

金融工程

算法交易—基础理念与系统构建

金融工程

◆算法交易的基本概念

算法交易并不涉及对交易标的、交易方向或交易总量的判断，在这些因素已确定的情况下，算法交易通过给出如何将总单进行拆分的方案来实现一些目标的预期最优化。算法交易所关心的目标包括冲击成本最小化、成交风险最小化、成交均价贴近某一目标价格、隐藏交易意图等等。

◆算法交易的发展前景

美国的算法交易用大约 10 年时间实现了从 0 到 90% 的市场覆盖率，欧洲及亚洲发达地区算法交易使用率接近 80%，中国的算法交易尚处于起步阶段，但前景非常广阔，在未来数年内将有爆炸性发展。

◆完整的算法交易体系

本文给出了算法交易体系的一般结构及软硬件需求，对于最核心的算法模块，需要通过“明确算法目标—建立算法模型—用实际数据验证和修正模型假设—算法测试”的整套流程来建立。而在实际使用算法时，也必须进行完整的交易前-中-后三阶段分析。

分析师

倪蕴韬（执业证书编号：
S0930512070002）
021-22169338
niyt@ebsecn.com

刘道明（执业证书编号：
S0930510120008）
021-22169109
liudaoming@ebsecn.com

相关研报

《冲击成本模拟》

1、 何为算法交易

在深入研究算法交易之前,首先要做的无疑是明确算法交易的概念。通常来说,在以高速计算机为依托的新型交易体系中,有几个概念是常被误解或混同的,包括“算法交易、自动化交易、程序交易、高频交易”等等。

这些概念中,“高频交易”是从交易策略所依赖的数据频率出发的,目前到达了秒或微秒级别,基本上所有需要通过计算机来实现的交易均属于高频范畴,而一部分人工实现的交易策略也在高频交易的范围内。自动化交易则是从交易的实现方式来定义的,其含义是在交易过程中不需要人工的介入,完全由预先编辑好的计算机程序依据确定的规则,完成整个交易的方式。从这个层面上说,算法交易和程序交易都是自动化交易的子集,因为这两者的特征均是由计算机自动完成,这两个概念也是最常被投资者所混淆的。事实上,算法交易和程序交易关注的是一笔交易截然不同的两个方面,他们所希望实现的目标也不相同。通常,对于一笔交易而言,需要限定以下几个方面:

- 标的: 交易的对象是哪些股票, 或哪些金融产品?
- 方向: 是买入还是卖出? 建立多头还是空头合约?
- 数量: 希望交易的总量是多少?
- 拆分: 具体下单过程中分多少笔下单? 每笔下单的大小如何?
- 价格: 希望以限价还是市价成交? 可接受的价格范围是多大?
- 时间: 总体交易限制在多少时间内? 每个时间节点的交易量限制?
- 其他限定条件: 如交易中止触发条件等等

程序交易希望解决的主要是“标的、方向”的问题,部分解决“数量、价格、时间”的问题;换言之,程序交易希望通过计算机的运算,发现有利可图的交易策略,其基本想法是:“在目前的市场形势下,以特定方向买入特定标的能获得期望收益。”相对的,算法交易主要解决的则是“拆分”的问题,部分涉及“价格、时间”的问题,即在其它因素已确定的情况下,算法交易给出如何将总单进行拆分的方案以求达到预期最优目标,而“标的、方向、数量”则既可以由人为判断、也可以由交易程序给定。

明确了算法交易主要解决的问题之后,我们可以进一步细分算法交易想达成的具体目标,大致可分为以下几类:

- 1) 交易成本最小化。算法交易所关心的交易成本主要指下单对市场形成的冲击成本,包含源于交易对市场传达的证券价值信息的永久性冲击成本,以及源于交易在短时间内对市场流动性耗竭的暂时性冲击成本。算法交易可能纳入考虑的其他相关的交易成本还包括机会成本、未成交成本等等。
- 2) 成交均价最贴近目标价格。机构投资者使用算法交易时通常会设定一个目标价格,由于机构的特质不同,其所要求的目标也往往不同。通常设定的目标价格可以是一段时间内的加权平均价格(VWAP、TWAP),到达价格(Arrival Price),当天开盘价等等,某些ETF基金也会以当天收盘价作为目标价格。
- 3) 成交价格风险最小化。如果用每次交易成交均价的方差、或者成交均价与目标价格间差值的方差作为成交风险的衡量,那么交易者当然希望多次交易下的方差最小,也就是算法交易所能实现的价格确定性最大。
- 4) 隐藏下单意图。传统的下单方法由于过于集中,会向市场传递较多的信息。通过算法交易,通常一笔大单可以被拆到足够细,从而实现较好的隐蔽性,避免尾随风险。

5) 其他非技术性原因。包括节约人力成本、提高下单效率, 确保指令得到准确实现等等。

从理论上而言, 以上目标均可以通过一定形式的优化拆单方法实现, 但不同的目标之间有一定的冲突, 因此, 在具体构建算法交易模型的时候, 通常会先明确算法想要达成的目标。

2、 算法交易的发展

早在 20 世纪 80 年代中叶, 欧美的学界就意识到下单方式与冲击成本之间的联系, 从那时起, 算法交易的理论研究便逐渐展开。但算法交易真正在实际的金融市场上开始爆炸式的扩张开始于 21 世纪初, 其原因大致有以下几项: 理论方面, 2000 年左右美国和加拿大轰轰烈烈的“十进制”运动推进了算法交易进入实践; 计算机技术、电子交易设备性能、通讯技术的蓬勃发展, 为算法交易提供了硬件方面的保障; 机构投资者管理资产规模指数式的增长、各种多层次结构化衍生品的诞生、复杂交易模型的应用, 使得传统的人力下单在很多领域已经无法满足投资者需求, 算法交易也成了必然的发展方向。

在种种因素的推进下, 算法交易以美国为源头开始了飞速发展, 从 2000 年到 2010 年, 大约十年时间内, 算法交易在基金中的使用频率从接近于 0 上升到超过了 90%, 带来的效果是每日交易笔数激增了十几倍、而平均每笔单的规模则缩小为 1/4。美国算法交易的广泛应用很快影响到了欧洲, 2010 年全欧盟基金业内算法交易使用比例超过了 50%, 其中比例最高的英国达到了 80%。在亚洲, 算法交易的发展则相对落后, 主要集中在东京、香港、新加坡等几个有限的交易场所, 这些地方机构投资者的算法交易使用率接近 80%, 但全市场算法交易的覆盖率依然不足 40%。但无疑, 亚洲市场未来的算法交易应用前景非常可观, 预测未来几年内, 亚洲的算法交易会呈现爆炸式增长, 其中潜力最大的区域是印度和中国, 而预计最先使用算法交易的将是迅速发展中的指数基金。

图 1. 机构交易使用算法比例 (2010)

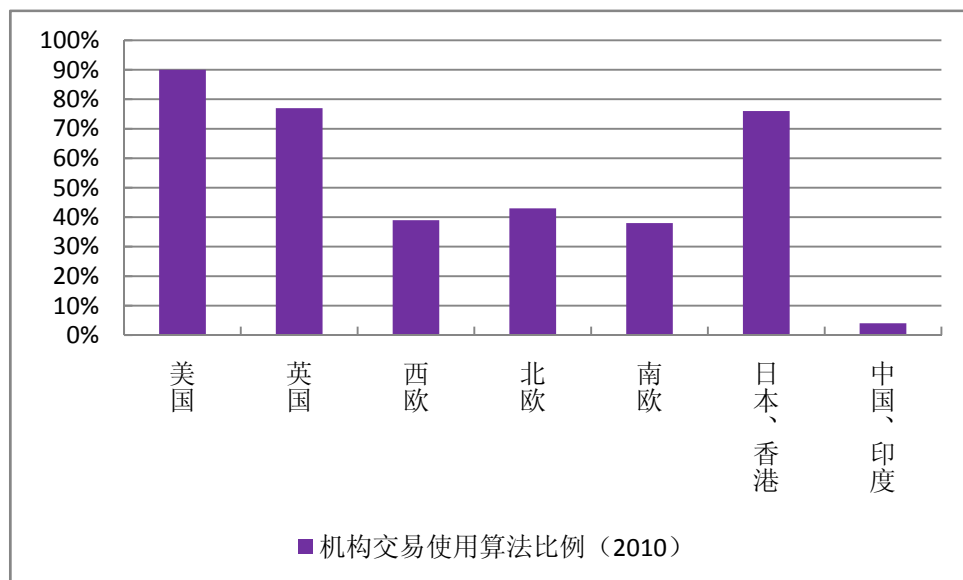
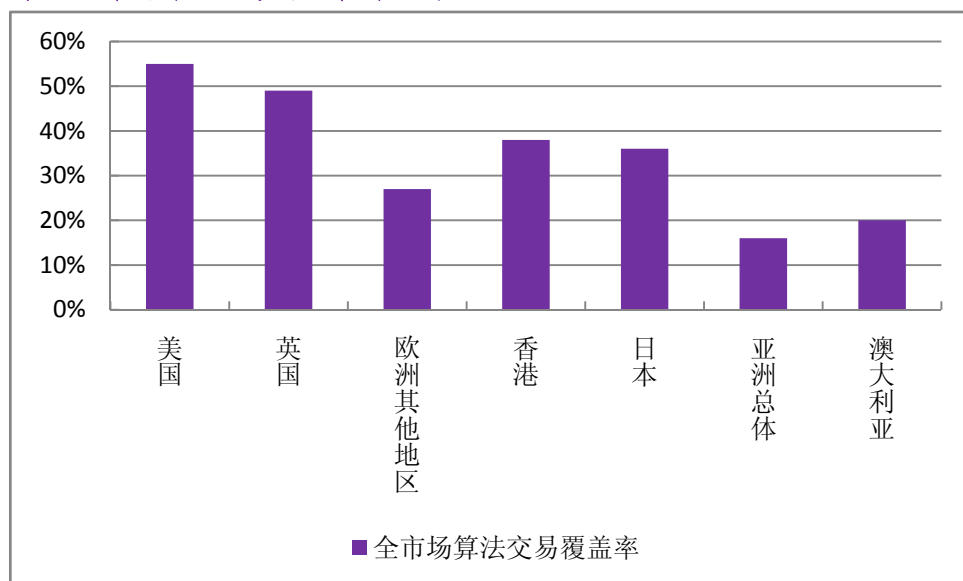


图 2. 全市场算法交易覆盖率 (2010)



使用算法交易的效果是非常显著的，根据 Plexus 公司对美国市场的研究，美国股市上的机构交易总成本约为 55-65 个基点，其中直接成本（税费佣金）为 9 个基点，交易导致的冲击成本约 15 个基点，机会成本约 30-40 个基点。而在中国证券市场，由于算法交易的普及度远低于美国，分单拆单技术的发展和运用均不完善，很多时候下单以大而快为主，因此冲击成本在总交易成本中所占比例则远高于美国市场。上海证券交易所公布的一项研究显示，根据被交易股票流动性的不同，机构交易者的冲击成本通常在 40-80 个基点，这是一个相当可观的数字，意味着中国机构投资者平均每笔交易相比美国同行多付出了 0.25%-0.65% 的冲击成本。相对应的，如果能推行有效的算法交易策略，有望在每一笔交易中最多减少同样规模的成本，积累下来对于机构投资者的业绩无疑是巨大的提升。

以降低冲击成本和减少成交均价风险为主要目的，学界和投资界研究开发了各类算法，迄今为止的算法可以大致分为三代：

第一代算法：从历史交易模式出发，统计归纳历史成交时间、成交量、价格分布等的规则，并将这些规则应用于之后的交易。基本目标是冲击成本最小化及贴近市场成交均价，几乎没有考虑机会成本和成交风险。代表性的算法有 VWAP、TWAP、交易量参与（Volume Participation）等等。在这些最简单的算法上，算法研究者们又进行了各种调整和优化，开发出了带趋势判断的 VWAP（VWAP with tilt）、动态调整 VWAP（Dynamic VWAP）、路径依赖的 VWAP（Sample-path VWAP）等较复杂的算法，但其核心基础仍是对历史交易模式的归纳和总结。

第二代算法：执行差额算法（Implementation Shortfall），以最大限度地贴近某一特定价格为目标。这一价格通常是到达价格（Arrival Price）、即开始下单时的市场价格，或开盘价格。某些具有特定目标的基金也会使用收盘价格或某种形式的浮动价格（Float）作为执行差额的计算基准。这一类算法通常不怎么关心历史价量分布，而是将焦点集中于对不同下单模式下冲击成本的估算，以及用各种更精细的模型来刻画股票价格的随机运动方式。这一代的算法已经将机会成本和成交风险纳入到分析框架中，权衡了各个不同的目标，通常更复杂、也更依赖于大型计算机的数据处理能力。

第三代算法：在第二代算法的基础上，第三代算法朝着深度和广度两个方向同

时发展。一方面，第三代算法中扩展出了更多面对证券组合交易的算法，其所依赖的数学模型中也包含了更多矩阵运算、偏微分、多元随机过程的内容；另一方面，很多投资机构开发了具有特殊目标的算法策略。例如在支持冰山指令（部分隐藏的交易指令）的交易所平台上，开发出了最优隐藏流动性算法和相应的搜寻隐藏流动性算法。第三代算法模型正朝着定向化的方向发展。

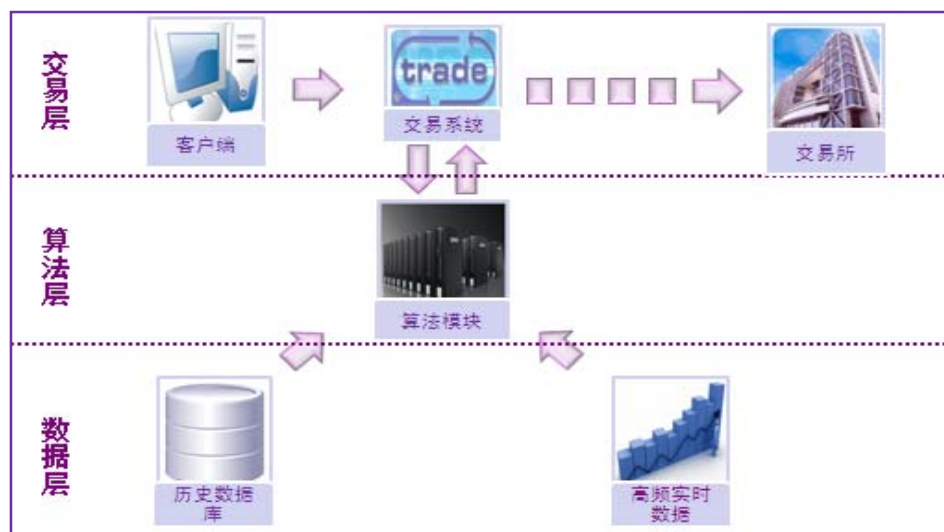
第四代算法（开发中）：目前学界和部分投资界研究人士已开始着手开发第四代算法，其主要的目标是将博弈论、心理学、行为经济学等领域的成果结合到算法中，对于这一代算法，数学上的最优结果将是次要目标，通过算法的普及，更有望达到的是全部交易者间的博弈平衡。另外，前三代算法主要都着眼于大规模的下单交易，量较小的单由于冲击成本很低，被认为不需要使用算法交易模型。而第四代算法的理念则是总括性的，即使规模再小的资产，同样可以使用算法进行交易。

尽管算法模型已经发展了三代，而第四代也在酝酿之中，但就市场实践而言，目前使用最广泛的仍是第一代的 VWAP 算法，约占全部算法交易量的 27%；其次是基于到达价格的组合算法，约 20%；IS 类的算法约 13%，剩余部分则是各大机构投资者自行开发的、针对性解决某一特定投资目标的算法。

3、 如何构建完整的算法交易体系

一个完整的算法交易体系，从拓扑结构上大致如下所示：

图 3. 算法交易体系图



整个算法交易体系中，很多内容需要由软硬件支持来实现，但最核心也最不可替代的一块仍然是算法的构建。从流程上来说，一项完整算法的建立通常需要经过以下几个步骤：

1.明确算法目标。目前为止，通常的算法均将目标设定为“冲击成本最小/成交风险最小/成交均价和某一目标价的差距最小”中的一个或几个，而某些机构投资者则可能有特定的目标需求。总而言之，建立算法的第一步是确定“算法期望达到何种目标”。

2.建立合适的模型。在着手建立算法模型之前，往往需要先给出模型相关的一系列前提假设，这些假设可能包括：

- 证券价格所服从的随机过程
- 证券成交量的规模及其分布方程
- 不同规模下单对市场形成的冲击成本

- 未成交风险
- 投资者的效用方程
- 其他

随后算法开发者可以构建模型，以从理论上达到目标最优预期，模型一般通过纯数学推导的方式编写，有些也会使用统计或计量的方法。新一代基于博弈论和行为经济学的模型尚在研究中。

3.用实际数据验证和修正前提假设。这一步骤首先需要获得合适的的数据，举例而言，研究成交量分布使用秒级别的数据即可；对冲击成本方程的验证最好是使用实际的大单成交数据；而一些涉及隐藏流动性的算法则需要下单簿（order book）的分笔信息才能精确计算。如果无法获得最合适的数据，则应当在一定的前提假设下，寻找替代性的数据。在取得可用的数据后，对前一步骤做出的模型假定进行验证，并对某些方程进行计算得出具体参数，结果存入历史数据库，对于要求时常更新的方程参数，应建立自动测试并滚动更新数据库的流程，以满足算法需要。

4.算法测试。建立算法模型的最后一步是对算法的效果进行测试并分析，以明确算法的优缺点及在不同市场环境下的适用性。常用的对算法模型进行的测试可分为以下几种：

- 历史成交数据测试。使用历史上的成交价量确定算法模型在每一时点上实现的价格，优点是数据可得性高，测试简便易行；但精确度相对较低，不论是成交量参与的比例还是冲击成本的大小都是需要慎重考虑的问题。
- 模拟实盘交易数据测试。由一些数据供应商提供，完全与市场真实状况相吻合，模拟了每一个时点上不同买卖价位挂单的情况，对市场冲击的刻画更为准确。
- 情境测试（scenario analysis）。通过一定的符合市场逻辑的前提假设，使用计算机模拟各种不同的市场环境，测试算法在不同情境下的表现。其好处是可以给出大量测试数据，解决了算法测试所要求的大样本问题。缺点是对于不符前提假设的情境（小概率市场事件）无法给出合适的评价。

在开发了若干个算法，并将软硬件配备齐全，相应的数据、接口全部搭建完成后，可在实际下单中应用算法，为了最好地发挥算法系统的效用，及时发现问题并作出改进，通常在实际交易的整个过程中，也都需对算法系统进行分析：

- 交易前分析。包含多个部分，如多因素风险分析——算法所不可控的宏观、行业、股票、货币等风险；投资者本身的效用函数分析——对成交均价的要求和成交风险的厌恶程度。最佳算法策略及策略参数选择等等。一般而言，交易前分析的大部分结果可重复使用，仅部分内容需要每次都进行选择。
- 交易中分析。算法模块进行拆单并将结果发送至交易系统后，根据交易系统反馈的数据实时分析成交与未成交的情况，必要的时候做出相应调整。
- 交易后分析。建立完整的算法交易数据库，编制详细的日度、月度、季度、年度算法交易效果审查报告，将算法多次实现的平均结果与目标基准进行对比，找出优劣原因；对有代表性的交易情况进行深入分析，综合性地衡量算法效率。

分析师声明

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及光大证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

分析师介绍

刘道明，光大证券研究所金融工程研究部副总经理，金融工程研究负责人。主要研究方向：行为金融与文本挖掘，著有面向金融投资的文本挖掘专门网站 www.chinesecloud.net。

行业及公司评级体系

买入—未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15%以上；

增持—未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5%至 15%；

中性—未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至 5%；

减持—未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5%至 15%；

卖出—未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15%以上。

市场基准指数为沪深 300 指数。

特别声明

光大证券股份有限公司（以下简称“本公司”）创建于1996年，系由中国光大（集团）总公司投资控股的全国性综合类股份制证券公司，是中国证监会批准的首批三家创新试点公司之一。公司经营业务许可证编号：z22831000。

本公司已获业务资格：证券经纪；证券投资咨询；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问；证券承销与保荐；证券自营；证券资产管理；为期货公司提供中间介绍业务；证券投资基金代销；融资融券业务；中国证监会批准的其他业务。

本证券研究报告由光大证券股份有限公司研究所（以下简称“光大证券研究所”）编写，以合法获得的我们相信为可靠、准确、完整的信息为基础，但不保证我们所获得的原始信息以及报告所载信息之准确性和完整性。光大证券研究所可能将不时补充、修订或更新有关信息，但不保证及时发布该等更新。

本报告根据中华人民共和国法律在中华人民共和国境内分发，仅供本公司的客户使用。

本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次发布时光大证券研究所的判断，可能需随时进行调整。报告中的信息或所表达的意见不构成任何投资、法律、会计或税务方面的最终操作建议，本公司不就任何人依据报告中的内容而最终操作建议作出任何形式的保证和承诺。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。投资者应当充分考虑本公司及本公司附属机构就报告内容可能存在的利益冲突，不应视本报告为作出投资决策的唯一参考因素。

在任何情况下，本报告中的信息或所表达的建议并不构成对任何投资人的投资建议，本公司及其附属机构（包括光大证券研究所）不对投资者买卖有关公司股份而产生的盈亏承担责任。

本公司的销售人员、交易人员和其他专业人员可能会向客户提供与本报告中观点不同的口头或书面评论或交易策略。本公司的资产管理部和投资业务部可能会作出与本报告的推荐不相一致的投资决策。本公司提醒投资者注意并理解投资证券及投资产品存在的风险，在作出投资决策前，建议投资者务必向专业人士咨询并谨慎抉择。

本报告的版权仅归本公司所有，任何机构和个人未经书面许可不得以任何形式翻版、复制、刊登、发表、篡改或者引用。

光大证券股份有限公司研究所

上海市新闻路1508号静安国际广场3楼 邮编200040

总机：021-22169999 传真：021-22169114

销售交易团队	姓名	办公电话	手机	电子邮件
北京	王汗青(总经理)	010-68567189	13501136670	wanghq@ebsecn.com
	郝辉	010-68561722	13511017986	haohui@ebsecn.com
	黄怡	010-68561506	13699271001	huangyi@ebsecn.com
	梁晨	010-56513153	13901184256	liangchen@ebsecn.com
企业客户	孙威(执行董事)	010-68567231	13701026120	sunwei@ebsecn.com
	吴江	010-68561595	13718402651	wujiang@ebsecn.com
	杨月	010-68561606	18910037319	yangyue1@ebsecn.com
	顾超	021-22169485	18616658309	guchao@ebsecn.com
上海	李大志(销售交易部总经理助理)	021-22169128	13810794466	lidz@ebsecn.com
	严非(执行董事)	021-22169086	13127948482	yanfei@ebsecn.com
	王宇	021-22169131	18616755888	wangyu1@ebsecn.com
	周薇薇	021-22169087	13671735383	zhouww1@ebsecn.com
	徐又丰	021-22169082	13917191862	xuyf@ebsecn.com
	韩佳	021-22169491	13761273612	hanjia@ebsecn.com
	冯诚	021-22169083	18616830416	fengcheng@ebsecn.com
深圳	黎晓宇(副总经理)	0755-83024434	13823771340	lix1@ebsecn.com
	黄鹂华(执行董事)	0755-83024396	13802266623	huanglh@ebsecn.com
	张晓峰	0755-83024431	13926576680	zhangxf@ebsecn.com
	江虹	0755-83024029	13810482013	jianghong1@ebsecn.com
	罗德锦	0755-83024064	13609618940	luodj@ebsecn.com
富尊财富中心	濮维娜(副总经理)	021-62152373	13611990668	puwn@ebsecn.com
	陶奕	021-62152393	13788947019	taoyi@ebsecn.com
	戚德文	021-22169152	15821755866	qidw@ebsecn.com