

## 钢铁碳减排，减自何处？

作者：朱港腾

提要：我国钢铁行业碳减排的实现路径，将主要来自于对粗钢产量的直接压减和高炉炼铁环节的技术改造。无论是基于技术因素，还是成本因素，通过废钢和电炉工艺实现碳减排、碳中和，道阻且长。

## 一、政策背景

在 2020 年 12 月举行的中央经济工作会议上，将碳达峰、碳中和列为八项重点工作之一。随后各部委在不同场合开始发布细化和部署落实的方案。钢铁产业是典型的高能耗、高污染行业，势必成为节能减排的重中之重。每年全国总能耗中的 13%~15%来自于钢铁工业，其中二氧化碳排放量约占全部排放量的 12%。工信部作为钢铁行业的主管部门，将“压减粗钢产量”作为钢铁工业实现“碳达峰、碳中和”目标节点的主要抓手。

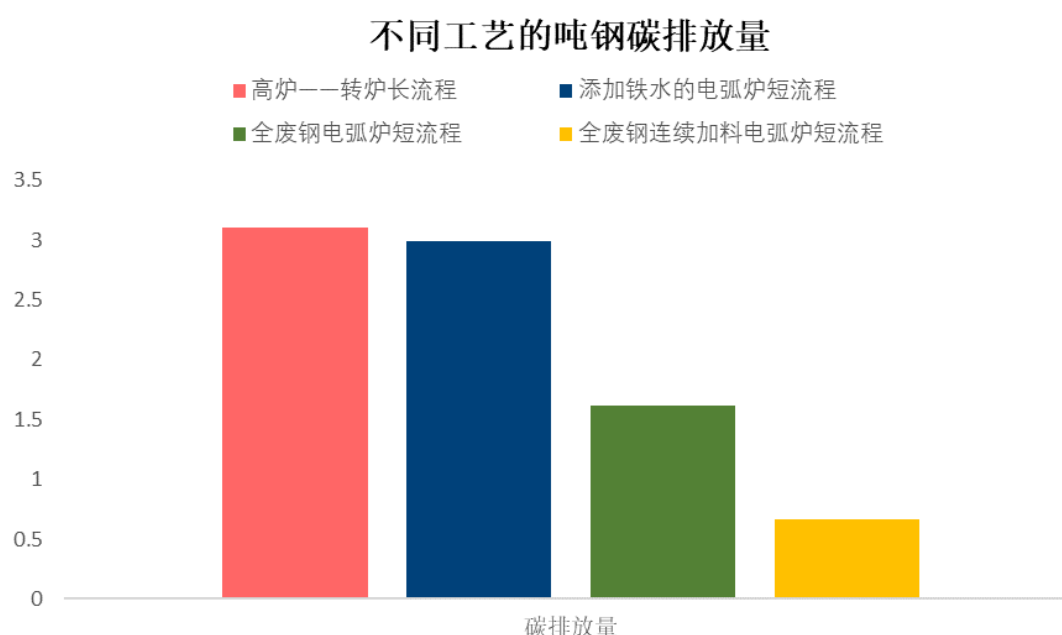
图表 1：中央及各部委“碳达峰、碳中和”有关会议表述

时间	出处	定位	表述
2020年12月16日	中央经济工作会议	第八项重点工作	做好碳达峰、碳中和工作。我国二氧化碳排放力争 2030 年前达到峰值，力争 2060 年前实现碳中和。要抓紧制定 2030 年前碳排放达峰行动方案，支持有条件的地方率先达峰。要加快调整优化产业结构、能源结构，推动煤炭消费尽早达峰，大力发展新能源，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。要继续打好污染防治攻坚战，实现减污降碳协同效应。要开展大规模国土绿化行动，提升生态系统碳汇能力。
2020年12月29日	全国工业和信息化工作会议	第二项重点工作	着力稳定和优化产业链供应链。聚焦关系国计民生和国家经济命脉的重点产业领域，着力增强产业链供应链自主可控能力。全面系统梳理我国制造业发展状况，开展制造业强链补链行动，推动全产业链优化升级。围绕碳达峰、碳中和目标节点，实施工业低碳行动和绿色制造工程， <b>坚决压缩粗钢产量，确保粗钢产量同比下降</b> 。加快发展先进制造业，提高新能源汽车产业集中度。
2021年1月4日	中国人民银行工作会议	会议要求第三项	落实碳达峰碳中和重大决策部署，完善绿色金融政策框架和激励机制。做好政策设计和规划，引导金融资源向绿色发展领域倾斜，增强金融体系管理气候变化相关风险的能力，推动建设碳排放权交易市场为排碳合理定价。逐步健全绿色金融标准体系，明确金融机构监管和信息披露要求，建立政策激励约束体系，完善绿色金融产品和市场体系，持续推进绿色金融国际合作。
2021年1月23日	全国生态环境保护工作会议	第二项重点工作	编制实施 2030 年前碳排放达峰行动方案。加快建立支撑实现国家自主贡献的项目库，加快推进全国碳排放权交易市场建设，深化低碳省市试点，强化地方应对气候变化能力建设，研究编制《国家适应气候变化战略 2035》。推动《联合国气候变化框架公约》第二十六次缔约方大会取得积极成果，扎实推进气候变化南南合作。

## 二、工艺环节计算

由于国内实际生产中的电弧炉添加铁水比例较高，电弧炉碳排放量并不明显小于传统的高炉-转炉设备。未来碳排放的减量将主要来自于长流程粗钢产量的压减，以及长流程设备的更新换代带来的减量，下面作详细说明：

图表 2：不同工艺的吨钢碳排放量



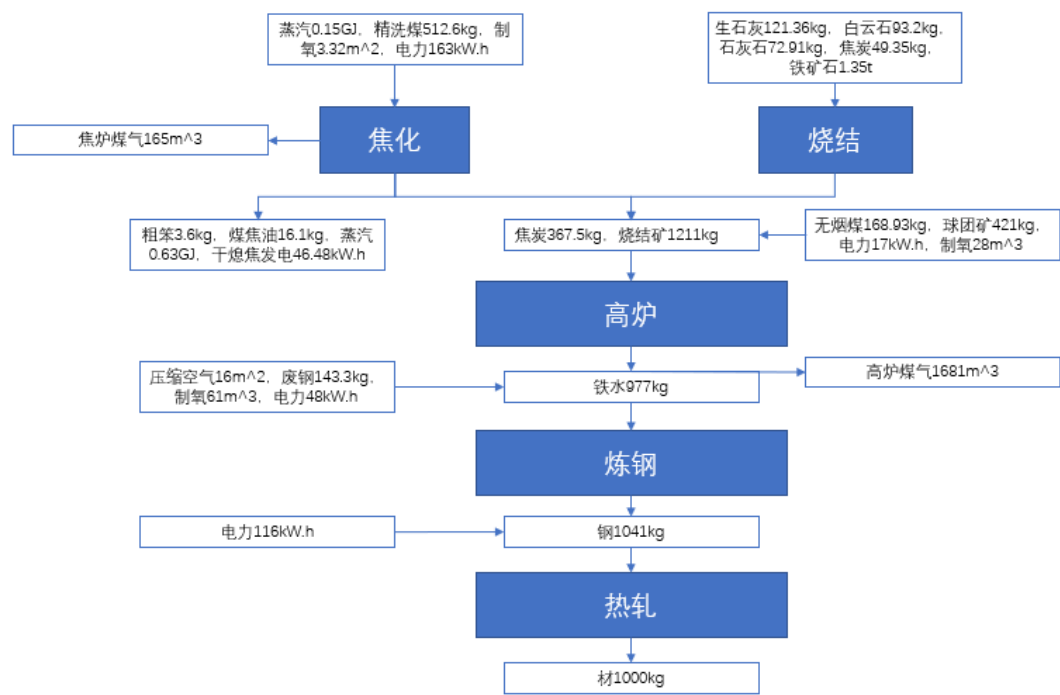
以钢铁产业链周期的碳排放计算，排放源包括燃料燃烧排放、工业生产过程排放、电力和热力调入调出产生的排放和固碳产品隐含的二氧化碳排放。以生产 1 t 普通碳素钢为单位，以供需分，可以分为原燃料铁矿石煤炭的开采、洗选、运输，焦化，烧结，高炉，炼钢，轧制等工序的碳排放。由于生产工艺的提高，不同工序间形成的中间产物和余热可以被二次利用，继而减少全周期的碳排放。

钢铁成产流程中，从消耗物料的角度看，焦油、炼焦原煤等原料碳排放量最大；从生产流程角度看，炼铁工序为碳排放量最高的工序。

图表 3：炼铁炼钢生产环节物料碳排放量

动力煤(kg/t)	无烟煤(kg/t)	炼焦原煤(kg/t)	洗精煤(kg/t)
2210	2880	3059	2770
焦油(软沥青)(kg/t)	焦炉煤气(kg/m^3)	高炉煤气(kg/m^3)	转炉煤气(kg/m^3)
3390	0.646	0.524	1.076
汽油(kg/t)	柴油(kg/t)	粗苯(kg/t)	铁水(kg/t)
2050	2170	3370	147
天然气(kg/m^3)	电力(kg/m^3)	热力(kg/GJ)	LPG 液化石油气(kg/t)
1.8	0.95	13	2985

图表 4：钢铁生产全周期物料消耗情况



图表 5：钢铁生产工序碳排放情况汇总

工序	焦化	烧结	球团	高炉炼铁	转炉炼钢	轧制	合计
吨钢排放量	0.19	0.265	0.034	2.079	0.288	0.246	3.102
占比	6.13%	8.54%	1.10%	67.02%	9.28%	7.93%	100.00%

由各环节的物料消耗可知，只要在炼钢工序中兑入一定比例的铁水，则全环节的碳排放量必须考虑炼铁系统的巨大排放量。究其原因，主要是炼钢过程主要为物理提纯，而任何需要从矿石到铁水的工艺流程均需通过氧化还原反应进行。

同时，单纯从炼铁工序而言，不同钢厂的新式设备与老式设备间的碳排放量差异也比较明显，同样一吨生铁，碳排放差异可以达到五倍以上。新式设备与老式设备间的碳排放差异来源于节能技术和设备的差异。

图表 6：老式设备炼铁工序碳排放

炼铁工序计算（老式设备）		
投入	用量	排放二氧化碳(g)
动力煤	0.051t	2210
无烟煤	0.1274t	2880
焦炭	0.4408t	3257
高炉煤气	539.1m <sup>3</sup>	0.524
焦炉煤气	3.4m <sup>3</sup>	0.646
电力	30kW.h	0.95
蒸汽	0.1209GJ	131
热水	0.0027GJ	131
合计	8611.12	

图表 7：新式设备炼铁工序碳排放

炼铁工序计算（新式设备）		
投入	用量	排放二氧化碳(g)
烟煤	0.1607t	355
焦炭	0.3209t	1045.2
焦炉煤气	8.086m <sup>3</sup>	5.2
高炉煤气	472.684m <sup>3</sup>	247.7
电力	40.92kw.h	38.9

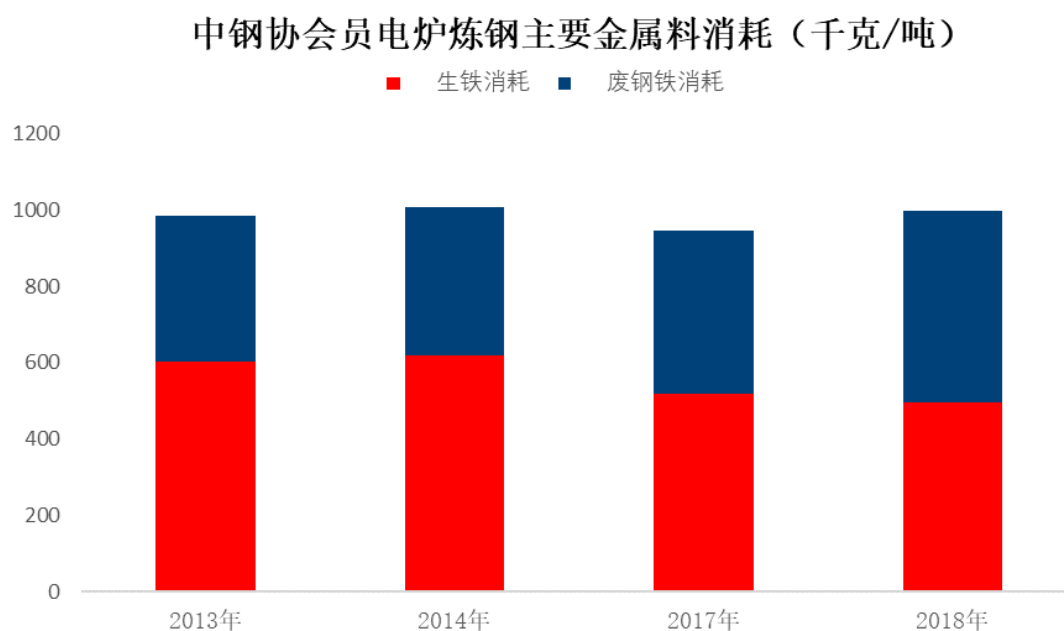


蒸汽	0.0060GJ	7.9
合计	1699.9	

### 三、产业结构的限制

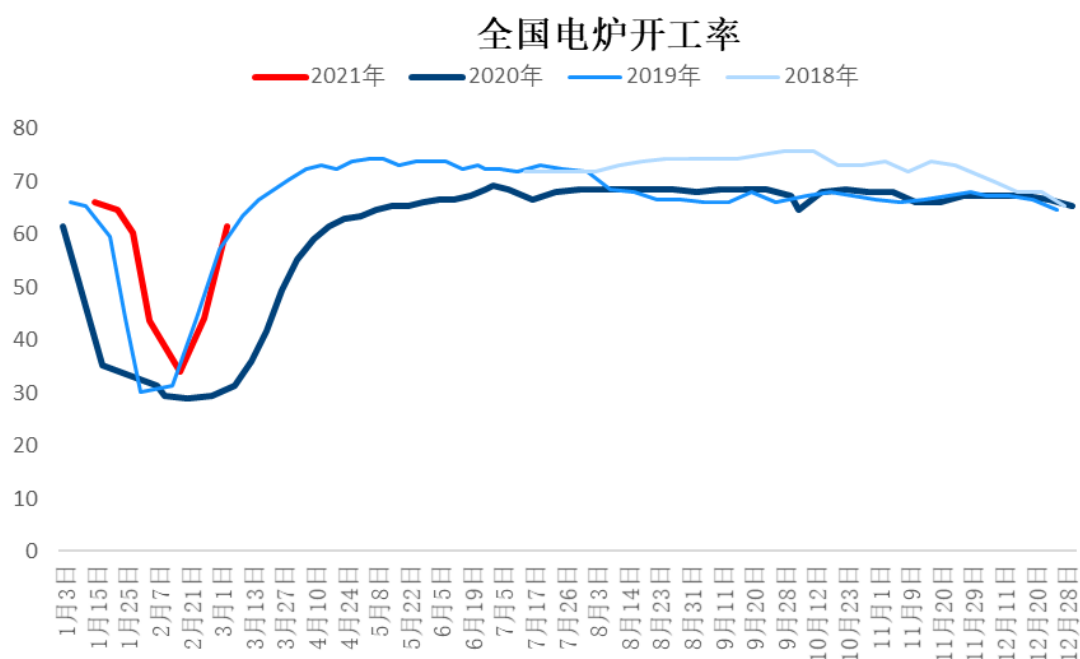
国内电弧炉添加铁水后，碳排放较长流程钢厂的优势并不大。根据中钢协 2020 年年鉴数据，近年来电弧炉生产工艺中，虽然生铁添加比例逐步减小，但仍高于 50%，远超过 10-25% 的理论比例水平。

图表 8：中钢协会员企业电炉炼钢吨钢主要金属料消耗



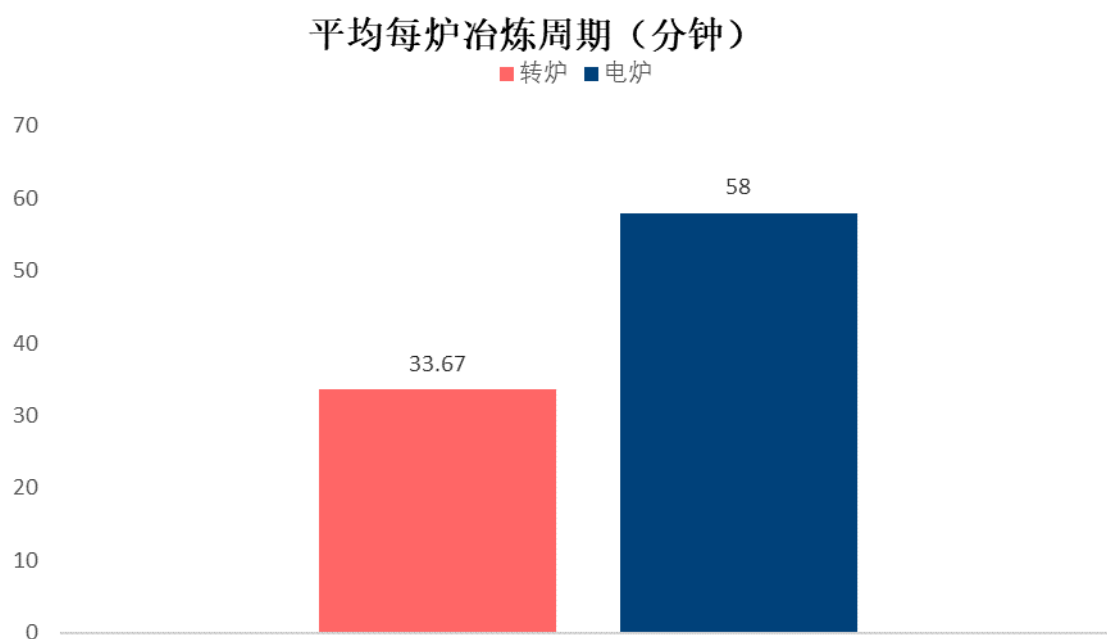
同时，短流程电炉炼钢尚未形成成本优势，电炉炼钢开工率近四年来均在 70% 左右，电炉钢企业盈利情况不佳。而添加铁水的另一个作用，即是为了平抑废钢价格的较大波动。这进一步限制了我国短流程电炉炼钢的生产。

图表 9：全国电炉开工率



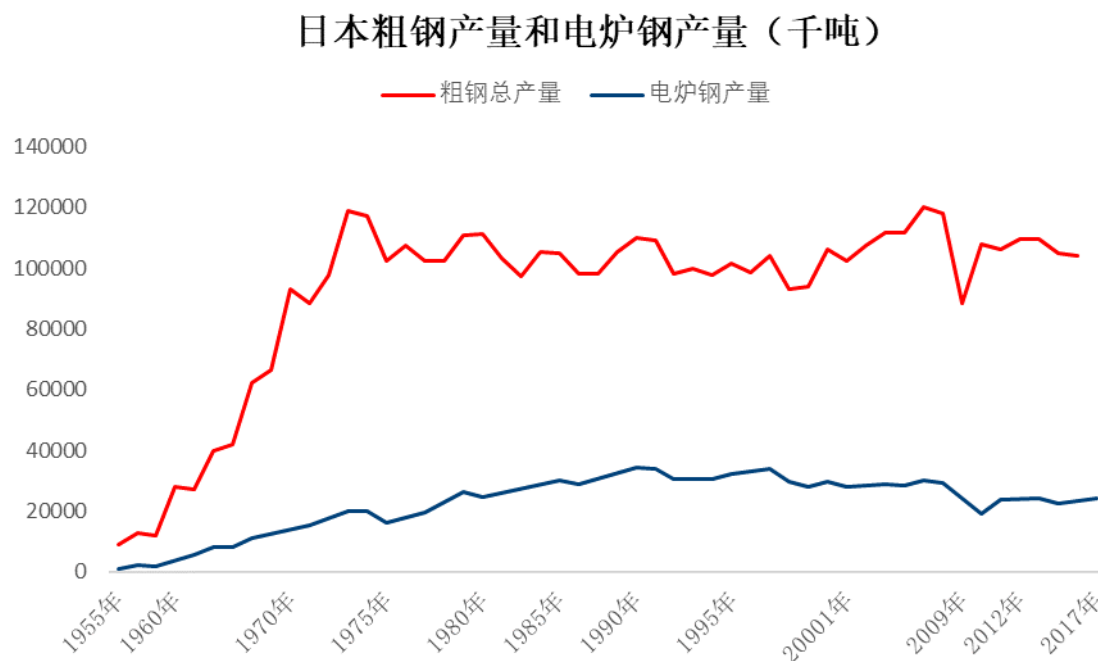
从冶炼技术上看，电炉生产效率明显低于转炉。2019 年电炉平均冶炼周期在 58 分钟左右，而转炉平均冶炼周期在 33 分钟左右，电炉生产效率明显较长。

图表 10：钢厂平均每炉冶炼周期

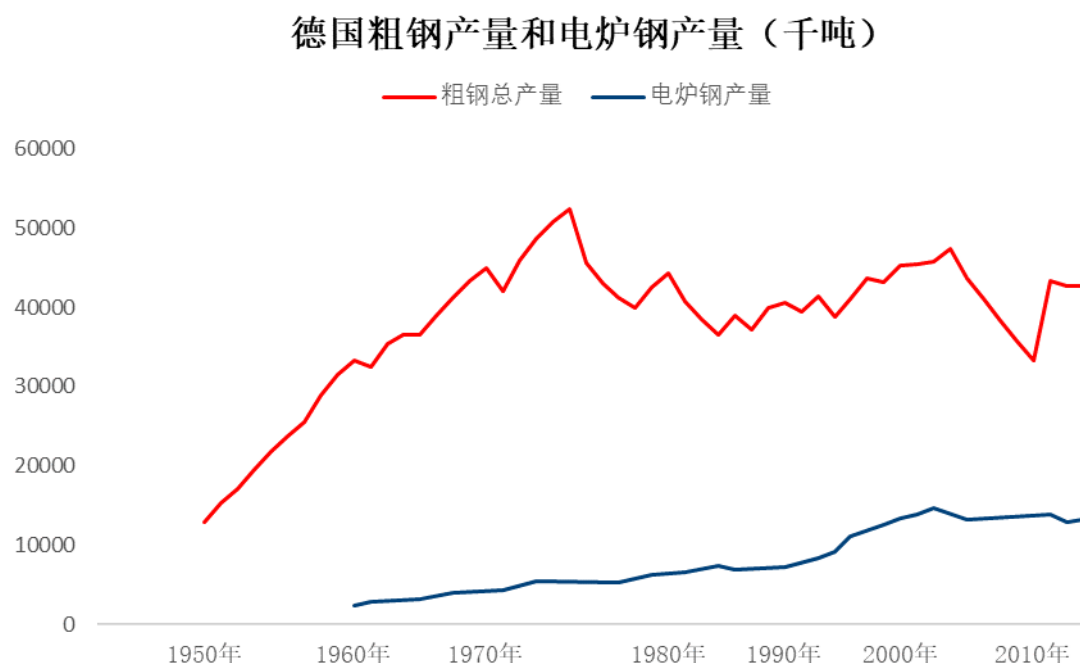


回顾历史，世界其他产钢大国，如德国、日本电炉炼钢短流程提升比例缓慢。炼钢短流程所占比例从 10%到 30%用时均在 20 年以上。电炉炼钢存在明显的阻力上升区。

图表 11：日本粗钢产量和电炉钢产量



图表 12：德国粗钢产量和电炉钢产量



总结：我国钢铁行业碳减排的实现路径，将主要来自于对粗钢产量的直接压减和高炉炼铁环



节的技术改造。无论是基于技术因素，还是成本因素，通过废钢和电炉工艺实现碳减排、碳中和，道阻且长。

（数据来源：世界钢铁协会、中国钢铁协会，冶金工业规划院，美尔雅期货整理）

## 免责声明

本报告的信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。本公司不会承担因使用本报告而产生的法律责任。

本报告版权仅为我公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复印和发布，否则本公司保留追究法律责任的权利。任何媒体如引用、刊发本报告必须注明出处为美尔雅期货投资咨询部，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改，并自行承担向其读者、受众解释、解读的责任，因其读者、受众使用本报告所产生的的一切法律后果由该媒体承担。任何自然人不得未经授权而获得和使用本报告，未经授权的任何使用行为都是不当的，都构成对本公司权利的损害，由其本人全权承担责任和后果。

市场有风险，投资需谨慎。