度值1/32、1/64英寸、主尺长4及6英寸)1924年

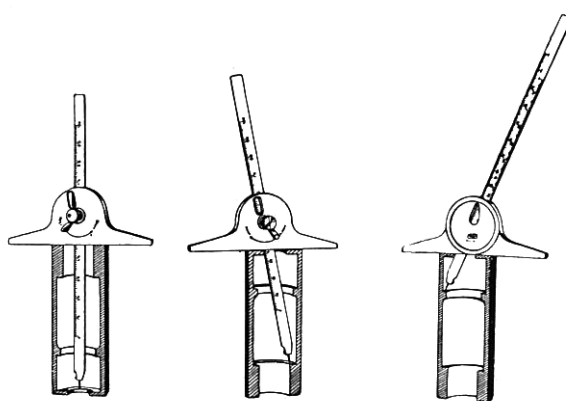


图72 卡尔蔡司公司万能深度尺(德国)
(主尺长6英寸、160毫米,最小读数1/64英寸、0.1毫米)1928年



图73 阿道夫菲弗尔贸易公司(德国)
平面规 1905年



图74 布朗沙普公司18英寸高度尺
(美国)(最小读数1/1000英寸)1924年

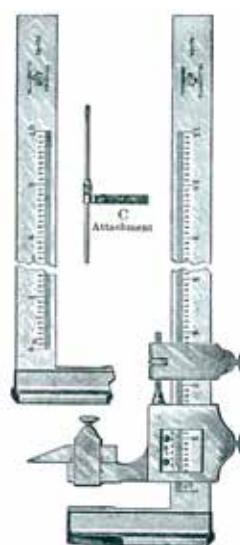


图75 斯塔雷公司10英寸高度尺(美国)
(左上背面、C附件、最小读数1/1000英寸)1924年

可以读取倾斜角 θ ，用刻度值乘以 $\cos \theta$ 求出深度^{41) 42)}。

众所周知，卡尔蔡司公司曾经制造过深度千分尺，与其他仪器相比，该公司的深度尺比较罕见。深度尺似乎是以英寸单位为主。主尺为6英寸、160毫米，最小读数为1/64英寸、0.1毫米。除了图中的深度尺之外，还有垂直移动主尺的类型、角度固定的类型。垂直移动类型的分度值为1/40英寸，使用游标刻度的最小读数为1/1000英寸。

再来看高度尺，阿道夫菲弗尔贸易公司1905年的产品目录中虽然没有记载高度尺，但有图73中在平面

规立柱上附加标尺的产品，高度尺可能是由该产品与图46的使用方法结合发展而来的。

图74是布朗沙普公司的18英寸高度尺，图75是斯塔雷公司的10英寸高度尺。布朗沙普公司也制造了10英寸高度尺，与斯塔雷公司的产品规格相同。10英寸高度尺的背面也有标尺刻度，刻度从1英寸高至11英寸高。如图75的背面图所示，刻度是以距离底座基准面1英寸的高度为零位，也就是以正面1英寸的位置为零，使用起来非常方便。而且还尝试配备了图75中的C附件，用以测量有边缘的测量物等。

10. 日本使用游标卡尺的开始

日本是从什么时候开始使用游标卡尺的呢？非常遗憾，关于具体的人物和时间，目前还并不清楚。常见说法是始于进口，相传是在大正年间。但日本首次进口机床并使用是在幕府末年，由此推算，游标卡尺进口的时间可能要远远早于明治。

回顾日本进口机床，也就是机械加工方法传入的时代，要追溯到江户幕府1857(安政4)在荷兰的指导下设立近代造船机械工厂——长崎钢铁厂⁴³⁾⁴⁴⁾。1853(嘉永6)年，美国使节佩里率近代化舰船来到浦贺，要求日本开放国门。这一年，第2届世界博览会在纽约举办。日本求助于在几年前(1844及1847年)就曾建议日本开放国门的荷兰，邀请荷兰技师来到长崎钢铁厂并于1856(安政3)年成行。

长崎钢铁厂一期建设于1861(文久元)年完工，1871(明治4)年成为工部省下属的长崎造船厂，之后在1888(明治20)年转让，成为了现在三菱重工株式会社的长崎造船厂。由法国指导建设的浦贺造船厂则于1857(安政4)年开工，在1859(安政6)年建成日本第一座干船坞，对咸临丸进行了整修。之后，在将舰艇建造移交给1865(庆应元)年设立的横须贺造船厂(二战前的横须贺海军工厂)后，浦贺造船厂于1868(明治元)年关闭。在此期间，法国技师于1866(庆应2)年来到了横须贺钢铁厂。

长崎钢铁厂是经荷兰建议，在1857(安政4)年设立的造船厂，其源头要追溯到1855(安政2)年设立的幕府海军传习所，请来的荷兰海军教师会在这里对幕府、各藩选拔的学员进行海军训练。当时，日本曾委托荷

兰制造军舰日本号(咸临丸)，并在1856(安政3)年进口了十几台荷兰阿姆斯特丹制造的机床⁴²⁾~⁴⁴⁾。

钢铁厂使用熔炉进行铸造，使用蒸汽锤进行锻造，使用机床进行切削加工，还使用铁板和铜板制造筒罐(制造锅炉)等。像这样使用机械制造物品需要借助测量仪器，由此可以推测，在进口机床的同时，可能也进口了毫米刻度的尺子和游标卡尺。浦贺造船厂在1861年从法国进口了设备。由此可以设想，法国对于日本的长度测量仪器应该也产生了不小的影响。但遗憾的是，长崎造船厂虽然留有与机床相关的记载，但并没有提到游标卡尺和测量器具⁴⁵⁾。

1862(文久2)年，幕府向荷兰派出了15名武士和技术人员作为留学生。各藩也曾私下派遣过留学生，1866(庆应2)年，幕府下令准许海外留学。日本由此结束了闭关锁国的历史，与荷兰相比，更多的留学生去往了美国、英国、法国、德国。

顺便一提，反射炉作为近代技术的起点，在日本也是佐贺藩充当先锋，在1850(嘉永3)年运用荷兰技术自主完成了制造，紧接着，幕府于1852(嘉永5)年在伊豆的韭山，萨摩藩于同年，水户藩(那珂凑)于1853年分别进行建造，制造了铁制和青铜大炮。由于荷兰于1821年全面推行了公制，技术图纸应该为公制单位。而且，法国也在1840年改换了公制单位⁴⁶⁾⁴⁷⁾。因此，建造反射炉时使用的是公制单位。在日本引进荷兰制造和法国制造的机床后，两国的机械技术人员来到日本教授日本人机械加工方法⁴³⁾⁴⁴⁾，其间使用的也是公制单位。

根据以上情况推测，由于美国是从1851年开始制造游标卡尺，而且产量非常少，因此可以排除美国开发的游标卡尺经由欧洲在幕府末期进入日本的可能性。更合理的推测是游标卡尺进口自法国和荷兰两国，但目前还无法证实。

与以上来源完全不同，在幕府末期就任政治总裁统管幕府的松平春岳拥有一把叫作“玉尺”的游标卡尺，制造者是其所在的福井藩任用的大野弥三郎规周。这把游标卡尺已捐赠给福井市立乡土历史博物馆保存。其外形如图76所示。

这把游标卡尺上刻有大野弥三郎规周的标志(图

76 (d))。经工业考古学家、尺和长度测量工具收藏家梶原利夫推断，这个标志属于大野规周，其制造年代是大野规周赴荷兰留学之前的1855~1861(安政2~文久1)年⁴⁹⁾。因此，这是现存日本最古老的带游标刻度的滑动卡尺，即游标卡尺。其制造与上述钢铁厂、造船厂的设立并无关联。

与美国布朗沙普公司1851年开始制造游标卡尺³⁾相比，大野规周制造游标卡尺是在1858年前后，其父大野规行的对角线刻度游标卡尺(后面会进行介绍)制造于1843(天保14)年前后，可见日本制造游标卡尺的历史一点都不落后于世界。



(a)正面概观(主尺为毫米刻度)

(b)滑块的游标刻度

(c)背面概观(寸、分、厘刻度, 5寸)

(d)大野弥三郎规周的标志

图76 大野弥三郎规周制造的游标卡尺，其名为玉尺，最大刻度值为150毫米(测量范围130毫米，背面刻度的主分度为5厘，测量范围为5寸5分) 1855~62年前后(安政年)制造，曾为松平春岳所有，现藏于福井市立乡土历史博物馆

大野规周出身于加贺藩，1855(安政2)年被越前藩的松平春岳征召教授藩士仪器制造技术。1862(文久2)年至1867(庆应3)年期间奉幕府之命赴荷兰留学，回国后担任幕府海军仪器师、福井藩仪器师，明治维新后奉太政官之命任工作部等司判事。大野规周的祖父大野弥五郎规贞和父亲大野规行都是江户幕府的历史御用钟表师，是为伊能忠敬制造测量仪器的家族，拥有精湛的仪器制造技术。

图76中的游标卡尺正面主尺刻度为毫米，最大刻度值为150毫米，测量范围为130毫米，滑块窗上雕刻的游标刻度将9毫米10等分，最小读数为0.1毫米。该游标刻度的零位距离滑块测量面约10毫米。背面的刻度为尺和分，下行刻度自固定量爪测量面起，在4寸之内以2厘为刻度，后面与顶端5寸之间的1寸则以1厘为刻度，上行刻度自固定量爪的拐角起，以5厘为刻度，长5寸5分，没有游标刻度，可作为尺子使用。材质为黄铜，主尺宽15毫米(5寸)、厚2.2毫米，主尺侧量爪宽约15毫米，滑块侧量爪宽11.5毫米，量爪长80毫米，去掉滑块部分的话，总宽度为97毫米，加上滑

块后约为100毫米。

如图77所示，大野规周的父亲大野规行也制造了带对角线刻度的滑动卡尺，即游标卡尺。这把游标卡尺的材质为黄铜，从图77(a)中可以看出，对角线刻度的分度值为1分，最大量程为3寸。为方便读取对角线刻度斜边与滑块边缘的交点，滑块边缘纵向刻有0到10的刻度，读数单位为厘。背面的分度值为5厘，最大量程为5寸，取下滑块，转动主尺下部刻度部分使其伸直后，可以作为1尺长的刻度尺使用。这把滑动卡尺现由前面提到的梶原利夫保存，他根据大野规行的生平推算，其制造时间应为19世纪40年代前叶。

8.2节的图37介绍了法国的特德·克鲁姆收藏的对角线刻度游标卡尺，除此之外，此类游标卡尺的存世情况尚不清楚。包括残品在内，大野规行的游标卡尺在日本国内的博物馆中仅存数件，值得重点拿来介绍。而且，虽然其刻度分割方式不同于前面大野规周的游标卡尺，但读数的精确度达到了分度值的1/10，可以称之为日本现存最古老的游标卡尺。



(a)正面对角线刻度，最小读数1厘



(b)背面寸刻度，分度值5厘，最大刻度值5寸

图77 大野弥三郎规行的对角线刻度游标卡尺，拆下滑块旋转主尺下部即可将背面刻度用作1尺长的尺子 19世纪40(天保11)年代前叶

野规周完全有可能制造这种仪器。

当时，从荷兰传入的大炮、高炉等的图纸采用公制单位，游标卡尺使用毫米刻度也可以理解。另外，位于江户两国横山町三丁目(现在两国桥西端附近)的玉屋吉次郎店在1852(嘉永5)年发行用于销售测量仪器的引札，称仪器的制造者是测器师大野弥三郎规周，并绘有天文测量仪器和土地测量仪器的图案。测量仪器主要用于农业生产所需要的土地测量⁵¹⁾。

图76中大野规周制造的游标卡尺每一条刻度都非常清晰，游标刻度的2、7、8刻度略粗。如图79所示，笔者使用这把游标卡尺测量同轴异径圆柱试样、板状高低差试样和量块，得到了表1、2的结果⁵²⁾。测

量重复了5次，表中的测量结果表示测量值的范围和平均值。基准值使用三丰测量室的测长器测量，数值精确到微米，按照游标卡尺的测量值进行了舍入。测量的平均值如果与基准值一致，表示读数正确。另外，使用量爪的根部和前端进行测量时，测量值存在变化，但差异在0.1毫米以内。

测量时的室温为25.5~26.7℃，按照测量的平均长度为25毫米计算，钢和黄铜的热膨胀系数之差所产生的影响仅为0.001毫米，可以忽略不计。从整体结果来看，测量值与基准值非常一致。这把游标卡尺的测量的扩展测量不确定度为0.08毫米，考虑到游标的情况，其精度不逊于现在的游标卡尺。另外，从70毫

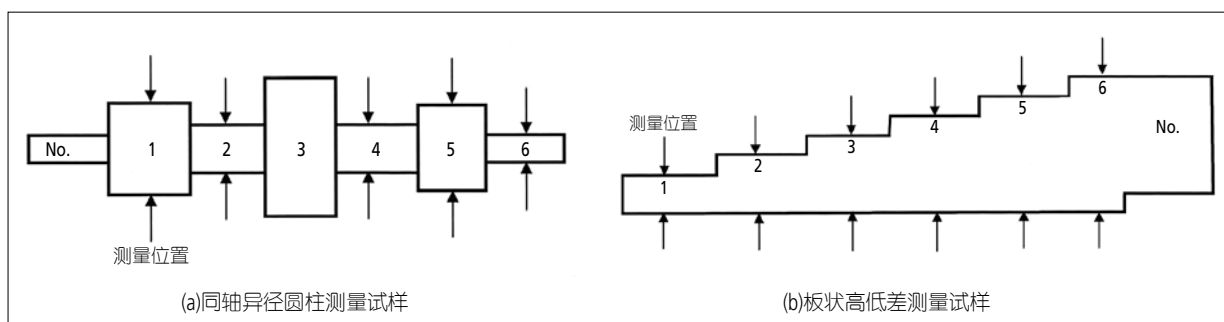


图79 测量试样的形状(圆轴及平面)和测量位置

表1 圆柱试样的测量结果(测量时气温25.5~26.7℃)

单位: 毫米

测量位置	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6
基准值	15.97	13.92	24.94	13.76	18.02	11.96
测量值	15.9 ~ 16.0	13.9	24.9 ~ 25.0	13.7 ~ 13.8	18.0 ~ 18.1	11.9 ~ 12.0
测量平均值	15.96	13.90	24.98	13.78	18.02	11.98

表2 板状试样两面之间和量块(G.B.)的测量结果(测量时气温25.5~26.7℃)

单位: 毫米

测量位置	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6	G.B. 1	G.B. 2	G.B. 3
基准值	6.34	9.59	14.54	18.22	22.10	24.16	30.000	75.000	105.000
测量值	6.3 ~ 4	9.6	14.5 ~ 6	18.2 ~ 3	22.1	24.2	30.0	74.9 ~ 75.0	104.9
平均值	6.38	9.60	14.54	18.24	22.10	24.20	30.00	74.94	104.90



图80 黄铜制简易游标卡尺，江户时代后期



图81 滋贺，长滨，国友九兵卫家传黄铜制滑动卡尺

米开始，刻度似乎稍有变大，读出的数字偏小。但无论怎么说，其测量性能非常不错。

图80是当时制造的一把没有游标刻度的滑动卡尺，也就是简易游标卡尺，其材质为黄铜，采用沿狭缝引导滑块进行测量的结构。与图77的游标卡尺一样，这也为梶原利夫所有，制造者的姓名和制造年代不详。主尺刻度的分度值为2厘，最大量程为4寸，滑块侧刻度的分度值为1分，最大量程为5寸，可以作为尺子使用。背面刻度的最大量程为5寸5分，分度值为2厘。刻度似乎并不均匀。狭缝规格的游标卡尺以图5中最古老的中国卡尺为准。考虑到尺寸大小的变化比中国晚150年左右¹³⁾⁵³⁾⁵⁴⁾和货币传入等情况，虽然不清楚具体时期，但滑动卡尺进入日本的时间可能非常晚。

与其样式相同，图81中的这把简易游标卡尺传到了在近江，也就是现在滋贺县的长滨市为织田信长大量制造火绳枪的枪械工匠国友九兵卫的家中⁵⁵⁾。国友家从战国时代开始，就一直为丰臣、德川效劳，但从

图82 滋贺，长滨，国友藤八制造的黄铜制滑动卡尺
(丰田技术博物馆产业技术纪念馆收藏)1855年

何时开始使用简易游标卡尺就不得而知了。另外，图82是国友藤八制造的黄铜制滑动卡尺，是丰田技术博物馆产业技术纪念馆收藏并保存的简易游标卡尺⁵⁶⁾。这把简易游标卡尺据说是河内国狭山藩北条家的家臣、武将首领林外守在驻守近江的飞地时，于1855(安政2)年进奉的测量工具，其制造时代应该与大野规周制造的游标卡尺相同。

不同于独立制造游标卡尺的大野规行、大野规周和国友锻冶师，有些木制简易游标卡尺在制造时模仿了江户时代末从长崎和浦贺传入，或是明治时代初期传入的简易游标卡尺。三重县的秤乃馆收藏有前面介绍过的法国的古老游标卡尺，图83至图87中展示了该馆的部分简易游标卡尺藏品。滑动卡尺为木制及黄铜制，绝大多数没有游标刻度，其制造时间多为明治时代。木制的图83~85看上去与美国的布朗沙普公司和史塔雷公司图18和图22中的简易游标卡尺相似。图86是为珍珠、玉石、宝石，图87是为稍大的特殊物品制

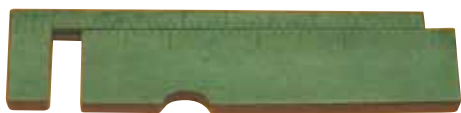


图83 木制简易游标卡尺(玉尺), 明治时代



图84 木制简易游标卡尺(玉尺), 明治时代



图85 木制简易游标卡尺(玉尺), 明治时代



图86 金属制小型简易游标卡尺(玉尺)明治时代



图87 黄铜制量爪简易游标卡尺, 明治时代

造的游标卡尺。由此可见，与欧美一样，日本也有过没有游标刻度的简易游标卡尺与有游标刻度的游标卡尺共存的时代。

日本最早对于游标卡尺工业应用的记录，是1903(明治36)年8月东京高等工业学校(现东京工业大学)聘任的弗朗西斯教授(W. C. A. Francis，普惠公司技师)从美国带来的测量工具有游标卡尺³⁾。由此可知，该校从这个时候开始，就已经在使用游标卡尺了。如果游标卡尺是在此时传入的日本，其名称就应该源自于“Vernier Calliper”，而非源自于德语和荷兰语的“*NoGiSu*”。

有文献记载，在1903(明治36)年于大阪召开的第5届内国劝业博览会上，大阪市南区顺庆町的大谷展出了钢制和黄铜制游标卡尺³⁾。这比1840年法国的游

标卡尺晚了约60年，比美国的布朗制造游标卡尺晚了52年，比大野规周制造晚了45年。在博览会上，除游标卡尺外，大谷还展示了内外径用卡钳、圆规、角尺、直尺，可见该公司是一家测量工具制造商。而且在那个时候，游标卡尺(*NoGiSu*)这个名称估计已经普及了。由此可见，这不可能是传袭自大野规周，或是日本另外创造出了游标卡尺，估计是仿制的1903年以前的进口产品。还有可能是明治初期的公聘德国技师带来的。

1905(明治38)年，池贝铁工所接到东京高等工业学校的订单，制造了2台布拉德福德型14英寸车床，当时的机械制造商是使用卡钳和尺子测量尺寸，既没有使用游标卡尺，也没有使用千分尺。但学校在验收这2台车床时，使用了弗朗西斯教授带来的测量工具，因此检查总是不合格，只得苦苦返工，检查遇阻，最

大的问题其实出在测量工具的差别上面³⁾。也就是可以认为，除了特定用途，游标卡尺当时在日本几乎没有应用。但是，既然大阪的制造商两年前在博览会上进行了展出，在关西也许是有一些应用的。然而，池贝铁工所作为当时一流的机床制造商，该公司都没有使用，着实令人费解。园池制作所代表池田辰卫撰写的《实地工作术》发行于1907(明治40)年，是吴海军工厂造机部机械工厂的学徒工教科书，书中明确记载了“Vernier Calliper”(俗称的游标卡尺)。图中是布朗沙普公司产品的形状³⁾。

11.游标卡尺在日本投入工业化生产及普及

游标卡尺在日本得到全面应用，据说始于大正初期从英国进口的普通型游标卡尺³⁾⁵⁷⁾。这种形状的游标卡尺是从英国进口的，因此也叫作英式游标卡尺。图88是日本仿制的普通型游标卡尺，其制造者不详，上有“东京㊦标记”，制造时间为1935年前后，现展出于三丰博物馆²³⁾。这把游标卡尺的正面为英寸刻度，分度值为1/8英寸，最小读数为1/64英寸，测量范围为1英尺，背面刻度为毫米和寸，分度值为1毫米和1分，最小读数为0.05毫米和1厘，测量范围为300毫米和1尺。1944年，杉浦商店也制造了基本相同的产品，区别在于英寸刻度的最小读数为1/128英寸，最大量程为12英寸。除此之外，还有图89这种将主尺从板状改换为圆棒形的特殊形状游标卡尺。板状主尺容易弯曲变形，而圆棒形的特点在于可以减少变形的风险。测量范围为150毫米，最小读数将49毫米50等分，为0.02毫米。而且，固定量爪的位置可以移动5毫米，两个量爪可以更换，使用起来非常方便。

同一时代的游标卡尺还有图90中测量范围为1米，

在NIIGATA三角山的下面写有“サ”字的普通型游标卡尺，现展出于三丰博物馆²³⁾。这把游标卡尺的正面刻度最大可测量40寸，下行刻度的分度值为1/16英寸，最小读数为1/128英寸，上行刻度分度值为1/20英寸，最小读数为1/200英寸，背面的最大刻度为1000毫米和3寸3分，最小读数分别为0.05毫米、5毛。就当时的条件而言，这把游标卡尺的刻度直到1米都非常精确。

当时的普通型游标卡尺大多上行为英寸刻度，下行为毫米刻度。也有不少是正面为英寸刻度，上行和下行刻度的最小读数分别为1/100英寸、1/128英寸，背面的上下分别为毫米和寸分刻度。在当时的游标卡尺中，有种刻度叫作三国四段刻度⁵⁷⁾，正面是毫米和英寸刻度，背面是英寸和寸分刻度，适用于测量范围为300毫米的游标卡尺。更长的游标卡尺则有正反分别是英寸和毫米刻度，最小读数为1/128英寸、0.05毫米的两国四段刻度。直到二战期间，这种类型都很常用。



图88 东京㊦标记(日本)普通型游标卡尺 1935年



图89 忍研制(日本)圆棒型游标卡尺 1940年



图90 新潟山サ标记1 m 普通型游标卡尺 1935年

与普通型游标卡尺相比，图91中的长口量爪普通型游标卡尺的量爪更长一些⁵⁷⁾，这种量爪一般配备于测量范围在300毫米以内的游标卡尺，可以测量直径160毫米以下的钢管。在二战时的1944年，日本还模仿图41和图43，制造了图92中量爪为圆口形的圆口量爪普通型游标卡尺，图93中量爪为圆方口形，适用于测量钢管和有边沿物品的游标卡尺。从量爪的形状来看，普通型游标卡尺的特点在于容易制造出各种形状，以适应不同的用途。

与英国相比，美国制造的游标卡尺在日本普及的时间要晚得多，布朗沙普公司和斯塔雷公司制造的游标卡尺在昭和初期进口到日本，应用都比较广泛。如图49所示，这些游标卡尺的滑块为箱形，量爪前端备有用于测量内侧的测头。图94是1944年仿制布朗沙普公司的游标卡尺，现展出于三丰博物馆。

德国制造的游标卡尺有昭和4、5年前后进口的毛瑟公司(Mauser-Messzeug GmbH)的产品，这种形状的游标卡尺极其普及。同样形状游标卡尺见于英国罗可公司(图42)、德国阿道夫菲弗尔贸易公司(图45)、卡尔马尔公司(图62)、毛瑟公司(图64)等，因此，这种形状被称为是欧式，特别是德式形状。战后制定的JIS采用了这样的形状。日本生产的游标卡尺大多是从仿制德式，尤其是毛瑟式起步的。

为了区别美国、德国的产品，日本有一段时期对说法进行了区分，将美国产品形状(后面介绍的JIS的CB型)的游标卡尺叫作“卡尺”，德国产品形状(JIS的M形)的游标卡尺叫作“游标卡尺”。

姑且抛开这些不论，直到1930(昭和5)年前后，外国产品完全占据了市场需求，日本尽管也有前面提到的大谷在明治年代制造的产品，但直到1930(昭和5)年，

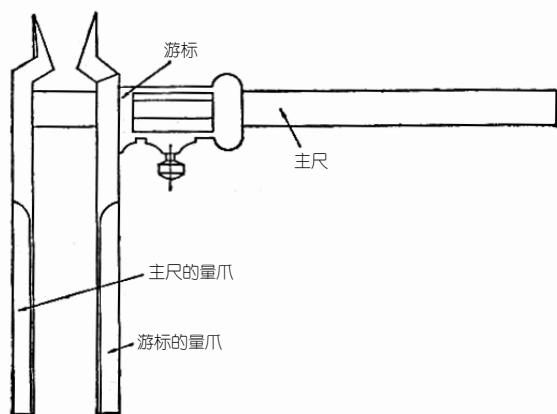


图91 长口(长量爪)普通型游标卡尺 日本昭和初期

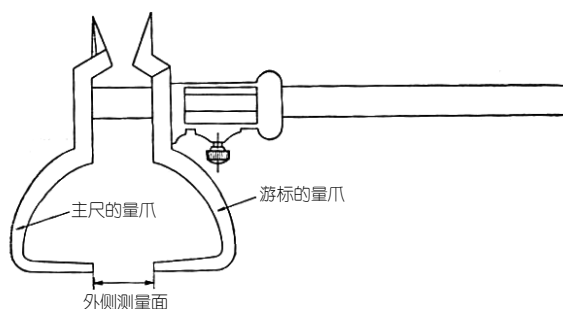


图93 圆方口量爪普通型游标卡尺(厚壁用)日本 昭和初期



图92 (株)藤山制作所圆口量爪普通型游标卡尺 1944年



图94 冈田安吉店(日本)布朗沙普型游标卡尺 1944年

才有田岛制作所开始工业化生产游标卡尺^{58)~60)}。

当时，田岛制作所叫作松雄制作所，制造长度基准器，使用图95中瑞士SIP公司(Societ Genevoise d' Instruments de Physique)的直线刻度机⁶¹⁾制造游标卡尺的刻度。如图95(b)所示，这台刻度机配备了螺纹导程周期、导程误差的校正板机构，使安装了主尺的滑台实现了进给的正确性⁶²⁾。

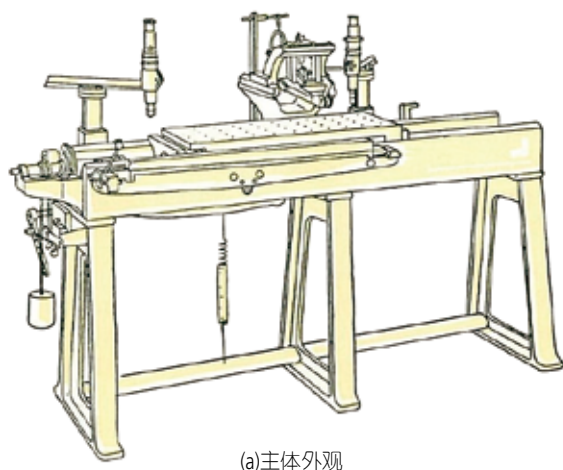
紧随其后，中村制作所从1938(昭和13)年开始制造游标卡尺⁵⁸⁾。中村岩夫在别人建议下，以投产游标卡尺为目标，创立KANON游标卡尺研究所，在研究光学刻度技术的同时，制造出了毛瑟式游标卡尺。最初的产能约为每月100把，以KANON游标卡尺的名称销售。KANON是拉丁语规范、基准的意思。1943(昭和18)年，公司更名为中村制作所。前面介绍美国布朗沙普公司制造游标卡尺的历史时说过，使用刀具以等间隔正确雕刻游标卡尺的刻度并非易事，中村制作所通过研究开发光学刻度制作技术，利用烧蚀照片的原理，成功开发出了照片蚀刻方式的刻度制作法⁵⁷⁾。使量产游标卡尺成为可能，并于1943(昭和18)年投入量产，回应了市场需求。在二战期间，游标卡尺的使用量增加，达到了相当高的普及程度。

在二战结束前，主要是战争期间，游标卡尺需求量巨大，制造游标卡尺的工厂越来越多。除田岛制作所(1940年之前叫作松尾度器)外，东京有杉浦商店、西铁城钟表、高山精密、建林幸亮(个人)、竹内制作所、玉屋商店、户越精机、中村制作所、日本精测器、松浦制作所、YAMAYO测量机(1964年之前叫作鸭下

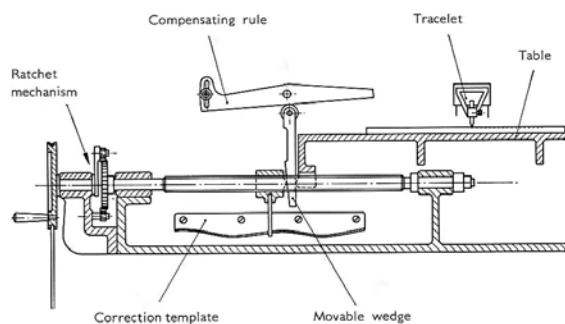
等工厂⁶³⁾，在新潟、岐阜、大阪等地也有不少企业。

当时，游标卡尺被视为一种直尺，按照度量衡法的规定，制造商需要拥有制造许可。只有国家或有代理资格的都道府县检定所检验合格的游标卡尺，才能打上合格证的标记进入市场。可以说仪器的误差取决于检验精度。

1945(昭和20)年，二战的战况急转直下，根据当年颁布的敕令第222号，游标卡尺自同年1月1日起从直尺中独立出来，成为新的测量仪器类别，并且制定了检验公差⁶⁴⁾。齿厚游标卡尺也作为特殊测量仪器加入了进来。然而，战争很快宣告结束，随着仪器制造业偃旗息鼓，游标卡尺等测量工具的制造也中断了。



(a)主体外观



(b)导程误差的校正机构

图95 SIP公司直线刻度机

12. 二战后游标卡尺的动向，日本工业标准 JIS 的制定

战后，欧美在制造基本样式的游标卡尺的同时，也在制造应用产品。下面就从三丰博物馆的展品中选取几件进行介绍²³⁾。

图96是英国宙斯公司(Zeus)的游标卡尺，除内外侧外，还备有用于测量线和点的位置间隔的测头，滑块上的把手还可借助拨杆用于固定。

图97是德国制造的圆规游标卡尺。可用于点间测量、圆规及划线，精确度为1/1000英寸，最大可测量6英寸。可见在二战结束后，德国先于日本建立起了工业。

图98是德国Multipro公司(Multipro Inc.)的游标卡尺，固定测量爪可通过读数为0.1毫米的游标刻度移动固定，适用于测量有高低差的物品。主尺最小读数为0.02毫米，最大可测量250毫米，上行刻度为英寸，

读数为1/128英寸，最大可测量10英寸。

图99是瑞士标准具公司(Etalon)的游标卡尺，进行了倒角，上部备有细硬的测头，适用于测量端部较厚的物品或是槽部⁶⁵⁾。销针长度为0.4英寸，最大刻度为10英寸和250毫米，读数可精确到1/1000英寸或0.02毫米。

图100是毛瑟公司的内侧测量专用游标卡尺，备有可用于测量内槽的测头。下行刻度的最小读数为0.05毫米，最大可测量140毫米，上行刻度能够以1/128英寸的精确度测量5英寸左右的长度⁶⁶⁾。图101是毛瑟公司的圆棒主尺游标卡尺，能以0.05毫米的精确度测量较薄物品的宽度和孔内的高低差等，是一种短量爪游标卡尺⁶⁶⁾。

相对于欧美，日本的田岛制作所及中村制作所早



图96 宙斯公司(英国)游标卡尺
(测量范围140毫米、5英寸，最小读数0.02毫米、0.001英寸)1950年



图99 标准具公司(瑞士)游标卡尺 1956年



图97 圆规游标卡尺(德国)
(测量设定长度6英寸，最小读数0.001英寸)1950年



图100 毛瑟公司(德国)内侧槽游标卡尺 1961年



图98 Multipro公司(德国)偏置卡尺 1967年



图101 毛瑟公司(德国)薄工件、孔内高低差游标卡尺 1961年

在1946(昭和21)年就恢复了生产⁵⁸⁾。三丰制作所紧随其后，在1949(昭和24)年开始试制，并于同年11月按照度量衡法获得制造许可开始进行生产。与大多数公司一样，三丰的游标卡尺最初也是手工刻线。游标刻度从1954年起改换机械进给刻线法，主尺刻度则在1955(昭和30)年初改换了借助日光的照片烧蚀刻线法。1958年之后又从日光方式发展为使用汞灯的照片烧蚀刻线法^{58) 67)}并投入了量产。

1950(昭和25)年6月朝鲜战争爆发，为满足其特殊需求，日本的机械工业展开了行动。从此时开始，游标卡尺的需求再次增加，应工业界要求，游标卡尺的日本工业标准JIS于1954年3月出台⁶⁸⁾。当时，由于被联合国军占领，日本的很多工业领域都使用英制单位，降低了推行公制单位的力度，但在联合国军司令部经济科学局的指示下，又重新出现了以公制单位为基准制定度量衡法的动向。1951年9月旧金山对日和平条约缔结，在不久前的1951(昭和26)年6月，修改后的度量衡法以计量法的名称出台，从随后的1952年3

月开始实施。自1959(昭和34)年1月1日起，日本开始统一使用公制单位。前面介绍的两国四段刻度游标卡尺等非公制单位的游标卡尺于1958年12月停产。紧接着，国家又对计量器的检验进行研究，在1953年8月将检验权限依次下放给都道府县，新潟县、德岛县从同年9月开始进行检验。之后，游标卡尺的检验不再受计量法管辖，转而采用了JIS标准。

1954(昭和29)年制定的JIS采用了M型、CM型、CB型⁶⁸⁾。前面的第11章介绍的大正初期进口的普通型游标卡尺出于精度和量产等方面的考虑，没有得到JIS的采用。因而逐渐退出历史舞台，销声匿迹了。这也迎合了统一采用公制单位的社会情况的需要。

M型游标卡尺采用德国毛瑟公司(Mauser)的形状，取其首字母命名⁵⁷⁾。如图102和图103所示，这种结构可用于外侧、内侧、深度等各种测量，是最常用的游标卡尺。也叫带深度型。M型分为M1型(图102)和M2型(图103)，二者的滑块均为槽型，上部配备内侧用喙形测头，区别在于前者没有滑块微调装置，后者带滑

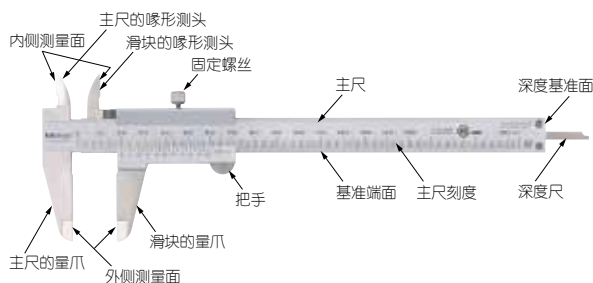


图102 JIS M1型游标卡尺 1954年



图103 JIS M2型游标卡尺 1954年

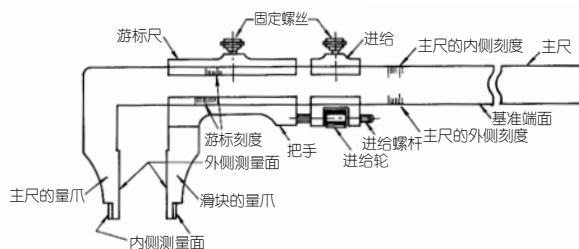


图104 JIS CM型游标卡尺 1954年

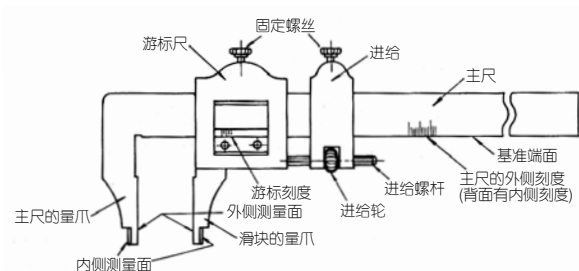


图105 JIS CB型游标卡尺 1954年

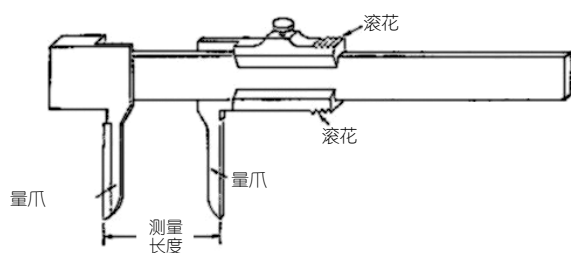


图106 内侧用游标卡尺 1960年前后

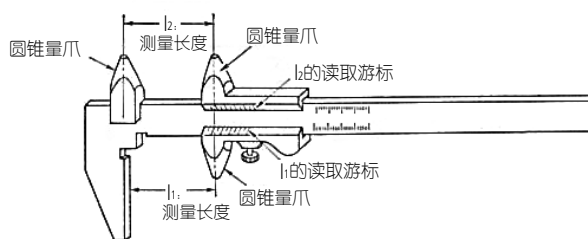


图108 圆孔中心测距游标卡尺 1960年前后

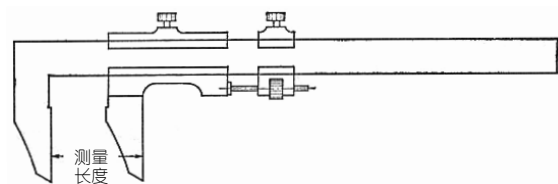


图107 滚子链节距测量游标卡尺 1962年前后

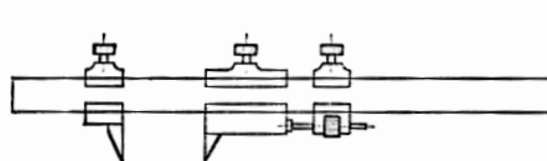


图109 游标划线卡尺 1960年

块微调装置。

CM型游标卡尺的结构如图104所示，带游标刻度的滑块可以微调进给，具有可以精密测量的特点。CM型游标卡尺与M型一样，滑块为槽形，不同于M型游标卡尺，外侧量爪前端配备内侧用测头，是没有深度杆的游标卡尺⁶⁸⁾。用于测量较长长度的游标卡尺大多是这种CM型游标卡尺。型号名称CM的C指卡尺(Calliper)，M是德国毛瑟公司的M。取其国名，有时也叫德式。

CB型游标卡尺的名称取布朗沙普公司的B和“Calliper”的C，其外形如图105所示⁵⁷⁾。也叫作史塔雷式。内侧测量面与CM型一样，配置在外侧测量面的前端部分。滑块为箱形，受箱体大小限制，游标刻度偏短。滑块背面开窗，可以附带刻度。因此也有正面带外侧刻度、背面带内侧刻度的类型。而且没有把手，结构有别于M型和CM型。把手的作用由滑块头部的曲线部分替代。滑块可微调进给。

制定JIS标准已有40年的历史，现在的JIS只规定了

M型游标卡尺和CM型游标卡尺，删除了CB型。

1955(昭和30)年，中村制作所获得JIS标志许可，其他公司也紧随其后接受了认证。日本测量工具从1961年开始制造游标卡尺，于1964年获得JIS标志许可，天鹅公司也在1966年推出了用于测量钢板线圈外径的特殊游标卡尺。随着JIS的制定，日本的游标卡尺品质有所提升，材料使用不锈钢，进行全硬化精磨，刻度采用光刻方法制造，使精度和耐久性得到改善，出口到了欧美等地。

在这种情况下，以图96至图101中量爪形状配合测量对象的特殊游标卡尺为基准，日本也制造了相应的游标卡尺。图106至图113就是其代表^{57) 69)}。图106是内侧测量专用的游标卡尺，图107是滑动量爪反装，用于测量滚子链节距的游标卡尺，图108是只需将圆锥形量爪插入圆孔即可直接得出圆孔中心位置的圆孔中心测距用游标卡尺，图109叫作游标划线卡尺，可用于划线，而且配备了可插入不规则形状的狭窄部分进行测量的尖爪，图110是将固定圆柱量爪插入管



图110 三丰 管用游标卡尺 1970年



图111 三丰 钩式游标卡尺 1974年

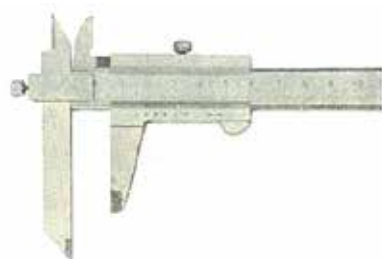


图112 三丰 偏置卡尺 1960年



图113 三丰 通用游标卡尺 1970年



图114 毛瑟公司(德国)带表游标卡尺 1960年



图115 海利欧斯公司(德国)英寸毫米双显带表游标卡尺 1960年

内，用于测量管厚的游标卡尺，图111是用于测量较薄物品、高低差、内侧距离的钩式游标卡尺，图112适用于有高低差的测量物，是可以移动根部量爪的偏置卡尺，除此之外还制造了许多图59中可以旋转滑动量爪，在偏离测量轴的面间测量高低差的旋转游标卡尺。图113的主尺为圆筒结构，在1967年制造的管型游标卡尺的基础上进行改进，是可用于内侧、外侧、深度、高度、有高差的物品、角度、画圆等各种用途的通用游标卡尺。另外还有主尺带 $1 \times \operatorname{cosec} \theta$ 的特殊刻度的游标卡尺，其量爪为图93中的圆方口，配备点测头，可用于测量电机整流子铜段的紧固槽。

1960(昭和35)年，战后时期告一段落，如图114所示，毛瑟公司面向美国市场，开发出了以带表游标卡尺为主的产品⁶⁶⁾。德国的海利欧斯公司也几乎于同一时期开始制造同类产品。图115是三丰博物馆展出的海利欧斯公司的带表游标卡尺²³⁾。这两家公司谁制造在先，目前尚无法确定。

在图114毛瑟公司带表游标卡尺的指示表中，两根指针中，大指针对应外侧刻度，分度值为1/1000英寸，旋转半圈为1/10英寸，小指针对应内侧刻度，分度值为1/10英寸，旋转1圈为6英寸。公制单位游标卡尺的两根指针则是外侧刻度的分度值为0.05毫米，内侧刻度1圈为100毫米。配备这样的指示表杜绝了视差，将使用者从读取游标上解放出来，而且，通过用小数来表示英寸的分数，还能提高以英寸进行测量的效率。

图115海利欧斯公司的带表游标卡尺有两根指针，分别对应两圈不同显示单位的表盘刻度。外圈黑色

刻度是英寸单位，分度值为1/1000英寸，旋转半圈为1/10英寸，内圈红色刻度是毫米单位，分度值为0.1毫米，旋转1圈为10毫米，同时可以读取英寸和毫米两种单位的数值。与之相对应的主尺的下侧刻度为英寸刻度，最大可测量7英寸，上侧刻度为毫米刻度，最大可测量175毫米。只需一把带表游标卡尺，即可同时读取英寸和毫米两种单位的数值，使用起来非常方便。除这些带表游标卡尺外，海利欧斯公司也像其他公司一样供应只带英寸刻度和只带毫米刻度的带表游标卡尺。

继毛瑟公司后，美国的史塔雷公司、布朗沙普公司、现代工具公司、瑞士的特萨公司(TESA S. A.)等也在1965年前后开发带表游标卡尺，并陆续投入了制造销售。以美国为例，图116是史塔雷公司1979年制造的带表游标卡尺³¹⁾。

顺应美国的动向，三丰也在1962(昭和37)年开发带表游标卡尺，并于第二年开始销售^{58) 59)}。

图117是三丰的带表游标卡尺，分度值为1/1000英寸，测量范围为5英寸，公制刻度为0.05毫米，测量范围为130毫米。紧随其后，尾崎制作所在1967年制造带表游标卡尺，日本测量工具等也启动了制造销售^{58) 59)}。

作为使用指示表的产品，图118是在游标卡尺上配备指针式指示表的史塔雷公司的应用产品³¹⁾。该测量工具能以1/1000英寸为单位读取内外径。还能直接通过指针式指示表，以分度值为1/100英寸、1/1000英寸或1/10000英寸的精确度测量圆度，或是以相同的



图116 史塔雷公司(美国)带表游标卡尺 1970年



图117 三丰 带表游标卡尺 1962年

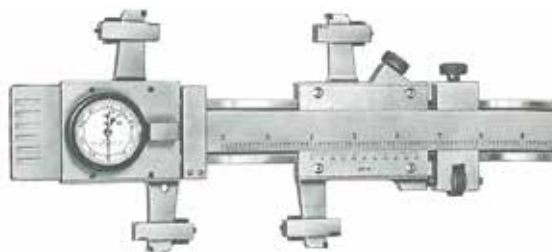


图118 史塔雷公司(美国)带指示表游标卡尺 1979年



图119 三丰 定压游标卡尺 1965年

精确度，测量内外径的最大值、最小值及其差值。通过使游标卡尺与其他测量工具相结合，使测量长度变得更加方便。

一般来说，操作人员不同，游标卡尺的测力会有0.1~11 N左右的偏差^{70) 71)}。有的人甚至会以15 N强力按压进行测量，即便是同一个人，每次的施力也不尽相同^{70) 71)}。对于金属机械部件，这并不是太大的问题，但对于合成树脂机械部件，按压会导致变形，使尺寸值出现较大误差。因此最好使用测力较低而且固定的游标卡尺。

图119是三丰的测力恒定游标卡尺，可在0.5~1 N之间进行选择，或设定使用者需要的测力⁷²⁾。由此可以稳定测量合成树脂机械部件。图120是测力带表游标卡尺，左侧指示器指示测力，设定的基本范围为0.5~1 N，右侧指示表表示测量物的尺寸^{72) 73)}。

以此为基准，出现了在滑块量爪上安装使用指针式指示表的游标卡尺^{72) 73)}。图121是三丰制造的带指针式指示表的极限量规用游标卡尺。在测量大量尺寸相



图120 三丰 测力恒定塑料用带表游标卡尺 1973年

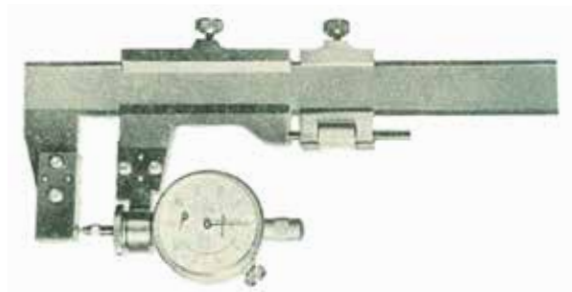


图121 三丰 极限量规用游标卡尺 1970年



图122 三丰 带测微头游标卡尺 1962年

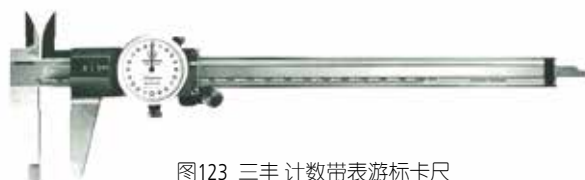


图123 三丰 计数带表游标卡尺
测量范围135、190、300毫米 1980年

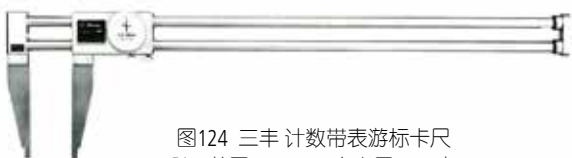


图124 三丰 计数带表游标卡尺
测量范围300~600毫米用 1980年

同的机械部件时非常方便。而且可以根据测量物的长度来选择主尺长度，通过选择合适的基准器，可以轻松测量较长尺寸的物品。有些用户还将指针式指示表换成了电子千分尺。

同样，也有将指针式指示表换成千分尺的产品，图122是三丰1962年制造的带千分表游标卡尺⁷⁴⁾。其优势是能够以千分尺的分度值0.01毫米进行测量，最大测量长度为千分尺测量范围25毫米的5倍以上。但是，可能是出于螺距为0.5毫米，测量超过100毫米的长度路程太长等使用问题，需要结合使用其他测量工具，或是精度和价格的问题，这种产品很快就从产品目录中消失了。

图123是测量范围在300毫米以下的计数带表游标卡尺，图124是适用测量范围更大，达到600毫米的计数带表游标卡尺⁷³⁾。计数值以毫米为单位，表盘分度值为0.02毫米，测量值为二者的组合。

如上所述，不只是标准型游标卡尺，游标卡尺还可以根据测量物的情况制造，按照用户的要求供应，品质也大有提升。材料从黄铜、钢铁换成不锈钢，进行了全硬化精磨。刻度也从光刻刻线改为光刻转印刻线方式，提高了精度和耐久性^{59) 67)}。通过这些改进，到1965年前后，日本产品已经不逊于欧美产品，享有同等甚至更高的地位，出口到了以美国、欧洲为首的海外各国。刻度制作之后又从转印式向激光刻线加工方式过渡，在技术上取得了显著进步。就这样，日本的制造商各自开拓市场，冲出日本走向世界，到1985年左右，日本产品在全世界已经拥有了70%的份额。

13. 高度尺在日本的发展

日本进入大正时代后，随着机械工业的发展，如图125所示，在平台上使用尺架和平面规测量高度或是画线的作业进行地非常频繁。因此，自大正中起，日本开始从美国³⁶⁾和德国进口^{59) 60)}进口一体化的高度尺。深度尺也几乎于同期开始进口。与之相对应，进入昭和后，游标卡尺制造商制造出了使用游标刻度的高度尺和深度尺。

二战后，比游标卡尺晚6年，高度尺和深度尺的JIS标准于1960(昭和35)年制定完成^{75) 76)}。高度尺采用了HM型、HB型、HT型三种类型，深度尺采用了DM型、DB型、DS型三种类型⁵⁷⁾。

这些高度尺如图126至图128所示，深度尺如图129至图131所示。

与游标卡尺相同，HM型高度尺和DM型深度尺采用的是德国毛瑟公司的形状，HB型高度尺和DB型深度尺采用的是美国布朗沙普公司的形状。因此，当初HM型除了毛瑟式外，也叫作德式或卡尔马尔式，HB型也叫作布朗沙普式或史塔雷式。HT型高度尺的主尺可移动调节，从战前开始就叫作高山式高度尺，取高山的首字母T而得名。

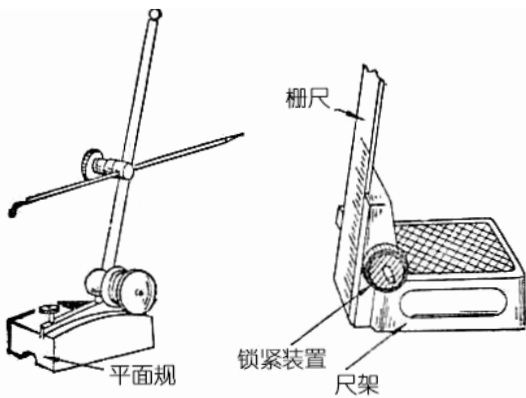


图125 平面规和尺架

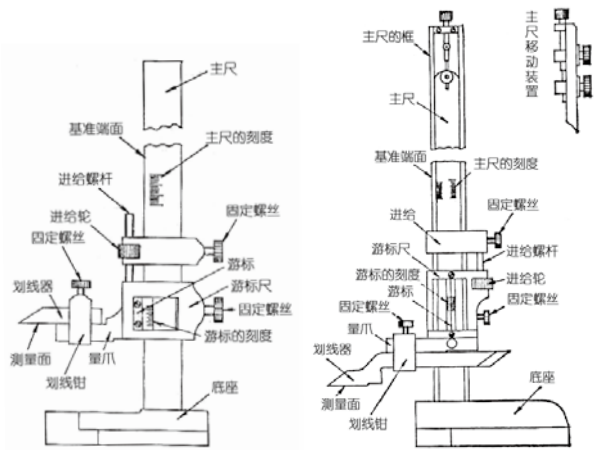


图127 JIS HB型高度尺 1960年

图128 JIS HT型高度尺 1960年

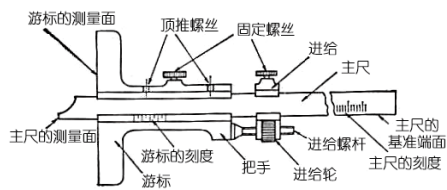


图129 JIS DM型深度尺 1960年

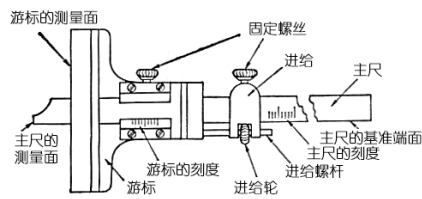


图130 JIS DB型深度尺 1960年

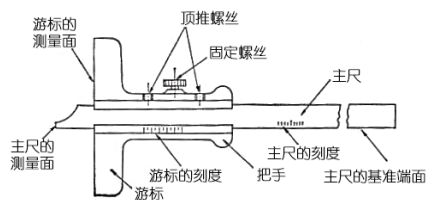


图131 JIS DS型深度尺 1960年

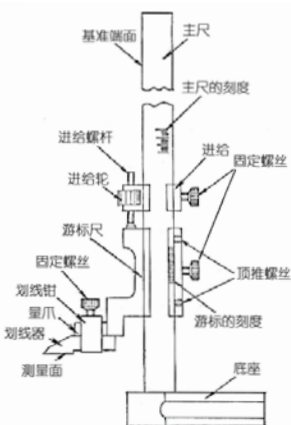


图126 JIS HM型高度尺 1960年

DM型深度尺可对作为深度基准的滑块测量面和游标测量面带游标刻度的滑块进行微调。DS型深度尺是没有微调进给装置的简单形式的深度尺，DM型深度尺的简易型叫作DS型。

之后，JIS标准历经修改，今天，高度尺是以HM型，深度尺是以DM型和DS型为主。除此之外，出于对易用性的考虑，图132中的计数显示表盘刻度⁷⁷⁾已发展为图133中的数显显示⁷⁸⁾。数显高度尺的历史发展情况也遵循了游标卡尺使用数显方式的历程，具体请参照下一章，这里只介绍使用的外观。

另外，数显高度尺配备使用光电式编码器的栅尺，而且受到坐标测量仪器的影响，通过对得到的数显值进行数据处理，不仅可以测量高度值，还能进行最大最小测量、带校正尺寸测量等，如图134所示，是一种多功能精密高度测量仪器⁷⁹⁾。附带各种形状的测头等元件，已经发展到了能够以 $0.1\ \mu\text{m}$ 为单位读取内径、外径、间距等数值的水平。



图132 三丰计数带表高度尺
分度值0.01毫米 测量范围300mm 1970年



图133 三丰数显高度尺
最小显示量0.01毫米 测量范围300mm 1982年



图134 三丰数显高度尺(线性测高仪 LH)
最小显示量0.001毫米 行程600毫米 1998年

14. 数显游标卡尺的开发与发展

日本在1956年开发出使用差动变压器的电子千分尺，很快也实现了数显显示⁸⁰⁾。这一趋势逐渐扩大到了各种长度测量仪器。检测模拟位移对电压进行AD转换、开发编码器进行数显测量等方法被应用于长度测量，实现了数显显示和处理。在这样的情况下，瑞士司瓦卡公司(Sylvac Co.)的总经理梅耶(H. U. Meyer)开发并上市了静电电容型电子千分尺⁸¹⁾。

其位移检测器采用静电电容传输方式，而非静电电容平板对向距离转换方式，数值对应圆柱形检测器内沿圆筒轴向位移的测量主轴上连接的检测圆柱与该轴的检测圆筒的重叠面积。将盖面在轴向平面上展开，使其他平板沿多个平板平行移动的检测装置于1972年设计完成，接着在1980年实现了长位移的移动距离检测⁸²⁾⁸³⁾。通过在此基础上结合其他检测方法，如图135所示，瑞典皇家学院的安德莫(I. Andermo)在1977年设计出了相对位置测量方法⁸⁴⁾。

这种测量方式是向滑块上的三个供电电极分别加载相位各异的交流电压，栅尺上则按这三个供电电极对应的间距，配置绝缘的检测电极。供电电极经过其

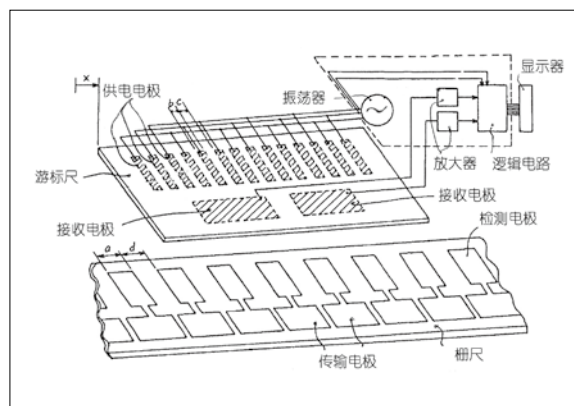


图135 静电电容型增量相对位置测量方法的概要

上方，供电电极的电压会供应给检测电极。该检测电压和相位会从传输电极传导至滑块的接收电极，由测量电路对测量信号的相位进行分析，确定移动量。相位分析对于实现检测的稳定性非常有效。梅耶通过自己的司瓦卡公司，安德莫通过瑞典约翰森公司(AB C. E. Johansson)，分别将这一方式应用于游标卡尺，投产了最小显示量为0.01毫米的增量数显游标卡尺，并于1980年前后开始销售。

比这些产品稍早，在欧美使用的数显游标卡尺大多为使用光电式编码器的数显方式。作为一个例子，图136是三丰博物馆展示的特萨公司的数显游标卡尺⁸⁵⁾。游标卡尺为手持使用，小型指示灯的光源用电池因其容量的关系需要频繁更换。与光电式相比，静电电容型消耗的功率低，只需小容量电池即可保证足够的使用时间。因此从瑞士和瑞典逐渐推广到了世界各地。

三丰通过开展技术合作获得其专利使用权，在1983年开发出了图137中最小显示量为0.01毫米的增量数显游标卡尺。克服滑块移动方面的测量问题等，



图136 特萨公司(瑞士)增量数显游标卡尺(光电式)1978年



图137 三丰 增量数显游标卡尺 1983年



图138 特萨公司 增量数显游标卡尺 1987年



图141 三丰 家用数显游标卡尺(DEJIPA)1994年



图139 三丰 主尺带刻度数显游标卡尺 1987年



图142 三丰 笔记本用数显游标卡尺 (DEJIPA MINI)1995年



图140 三丰 太阳能电池型(太阳能)数显游标卡尺 1988年

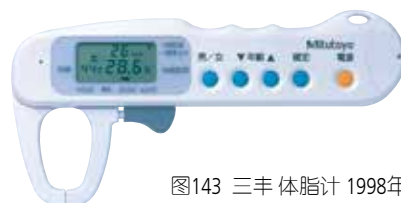


图143 三丰 体脂计 1998年

推出了稳定、价格低廉的游标卡尺，在1984年8月之前共制造10万把，使其实现了普及。还经由瑞典皇家学院的关系与约翰森公司开展合作，主要面向欧洲市场，在德国制造并供应数显游标卡尺。以此为基础，瑞典皇家学院、约翰森公司与三丰也开展了合作开发。合作期间，约翰森公司倒闭，之后的工作由三丰单独与瑞典皇家学院推进。

作为欧美的示例，图138中特萨公司在1987年制造的数显游标卡尺⁸⁶⁾。这把卡尺是与司瓦卡公司开展技术合作的成果。最小显示量和性能与前面介绍的产品基本相同。

之后，瑞典皇家学院的数显游标卡尺发明者安德莫独自创业，借助三丰的援助，于1987年在美国华盛顿州西雅图市郊外的柯克兰成立了微编码器研究所(Micro Encoder Inc.)。其主要作用是奠定了三丰数显游

标卡尺进一步发展的基础。

1987年，如图139所示，三丰的数显游标卡尺在主尺的灰色部分设置刻度，以1毫米为单位标示大致尺寸，使用起来更加方便。随后，如图140所示，采用太阳能电池取代小型电池的太阳能电池式数显游标卡尺在1988年开发成功，省去了更换电池的麻烦⁸⁷⁾。而且，因为尺子长度达到450毫米或600毫米后会变得非常沉重，市面上还出现了材质更换为碳纤维强化塑料的数显游标卡尺。在之后的1992年，放大测量值显示部的游标卡尺出现，使读数变得更加轻松⁸⁸⁾。各公司都遵循了这样的发展顺序。

三丰从1994年开始供应最小显示量为0.1毫米的普通家用数显游标卡尺(图141)，其名称为“DEJIPA”，在DIY(Do it yourself, 自己动手)商店销售，其主体材质为合成树脂，之后于1995年投产并



图144 三丰 绝对数显游标卡尺 1993年

推广普及了可以放入业务用笔记本的数显游标卡尺“DEJIPA MINI”(图142)。还在1994年开发了图143中用于测量体脂的数显游标卡尺。这种卡尺的用途是在医院用来测量肩胛骨附近的皮下脂肪，取代了过去使用的机械加工用游标卡尺，量爪改换了适合接触身体测量皮下脂肪的形状和材质，而且配备了所需测量参数的开关按钮等来实现相应的功能。出于维持健康的目的，普通家庭也会使用。

聊点题外话，在开发时，三丰在城市、农村、渔村对步行多少等与皮下脂肪的关系进行了调查。调查结果显示，也许是受到了机动化的影响，在农渔村，即使是100米的短距离，人们也会开车，而城市居民出门乘坐公交，步行更多。

中国也开始制造游标卡尺而且价格极其低廉。1979年，中美建立外交关系，获得了精密测量仪器制造技术的中国开始向美国及欧洲大量出口产品，并从1985年前后开始制造数显游标卡尺，向海外进行销售。起初还出现过日本产品的仿制品，有些还带有JIS标志。就这样，中国向美国的大量出口给日本等各国的测量工具制造商造成了打击。

有的欧洲制造商也开始以OEM的形式销售中国

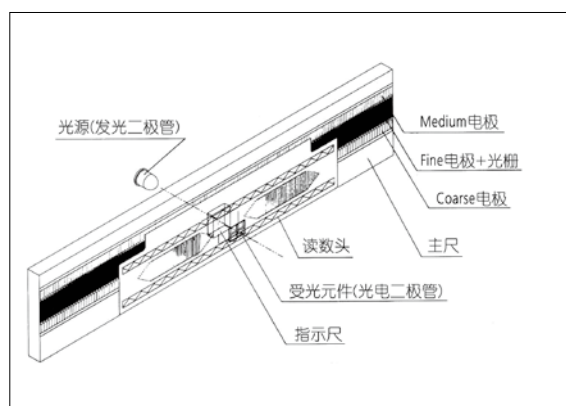


图145 三丰 静电电容光电方式绝对编码器位置检测方式的概要 1991年

产品。出于这一原因，布朗沙普公司、特萨公司等于2001年加入了瑞典海克斯康公司(Hexagon)。在日本，日本测量工具退出市场，只剩下中村制作所、三丰两家还在继续制造游标卡尺。

上面所说的数显游标卡尺均为增量式，绝对式数显游标卡尺出现于1993年。图144是三丰制造的最小显示量为0.01毫米的绝对数显游标卡尺⁸⁸⁾。

其使用的检测方式如图145所示，由粗中细三轨静电电容电极栅尺和采用发光二极管LED光源的光栅单轨栅尺组成^{89)~91)}。光栅与细密的静电电容电极轨道位于同一轨道。绝对数显游标卡尺的读数与传统的机械式游标卡尺相同，扩大了使用范围。太阳能型绝对数显游标卡尺也同时出现在了市面上。还有一种产品采用的方式与这种游标卡尺相同，分辨率提高了1位，可以用作显示单位为1 μm的绝对线性栅尺^{89)~91)}，作为机床的栅尺，与增量栅尺的区别在于可以有效保持位置。

在机械加工现场，泼洒到工具和工件上的冷却液会飞溅，有时还要在冷却液中测量尺寸。因此使用的是机械式游标卡尺，但是，如果数显游标卡尺能够在这样的现场使用，会变得更加方便。静电电容型游标卡尺难以做到这一点，但由于这样的需求极高，图146中的防水型绝对数显游标卡尺于1997年应运而生。采用了封闭的检测方式。

其防护等级为IP54，足以满足通常使用的需要，但在冷却液使用量大且四处飞溅的现场会逐渐受到影响，不能完全满足需要。

因此，通过改换图147中的电磁感应式检测方式⁹²⁾，图148中的数显游标卡尺于2000年完成开发⁹³⁾，以位移检测方式实现了与静电电容检测方式相同的效果。

图147中，滑块内置读数头中激励信号发生器发出的信号经由发送绕组，从主尺栅尺上绝缘耦合绕组



图146 三丰 IP54 防水型静电电容型绝对数显游标卡尺 1997年

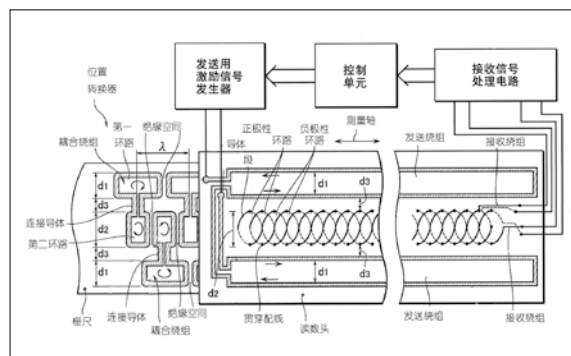


图147 电磁感应式绝对数显游标卡尺检测方式的概要 1997年

的第一环路开始，在依次排列的第二环路中激励电压。在栅尺上移动的读数头会通过接收绕组，从重叠的栅尺绕组接收激励的电压。由接收绕组对信号进行处理，求出移动位置。图148中的绝对数显游标卡尺符合IP65，图149是进一步改进后符合IP67的产品⁹⁴⁾。

这种满足机械加工现场需求的绝对数显游标卡尺如今应用广泛。欧美虽然也会制造防水型数显游标卡尺，但在之后的一段时间里，其防水效果似乎并未达到图148中游标卡尺的水平。图147中的检测方式在提高分辨率后，还制造出了可以检测微米的数显栅尺。

之后，进入2007年，日本的A&D公司制造并上市了图150中的增量数显游标卡尺，名为防滴数显不锈钢游标卡尺⁹⁵⁾。其防水性能相当于IP54，虽然在使用场所和使用方法上有必须注意的事项，但在一般情况下均可使用。除此之外，该公司还推出了具有相同功



图148 三丰 IP65 防冷却液绝对数显游标卡尺 2000年



图149 三丰 IP67 防冷却液绝对数显游标卡尺 2002年



图150 A&D公司 IP54防滴数显游标卡尺 2007年



图151 特萨公司(标准尺)IP54 防冷却液绝对数显游标卡尺 2010年前后



图153 司瓦卡公司 IP67 防冷却液绝对数显游标卡尺 2011年



图152 特萨公司 IP67 防冷却液绝对数显游标卡尺 2012年



图154 司瓦卡公司 IP67 防冷却液千分尺绝对数显游标卡尺(商品名称:微型游标卡尺)2012年

能的不锈钢或塑料材质的增量数显游标卡尺。以及价格低廉的数显游标卡尺。至此，日本的游标卡尺制造商增加到了三家。

前面说过，欧洲的司瓦卡公司和海克斯康集团旗下的特萨公司等推出过与图151相似，防水性能达到IP54的绝对数显游标卡尺⁹⁶⁾，2012年，特萨公司为了对抗三丰，对图151中防水性能达到IP54游标卡尺“标准规”的方式进行改良，开发出图152中采用电磁感应方式、数字显示较大的IP67绝对防冷却液数显游标卡尺，上市了多种测量范围的型号⁹⁷⁾。

司瓦卡公司领先一步，于2005年前后在欧洲，2011年前后在日本上市了与之相当的电磁感应方式游标卡尺，也就是图153，之后又开发并上市了图154中防水保护等级达到IP67的防冷却液绝对游标卡尺，其名称为微米游标卡尺，意思是能够以微米为单位进行测量⁹⁸⁾。其重复精度为3 μm ，是分辨率的3倍，但包

含仪器误差在内，游标卡尺的最大容许误差在100毫米的测量范围内为20 μm ，在150毫米内为30 μm ，精度与普通的0.01毫米读数数显游标卡尺相同，只是提高了分辨率，精度与游标卡尺的读数并不相符。由此可以看出，游标卡尺受到形状的限制，提高精度并非易事。主尺最好采用图89、图101和图113中的圆柱等抗弯曲、抗变形能力强的结构。

三丰近期推出的数显游标卡尺均为电磁感应式绝对数显游标卡尺，不仅提高了防水保护性能而且环保。在采用太阳能方式的同时，还提高了各部件性能，作为普通的绝对游标卡尺使用，在通常的使用情况下，更换一次电池可以维持3.5年左右，其外形如图155所示，应用非常广泛。尤其是带数据输出接口的型号，在统计过程控制系统、计量管理系统等领域发挥着作用。

作为游标卡尺世界标准ISO的审议机构，国际标



图155 三丰绝对数显游标卡尺 2013年

准化机构从1980年前后开始就制定游标卡尺标准反复进行讨论。在20世纪80年代初，最小读数为0.02毫米的游标卡尺因主体形状为板状，难以维持精度，被认为应当从ISO标准中删除。之后，随着数显游标卡尺在20世纪80年代中期出现，中国的游标卡尺在20世纪90年代出现，对于游标卡尺精度的讨论发生了变化。出现了在严格的容许值之下使用价格低廉的中国产品的趋势。前面介绍的图151的标准规就是一个例子。就在历经上述讨论即将定稿之时，标准草案多次因技术委员会会长和草案编写工作组组长更替而遭到废弃，浪费了大量时间。

之后，历经多次修改的标准方案于2011年生效，成为了国际标准“ISO 13385-1: 2011”⁹⁹⁾。标准名称虽然是“Callipers”，但内容为游标卡尺(Vernier sliding Calliper)、带表游标卡尺(Dial sliding Calliper)、数显游标卡尺(Digital sliding Calliper)，也就是游标卡尺，其英文名称为“Sliding Callipers”，属于图1介绍的“Callipers”标准的一部分。按照标准，容许值由制造商负责标示，但标准的限制条款详细规定了游标卡尺的性能，并对可能造成误差的测量精度进行了必要的记述，内容与1954(昭和29)年制定的日本工业标准

JIS中的游标卡尺标准类似。有助于人们了解测量误差的原因。从标准没有给出容许值，而是由制造商来标示基准值来看，与其说是标准，其实更像是一种教科书。

普通使用者还需要知道，在一个因素中还包含着其他的因素。虽然没有给出这一误差的容许值，但JIS标准应该会在参考附录中给出容许基准值。以此为依据的日本工业标准JIS估计会在近期出台。

本文始于标准，终于标准，或许也是因为当前面临的工业形势的缘故吧。

15. 结语和致谢

本文从游标卡尺之前的滑动卡尺的起源、配备游标刻度的滑动卡尺“游标卡尺”的发祥入手，介绍了数显游标卡尺的发展历程。表3总结了其变迁的过程和当时主要的社会形势。

现存最古的公元9年制造的中国新朝的王莽滑动卡尺的结构估计存在并使用了很长的一段时期。之后传播到了东西方。虽然完全无迹可寻，但我们可以想象，其中有些可能也传到了日本。本文介绍了与刻度尺密切相关的鞘箱型滑动卡尺、通过附加游标刻度提高了测量精度的游标卡尺，以及从带表游标卡尺逐步发展到计数游标卡尺、数显游标卡尺的历程。而且还谈到在这一发展过程中出现了高度尺和深度尺。游标卡尺与千分尺一起，通过维持工业产品的大小等尺寸、确定嵌合机械部件的关系等，奠定了工业近代化的基础。

日本应该感到骄傲，加贺的大野规周在江户时代末期就开发出了游标卡尺，时间并不晚于欧美，其父大野规行也开发出了对角线刻度游标卡尺。对于没有游标刻度的滑动卡尺，本文也结合枪械工匠传入日本的情况进行了介绍。而且知道了在江户时代后期，赞岐的久米通贤制造出了配备游标刻度的测量及观测仪器。其发展与众多能工巧匠技艺的传承息息相关，游标卡尺的广泛普及需要依托于国家自身的近代化。社会需求是测量仪器发展的重要因素，这一点可以由千分尺的发展历史得到印证。

如今，制造商必须要充分考虑中国的生产情况采取措施。衷心希望本文的内容能够为精密测量及其他机械工业领域起到帮助。

致谢

游标卡尺相关术语的问题和布朗沙普公司首先在美国进行制造的内容引用了曾任三丰顾问的宫崎正吉先生的记述，宫崎先生的亲属热情地给予了许可。法国最早的游标卡尺的照片是在三重县四日市市秤乃馆小林健藏馆长的关照下，由前三丰员工柴山敏伸协助拍摄。日本最早的滑动卡尺和游标卡尺的相关内容请教了测长工具收藏家、工业考古学家梶原利夫。使用大野规周的游标卡尺进行的测量得到了福井市立乡土历史博物馆副馆长西村英之、博物馆研究员高濑裕美的帮助。与枪械工匠国友藤八的滑动卡尺相关的内容得到了丰田技术博物馆产业技术纪念馆研究企划组藤山彻的帮助。法国的对角线刻度游标卡尺得到了美国北卡罗来纳大学夏洛特分校精密工学教授霍肯(Prof. Dr. Robert J. Hocken, The University of North Carolina at Charlotte, USA)的帮助。美国游标卡尺及早期产品目录得到了Mitutoyo America Corporation(美国三丰)顾问须贺信夫的大力协助。这里谨向以上人士致意诚挚的谢意。

表3 游标卡尺的起源、发展及相关事项的推移

公元 年	事 项
0009 年	中国(新)王莽 时期发明滑动卡尺(历史博物馆故宫博物院收藏)
1542 年	努涅斯(Pedro Nunez, 葡萄牙) 提出一种刻度细分化方法
1631 年	游标(Pierre Vernier, 法国) 发明副尺游标刻度
1783(天明3)年	本木良永 将象限仪用法(含游标理论)翻译成日语
1791(宽政3)年	荷兰 向幕府进献八分仪(带游标刻度)
1806(文化3)年	赞岐的久米荣左卫门通贤 制造带游标刻度地平仪, 接着制造带游标刻度八分仪象限仪
1833 年	布朗沙普公司(Brown & Sharpe Mfg.Co., 美国)成立(Steel Rules & Tools 制造)
1840 年	法国 炮兵工厂 开发正面毫米单位、背面法寸单位的带游标刻度滑动卡尺, 即游标卡尺(Vernier calliper, 秤乃馆收藏)并使用。当时 法国 还制造了鞘箱型滑动卡尺(简易游标卡尺)
1843(天保14)年前后	加贺的大野弥三郎规行 开发对角线刻度最小读数0.1厘、测量范围5寸、主尺展开后长1尺的游标卡尺
1848 年	帕尔默(L. J. Palmer, 法国)发明千分尺(Micrometer calliper)
1851 年	布朗沙普公司开发出 0.001英寸读数游标卡尺
1853 年	美国使节佩里来到浦贺
1855(安政2)年	长滨的国友藤八 制造黄铜滑动卡尺进奉给河内国狭山藩北条家近江武将首领林外守
1857 年	长崎钢铁厂 在荷兰指导下建设, 从荷兰进口十几台机床 至长崎钢铁厂
1858(安政5)年前后	加贺的大野弥三郎规周 开发游标刻度最小读数0.1毫米 最大刻度值150毫米 测量范围130毫米 的游标卡尺(背面寸分刻度)
1861 年	卡尔马尔公司(Carl Mahr Esslingen a.N.德国)成立
1862 年	SIP公司(Societe Genevoise d' Instruments de Physique,瑞士)成立
1867 年	大政奉还 王政复辟进入明治, 巴黎世界博览会举办(布朗沙普公司带回帕尔默的千分尺)
1880 年	史塔雷公司(L.S.Starrett Co.,米) 成立, (Steel Rules & Tools, 开发滑动卡尺及游标卡尺)
1883 年	洛根(John Logan, 美国)发明指针式指示表
1890(明治23)年	国际米原器抵达日本, 第二年公布度量衡法(以国际米原器为基础的尺贯法(确定尺单位))
1896 年	毛瑟公司(Mauser, 德国), 标准具公司(Etalon, 瑞士)成立, 约翰森 发明量块
1900 年前后	罗可公司(Rawco Co., 英国)及阿道夫菲弗尔贸易公司(Adolf Pfeiffer, 德国) 开发并经销内外深多功能哥伦布卡尺
1903(明治36)年	欧美在第5届内国劝业博览会(于大阪天王寺)展示量块、千分尺、游标卡尺等 大谷(大阪市南区顺庆町) 制造游标卡尺, 在这届内国劝业博览会上与卡钳和角尺等工具一起进行了展示 美国人弗朗西斯教授在东京高等工业高中(现东京工业大学)使用游标卡尺
1905 年前后	阿道夫菲弗尔贸易公司 销售深度尺及划线高度尺
1911 年	约翰森公司(AB C.E.Johansson,瑞典)成立(1896年发明量块)
1917 年	(株)园池制作所 开发千分尺, 1914~1918年 第一次世界大战
1920 年前后	布朗沙普公司 开发齿厚游标卡尺
1930(昭和5)年	(株)田岛制作所(当时的松尾度器)开发游标卡尺
1934 年	(株)三丰制作所(现在的三丰)成立
1937 年	中日战争爆发
1938 年	(株)中村制作所 开发其他游标卡尺
1941 年	太平洋战争(二战)爆发
1945 年	日本度量衡法将滑动卡尺从直尺中独立出来, 视为游标卡尺, 二战结束
1949 年	(株)三丰制作所 开发游标卡尺, 在沟之口工厂开始生产('52年宇都宫生产)
1951(昭和26)年	度量衡法修改计量法出台(1959年1月1日统一为公制单位) 旧金山对日和和平条约缔结
1954 年	制定日本工业标准JIS B 7507: 游标卡尺
1960 年	毛瑟公司(Mauser-messzeug., 德国)海利欧斯公司(Helios Co., 德国)开发带表游标卡尺, 制定日本工业标准 JIS B7517 高度尺、JIS B 7518 深度尺
1962 年	(株)三丰制作所 开发带表游标卡尺
1977 年	特萨公司(瑞士, Tesa) 开发增量数显游标卡尺(光电式) 瑞典皇家学院安德莫(Ingvar Andermo) 发明静电电容型增量数显游标卡尺, 约翰森公司商品化
1978 年	司瓦卡公司(Silvac Co., 瑞士) 自主开发并销售增量数显游标卡尺
1983 年	(株)三丰 开发增量数显游标卡尺, 开始生产
1986 年	三丰在美国设立Micro Encoder Inc. (社长: Ingvar Andermo)
1988 年	(株)三丰 开发太阳能型增量数显游标卡尺
1993 年	(株)三丰 开发绝对数显游标卡尺
1997 年	安德莫, 马斯雷利埃斯(I. Andermo, K. Mazreliez)发明电磁感应式位置检测装置, (株)三丰 开发IP54防冷却液绝对数显游标卡尺
2000 年	(株)三丰 开发 IP65 防冷却液绝对数显游标卡尺
2001 年	布朗沙普公司, 特萨公司进入海克斯康公司(Helixagon, 瑞典)旗下
2002 年	(株)三丰 开发 IP67 防冷却液绝对数显游标卡尺
2011 年	ISO13385-1 GPS Dimens.meas.equip.Part 1: Callipers-Design and metrological characteristics制定
2012 年	司瓦卡公司 销售 IP67 防冷却液千分尺 绝对数显游标卡尺

参考文献

- 1) ISO 13385-2 : Geometrical product specifications (DPS) — Dimensional measuring equipment — Part 2 : Calliper depth gauges – Design and metrological characteristics, 2011-07-15
- 2) ISO/FDIS 3611 Geometrical product specifications (DPS) — Dimensional measuring equipment — Micrometers for External measurement – Design and metrological requirements
- 3) 宫崎正吉：测量仪器追根溯源－游标卡尺、机械和工具，(1979-10)，14；同上，(株)三丰、三丰博物馆，(1990)，8
- 4) JIS B 7507: 1979, 游标卡尺、解说
- 5) 松本荣寿：精密读取对角线刻度的历史，计量史研究，26-1(2004)，61
- 6) JIS B 7507: 1993 游标卡尺，4
- 7) 丘光明编著：中国历代度量衡考，科学出版社，北京，(1992)，跨页及20
- 8) 唐肇川著，加岛淳一郎译：游标卡尺发展的推移，计量史研究，27-1(2005)，43
- 9) 上野滋：长度测量仪器的历史2、游标卡尺，工具工程师，1982-08号，70
- 10) 小泉袈裟胜：度量衡的历史，工业技术院中央计量检定所，(1961)，7
- 11) 丘光明、康拉德赫尔曼著，松本荣寿译：中国古代度量衡的黄钟律管和累黍，计量史研究，28-1(2006)，37
- 12) Qiu G. and K. Herrmann: The role of the Huangzhong standard pipes and of millet grains in the metrology of ancient China, 计量史研究，28-1(2006)，91
- 13) 泽边雅二：精密测量的历史I、长度单位和标准的变迁，精密工学会精密工学基础讲座(Web)，2009-11-24、6
- 14) (株)三丰 三丰博物馆：箱形游标卡尺，三丰藏品修订第3版，(2007)，2
- 15) 小泉袈裟胜：度量衡的历史，工业技术院中央计量检定所，(株)CORONA社，(1961)，
- 16) 宫崎正吉：千分尺的历史，日本机械学会会刊，85-769(1982)，1358
- 17) 宫崎正吉：测量仪器追根溯源－千分尺、机械和工具、(1979-7)，81以及同上，(株)三丰 三丰博物馆、(1990)，1
- 18) 上野滋：测长用精密测量仪器的变迁，日本机械学会会刊，85-764(1982)，752
- 19) 泽边雅二：精密测量的历史2、千分尺的起源和变迁，精密工学会精密工学基础讲座(Web)，(2010-11-16)，3
- 20) 高田诚二、坂手弘明、小宫勤一、大纲功：明治以后 容量的整合化过程，计量史研究，33-1(2011)，29
- 21) 与大网功 文献20)相关，但数据来自私人沟通
- 22) Brown & Sharpe Mfg. Co.: Small Tools Catalog, No.31A (1929), 112
- 23) (株)三丰 三丰博物馆：三丰藏品修订第3版，(2007)，7~52
- 24) Brown & Sharpe Mfg. Co.: Small Tools Catalog, No.29 (1924), 84, 89~92, 123~133
- 25) Brown & Sharpe Mfg. Co.: Small Tools Catalog, No.31A (1929), 68, 73~76, 108~113
- 26) Brown & Sharpe Mfg. Co.: Small Tools Catalog, No.32 (1935), 80, 85~88, 122~126
- 27) Brown & Sharpe Mfg. Co.: The Shop Tool Manual, No.2 (1964), 45, 54~57
- 28) Brown & Sharpe Mfg. Co.: The Shop Tool Manual, No.76 (1976), 86~93
- 29) L. S. Starrett Co.: Fine Mechanical Tools, Catalog, No.24 (1927), 22~26, 106~123
- 30) L. S. Starrett Co.: Fine Mechanical Tools, Catalog, No.25 (1930), 26~30, 111~119
- 31) L. S. Starrett Co.: Precision Tools, Gage and Saws, No. 28 (1979), 93~99, 121~123
- 32) Adolf Pfeiffer, Mannheim: Werkzeuge und Werkzeug-Kaschinen, Hanptkatalog, B III(1905), 34
- 33) Lufkin Rule Co.: General Catalog No.14,(1958), 84,85,
- 34) Stanley Rule & Level Co.: Stanley Tools Catalogue No.34(1920), 15
- 35) Ted Crum Collection. France.
- 36) 近常商店(Kintsune Shouten): Fine Mechanical Tools & Watch Materials,(1922), 19, 20
- 37) F. H. Rolt: Gauges and Fine Measurements、Vol.2、Mechanical and Co., Ltd. London,(1929), 69
- 38) Fujita Masaru Co. Tokyo: Carl Mahr G.m.b.H.. High Class Precision Tools, Gauges. Catalog,(1931), 5
- 39) Carl Mahr G.m.b.H.: Feinmesszeuge Katalog, 52 M, (1935), 7~31
- 40) Mauser-Messzeug G.m.b.H.: Feinmesszeug Katalog,(1961), 4~15
- 41) Schuchardt & Schutte A. G. ,Berlin: Zeiss Measuring Instruments、C920 (1928), 47
- 42) 青木保：精密测量及测量仪器，丸善(株)，(1937)，29
- 43) 日本机械学会编：新机械技术史，日本机械学会，(2010-12)，382
- 44) 前田清志：日本的机械遗产，欧姆社，(2000-12)，2
- 45) 楠本寿一：长崎钢铁厂—日本近代工业的创始，中公新书，中央公论社，(1990)
- 46) 泽边雅二：精密测量的历史I、长度单位和标准的变迁，精密工学会精密工学基础讲座(Web)，(2009-11-24)，15
- 47) 小泉袈裟胜，度量衡的历史，工业技术院中央计量检定所，(株)CORONA社，(1961)，164
- 48) 梶原利夫：松平春岳的游标卡尺，产业考古学会第25次(2001年度)全会研究发表演讲论文集，(2011)，33
- 49) 矢岛祐利：日本初期的物理学研究，科学史研究，第2期(1942-06)
- 50) 小泉袈裟胜，度量衡的历史，工业技术院中央计量检定所，(株)CORONA社，(1961)，37
- 51) 土田康秀、山田研治、唐泽进太郎、小川博：大野弥三郎规行和大野弥三郎规周系尺度的研究—真田宝物馆收藏的尺度(第2报)—，日本计量史学会大会2011演讲文集(2011)，57
- 52) 泽边雅二：大野弥三郎规周制造的游标卡尺的性能，计量史研究，34-1(2012)，113

- 53) 岩田重雄：中国尺度的变化，计量史研究，1-2(1979)，1
- 54) 岩田重雄：中国、朝鲜、日本の长度标准(第1报)300B.C.~A.D.1700，计量史研究，16-1(1994)，43
- 55) 国立历史民族博物馆：历史中的铁炮传来，(2006-10)，74
- 56) 丰田技术博物馆产业技术纪念馆：丰田藏品，113 测量器具、绘图用具，(2010)，76
- 57) 西田八郎：游标卡尺，朝永良夫编辑委员长；工厂测量仪器讲座(1)，日刊工业新闻社，(1962)，11
- 58) 日本精密测量仪器工业会：未久路，创立20周年纪念刊，(1974)，34
- 59) 日本精密测量仪器工业会：未久路，创立30周年纪念刊，(1984)，20
- 60) 日本精密测量仪器工业会：未久路，创立50周年纪念刊，(2004)，22
- 61) Societe Genevoise d'Instruments de Physique: As Eighty Years Went By...、History of the Societe Genevoise d'Instruments de Physique、(1946), 29~37
- 62) Societe Genevoise d'Instruments de Physique: SIP History 1862-1962、(1962), 10
- 63) 东京都计量检定所：东京的计量100年、东京的计量器制造、修理商，(1976)
- 64) 工业技术院中央计量检定所：中央计量检定所50年史，CORONA社，(1961)，56
- 65) Etalon, Switzerland, Precision Measuring Tools, Catalog, No.155 (1956), 7
- 66) Mauser-Masseug G.m.b.H.: Feinmesszeuge, (1961), 14
- 67) (株)三丰制作所：50年史，(1985)，173
- 68) JIS B 7507:1954 游标卡尺
- 69) 五十岚明：游标卡尺为何会出现测量误差，1。基于线的尺寸测量，日本机械师社，(1971)，41
- 70) 今津、矢野：使用塑料制游标卡尺测量尺寸，合成树脂，18-9(1972)，4
- 71) 泽边雅二：关于塑料部件尺寸形状的精密测量法，国立机构技术开发研究事业成果普及发布会文稿，塑料成型部件的尺寸、形状测量相关研究，中小企业厅，昭和48年11月(1973)，131
- 72) (株)三丰制作所：塑料制品专用测量仪器产品目录，No.4039, 1973, 2
- 73) (株)三丰制作所：三丰游标卡尺、高度尺产品目录，No.23, 第9版(1980)，12，21
- 74) (株)三丰制作所：带千分表游标卡尺、产品目录，No.10203,(1962)，1
- 75) JIS B 7517: 1960 高度尺
- 76) JIS B 7518: 1960 深度尺
- 77) (株)三丰制作所：三丰直读高度尺产品目录，No.192-101(1971)，1
- 78) (株)三丰制作所：数显高度尺HD产品目录(1982)，3；新产品新闻，强力型数显高度尺HHD30(1982)，1
- 79) (株)三丰：精密测量仪器、综合产品目录、No.13-34 (2000)，190
- 80) 松代正三、远藤大海、泽边雅二、下田靖雄、五十岚正裕：使用差动变压器的数显千分尺，中央计量检定所报告，5-4(1956)，337
- 81) (株)三丰制作所，三丰司瓦卡10、综合产品目录，No.13-17，(1982)，97
- 82) Hans U. Meyer: 测量装置，CH4241/72 (1972-03-22)，专利公报昭56-23090 (1981-05-29)
- 83) Hans U. Meyer: 容量制的长度及角度测量方法，CH8600/ 80-0 (1980-11-21)，专利公报平2-41685 (1990-09-19)
- 84) Ingvar Andermo: 可动部件的相对位置测量装置，SE7714010-1(1977-12-09)，专利公报昭64-11883 (1989-02-27)
- 85) (株)三丰 三丰博物馆：三丰藏品修订第4版，(2012)，68
- 86) 特萨精密(株)：Instruments and systems for quality assurance, Doc.No.103.012.8610(J)，(1988)1.1
- 87) (株)三丰：精密测量仪器、综合产品目录、No.13-28(1990)，247
- 88) (株)三丰：精密测量仪器、综合产品目录、No.13-30(1993)，118
- 89) Ingvar Andermo, Tracy Hanley: 光和容量相结合的绝对位置检测装置，US07/661840(1991-02-26)，专利第2809545号(1998-07-31)
- 90) 桐山哲郎、下村俊隆、Ingvar Andermo、山口康夫：绝对线性编码器的开发，精密工学会会刊，61-10(1995)，1405
- 91) I. Andermo, T. Shimomura, T. Kiriya, Y. Yamaguchi: An Absolute Linear Encoder Utilizing a Combination of Capacitive and Optical Encoder Technology, Int. J. of Japan Soc. Prec. Engg., 29-1 (1995), 14
- 92) Ingvar Andermo、Karl Mazreliez: 感应型位置检测装置，US08/834432(1997-04-16)，专利第3366855号(2002-11-01)
- 93) (株)三丰：精密测量仪器、综合产品目录、No.13-35(2001)，118
- 94) (株)三丰：精密测量仪器、综合产品目录、No.13-36(2004)，120
- 95) (株)A&D：综合产品目录、电子计量测量仪器寿命，(2007)
- 96) 特萨精密(株)：Hexagon Metrology、TESA、标准规、精密测量仪器产品目录；Standard Gage Catalog，(April 2012)，10
- 97) 特萨精密(株)：特萨产品目录、数显游标卡尺产品信息；TESA Technology，(2012)，1
- 98) 石田精密(株)：司瓦卡公司产品目录-12；Sylvac SA，Catalogue-12,(2012)，8 & 10
- 99) ISO 13385-1: 2011 Geometrical product specification (GPS) — Dimensional measuring equipment — Part 1: Callipers — Design and metrological characteristics

稿件受理：2013年6月3日
执笔者：株式会社三丰
顾问 工学博士 泽边 雅二

介绍千分尺进化的历史、量块的故事

千分尺进化的历史

R257



量块的故事

Catalog No. 12016





中国联络处

三丰精密量仪(上海)有限公司



三丰微信公众号

华北地区

【天津】
电话: 022-5888-1700
【长春】
电话: 0431-8192-6998
【大连】
电话: 0411-8718-1212
【青岛】
电话: 0532-8096-1936

华东地区

【上海】
电话: 021-5836-0718
【苏州】
电话: 0512-6522-1790
【杭州】
电话: 0571-8288-0319

华中地区

【武汉】
电话: 027-8544-8631
【郑州】
电话: 0371-6097-6436
【西安】
电话: 029-8538-1380
【成都】
电话: 028-8671-8936
【重庆】
电话: 023-6595-9950

华南地区

【东莞】
电话: 0769-8541-7715
【福州】
电话: 0591-8761-8095
【长沙】
电话: 0731-8401-9276

密测多友量仪(苏州)有限公司

电话: 0512-6252-2660

本公司产品分类按照日本《外汇及对外贸易管理法》被列为管制产品类。如将本公司产品用于出口,或携带出境,则需要日本政府的出口许可。购买商品出口后,即使该产品不属于上述法令的管制对象(而属于《全面监管制度》管制品),该产品的售后服务将会受到影响。如有任何问题,请致电当地三丰联络处。

注释:

全部产品介绍,特别是本手册中有关图表、图形、尺寸、性能数据以及其它技术数据均为近似值。在此基础上,我们保留对设计、技术数据、尺寸和质量进行变更的权力。截止至本手册印刷,上述标准、相似的技术规则、产品规格、说明和图表均正确有效。仅经三丰公司确认的提议具有权威性。规格如有变更,恕不另行通知。

Mitutoyo Corporation

日本神奈川县川崎市高津区坂户1-20-1
电话: (044)813-8230
传真: (044)813-8231
<https://www.mitutoyo.co.jp>
<https://www.mitutoyo.com.cn> (中文)