

Niobium Nb

采用铌含量高达**0.10%**的  
钢材，帮助提高

**管道  
安全性**



高达0.10%的Nb X80 API钢用于  
盘管或板材，允许设计更大直径的管道  
以实现更高输气能力

# 输气能力



例如，使用 X80  
与此化学方法  
相结合进行处理

0.04% C - 0.10%Nb - 0.23%Cr 经高温处理



可以获得以下  
机械特性

屈服强度 $\sigma_{ys}$ MPa	极限抗拉强度 $\sigma_{uts}$ MPa	伸长率 (%)	$\sigma_{ys} / \sigma_{uts}$	均匀伸长率 (%)
605	685	26	0.88	8.3



对于直径为 1,420 mm、  
厚度 26.0 mm 的直缝管道，  
可以维持保证高输气  
能力的压力，  
而不存在故障风险：

压力类型	巴洛方程	计算压力
爆破压力（流体静压）	$P_b = \sigma_{uts} \frac{2t}{D_0}$	25.0 MPa
最小屈服强度时的内部压力	$P_{int} = \sigma_{ys} \frac{2t}{D_0}$	22.2 MPa
最大允许压力	$P_w = \sigma_{ys} \frac{2t}{D_0} F_d$	16.0 MPa

巴洛压力方程基于外径，  
常用于管道行业。  
爆破压力、最小屈服  
强度时的内部压力和  
最大允许压力采用  
此方程的变体进行计算。

$D_0$  = 外径； $t$  = 厚度； $\sigma_{uts}$  = 极限抗拉强度； $\sigma_{ys}$  = 屈服强度； $F_d$  = 设计因数 = 0.721，适用于 1 类管道

• Evaluation of burst pressure prediction models for line pipes, Xian-Kui Zhu & Brian N. Leis, International Journal of Pressure Vessels and Piping, 2011.

• Barlow's Formula - Internal, Allowable and Bursting Pressure, [https://www.engineeringtoolbox.com/barlow-d\\_1003.html](https://www.engineeringtoolbox.com/barlow-d_1003.html)

# 铌含量高达 0.10% 的 X80 钢材作为中国长距离高输气能力天然气管道的解决方案

通过采用直径更大、壁厚更厚的管道和指定的 X80 钢材，将年输气能力从 15 bm<sup>3</sup> 提高到 38 bm<sup>3</sup>

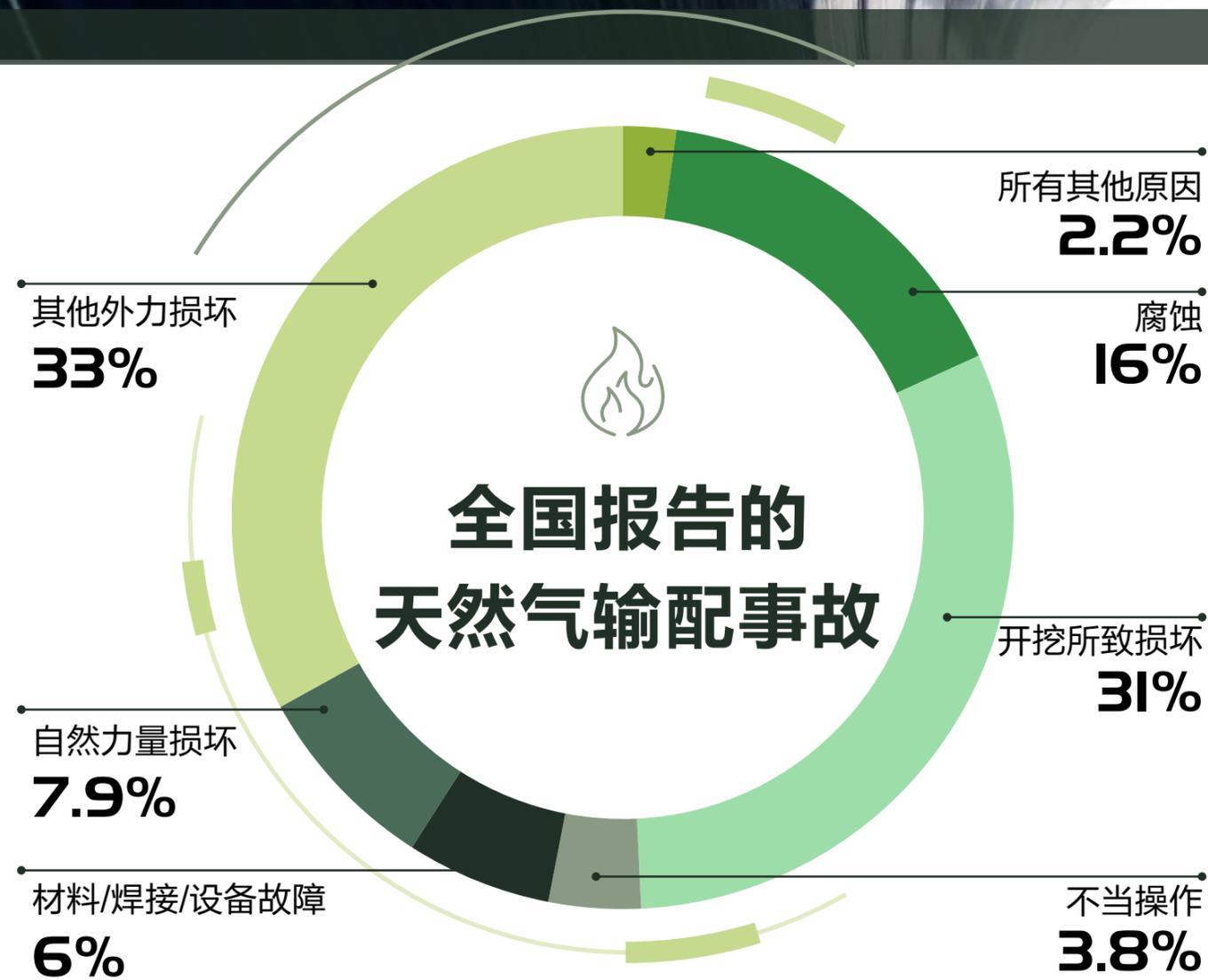
bm<sup>3</sup> = 十亿立方米



项目	第一条西气东输天然气管道	第二条西气东输天然气管道	第三条西气东输天然气管道	中俄东线天然气管道
建设周期	2002-2004 年	2008-2012 年	2012 年	2017-2018 年
钢材等级 (API)	X70	X80	X80	X80
直径 (mm)	1016	1219	1219	1422
最大工作压力 (Pa)	10	12	12	12
螺旋管壁厚 (mm)	14.7	18.4	18.4	22
螺旋管厚度 (mm)	18.4	22.4	22.4	26
直缝管道厚度 (mm)	4200	4895	7378	3170
年输气能力 (bm <sup>3</sup> )	15	30	30	38
投资/十亿元人民币	140	142	120	-

• Shang, C., Guo, F. - The state of the art of long distance gas pipeline in China. [https://www.gas-for-energy.com/fileadmin/G4E/pdf\\_Datein/g4e\\_1\\_18/gfe1\\_18\\_fb\\_ShangGuo.pdf](https://www.gas-for-energy.com/fileadmin/G4E/pdf_Datein/g4e_1_18/gfe1_18_fb_ShangGuo.pdf)

# 根据事故统计数据， 管道安全性取决于许多可变因素



当然，基材和焊接点必须符合每个项目的所有验收标准。

## 16 %

的故障由腐蚀引起。

针对这些故障，采用涂层和阴极保护来加以缓解。  
检查和持续维护对于管道安全至关重要。

## 64 %

的故障由机械损坏引起。

在管道建设和操作过程中，可能会不经意地损坏管道，而防止灾难性故障的最佳措施是提高机械阻力和韧性。

良好的机械性能可以提高对建设过程中机械震动所产生损坏的抵抗能力。

管道一经加压，冲击和磨损就可能導致蔓延长距离的故障，这使得管道的脆性断裂抵抗能力成为一种关键的安全特性。

# 铌含量高达 0.10% 的钢材是兼具高机械强度和高韧性之管道的最佳解决方案

碳	锰	铜 + 镍 + 铬	铌	钛	氮	Pcm
0.05%	1,55%	≤ 0.60%	0.095%	≤ 0.025%	≤ 0.008%	0.16

磷和硫的最大含量分别为 **0.018%** 和 **0.005%**

方向	0,5% YS MPa	TS MPa	E* %
L1	602	669	26.8
L2	604	663	25.2
平均值	603	666	26.0
T1	679	713	22.4
T2	682	708	23.6
平均值	681	711	23.0
X80 (规格)	555-705	625-825	

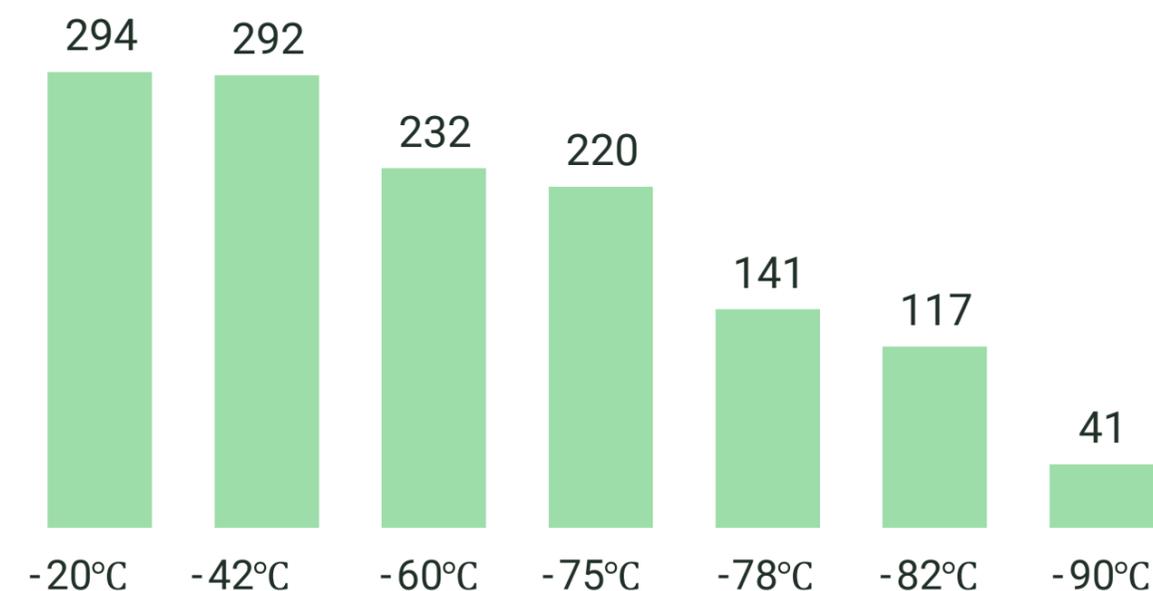
## 性能规格与在 -7°C 下测得的实际值对比

	基体金属 (J)	HAZ (J)	焊接 (J)	DWTT
规格	106	106	55	80%
实际值	292	290	80	100%

示例:

采用夏延平原天然气管道 (Cheyenne Plains Gas Pipeline) 所用钢材建造了另一条长 610 公里的天然气管道, 将天然气从科罗拉多州输送至堪萨斯州, 该管道于 2004 年投入使用。X80 钢板厚度为 12 到 17 mm, 供应商为 Oregon Steel Mills。这些钢板在 Napa Pipe 采用 UOE 工艺加工成型, 接缝处采用双面埋弧焊 (DSAW) 焊接工艺。

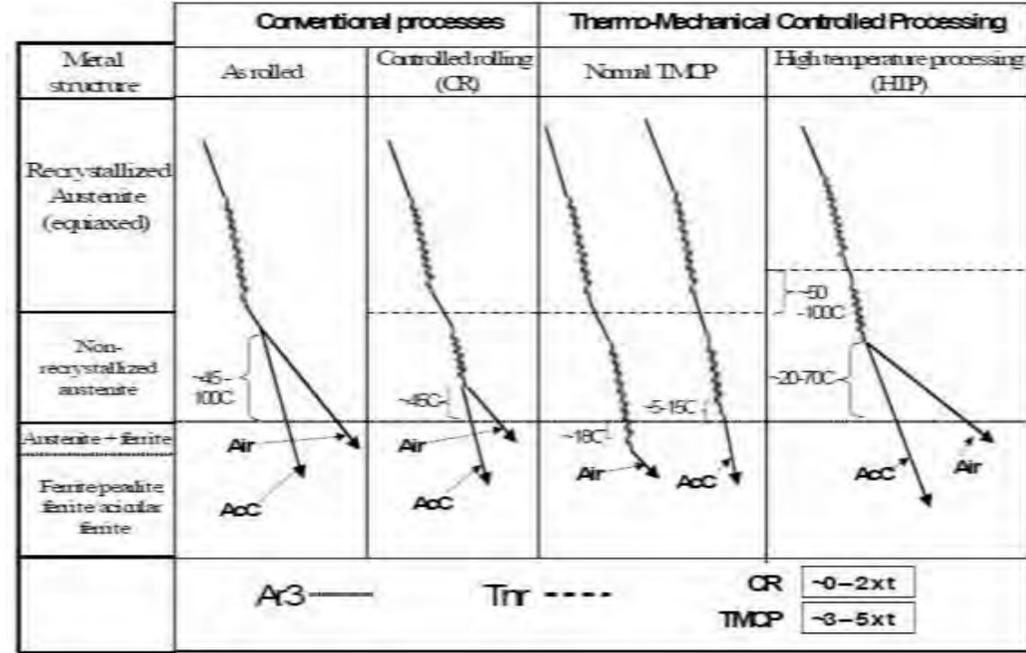
## 基体金属的低温冲击能量 (J)



API 钢材中高达 0.10% 的铌含量使得钢材能够在更高精加工温度下采用 **TMCP** 工艺进行轧制。

较高的精加工温度改善了板材/卷材的生产工艺，获得了优异的横截面微观结构，从而提高了生产效率最佳机械性能。

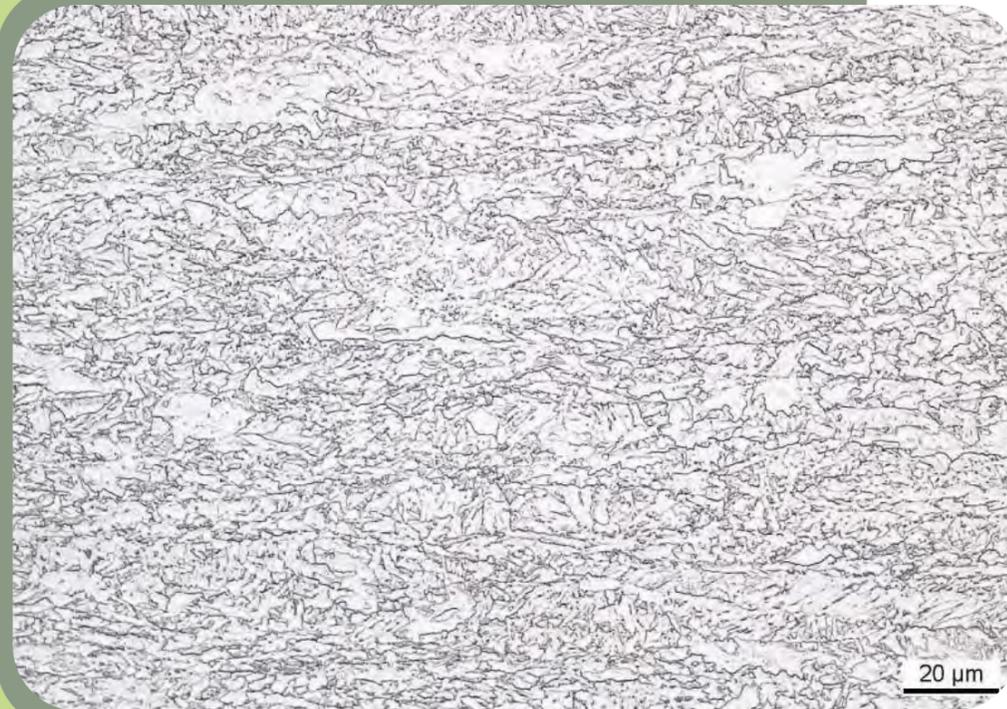
# 呈现最佳机械性能



铌可以提高 T<sub>tr</sub> 温度，因此再结晶得以延缓，从而实现更高温度的热轧，并且不会产生变形晶粒再结晶和生长的风险。

由此实现均匀细微的奥氏体晶粒尺寸以及热轧工艺结束时具有更多应变积累的奥氏体。

D. G. Stalheim; K.R.Barnes; D.B.McCutcheon – Alloy designs for high strength oil and gas transmission linepipe steels, International Symposium on Microalloyed Steels for the Oil and Gas Industry, TMS, 2007.



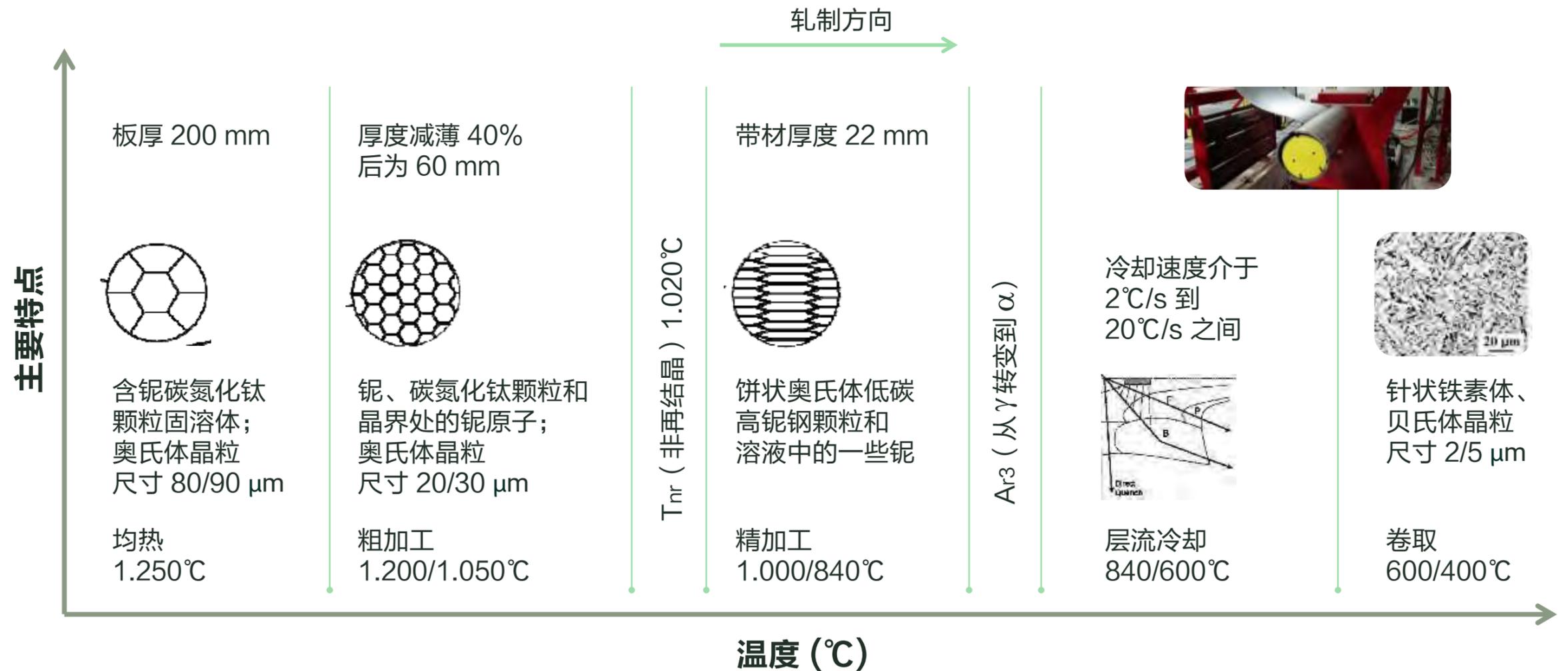
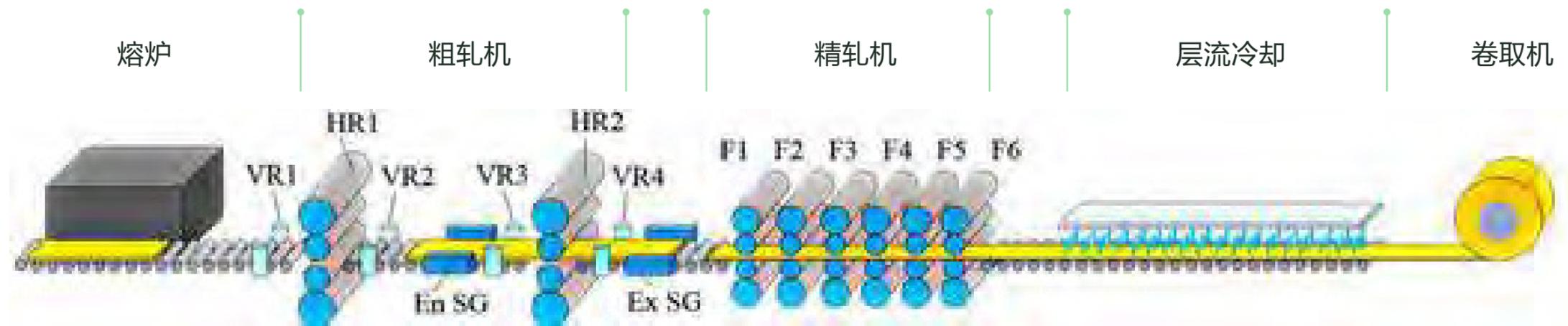
## 针状铁素体、贝氏体和碳化物沉淀物

与奥氏体轧制过程中的再结晶和生长相比，更细的变形奥氏体（具有更高的应变积累）可转变为更精细、更理想的 API 微观结构。

Volker Flaxa, Franz M.Knoop - Hot-rolled strips of up to 19 mm in thickness and their processing to helically welded large diameter pipes of grade X80, BAC2010, China, 2010.

# 更高的 热轧温度 可实现 更细、更均匀 的晶粒尺寸

插图基于以下人员提出的概念：  
Han-Kai Hsu 和 Jong-Ning Aoh,  
The Mechanism of Position-Mode Side Guide in  
Correcting Camber  
in Roughing Process of a Hot Strip Mill,  
<https://www.mdpi.com/2075-2075-4701/9/5/504/htm>



# CBMM | Niobium Nb

CBMM 是全球铌产品生产和销售的领军企业，网络遍及 50 多个国家/地区，客户超过 500 家。

公司总部位于巴西，在中国、荷兰、新加坡、瑞士和美国设有办事处和子公司，为基础设施、交通、航空航天及能源行业提供优质产品和尖端技术。CBMM 于 1955 年在巴西米纳斯吉拉斯州的阿拉夏成立，依靠强大的技术计划增加铌应用，不断促进该市场的发展与多样化。



铌科技公众号



铌科技+  
微信小程序



[www.niobium.tech/cn](http://www.niobium.tech/cn)  
铌科技官方网站

联系邮箱: [technology@cbmm.com](mailto:technology@cbmm.com)