

152.11.查
013099

生鉄切屑和鋼切屑作为 化鉄炉炉料的利用

[蘇聯] Л. М. 馬利恩巴赫等著



科技卫生出版社

生鉄切屑和鋼切屑作为化鉄炉炉料的利用

[苏联] Л. М. 馬利恩巴赫等著

高 文 元 譯

科技卫生出版社

內 容 提 要

利用机械加工所得的鋼切屑和生鉄切屑作为化鉄炉炉料是苏联的先进經驗。这不仅在經濟上可以降低鑄件的成本,而且在材料的供应上也有很大意义。本書譯自苏联“黑色与有色金属切屑与其他廢品的合理利用”一書中的两章,重点介紹了这一方面的理論知識和工艺細則,其中所介紹的利用切屑磚的方法,尤富于参考价值。

生鉄切屑和鋼切屑作为化鉄炉炉料的利用 РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУЖКИ И ДРУГИХ ОТХОДОВ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

原 著 者 (苏联) Л. М. Мариенбах 等

原出版者 Mashgiz · 1956年版

譯 者 高 文 元

科技卫生出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可證出 098 號

中國科學院上海分院印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

開本 787×1092 1/32 印張 2 5/16 字數 46,000

(原科技版印 1,400 冊)

1958 年 12 月第 1 版 1958 年 12 月第 1 次印刷

印數 1—3,000

統一書號: 15119 · 536

定價: (10) 0.34 元

目 录

一、生鉄切屑和鋼切屑作为化鉄炉炉料的利用	1
引言	1
I. 化鉄炉中切屑熔化过程的物理-化学基础	5
II. 現有用化鉄炉熔化切屑方法的分析	10
III. 在化鉄炉中熔化疏松的生鉄切屑	18
IV. 在化鉄炉中熔化疏松切屑的工作細則	37
二、在化鉄炉中使用生鉄切屑磚的經驗	48
I. 使用切屑磚的概況	48
II. 影响切屑磚密度(比重)的因素	52
■ I. 金属的損耗率和切屑磚密度(比重)的关系	57
IV. 結論	68

一. 生鉄切屑和鋼切屑作为化鉄炉 炉料的利用

引 言

鑄造工作者很早就考虑过在化鉄炉中利用黑色金属切屑的問題；对于這個問題已有了极为丰富的著作。

在革命前的文献中，H. H. 魯勃卓夫文集〔30〕和〔31〕曾提供了有关这个问题的簡要論述。

革命前俄罗斯的大部分工厂并不利用切屑，而是任其弄髒环境和鏽爛，随便地倒入垃圾堆或燒掉。

在那种情况下，不管以任何的方法，只要能在化鉄炉中利用切屑，就应当被認為是合理的。

目前，有部分的生鉄切屑用作高炉的炉料。但是，在这种情况下，应当認為比較合理的还是把生鉄切屑用作化鉄炉炉料，而不是用在高炉中。因为这样就可减少块头生鉄和廢生鉄的耗用量，并可利用高炉的能力从矿砂中多煉出新的生鉄来。

以大量耗用焦炭（金属料的60~80%）的高炉来重煉生鉄切屑是不合适的，因为用高炉熔化切屑时，焦炭的耗用量要比用化鉄炉熔化时多达4~5倍。此外，在用于化鉄炉的情况下，却大大地减少了从机器制造厂將切屑运到冶煉厂，并再从冶煉厂將生鉄块运回机器制造厂的费用。

如果再計算到用切屑作为炉料要比生鉄块和廢机器鉄大为便宜的話(切屑的价格低于廢鉄的价格 5~8 倍), 就可以很明白地看出直接在机器制造厂中利用切屑的前途和节省成百万盧布国家資金的可能性。这些資金可以应用到其他的国民經济部門中去。

在目前的生产情况下, 鋼鉄鑄件有其重量的 20~25% 变为切屑, 鍛件的达 20%, 而軋材制品的达 15%。

如果將这一数量列入鋼鉄鑄件車間的炉料重量中去, 那末在經常利用切屑的情况下, 假定 60% 用于生鉄和 40% 用于鋼, 这一数量就等于生鉄炉料总重的 12% (20×0.6) 和煉鋼炉料的 10% (25×0.4), 还不算鍛件和軋材的切屑。

这种在数量上不太大的切屑, 可以在一切自备鑄鋼和鑄鉄車間的机器制造厂或轉送到其他具有相应車間的工厂加以利用。

当工厂内存有大量切屑或可能自其他工厂得到切屑时, 就有增加炉料中切屑分量的必要性。

当需要在炉料中使用大量切屑时(超过 10~12%), 使用切屑的方法就要求比較复杂。

在机器制造工厂中, 可以:

a) 在化鉄炉中利用生鉄切屑;

b) 在馬丁炉和电炉中利用鋼切屑;

в) 在化鉄炉、馬丁炉和电炉中利用鋼鉄切屑作为生鉄的代用品。

生产人員对于在化鉄炉中重煉未經压制的切屑的問題很早就发生了兴趣。还在上世紀中叶, 就作过用化鉄炉来重煉未經压制的切屑的尝试。但是, 虽然进行了多次实验, 还是沒有得到

是足够肯定的結果。在化鉄炉中熔化疏松切屑的失敗，在鑄造工作者中間曾經造成了一种見解，就是用这种方法重煉切屑是不可以的。因为这时大部分的切屑被燒掉，熔渣量增加而流动性降低，炉渣結在风口上，引起了熔化过程的紊乱；同时，有一位作者認為，切屑在未达到熔化帶之前就完全燒尽了^[9]，其他几位肯定地說，切屑即使沒有完全燒尽也要达到 30~50%^[32]。

大家援引了冶金过程的理論中关于焦炭燃燒生成物，鉄和它的氧化物之間相互作用的某些現象而論証說：大量的損耗乃是由于化鉄炉燃气的氧化特性所致。因此，关于用那种不加处理的切屑来熔煉的想法就放弃了。所有的注意力都是为了减少切屑的氧化表面而集中到將切屑压制成磚的方法上去。曾經建議过一系列的制磚方法，这些方法到目前为止，或因过程复杂（采用粘合剂），或因缺乏設備（使用压力很高的压力机），都沒有得到广泛的推广。

在偉大的卫国战争时期，一些軍火工厂儲存了大量的切屑，而这些切屑却不能运到冶金工厂去重煉；此外又感到化鉄炉熔煉的炉料缺乏。因此，又重新提出在化鉄炉中熔煉未經压制成磚的切屑的可能性問題。在这方面，起初的一些成就，是苏联鑄造人員获得的。

在 1944 年 JI. M. 馬林巴哈^[31]曾建議过一項在化鉄炉中重熔疏松切屑的方法，为了减少可能的損耗，在化鉄炉中借在焦炭內掺入高反应的燃料或增加焦炭的耗用量而造成一种还原气氛。C. A. 斯科馬洛霍夫^[33]和 A. C. 蘭达^[16]曾进行过工作，以查明在尋常的化鉄炉熔化时加入少量切屑的可能性。某些工厂利用疏松切屑作为炉料的工作，說明这种熔化方法是合宜的，并且也能得到現代机器制造的優質鑄件。

但是,当战争年代的炉料供应困难被克服后,以切屑作为炉料在化铁炉中熔化的工作又停止了。

在战后时期中,我国^①工业的蓬勃增长,在炉料方面亦要求增加新的来源。于是,人们再一次地注意到利用切屑的可能性。为了查明熔化过程的特殊性,斯大林拖拉机工厂曾重复了Л. М. 馬林巴哈教授在化铁炉的还原气氛中熔化切屑的经验,然后,为了简化熔炼过程,在通常的氧化气氛化铁炉中曾经试验过不用块状炉料而重炼切屑。钢的、生铁的和混合的切屑都曾进行过熔炼。工程师 М. П. 尼古拉契克, М. П. 安尼达洛夫, М. К. 尔瓦契夫, А. Н. 薩梅林, А. С. 基察波夫, В. В. 柴巴斯諾夫[38]都参加了这一工作。

苏联铸造工作者的多次试验,提出了许多利用切屑的新技术。现在,在苏联已有的经验和一些外国工厂经验的基础上,对于不同的生产条件,已不是说希望用随便什么方法来利用切屑(虽说这种情况到目前还没有消除),而是要在每种具体情况下选择最合理和最经济的方法了。

正如这些试验所特别指出的那样,使用生铁切屑作为化铁炉的炉料,不仅不会使炼出金属的质量降低,而是在正确地规定操作过程的条件下会使金属的质量显著提高[2]。

本文将对过去已有的利用切屑(生铁和钢的)的方法,以及由作者在生产金属以供生铁铸件和供化铁炉、马丁炉和电炉作为炉料的再生生铁时所拟订的新方法,进行简要的分析。

这个分析的基础是现代对金属在化铁炉中重炼时发生的化学-物理过程实质的概念,并考虑到在解决以各种分量的切屑加入炉料的问题时各别方法的经济性。

^① 指苏联,以下仿此——译者。

I. 化鉄炉中切屑熔化过程的物理-

化学基础

在化鉄炉不同高度的各部分(区域), 按照各該部分的物理-化学条件, 进行着不同的物理-化学过程。

图 1 列示化鉄炉各区域的燃气温度变化 t_g 和炉料温度变化 t_m 和燃气成分的变化图。

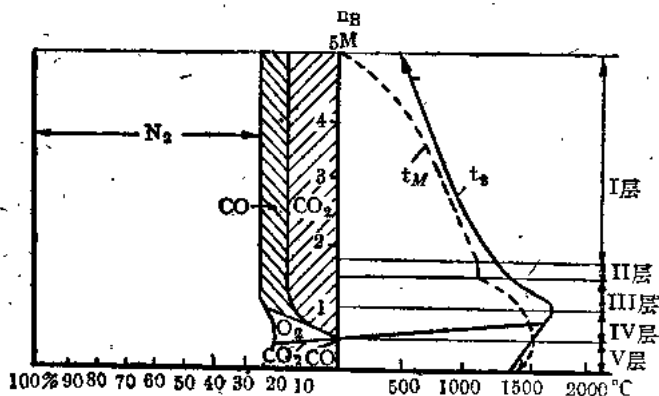


图 1. 化鉄炉各层的炉料和燃气的温度以及燃气成分图

在繪制这一曲綫时, 采用了燃燒完全的、比值 $\text{CO}_2:\text{CO}=70:30$ 的化鉄炉燃气的最后成分, 其时, 气体中 CO_2 含量在 13~16% 的范围内, 而 CO 則在 7~12% 的范围内。

图中順垂直方向划分成 5 个部分, 相当于化鉄炉的五个区域。

第一个区域——上面的——位于从加料口到熔化带的上边缘, 在这个区域中, 炉料自加料时的温度到加热至熔化的温度。这一区域的燃气成分几乎不变化, 并且近乎上述的化鉄炉燃气

的最后成分。在所有各区域中，金属停留时间最长的是第一个

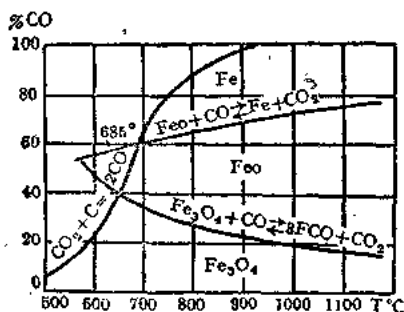
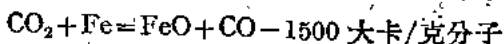


图 2. 铁和它的氧化物与一氧化碳及二氧化碳的平衡曲线

区域。图 2 上列出了铁及其氧化物与 CO 和 CO₂ 的平衡曲线。

这个平衡图说明化铁炉燃气对于铁的氧化作用是很微弱的。因为实际上只要使 CO₂ 略高于 CO，自由氧是几乎完全没有的。

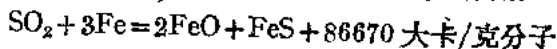
这时，发生着仅在金属表面进行的复杂吸热反应：



化铁炉燃气的这种氧化能力，在熔化生铁块和废生铁时影响很小。因为那种炉料的展开表面小，而且化铁炉中的炉料温度较低。

但同样的生铁，如以切屑状态加入化铁炉时，就具有比普通炉料大过很多倍的展开表面（按金属的单位重量），这使氧化过程的数值成为非常显著。

气体相与金属表面所进行的另一复杂反应是这些表面和燃料中硫的燃烧生成物——亚硫酸酐 SO₂ 的交互作用：



这一反应不仅促使金属表面的氧化，而且还使表面吸硫。

这一反应的数值同样是取决于金属表面的展开程度，而在用疏松切屑作为炉料时增高得很显著。

最后，就在这个区域中发生着一些金属表面的脱碳作用，这种反应的性质也是复杂的：



因为在这时，任何氧化的气体介质都是有脱碳作用的。

当在化铁炉中熔化生铁切屑时，碳几乎会完全烧损；这就是为什么在炉料中加入某一分量的生铁切屑等于加入等量的废钢的道理。

为了使燃气在化铁炉中流通均匀，炉料间的空隙有很大的意义。

当金属块和焦炭块的尺寸大致相同时，这种空隙达 40%，这就构成了燃气通过炉料而流通良好的可能性。

任何细块的加入（细焦炭，切屑，碎屑）都会减少炉料的空隙，因而使燃气难于流通。

为了减少化铁炉炉膛中燃气对切屑的展开表面的影响，以及保持炉料的燃气流通性，在实际工作中曾制订了一系列的切屑打包和加压成砖的方法。

切屑包和切屑砖的展开表面相等于尺寸相等的金属块的表面，因此，它的氧化和吸硫程度也不会超过普通的金属块；这样就防止了化铁炉燃气的影响，而炉料的燃气流通性则得以保持。但是，即使在化铁炉中熔化疏松切屑时，燃气的有害影响并不与金属表面成正比例地增加。这可用二点理由来说明。

当在化铁炉中使用少量的生铁切屑或碎的钢切屑时，由于炉料和焦炭的空隙很大，切屑就漏向下面，同时急剧地发生炉料的聚结，由于切屑金属和燃气交互作用时间的迅速缩短，而加入少量切屑（10% 以下）对炉料通气性的影响也就不大了。

使用大量疏松切屑时，切屑会漏落和结饼，这虽然也同样减少了金属表面和燃气的交互作用，但炉料的通气性却急剧降低。

结果，当使用普通的鼓风装置时，为了能够在熔化大量切屑

时对炉料送风，化铁炉的装料就不得不替换地进行，連續不能超过1~2批切屑。

第二区域，即金属熔化帶，位于底焦的上部。

到达这一区域的金属块开始熔化，在熔化过程中的温度大体上是保持不变的(参阅图1虚线曲线的垂直部分)。

这个区域的燃气气氛同化铁炉的第一区域的一样。

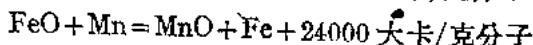
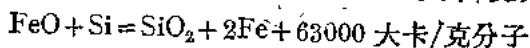
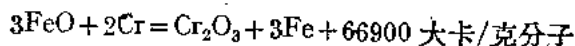
因为热量的传输过程只經由金属的表面进行，所以金属的块头愈大，加热亦愈慢，而这种金属块的开始和終結熔化过程的位置也就比較低些。切屑的表面展开得很大，加热亦比大块金属快，并且即使在比較迅速地漏到炉料下面去的情况下，还是容易达到熔化温度和迅速地熔化。

切屑磚和切屑包比起尺寸相同的金属块来，熔化得略为緩慢，这是由于它們的导热性能比質地紧密的金属块較差之故。

化铁炉的第三区域是化铁炉底焦的还原帶^[22]。

当生铁鉄水滴通过这一区域时，依靠了被加热到高温的燃气和燃料的輻射热量，发生了鉄水的过热。

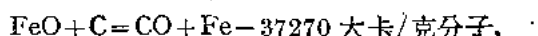
同时，在鉄水滴表面的氧化亞鉄(FeO)将会熔入鉄水，并將它的氧帶入各元素中去，这些元素就是矽、錳和鉻，它們比鉄具有更大的与氧化合的能力，其反应为：



当熔化普通生鉄或切屑包和磚时，它們的表面不象熔化疏松切屑时那样展开得大，因此氧化亞鉄的形成較少。这时，这些元素的損耗率通常为：矽 15~20%；鉻和錳 20~40%。当熔化疏松切屑时，氧化亞鉄的形成多得很多，因而这些元素的損耗率可

能达到50~80%。在計算含有疏松切屑的炉料时应当考虑到这一点。

在第三区域及第四区域中,也同样由于氧化亞鉄的作用,使金属中的碳有一些损耗,其反应为:



另外,当鉄水滴与底焦接触时,碳以及硫同时发生物理性的溶解入金属。

在这些区域中进行的金属渗碳过程,往往在量的方面超过化学性的脱碳过程。

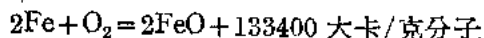
第三区域中的燃气温度比第四区域的較低,因为在这里进行着二氧化碳至一氧化碳的还原过程。

在这个区域中,由于酸性氧化物(SiO_2 , P_2O_5)被硷性氧化物(CaO , FeO , MnO)中和而开始形成炉渣。

化鉄炉的第四区域相当于底焦的氧化带^[22]。

如在图1所見,这个区域中有游离氧存在,氧的含量在风口水平处为21%,而在氧化带和还原带的交接处减少至几乎等于0%。

游离氧的大量存在使燃气气氛的氧化能力急剧地加强,并引起鉄分子初期氧化的可能性,其反应为:



随即再将氧輸送到生鉄的其他元素中去,其反应相同于在第三区域中进行着的反应。这一区域的特点是燃气温度最高,所以在这个区域中也使金属进行最高程度的过热。

化鉄炉的第五区域位于炉底和风口下边缘之間,就是相当于化鉄炉的炉缸。如在图1中所見,这一区域的气氛在最上面的部分是强烈氧化性的,在中間是中性的以及在下面部分是略

帶还原性的。

因为在这里燃气气体相和金属只能通过炉渣表面才能发生交互作用，因此炉缸气氛的氧化作用愈是靠近炉渣平面到风口下边缘处愈大，在炉缸高度低而且同时没有前炉的情况下往往发生这种现象。

炉缸愈高和存铁愈多时，金属的渗碳过程就进行得愈为有力。

金属的渗碳限度是共晶点，其公式如下：

$$C_{\text{共晶}} = 4.3 - 0.3(\text{Si} + \text{P})$$

当具有前炉时，金属在第五区域内的渗碳和氧化作用是极微的。

上述关于在化铁炉中进行的过程的简短分析指出，熔化生铁块和切屑的主要区别在于化铁炉的第一和第二区域，在底下几个区域内是感不到有什么区别的。

II. 現有用化铁炉熔化切屑方法的分析

所有在化铁炉中利用生铁切屑的方法，不論是过去已有的或是目前采用的，应当分为下列二类：

第一类中包括下列八种熔化切屑的方法，它们的特点是采取措施使切屑的巨大表面避免受到炉中燃气的作用：

a) 切屑的打包(压实)；

b) 用铁水来熔合切屑；

c) 切屑的燒結；

d) 將切屑用管子裝入；

e) 用机械的方法用螺旋送料機將切屑加入化铁炉；

- e) 使用粘合材料將切屑制磚;
- ж) 用机械的或液压的压力机將切屑制磚;
- з) 用电热加压力法將切屑制磚。

第二类方法包括三种在化鉄炉中熔化未經加工的疏松切屑的方法。

切屑的打包(压实) 切屑打包(压实)的目的在于使用包皮来保护切屑,使其免受化鉄炉第一层中燃气气体的作用。

生鉄切屑的压实是在木箱,洋鉄盒,生鉄罐或鉄皮盒中进行的[14],[27],[39]。也可以利用那种偶然找到的容器,如生鉄活塞[1],旧筒[9],[6]等。

虽然这个方法可使在炉料中加入切屑达10%;但是由于必須消耗大量的劳动力和材料,这种方法未在企业中得到广泛的推广,并且在目前已經不用。

用鉄水溶合切屑 用金属熔液溶合切屑是在具有倒置切头角錐体形状的地坑中[1],或于金属鑄錠模中在切屑上澆挂鉄水。

这种方法是不实用和不經濟的。

切屑的燒結 为了避免切屑在工厂中堆积腐蝕和减少將它运出时的費用,过去曾采取將切屑燒掉的手段。就在那时已經发觉到由于受热的結果,一部分燒热的切屑会同其他的切屑溶合和燒結成强度足够的切屑块,这种切屑块能良好地經受运输和裝入炉中。例如,С. К. 高赫巴烏姆曾經为了燒結生鉄切屑設計了一个不大的裝置。

燒結的材料成分为92~94%的細切屑和4~5%的焦炭粉或煤粉,并含有2~3%的水分。М. Я. 高尔特斯金和 М. Л. 勒平諾維契为了减少燒結料中的硫含量,在类似的裝置中用木鋸屑来代替煤粉[9A]。

为了燒結大量鋼切屑，德国在 1942 年曾在一個工厂中裝置了特制的垂直圓柱形的炉子，帶有錐形的炉底^[15]。炉子的上部用耐火磚砌成，而下部則用耐火材料搪成。炉子最热一层的炉襯中裝有冷却管，水流在其中循环。切屑是用帶昇斗的吊車由炉子的上部加入。

炉子支承于四根高 1.2 公尺的支柱上，帶有鑄鉄底盤的运输帶就在这些支柱中間运动，將炉子下部錐形喇叭口送出的燒結材料运出。

可以用清洁的、生銹的和沾油的切屑加入炉中，炉子用少量的木柴或焦炭进行生火，之后就不再使用燃料。因为一部分切屑发生燃燒时所发出的大量热会使大部分切屑与其余不燃燒的切屑不断的熔化和燒結。

炉中送出的燒結材料中包含帶有少量氧化物的熔化的金属和大量被焊合的未熔切屑，这种燒結材料是合乎化鉄炉炉料之用的。炉中送出的成品中平均含有 90% 的鉄和 10% 的氧化物，并且完全合乎运输和裝炉，以便下一步的重煉。

最后，必須指出，有人嘗試預先將切屑用 7% 的水玻璃拌和后在化鉄炉中直接將它燒結的办法。根据 C. B. 伊万諾夫的資料^[12]和^[18]，于 1932 年在列宁格勒的卡尔馬克思工厂中，当以 10% 的这种切屑加入炉料时，它們直接在炉膛中燒結成整体的一块，并在熔化帶中与其他炉料一起熔化得象块狀材料一样。沒有发觉有切屑自炉中飞出，炉渣也沒有显著的增加。

在列宁格勒的斯大林工厂中，也进行了在切屑中掺入 7~10% 的水玻璃的試驗。但是，燒結切屑的方法在苏联不曾得到广泛的工厂試驗。当时，如上面所述，关于采用这种方法的合理性是德国資料上說的。

將切屑用管子裝入 采用專用的鉄管插入炉膛直到熔化帶的方法^[25]也是為了解决防止切屑受炉膛內燃气作用的任务。切屑在管子的上端加入,随着管子的下沉而將管子随时接長。

从管子中加入切屑的方法关連着某些困难,并要求有專門的人員。

这个方法未曾得到推广。

以机械的方法用螺旋送料机將切屑加入化鉄炉 以机械的方法用螺旋送料机將切屑越过炉膛直接加到熔化帶的方法,是利用疏松切屑的方法的进一步改善。这个方法首先是在我国由 И. 列別里阿斯^[29]所建議的。如 H. H. 魯勃佐夫^[31]所写下的那样,是从德国專利者瓦格涅^{[7], [42]}的方法演变而来的。与瓦格涅方法不同的地方是 И. 列別里阿斯建議將螺旋送料机不裝在熔化帶上,而是裝在加料口下 1.5 公尺处。此外,按照他的建議,螺旋送料机应当不是裝成水平的,而裝成 30° 水平角。

但是,不論在国外或早先在俄罗斯,螺旋机送料的方法未曾得到推广。

1928 年波多尔斯基国家縫紉机器制造厂鑄造車間的主任 Э. Ю. 盖尔敏^[31]企图实现这种类似的裝置,他將螺旋送料机直接引入熔化帶,但也沒有有什么成就,这是由于吹出的热风会將工人燒伤,而且送料机常常损坏的緣故。

在苏联,实用的輸送切屑的螺旋送料裝置的合理結構,最初是由克拉斯諾达尔城“十月”工厂^{[23], [24]}的 P. A. 明尼赫在 И. Д. 庫列契和 M. Г. 別斯道尔尼的合作之下所制定的。在这个工厂中实现了用水平的螺旋送料机直接將切屑引入熔化帶的工作。

“十月”工厂的裝置結構具有一系列的优点,超过所有以前