

经济断面钢管生产

〔苏联〕A·B·舒鲁波夫 等著

石云山 鍾锡汉 译

中国工业出版社



序 言

經濟断面鋼管的生产問題在苏联文献中很少介紹。最初关于变断面鋼管生产工艺的資料，刊载于 П.И. 奥罗、Н.В. 奥薩达[26]和З.А. 柯夫[18]等人所著的书籍中。在这些著作中，十分完整地闡明了軋制上述鋼管用工艺工具的設計方法和軋制工艺。至于鋼管的冷拔成型問題，則只有在И.Л. 別尔林[30]和 И.А. 尤赫維茨[42]所著的书中才进行了簡略的研究。此外，在定期刊物中还有一些討論鋼管成型的个别問題的論文。在Ф.А. 达尼 洛夫等人的书[12]中，有很少一些章节討論了鋼管的热成型，在这些章节中援引了在减径机上軋制方形管和矩形管的工艺。絕大多數已发表的著作[22、23、24、27、28、31、33、36、41、42]都闡述了特薄壁鋼管的制造工艺，特薄壁鋼管的生产在最近十年来已获得了广泛的发展。

考虑到各种刊物上分散发表的有关經濟断面鋼管制造問題的資料不完整、对鋼管成型过程几乎完全沒有进行过深入的理論研究以及生产人員的需要，鉴于異形鋼管标准已經建立，作者认为有必要編写这本书，介紹經濟断面鋼管制造时工艺工具設計的計算方法和作图方法。

本书按照內容可分为四部分。第一部分（第一至四章）研究經濟断面鋼管生产的一般問題（基本理論），提供了在所研究的制造經濟断面鋼管的方法下金屬变形过程的基本原理和工艺工具設計原則的根据。第二部分（第五至十八章）研究了用冷拔、冷軋、电焊和热軋这四种方法制造鋼管的工艺，提出了每一断面或每种鋼管的工具設計計算方法；同时介紹了一些裝置。第三部分（第十九和二十章）討論了鋼管的质量和精整問題。最后一部分（第二十一和第二十二章）分析了国外制管工业的一些成就和苏联

IV

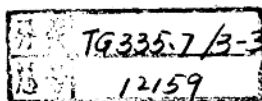
經濟断面鋼管生产的发展前景。

第十三、十四章和第十二章的第6节是由 M.A. 弗列別尔格編写的，其余各章則由 A.K. 舒魯波夫写成。

本书供熟悉生产圓管用的主要設備和輔助設備以及熟悉圓管制造工艺的讀者使用。

編写本书是作者綜合上述鋼管生产領域方面已发表的資料和本人經驗的第一次嘗試。作者将对一切旨在使本书內容更趋完善的批評性意見表示感謝。

P.Γ. 楊諾对电焊鋼管的生产工艺提出了寶貴的意見，評閱人 B.Л. 柯尔莫臬洛夫提出了有益的批評性意見，許多作者发表了自己的著作，因而簡化了本书的資料准备工作，作者在此对他們一并表示感謝。



目 录

序言

緒論	1
----	---

第一章 經濟断面鋼管的种类	3
---------------	---

1. 異形鋼管	3
---------	---

2. 变直径的和变壁厚的鋼管	5
----------------	---

3. 特薄壁鋼管	6
----------	---

第二章 經濟断面鋼管的优点	7
---------------	---

1. 强度	7
-------	---

2. 節約金屬	8
---------	---

3. 生产的經濟性	10
-----------	----

第三章 經濟断面鋼管的制造及其工艺特点	12
---------------------	----

1. 冷拔	12
-------	----

2. 冷軋	23
-------	----

3. 冷軋和冷拔的配合	26
-------------	----

4. 电焊	27
-------	----

5. 热軋	29
-------	----

第四章 工艺工具及其設計的特点	34
-----------------	----

1. 拉模和頂头	34
----------	----

2. XTT軋机的孔型和心棒	37
----------------	----

3. 电焊軋机的軋輓	42
------------	----

4. 減径机的軋輓	48
-----------	----

第五章 直綫異形鋼管的冷拔	60
---------------	----

1. 方形鋼管	60
---------	----

2. 矩形鋼管	61
---------	----

3. 菱形鋼管	63
---------	----

4. 平行四边形鋼管	65
------------	----

5. 梯形鋼管	67
---------	----

V

6. 三角形鋼管	69
第六章 多角形鋼管的冷拔	75
1. 六角形鋼管	75
2. 圓孔六角形鋼管	77
3. 八角形鋼管	80
4. 圓孔八角形鋼管	82
第七章 橢圓形鋼管的冷拔	83
1. 正常的橢圓形鋼管	83
2. 平橢圓形鋼管	87
3. 正常的滴形鋼管	92
4. A類滴形鋼管	97
第八章 星形鋼管的冷拔	99
1. 六角輻射形鋼管	99
2. 八角輻射形鋼管	101
第九章 十字形鋼管的冷拔	107
1. B類十字形鋼管	107
2. A類十字形鋼管	111
第十章 翼形鋼管的冷拔	114
1. A類單翼形鋼管	114
2. B類雙翼形鋼管	116
3. C類雙翼形鋼管	118
第十一章 槽形鋼管的冷拔	121
1. A類槽形鋼管	121
2. B類槽形鋼管	123
第十二章 某些特殊断面鋼管的冷拔	128
1. 正常的 D形鋼管	128
2. 特殊的 D形鋼管	132
3. 雙孔形鋼管	133
4. 玉米聯合收割機用的鋼管	137
5. 螺旋形鋼管	139
6. 變直徑鋼管	142
第十三章 變截面鋼管的冷軋	150

1. 錐形鋼管	150
2. 具有錐形過渡的鋼管	163
3. 變壁厚的鋼管	164
第十四章 冷軋和冷拔的配合	166
1. 變截面異形鋼管	166
2. 摩托車叉頭用鋼管	169
第十五章 特薄壁鋼管的冷軋	171
第十六章 異形電焊鋼管生產	175
1. 方形鋼管	175
2. 矩形鋼管	181
3. 三角形鋼管	182
4. 橢圓形鋼管	185
第十七章 異形鋼管的热軋	190
1. 方形鋼管	190
2. 矩形鋼管	197
3. 等腰三角形鋼管	199
第十八章 異形鋼管的精整	206
1. 鋼管的退火	206
2. 鋼管的矯直	207
3. 鋼管的切斷	210
第十九章 對經濟断面鋼管的质量要求	212
第二十章 廢品的形式、產生的原因及其消除措施	214
1. 異形鋼管	214
2. 變截面鋼管	217
3. 薄壁鋼管	218
第二十一章 國外經濟断面鋼管的生產	219
第二十二章 蘇聯經濟断面鋼管生產發展的前景	223
附 錄	226
參考文獻	274

緒 論

國民經濟各个部門必須全面發展技術，這就需要增加金屬生產。金屬愈多，機器也就愈多。還可以依靠節約單位產品所用的金屬來增產機器。在機器製造業和建築業中廣泛運用經濟斷面鋼管，其中包括異形管，是節約金屬的途徑之一。這樣一來，選擇合理的鋼管斷面來製造機器零件和建築結構，就是一項很重要的國民經濟任務，正確地解決這項任務，將為國家節約大量的金屬。

在運輸機械和農業機械以及大批生產的其他產品的結構中採用經濟斷面鋼管，能減輕這些結構的重量，從而能大大節約金屬，至於對自動推進的技術工具來說，還能節約運行時耗用的燃料，因而有很大的意義。

蘇聯制管工業是不久以前才開始製造異形管的，因此，迄今為止，其生產工藝過程無論在金屬變形問題方面，或是在工藝工具設計問題方面，都沒有得到理論上的論證。缺乏理論，就會引起各廠工藝的不一致，而在某些情況下，這就會成為製造新的複雜斷面的障礙。

鋼管成型作為一種工業過程，畢竟沒有它自己的生產基礎。異形管是在供生產圓管的設備上製造。現有的拔管機和鋼管冷軋機在設計時均未考慮經濟斷面鋼管製造過程的工藝特點。這些特點，是在設計專用設備時必須考慮的。精整設備的情況還要糟，幾乎完全不可能在其上加工經濟斷面鋼管。

在製造工藝工具方面，鋼管工作者遇到了很大的困難。工藝工具基本上是用鉗工方法制作的，因而使其製造成本大大增加，同時其壽命還不夠高。異形管生產用工具的壽命必須比現有生產工具的壽命提高數十倍乃至數百倍。只有通過採用硬質合金工具

方能达到这一点。但是，鋼管成型用硬质合金工具的生产問題，迄今为止尚未得到圓滿的解决。

1957年異形管用标准的批准，促进了近年来这些鋼管生产的发展。这些鋼管的标准化，不仅作为使断面統一化的手段来說是重要的，而且作为机械制造者报导苏联工业所創造的断面的方式来說也是重要的，这将有助于其应用范围的扩大。

第一章 經濟断面鋼管的种类

1. 異形鋼管

横截面的輪廓不是圓形的鋼管称之为異形管；異形管的內外两个表面可以都不是圓形的，或者只有其中的一个不是圓形的。

制管工业所制造鋼管的种类是多种多样的，到現在为止，仅苏联已标准化了的大約有30种。断面的种类这样多是由于技术工具日益深入和狭窄的专业化过程引起的。在各种技术部門中鋼管使用条件的独特性，要求鋼管也具有相应的性能。自然，通用的圓管不是最好的形式，不一定能满足这种或那种的特殊要求，因而在不得已时才采用它。因此就有必要生产特殊的鋼管，其中也包括異形管，增加他們的品种，使形状复杂化。图1为現时制造的一些異形管。

在农业机械制造业中广泛采用这样一些断面的鋼管，边长为25~100毫米、壁厚为3~3毫米的方形管，尺寸为 $40 \times 25 \times 3$ ~ $100 \times 50 \times 7$ 毫米的矩形管，三角形管，等等。

在矿山机器制造业中采用边长为32~42毫米、壁厚为3~6毫米的方形管。边长为80~110毫米、壁厚为4~9毫米的方形管系用作矿井巷道的支柱。

在蒸汽鍋炉集管中采用边长为110~152毫米、壁厚为12~20毫米的厚壁方形管和矩形管。

方形管和矩形管也广泛用于汽車和拖拉机制造业。

在飞机制造业中需要流綫型的鋼管，軸綫尺寸为 12×6 ~ 120×60 毫米、壁厚为1.0~2.5毫米的滴形管，軸綫尺寸为 6×3 ~ 90×30 毫米、壁厚为0.5~2.5毫米的橢圓形管，以及大底边尺寸为22~33.8毫米、壁厚为0.5~1.0毫米的梯形管。

为摩托車和自行車工业制造尺寸为 15×7.5 ~ 42×18 毫米、

壁厚为1.0~2.0毫米的D形断面鋼管。

为了对头接合輸电綫路的載流導綫，采用尺寸为 $17 \times 8.5 \sim 29.4 \times 13.4$ 毫米、壁厚为1.7和2.0毫米的平椭圆形管。

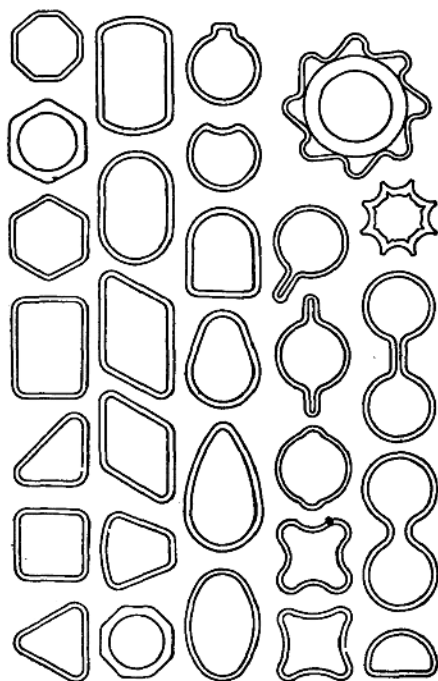


图 1 苏联制造的一些異形管

除上述鋼管外，还制造大量特殊断面的鋼管，例如螺母套管、十字形管、槽形管、翼形管和星形管等。所有这些鋼管都标准化了。但是，制管工业还可以不受这些标准化的断面的限制。根据供需双方的专门協議，可以选择尺寸不是标准而断面却为标准的鋼管和新断面的鋼管。但在这种情况下必須注意，制造标准中沒有的中間尺寸的鋼管，可以看作是违反标准，因此，設計師必須避免采

用中間尺寸的鋼管。至于尺寸不在标准表范围以內的鋼管，則必須按照作为該类鋼管标准品种作图基础的一系列尺寸来处理它們。

2. 变直径的和变壁厚的鋼管

除異形管外，纵向上横断面积变化的鋼管也屬於經濟断面鋼管。它們可以分为三种：a) 壁厚固定而直径变化的；б) 外径固定而壁厚变化的；в) 直径和壁厚都变化的。

在所有情况下，当鋼管用作空間結構的承载构件而受有会引起鋼管压缩或弯曲的载荷时，采用变截面鋼管都是合理的。

变截面鋼管在摩托車工业中用来制作叉头，用作直升飞机桨叶的承重构件，用来制造自行車車架、运动用竿和无軌电車的集电弓杆。这些鋼管目前还没有标准化，还是按照对每一种个别用途所提出的专门技术条件制造。缺乏标准这种情况是上述鋼管的生产数量比較少的緣故。

变截面鋼管是在供生产圆柱形管的設備上制造的，这就使得它們的应用和生产受到了限制。因此，变截面鋼管的制造就会有一些困难，并会降低这种設備的生产率。用专供生产变截面鋼管用的新設備来装备制管工业，无疑将会促使这种鋼管在各工业部門中获得更广泛的应用。

图2为几种类型的变截面鋼管。直径呈阶梯形变化而壁厚不变的鋼管a，用作无軌电車的集电弓杆。鋼管б的外径不变，壁厚在不长的一个区段上由一种厚度变为另一种厚度而呈阶梯形变化。直径和壁厚都变化的鋼管в用来制造摩托車的叉头。鋼管г的直径不变，而壁厚变化。鋼管д用在飞机上，其直径呈阶梯形变化，且由一阶梯向另一阶梯为錐形过渡，其壁厚也变化。鋼管е的直径不变，其壁厚从管子两端到中心逐漸增厚。鋼管ж的特点是壁厚不变，直径按直綫規律变化，这种鋼管用来制造田径运动用竿。

变截面鋼管也可以經過成型而具有各种外形輪廓。直径不变的变壁厚管料，基本上可以成型或用普通圆柱形管能够获得的任意断面。用变外径的鋼管可以得到的断面种类是很少的，只能制造

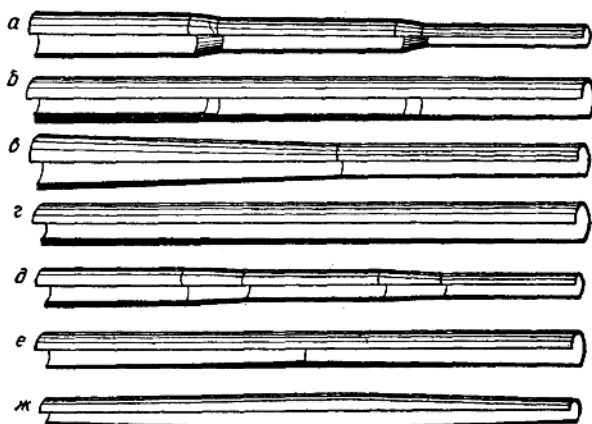


图 2 变截面钢管的种类

椭圆形或平椭圆形的外廓。例如，用来制作摩托车叉头的钢管就是这样的。用于飞机的钢管也要受到成型。

3. 特薄壁钢管

如同厚壁管或薄壁管的定义一样，特薄壁管的定义也不严密。在相当程度上可以认为，直径和壁厚之比在 100 左右和更大的钢管以及比值虽小、但壁厚却为 0.5 毫米和更小的钢管都属于特薄壁管[22, 31]。

上述钢管在辊式冷轧机 (XIIITP) 上制造，冷轧机的结构是由中央工艺与机械制造科学研究所机器制造部中央设计局设计的 [31]。在这种结构的轧机中，使金属变形的工具是 3~4 个形成封闭孔型的辊子。

在 XIIITP 轧机上能够成功地轧制出直径为 14~28 毫米、壁厚在 0.2 毫米以下的钢管。

由于在制管工业中应用了 XIIITP 轧机，特薄壁管的品种现时已有了很大的增加。

第二章 經濟断面鋼管的优点

1. 强 度

强度是机器和结构的零件、部件的主要特性指标之一。零件和部件的基体部分用来承受各种载荷。用作輸送管道元件的鋼管，其最佳形状为圆形，因为在相同周长下，在各种可能的图形中圓所包容的面积为最大。在鋼管内部或外部承受径向压力的情况下，圆形也是最佳的形状。

由材料力学可知，用鋼管制成的结构的零件和部件，在重量相同的情况下，比实心零件具有更大的截面模数。但是，对于一定的载荷条件来说，某种一定的断面形状却是最适宜的。

在工作时受扭曲、压缩和各向弯曲的情况下，圓管自然是最好的。但在平面弯曲条件下工作时，圓管的强度却不如其它一些断面的鋼管。我們来比較一下圓管和其它断面鋼管的截面模数。尺寸为 40×2 毫米的圓管的抗弯截面模数为 2.16 厘米^3 ；重量与之相等的、尺寸为 $40 \times 25 \times 2$ 毫米的矩形管之最大截面模数为 2.58 厘米^3 ，即大19%。尺寸为 40×5 毫米的圓管之抗弯截面模数为 4.32 厘米^3 ；重量和尺寸与之相等的、尺寸为 $40 \times 40 \times 4$ 毫米的方管之截面模数为 6.3 厘米^3 ，即大46%。尺寸为 35.6×4 毫米的圓管之截面模数为 2.84 厘米^3 ；重量与之相等的、尺寸为 $40 \times 20 \times 4$ 毫米的矩形管之最大截面模数为 3.70 厘米^3 ，即大30%。

上面援引的例子表明，在平面弯曲的条件下，当所用的金屬相等时，矩形管和方管比圓管更坚固。

工作时受弯曲的截面不变的零件的强度在长度方向上利用得不一樣。其强度計算是在最危险的截面上进行的；在其余截面上，所研究的截面距危险截面愈远，則其应力减小得也愈多。无

論哪一個截面上的零件（梁）未被利用的強度都等於該截面上金屬的裕量，當零件自重成為引起其內很大應力的源泉時，就會變得十分不利。特別是懸臂工作的零件就屬於這一種。以直升飛機的支承槳葉的鋼管作為例子來研究一下。如果使這種鋼管的截面不變，則即使在其自重作用下，在其固定端上的彎曲應力也會很大；同時，鋼管自由端的強度將不能得到充分利用。此外，從鋼管強度的觀點來看是多余的這部分金屬，當槳葉旋轉時，會引起很大的離心力，足以使鋼管破壞。

擺脫這一困難的出路在於採用等強度管，亦即在載荷作用下於其內發生的應力沿全長相等的鋼管。變截面鋼管能滿足這一條件。如果鋼管是懸臂工作的，則鋼管斷面積由其一端向另一端減小。當鋼管和梁相似是在兩個支點上工作時，其斷面積則向兩端減小。

變截面鋼管的強度比不變截面鋼管的高，因為由於鋼管自重產生的應力降低，因而作用在變截面鋼管上的有效載荷可以更大。

等強度管的截面模數應按直線規律變化，但是，這類鋼管不一定能在現有的鋼管軋機上製造。在不能製造嚴格的等強度管的情況下，把它們作成近似的等強度管。

等強度管還具有一個在某些情況下可能是有利的特性。由材料力學可知，懸臂固定並作用有集中載荷的等強度梁是按圓弧而彎曲的，且其撓度要比等截面鋼管的大得多。例如，在要求具有很大大柔性的無軌電車集電杆上，就利用了變截面鋼管的這一特性。

2. 節約金屬

在不影響強度的情況下最大限度地減輕設計結構的重量，是設計師的一項主要任務。減輕構件和機器、特別是那些大量生產的構件和機器的重量，能大大節約金屬。此外，在這種情況下還能降低製造和使用的費用（燃料和電能的耗費較少）。

在製造機器和構件時，採用鋼管特別是異形鋼管，對降低金屬消耗往往有極重要的影響。如前節所述，用方形管和矩形管代

替实心断面，在其重量相等的情况下对零件强度有很大的好处，就是说如果设计师不是考虑圆管和异形管的重量相等，而是考虑它们的截面模数相等的話，則就这一意义而言，采用鋼管的金属消耗要大大降低。

用变截面鋼管制造直升飞机的桨叶，不仅能增加其强度，而且还能节约金属一半以上。

摩托車叉头也是用椭圆-圆柱形的变截面鋼管制造的，这能节约金属15~25%。

变壁厚鋼管也能用到自行車工业中去（用作自行車車架），这样能减小自行車的重量，而不影响其强度。在制管工厂中已經进行了制造这种鋼管的試驗。

采用异形管之所以能节约金属，这不但是由于它們的重量較輕，而且还由于在一系列情况下用不着或能减少机械加工。ГОСТ 8652-57 規定有用來制造螺母的圓孔六角形鋼管；而螺母通常是用六角型鋼或由板材冲压成的。無論是在第一种情况下，或是在第二种情况下，占滿螺母孔的金属都要成为废料。在利用螺母管的情况下，就不会有这种損失。

套筒扳手是由圓棒料或六角棒料用钻孔和鉗工加工的方法做出套螺母的端孔的。ГОСТ 8641-57 和 8651-57 規定有用來制造套筒扳手的六方孔异形鋼管。采用这些鋼管，能大大节约金属，降低机械加工費用。誠然，用异形管制造上述的扳手，不能认为是一种最好的方法，因为异形管制造的本身就帶有一定的困难。近来，用圓管制造套筒扳手，其端部是在將鋼管切成一定长度后用六方冲头压制成为所需的深度。这种方法甚至比使用异形管还要經濟。此外，这种方法还能进一步节约金属，因为在螺母尺寸相同的情况下，圓管的直径一定比异形管的小。

在第八章第2节中将要叙述八角辐射状星形管的生产工艺（參看图39），这种鋼管被用来制作未裂开的棉桃收获机的工作輓。过去这种鋼管由尺寸为 51×10 毫米的圓管用銑削八个槽的方法制造，在这种情况下，有50%的金属变成了切屑。随着这种鋼

管生产的掌握，使用拔制法使管子制造时的金属消耗降低了一半。

玉米联合收割机脱粒辊用钢管可以用铣削（在外轮廓上）的方法制造，但是由于这种制造方法很明显是不经济的，而且会使大量金属变成切屑而损失掉，故全苏农业机器制造科学研究所曾经提出了一种钢管结构（参看图54），这种钢管可用拔制法制造（制造工艺参看第十二章第4节）。用拔制法代替铣削法，每米钢管能节约金属11.5公斤。

采用薄壁管和特薄壁管，能节约更多的金属。制管工业可以提供直径达120毫米的这类钢管。采用这些钢管，能在一系列情况下大大降低金属的消耗。例如，水银整流器用的尺寸为 $120 \times 1.5 \sim 1$ 毫米的合金钢薄壁管，由壁厚为6毫米的热轧管坯用内钻孔和外车轆的方法制成，但是这种钢管也可以用冷轧法制造。

上面援引的采用变截面钢管、异形管和特薄壁管的例子证明：金属的节约有着很大的潜力，目前尚未得到充分利用。

3. 生产的经济性

除技术上的评定外，成本是采用这种或那种断面是否合理的主要指标之一。自然，断面的经济性并非在所有情况下都是决定是否应当采用的主要指标。例如，变截面钢管虽能节约一定的金属，而这类钢管的制造价格可能比节约出金属的价值还要高，但是采用这类钢管的指标却不是金属的节约，而是钢管重量的减轻。

在大多数场合下，采用这种或那种断面是否合理的指标是在这种情况下所能达到的经济效果。

采用这种或那种断面的经济合理性，在一种情况下取决于在保持与过去所采用断面相同的性能下金属的节约，而在另一种情况下则取决于通过用另一种加工方法代替这一种或同时用这两种加工方法时劳动量的减少。

矩形管和方形管属于第一类范畴的钢管，虽然用圆管成型本

身免不了要花费一定的劳动和材料。但是，如果考虑到冷拔管的金属费用平均为80%，而其再加工费用为20%，则节约金属20~40%就能收回占成型前再加工费用20~40%的附加费用。

作为第二类钢管范畴例子的有椭圆形管、平椭圆形管和滴形管，这些钢管是以拔制法代替用压力机于相应形状的模式中模锻圆管的方法制造的，因为模锻不能得到拔制时所能达到的质量。方管和矩形管在代替用等边角钢或不等边角钢而焊成的相同断面的钢管时，也属于这一范畴。

属于第三类范畴的有供制造套筒扳手、未裂开棉桃收获机和玉米收割机的轆子等用的钢管。

在用拔制的异形管制造未裂开棉桃收获机和玉米收割机的轆子时，除能节约金属外，同时还可以省掉机械加工。如果铣工在同时铣削两根钢管的情况下每班应铣出2.8米钢管，那么拔管工和助手就能在拔管机上拔制出4000米异形管。这样一来，用拔制法制造这类钢管的生产率就为铣削的140倍。

但是，并非在所有情况下采用异形管或薄壁管的经济性都能表现在所需零件或产品制造费用的降低方面。某些断面一般是不能比较它们的制造费用的，因为它们只能用制管工业所习惯的方法制造。但是，这些断面有着特具的性能，因而决定着其应用的技术和经济效果。

例如，用于高压装置中的尺寸为 $69 \times 17 \times 4.5$ 毫米的平椭圆形管，在内截面相等的情况下其放散表面要比圆管的大50%，而这就能把它们的技术效果提高50%左右，这本身又能促使整个装置的技术和经济效果提高。

在换热装置中采用特薄壁翼形钢管时，也会得到特点相同的效果。

借助于平椭圆形管连接输电设备高压线路缆索的方法在经济上是很有效的，而且也很简单。

上述例子证明在各工业部门中更广泛地应用经济断面钢管是合理的，而且也是有效的。