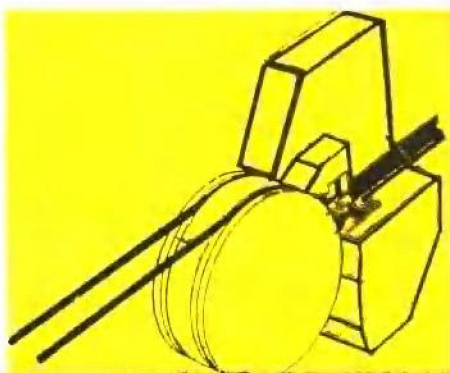


中南工业大学出版社



CONFORM

连续挤压 译文集

● 杨如柏 张胜华 等编译

● 中南工业大学出版社

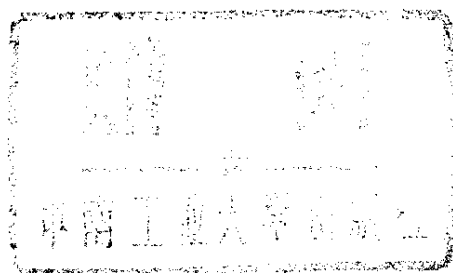
CONFORM

连续挤压

01

Conform连续挤压译文集

杨如柏 张胜华 等编译



中南工业大学出版社

B 611221

内 容 提 要

本书主要选择了1974年至1986年期间国外刊物上发表的17篇文章。同时还编入了一篇关于CONFORM连续挤压法近期发展的综述性文章,作为这本书的第一篇,以便大家对CONFORM连续挤压有一个总体的了解。全书内容涉及到CONFORM连续挤压法的基本原理、工艺特点、铝、铜材挤压工艺、工模具设计与制造、制品的组织与性能、经济分析、应用与发展动向。并且对颗粒与粉末料挤压、电线电缆包铝及最新的Castex连铸连挤等也作了专门介绍。内容比较丰富,是国内一本全面介绍CONFORM连续挤压技术的专集。可供从事金属材料成形加工和电线电缆工作的科研、生产、教学人员与大专院校高年级学生参考。

本书由杨如柏、张胜华、袁 熙和胡建国几位同志翻译并校对。最后由彭大暑同志审阅校订。

Conform连续挤压译文集

杨如柏 张胜华 等编译

责任编辑:肖梓高

插图责任编辑:刘楷英

*

中南工业大学出版社出版发行

湘潭大学印刷厂印装

湖南省新华书店经销

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 6.625 字数: 154千字

1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

印数: 001—500

*

ISBN 7-81020-218-9/TG·008

定价: 2.10元

前 言

随着连续轧制，连续铸造技术的发展，挤压加工的连续化也因CONFORM (Continuous Extrusion Forming)连续挤压法的出现和在有色金属材料加工与电线电缆工业上的实际应用而获得突破。近十年来，CONFORM连续挤压技术的发展是十分迅速的，不仅涌现出了单轮单槽、单轮双槽、双轮单槽和Catsex连铸连挤等多种结构形式的工业用CONFORM连续挤压机组、而且铝、铜等有色金属的连续挤压工艺（除铜管外）也日臻成熟，尤其是在铝及铝合金盘管、中小型材和电线电缆包铝等生产上的应用已十分广泛，并有趋向表明将迅速发展。

CONFORM连续挤压技术的出现和发展早已引起我国材料科技工作者的关注和工业界的极大兴趣。近五年间，我国相继从英国引进了几条CONFORM连续挤压生产线。与此同时，我国科技工作者对CONFORM连续挤压技术进行了多方面的研究工作，并且在有关部门的支持下，经过一些高等院校和生产单位几年的努力与密切合作，已研制出我国自己的国产CONFORM连续挤压机组，即将试车使用。可以预计CONFORM连续挤压技术在我国有色金属材料加工和电线电缆工业上的应用将会获得新的实质性进展。

为了适应我国CONFORM连续挤压技术发展的需要，使更多的人了解CONFORM连续挤压新技术。中南工业大

学参加国家“CONFORM 连续挤压联合攻关组”的几位同志，结合自己的工作编译了这本册子。这里除编入了一篇关于 CONFORM 连续挤压这一新型的金属加工成形方法近期发展的综述性文章外，主要选译了自1974年 CONFORM 连续挤压第一份专利公布以来，国外刊物上发表的17篇文章，内容涉及到 CONFORM 连续挤压方法的原理与工艺特点、生产工艺、经济分析，以及应用与发展动向等多个方面。内容比较丰富，是一本比较全面的介绍 CONFORM 连续挤压技术的译文集。我们期望这本译文集的出版对于我国 CONFORM 连续挤压技术的应用与发展能起到一点促进作用。

左铁镛

1989年6月

目 录

一种新型的加工成形技术——CONFORM连续挤压法·····	(1)
CONFORM——一种新的连续挤压方法·····	(24)
铜材 CONFORM 挤压的经济评论·····	(41)
关于 CONFORM 连续挤压法的最新资料·····	(49)
一种新型的铝挤压法·····	(58)
CONFORM 金属成形工艺的理论实验研究·····	(69)
铜材 CONFORM 连续挤压技术的开发经验·····	(83)
新挤压工艺的创建·····	(100)
有色金属粉末 CONFORM 法生产型、线材·····	(113)
CONFORM 法生产线材及有关制品·····	(121)
CONFORM 法进展的最新资料·····	(129)
CONFORM 法生产管制品·····	(136)
连续挤压——有经济前途的工艺方法·····	(143)
CONFORM 法挤压铝及其合金·····	(150)
连续包复——CONFORM 挤压·····	(165)
用熔融金属直接生产铝线·····	(175)
摩擦驱动挤压·····	(185)
金属的碱性清洗液·····	(189)

一种新型的加工成形技术

——CONFORM连续挤压法

彭大暑

引 言

挤压是有色金属管、棒、型、线材生产上广泛使用的一种主要的压力加工方法。但是常规挤压方法的某些缺点明显限制和影响了它的应用和发展。例如，锭坯与挤压筒壁之间存在的有害摩擦，不仅损耗大量的能量，而且使锭坯的长度受到限制，一般锭坯的长径比应小于 $5\sim 6$ ，无法生产长达千米以上的制品；其次是由于锭坯的长度所限，使得挤压的压余量和切头切尾等几何损失大，因而材料的利用率低；再次是常规挤压作业为间歇式操作，非挤压时间（上锭、切压余等）常高达挤压周期的30—70%，劳动生产率不高；此外，常规挤压的设备较庞大，造价也较昂贵等等。特别是在当今世界能源紧张、资源短缺和生产过程连续化、自动化高速发展的世界新技术革命的浪潮中，常规挤压的上述缺点显得更为突出。因此，如何降低挤压能耗，实现挤压过程的连续化，提高材料利用率和劳动生产率等是挤压加工上一些十分重要的研究任务。其中的关键又是实现挤压生产的连续化。

近二十年来，国内外许多科技工作者为实现挤压过程的连续化进行了大量的实验研究，提出了好几种实现连续挤压的方案。按其结构原理主要有：静液连续挤压法、轮带式（Line Extrusion——Linex）连续挤压法、轧挤式（Extrusion Rolling——Extrolling）连续挤压法和轮靴式（Continuous Extrusion Forming——Conform）连续挤压法四种。前一种是依靠高压液体的粘滞作用提供挤压力，后三种是依靠机械摩擦作用提供挤压力。前三种方法或因设备结构复杂，密封要求高，或因接触区段短、挤压力小等原因，至今仍停留在试验阶段，尚未达到工业实用的水平。而第四种，即 CONFORM 连续挤压法由于结构合理，只经短期的实验研究，便由英国 Babcock 线材设备公司于 1975 年制成第一台 CONFORM 连续挤压工业生产设备，投入铝导线的工业生产上。目前已有英国、美国和日本的五家公司获得制造许可证，从事 CONFORM 连续挤压的设计、制造和开发工作，使 CONFORM 连续挤压技术得到了迅速的发展。近十年来，不仅涌现出了单轮单槽、单轮双槽、双轮单槽和连铸连挤（Castex）等多种结构形式的工业用 CONFORM 连续挤压机，而且铝、铜等有色金属的连续挤压工艺也日臻成熟。现在世界各地已有 50 多家公司或厂家装配了近 80 条 CONFORM 连续挤压生产线。初期投产的 CONFORM 连续挤压生产线主要用于铝、铜导线的生产上，80 年代已广泛应用到铝及铝合金中小管材、型材和双金属导体及电缆包复等生产上。

CONFORM连续挤压法的原理和工艺特点

CONFORM连续挤压法是1971年由英国原子能局(UK-AEA) 斯普林菲尔德研究所的 D·格林先生发明的, 同年申请英国专利。后经过该研究所的先进金属成形技术研究室开发成功的。

CONFORM 连续挤压法的基本原理如图 1-1 所示。主要由四大部件构成:

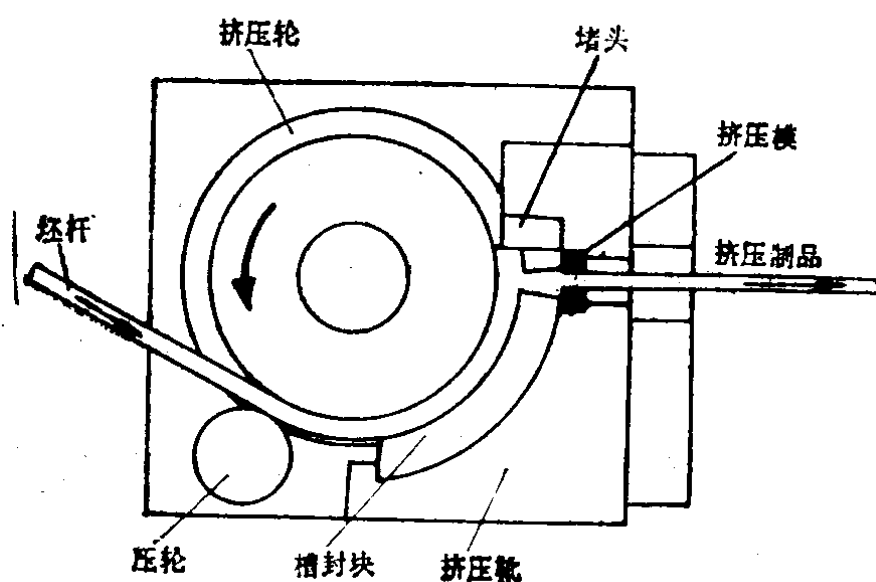


图 1-1 CONFORM 连续挤压原理图

1) 是轮缘车制有凹形沟槽的挤压轮, 它由驱动轴带动旋转;

2) 是挤压靴, 它是固定的, 与挤压轮相接触的部分为一个弓形的槽封块, 该槽封块与挤压轮的包角一般为 90° , 起到封闭挤压轮凹形沟槽的作用, 构成一个方形的挤压型腔, 相当于常规挤压筒。不过这一方形挤压筒的三面为旋转

挤压轮凹槽的槽壁，第四面才是固定的槽封块；

3) 是固定在挤压型腔出口端的堵头，其作用是把挤压型腔出口端封住，迫使金属只能从挤压模孔流出；

4) 是挤压模，它或安装在堵头上，实行切向挤压，或安装在靴块上实行径向挤压。多数情况下，挤压模安装在靴块上，因这里有较大的空间，允许安装较大的挤压模，以便挤压尺寸规格较大的管材和型材。

当从挤压型腔的入口端连续喂入挤压坯料时，由于它的三面是向前运动的可动边，在摩擦力的作用下，轮槽咬着坯料，并牵引着金属向模孔移动，当夹持长度足够长时，摩擦力的作用足以在模孔附近产生高达 $1,000\text{MN/m}^2$ (约 100kgf/mm^2)的挤压应力，迫使金属从模孔流出。可见CONFORM连续挤压原理上十分巧妙地利用了挤压轮凹槽槽壁与坯料之间的机械摩擦作用作为挤压力。而且只要挤压型腔的入口端能连续地喂入坯料，便可达到连续挤压出无限长制品的目的。

根据上述原理可以发现，CONFORM连续挤压法具有以下重要的工艺特点：

(1) 由于挤压型腔与坯料间的机械摩擦大部分得到有效利用，因此光挤压过程本身的能耗就可比常规挤压降低30%以上，因为常规挤压过程30%以上的能量消耗于克服挤压筒壁上的有害摩擦。

(2) 上述机械摩擦作用不单为CONFORM连续挤压提供所需的挤压力，而且由于摩擦生热，加上塑性变形热，二者的共同作用可使挤压坯料的温升达到很高的值。如可使室温下喂入的铝及铝合金坯料在模孔附近的温度高达 $400\sim 500^\circ\text{C}$ ，铜及铜合金坯料的温度高达 500°C 或更高些。CON-

FORM连续挤压过程摩擦热和变形热的共同作用，可使铝材挤压前无需预热，直接喂送冷坯而挤压出热态的制品。因此对铝及铝合金的 CONFORM 连续挤压可以省去坯料加热装置，大大降低电耗，估计，这比常规挤压可节省 3/4 左右的热电费用。

(3) CONFORM 连续挤压法只要连续喂料，便可连续挤压出长度达数千米，乃至万米长的成卷制品，如薄壁铝及铝合金的盘管。这不仅大大缩短了工序和减少了非生产时间，提高了劳动生产率，而且由于无挤压压余，切头切尾量很少，因而材料的利用率也很高，一般可高达95—98.5%。此外，由于挤压过程稳定，制品的组织性能的均匀性也好。

(4) CONFORM 连续挤压坯料的适应性很强。它既可以用实心盘杆作坯料，也可以使用金属颗粒或粉末为坯料直接挤压成材，近几年HOLTON公司开发成功的 Castex 连铸连挤法，还可以直接使用金属熔体为坯，把连续铸造技术与 CONFORM 连续挤压技术有机地结合成一体，经济效益更好，据HOLTON公司介绍，Castex 连铸连挤法坯料费用可减少£100—200/ t，生产费用根据产品的不同可节省£200—300/ t。

(5) 设备紧凑、轻型化、占地小，设备造价及基建费用较低。

但是，CONFORM 连续挤压也存在需要使用超高压液压元件、对坯料清洁度要求高，工模具材料耐热耐磨性要求高和工模具更换较困难等不足。

CONFORM连续挤压设备的类型和使用情况

目前，CONFORM 连续挤压机按驱动轴的位向有立式

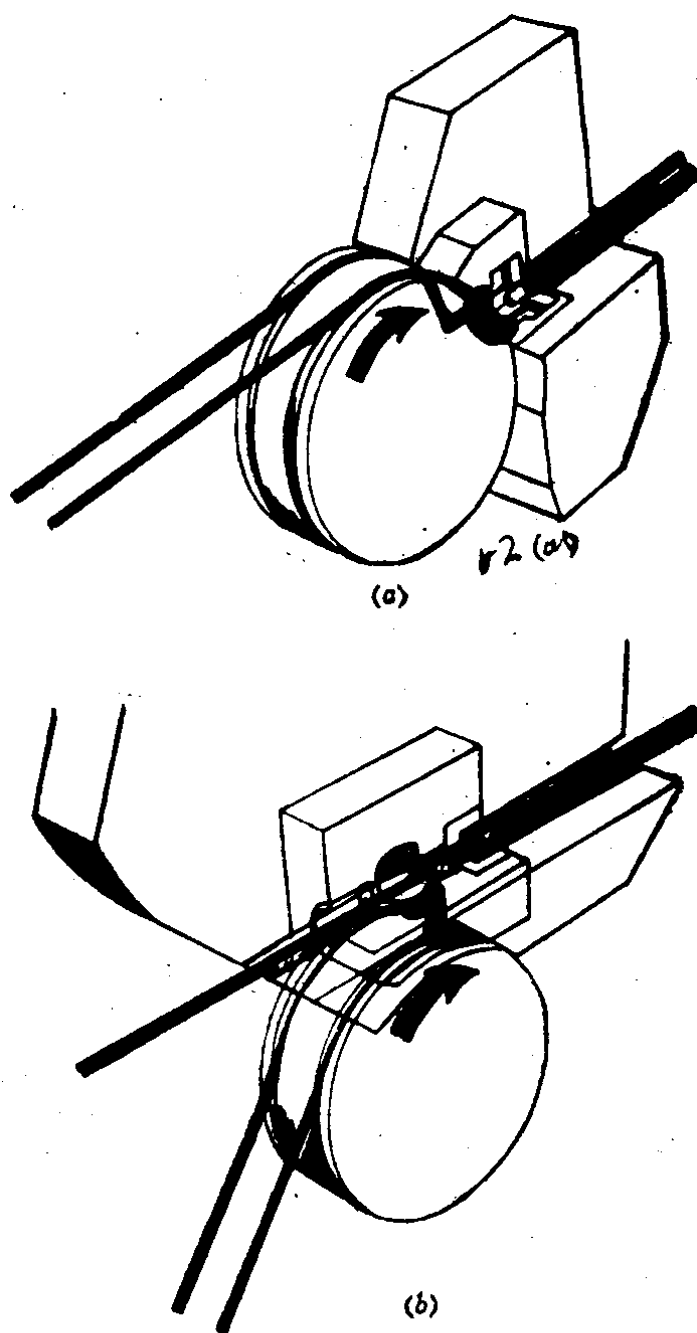


图 1-2 单轮双槽 CONFORM 连续挤压机
(a)单轮双槽式挤压；(b)单轮双槽包复机

和卧式两类。立式机的驱动轴为垂直安装，它的操作和工模具更换较方便，主要用于铝、铜导线的生产上，目前立式机已用得很少。卧式机的驱动轴为水平安装，机器整体刚度高，还便于喂送颗粒坯或粉末坯，使用很广，多用于挤压管材、型材以及双金属复合材料。

卧式机按挤压轮的结构方式有单轮单槽、单轮双槽（见图1-2）和双轮单槽（见图1-3）等几种。

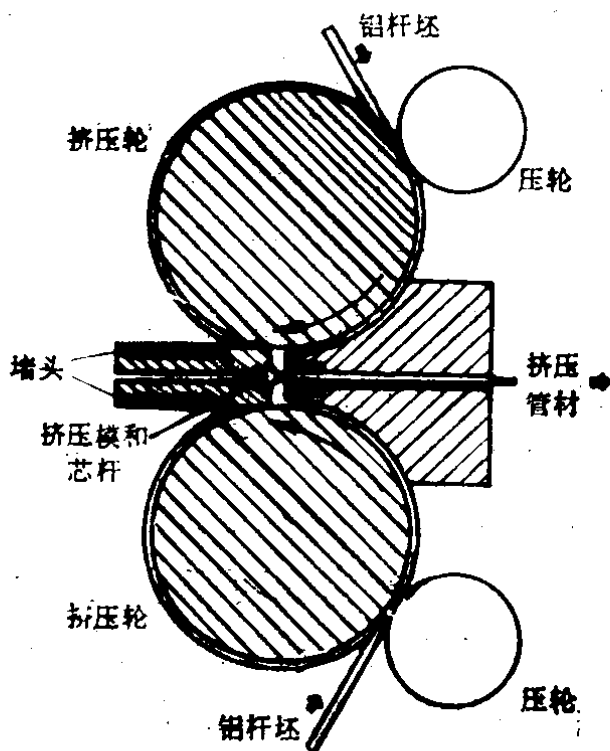


图 1-3 双轮 CONFORM 连续挤压机

近几年出现的 Castex 连铸连挤机是坯杆连续铸造和 CONFORM 连续挤压相结合的产物（见图1-4）使得生产工序更少，生产成本进一步降低。

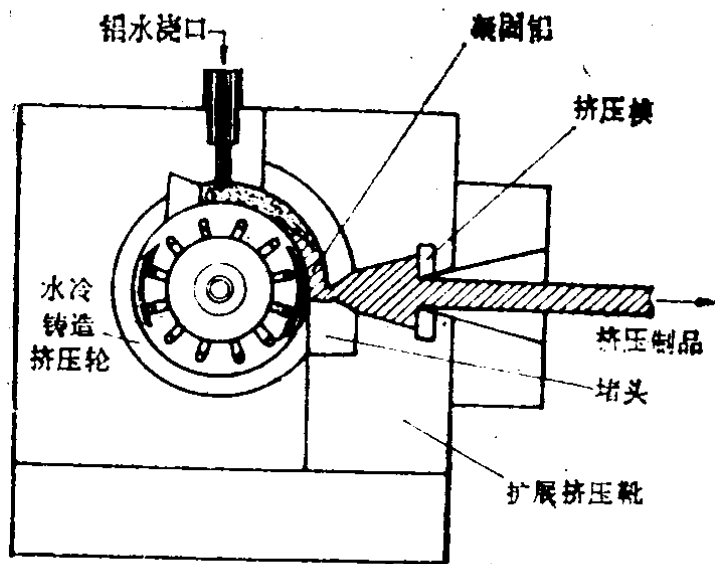


图 1-4 Castex原理图

表1-1~3 为英国 Babcock 线材 设备 公司 制造的 几种 CONFORM 连续挤压机的基本技术参数，表 1-4~7 为英国 HOLTON 机械设备 制造公司制造的几种 CONFORM 连续挤压机的基本技术参数。

CONFORM 连续挤压技术在铝、铜等有色金属 加工 上的应用情况，根据文献报导和考察可归纳如下：

(1) 可挤压的合金品种。纯铝、铝合金有3000系（如3003、3004、3005 和3103 等），5000系（如5052、5056、5182 和5251等），6000系（如6004、6005、6063、6061和6082等），7000系（如7075等），紫铜、黄铜（如70/30和60/40等），铝青铜，锌铝合金以及铝 + 石墨粉， $Al + B_4C$ ， $Cu + Al_2O_3$ 等粉末金属及合金。

(2) 挤压坯料。除铝及软铝合金可进行 Castex 连铸连挤外，现常用的实心坯料有 $\phi 10—25mm$ 的铝及铝合金盘杆， $\phi 7.2—15mm$ 的铜 及铜合金盘杆，以及铝、铜 及其合

表1-1 单槽CONFORM连续挤压机基本技术参数

型 号	1-300-120	1-350-150 200	1-550-260 400
名义挤压轮直径 (mm)	Ø300	Ø340	φ550
额定轮速 (rpm)	16	16	9.6
最大轮速 (rpm)	40	32	24
驱动功率 (kW)	120	150 200	260 400
驱动方式	直流电机	直流电机	直流电机
最大运转转矩 (Nm)	63300	79140 105500	228600 351750
最大启动转矩 (Nm)	94950	118700 158280	342950 527600
最大坯料直径 (mm)			
EC 铝杆 *	φ15	φ15	φ19
软态铜杆 **	φ12	φ12	φ15
理论计算产量 (kg/h)			
EC 铝材	600	800	1637
软态铜材	900	1200	2455
主机安装面积 (mm ²)	3600×1700	4000×2350	5000×3500
主机重量 (t)	4.0	10.0	30.0
制品最大外接圆直径 (mm)	φ30	φ50	φ90

*: 根据铝杆坯 $\sigma_{0.1}=9\text{kg/mm}^2$ 计算

** : 根据铜杆坯 $\sigma_{0.1}=14\text{kg/mm}^2$ 计算

表1-2 双槽CONFORM连续挤压机基本技术参数

型 号	2-350-150 200	2-550-260 400
名义挤压轮直径 (mm)	φ340	Ø550
额定轮速 (rpm)	16	9.6
最大轮速 (rpm)	32	24
驱动功率 (kW)	150 200	260 400
驱动方式	直流电机	直流电机
最大运转转矩 (Nm)	79140 105500	228600 351750
最大启动转矩 (Nm)	118700 158280	342950 527600
最大坯料直径 (mm)		
EC 铝杆 *	2×Ø9.5 2×Ø12.5	2×Ø12.5 2×Ø15
理论计算产量 (kg/h)		
实心制品	660 1140	1400 2040
管 材	430 570	740 1140
主机安装面积 (mm²)	4000×2350	5000×3500
主机重量 (t)	10.0	30.0
制品最大外接圆直径 (mm)	Ø70	Ø110

*：根据铝杆坯 $\sigma_{0.1}$ 为 9 kg/mm²计算

表 1-3 双槽CONKLAD包复连续挤压机
基本技术参数

型 号	2-350-150 200	2-550-260 400
名义挤压轮直径 (mm)	Ø340	Ø550
额定轮速 (rpm)	16	9.6
最大轮速 (rpm)	32	24
驱动功率 (kW)	150 200	260 400
驱动方式	直流电机	直流电机
最大运转转矩 (Nm)	79140 105500	228600 351750
最大启动转矩 (Nm)	118700 158280	342950 527600
最大坯料直径 (mm)		
EC 铝杆 *	2×Ø9.5	2×Ø12.5
常用出线速度 (m/min)		
铝包钢线	200	200
同轴电缆/光导纤维	150	150
主机安装面积 (mm²)	4000×2350	5000×3500
主机重量 (t)	10.0	30.0
制品最大外接圆直径 (mm)	Ø30	Ø50

*：根据铝杆坯 $\sigma_{0.1}$ 为 9 kg/mm²计算