第1篇：《Kemelized Method for Compressive Beamforming》

—压缩波束形成的内核化方法

该论文主要讲的是：当信号输入空间被转换到一个高维度的特征空间后，该信号会表现出很强的稀疏性，进而就可以用压缩感知的方法来进行波束形成。具体做法是：将采样数据映射到一个具有由某个内核函数诱导的具有稀疏性的高维度的特征空间，DOA估计则由内核化后的匹配追踪算法来获得。与传统CS相比，具有更好的稀疏可分性以及在更少快拍数下的相干信源区分特性。  **这篇论文：无用**

第2篇：《Design of Fixed Beamformers Based on Vector-Sensor Arrays》

—基于矢量传感器阵列的固定波束形成器的设计

这篇论文：**无用。**

第3篇：《Single-snapshot DOA estimation by using Compressed Sensing》

—基于压缩感知的单块拍数下的DOA估计

该论文主要讲的是：本文主要处理多信源单观察向量情况下的DOA估计问题。该文提出了一种基于CS的波束形成方法，能够在单快拍数的情况下依然具有Capon或者MUSIC算法的典型期望特性，能够突破经典的瑞利限即能提高波束形成器的分辨率。**该论文可以看看。**

**无用**

第4篇：《Robust adaptive beamforming based on interference covariance matrix sparse reconstruction》 —基于干扰协方差矩阵稀疏重建的鲁棒自适应波束形

成

该论文主要讲的是：自适应波束形成器对模型失配很敏感，尤其是当期望信号是以训练数据的形式呈现的时候。本文中，我们会以稀疏的方式来重建干扰加噪声协方差矩阵，来代替样本协方差矩阵的最优对角加载系数的搜寻过程。利用稀疏性，干扰协方差矩阵可以被重建为干扰导向矢量输出项的加权求和，而加权求和的系数可以通过一个压缩感知问题来估计。和以前的工作相比，本文提出的压缩感知问题可以利用先验信息而不是利用L1松弛法或其他近似算法来有效地解决。仿真结果表明，本文所提出的自适应波束形成器的性能几乎总是和最优情况相同。 **该文的主要创新点是提出了一个基于干扰协方差矩阵稀疏重建的自适应波束形成器，；将压缩感知的知识运用到波束形成中，可以作为参考认真看。（另：本文所采用的的相关参考文献也可以作为参考论文使用，注意挑选）**

第5篇：《Compressive speech enhancement》

—压缩语音增强

该论文主要讲的是：本文提出了一种利用压缩感知来进行语音增强的交替逼近方法。压缩感知是一种新的采样理论，它指出稀疏信号可以从远少于奈奎斯特采样个数的数据中得到重建。同样的，可以利用压缩感知从包含有稀疏信号成分和非稀疏信号成分的混合信号中重建稀疏信号。这是有可能的，因为在时频表示中，语音信号是稀疏的，同时噪声是非稀疏的。理论推导指出，一般情况下压缩域中的信噪比要大于或等于非压缩域中的信噪比。实验结果与理论推导一致，与传统的基于宽输入信噪比的方法相比，所提出的压缩感知方案也获得了更优或者相似的语音质量感知评价分数和部分信噪比。  **该文的主要创新点是提出了一种利用压缩感知来进行语音增强的交替逼近算法，提高了语音重建的质量，可以作为参考但需要仔细阅读才能知道有无帮助。**

第7篇：《Parameters Estimation using a Random Linear Array and Compressed Sensing》

—利用随机线性阵列和压缩感知的参数估计

该论文主要讲的是：当今的传感器阵列信号处理技术通常采用奈奎斯特率采样下的线性阵列，这就要求相邻阵元间距要小于或等于信号波长的一半。只有这样，像基于MUSIC、Capon等算法的波束形成器才能够对波达方向（DOA）进行无模糊的估计。然而，在一些实际应用中，满足这样的空域采样定理似乎是很困难的。压缩感知是一种新颖的理论，在信号或数据在某些域中是稀疏或者可压缩的情况下，它能够实现信号或者数据从看起来是高亚奈奎斯特率样本中完美地恢复出来。这意味着，对于空域稀疏信号，我们可以设计一个具有稀疏特性的线性阵列来实现DOA估计甚至是完全重建原始信号。本文中，我们提出了一种基于亚奈奎斯特空时采样阵列的参数估计方法。首先在空域中对信号进行随机采样，这意味着从传统线性阵列中提取出有限个阵元。其次，每个信道中的信号都被随机解调器所采样。通过运用压缩感知的重建算法，不仅可以估计DOA，还可以准确的恢复原始信号波形。 **该论文主要提出了一种参数估计算法，利用它能够实现基于稀疏线性阵列的DOA估计以及信号的完整恢复，可以作为参考论文好好看看。**

第8篇：《A Novel Beamforming Technique》

—一种新颖的波束形成技术

该论文主要讲的是：本文中，在高动态情况下使得阵列接收配置变得稳定（鲁棒）以便实现稳定主瓣增益以及低旁瓣水平的问题得到了解决。本文提出了一种新颖的凸约束优化+压缩感知波束形成模型，在这个模型中，空域稀疏信号通过正交匹配追踪（OMP）算法得到了重建。期望信号波束增益可以通过凸约束优化算法来获得。采用MATLAB软件来进行蒙特卡洛实验，尝试了4中不同阵列阵元情况。实验结果显示，当快拍数较少时，与传统波束形成模型以及常规凸约束优化波束形成模型相比，本文提出的算法能够在移动信号来波方向采用模数转换器时实现更稳定的主瓣以及更低的旁瓣。在由平面均匀中心阵列矢量模型组成的低快照空间中，相对于常规凸约束优化波束形成模型，采用本文提出的方法能够更好的抑制干扰。相对于传统方法而言，该方法还能够获得更高的信干噪比，尤其是在快拍数较小的情况下。

**该论文可以看看，也许其中会有比较多的有用的点子。**

第9篇：《A SUPER-RESOLUTION BEAMFORMING ALGORITHM FOR SPHERICAL MICROPHONE

ARRAYS USING A COMPRESSED SENSING APPROACH》

—基于压缩感知方法的球面麦克风阵列超分辨率波

束形成算法

该论文主要讲的是：本文提出一种针对球面麦克风阵列的、在球面谐波域论证的新颖的波束形成算法。本文提出的算法采用一种压缩感知技术—稀疏恢复，同时假设信号的位置是未知的。我们采取了一种正式的听力测试来评估所提算法的性能，结果表明了该算法的有效性。

**本文也是采用了压缩感知的理论来进行波束形成，主要是针对球面麦克风，可以看看并注意将其转换到线阵和平面中，同自己的创新点结合起来。 该论文用处不大**

第6篇：《Adaptive Digital Beamforming Algorithm of Circle Array Based on Compressed Sensing》

—基于压缩感知的圆阵列自适应数字波束形成算法

该论文主要讲的是：本文提出了一种基于压缩感知的应用在雷达接收站上的圆阵列自适应数字波束形成算法。根据空间中目标物的稀疏性，我们利用压缩感知的理论设计了一个波束形成器。在相同的阵列孔径下，该方法大大减少了实际阵列传感器的个数。在稀疏阵列的情况下，首先利用压缩感知的理论对失踪信道中的回音信息进行了恢复，然后利用该恢复出来的信号进行数字波束形成器权值的设计。最后，仿真实验结果显示了所提方法的正确性。 **该文中明确提到了利用压缩感知的理论，在相同的阵列孔径下大大减少了阵元个数，这和我之前论文的想法不谋而合，可以好好看看，但要注意区别以及将其从圆阵转换到线阵或者平面阵**

第10篇：《基于压缩感知的圆阵自适应数字波束形成算法》

该论文主要讲的是：根据目标在空间的稀疏性，在圆形面阵的接收端，提出了一种基于压缩感知的自适应数字波束形成算法．该算法在不改变波束性能与天线口径的前提下，可以大大减少实际的阵元数目，是一种新的稀布阵方法．在阵元稀布的情况下，根据压缩感知的压缩采样理论，先用重构算法恢复缺失通道的回波信息，然后利用恢复得到的信号计算自适应权系数，得到理想的自适应数字波束方向图．不同信噪比和干噪比情况下的仿真结果验证了所

提算法的正确性和有效性。  **该论文是在上述第6篇论文的基础上加入一些新的仿真实验而发表的，这两篇论文是一脉相承的，看的时候注意一起看！** 阅读完第6篇文献以及第10篇文献可以明白：这两篇文章同属一个作者，而且内容几乎一致。它们的主要思路都是：以阵元满足等边三角形分布的圆形面阵为参考，在此基础上利用压缩感知理论对空域稀疏来波信号进行压缩采样，这时就提出了本文的主要创新点——如何从一个圆面阵的所有阵元中抽取少部分阵元作为压缩采样的阵元，这里是提出了一种阵元选取的**规则**。然后利用正交匹配追踪算法OMP对采集的信号进行重构得到整个阵列的通道数据（全部数据），最后利用采集到的数据计算阵元的自适应权系数（采用LCMV算法），最终得到波束图。上述提到的**阵元选取规则**就是本文的创新点，同时也是实现稀疏布阵的方法，它能够在大大减少阵元个数同时保持阵列孔径不变的基础上实现全阵列下的波束形成，也就是达到了减少阵元个数的目的，其余的信号模型、信号重建以及自适应系数计算等都是利用已有的方法。

第11篇：《Adaptive Beamforming With Compressed Sensing for Sparse Receiving Array》

—用于稀疏接收阵列的压缩感知自适应波束形成

该论文主要讲的是：本文提出了一种针对稀疏接收阵列的基于压缩感知的自适应数字波束形成方法。由于到达信号的角度稀疏性，压缩感知可以被运用到对接收信号的采样上去。然后，从天线孔径上缺失的阵元上获得的接收信号可以通过压缩感知理论来重建。自适应数字波束形成算法被运用来形成天线波束，所形成的波束主瓣指向期望信号的方向，并且零点指向干扰的方向。 **这篇文章是发表在IEEE上的很好的文章，也和我的论文思路相符，一定要将它与上面的该作者的另一篇文章（第6篇）一起好好看！！** 这篇文章主要是提出一种利用压缩感知和稀疏阵列设计来进行自适应数字波数形成的新方法。引言中主要是：首先介绍了一下雷达等阵列系统中阵列孔径对波束形的的性能的影响，强调阵列孔径必须较大才能具有由比较高的性能，然而实际情况中阵元个数是受到限制的，因此可以考虑在不改变阵列孔径的情况下尽量减少阵元个数的方法，而稀疏阵列恰好满足这个要求。紧接着第二段讲了许多种非均匀周期阵列设计方法（如：遗传算法，粒子群优化，蚁群算法等），这些算法能够减少阵元个数，但引言第二段中所提到的这些算法都有一个缺陷：只能应用在固定波束形成（静态波束形成）中，而不能应用在自适应的波束形成中。然后引入了压缩感知（Compressive Sensing），介绍了一下它的简单原理及应用。引言最后一段则是将本文的主要创新点进行了阐述：提出了一种基于压缩感知的针对大规模稀疏接收阵列的自适应数字波束形成方法；主要的成果是：大大减少了阵元的个数，同时还保证了阵列的性能与原始的全阵元阵列的性能几乎一致（也就是在保证阵列孔径或者说是波束性能的前提下进少了阵元个数）。 第二部分主要讲的是一些基本原理：A、信号模型（同线阵接收模型，自己已推）；B、压缩感知的基本原理（信号的稀疏表示）与信号重建方法（以OMP算法为例）；C、两种自适应数字波束形成方法——正交投影算法和LCMV（线性约束最小方差）算法的基本原理公式。 第三部分则是本文的创新点——阵列阵元位置优化算法，该算法是本文提出的，这一部分很重要。 第四部分则是对第三部分的阵元位置优化算法的补充（特殊情况解决方案），需要好好看看。 最后则是仿真实验，主要包含四个大的实验：A、对本文提出的阵元位置优化算法进行检验；B、给出了两种数字波束形成方法的波束图（正交投影算法和LCMV（线性约束最小方差））；C、进行蒙特卡洛实验，检验本文所提算法的有效性；D、给出了一些不在网格内的目标仿真实验（？）。 **文献6/10/11的思路都是：在已知某种阵列的基础上，通过压缩感知的理论实现阵列孔径不变情况下的阵元数的巨大减少，而基于这些阵列的波束形成性能没有收到影响。**

第12篇：《Large Array Null Steering Using Compressed Sensing》

—基于压缩感知的大型阵列空转向

该论文主要讲的是：本文中，阵列空转向被表述为一个稀疏恢复问题。另外，本文提出了一种通过扰动仅几个阵元的大阵列的新的零陷控制方案。为了实现这个目的（前述的提出方案），压缩感知被应用来利用被扰动阵元的稀疏性。本文所提出的方案的优势主要有：能够显著降低硬件成本，具有更低的功率损耗，较少的原件老化以及较快的反应。仿真实验结果表明，基于CS的本文方法可以在使用至少两个元素的情况下有效地生成较宽的零陷。本文提出的方法能够获得10-20dB的干扰抑制比，这比现有的方法要好。本文还比较了在峰值-旁瓣比，指向误差和波束宽度方面的不同零值生成方法的性能。本文所提出的算法可作为未来需要快速和低成本的波束整形算法的5G基站的突出解决方案。 **该论文主要针对通信中阵列的波束形成问题，其中利用到了压缩感知来实现，可以看看！**

第13篇：《THREE CS-BASED BEAMFORMERS FOR SINGLE SNAPSHOT DOA ESTIMATION》

—三种针对单快拍数DOA估计的基于压缩感知的波束

形成器

该论文主要讲的是：本文中，考虑了基于单个观察向量的多个源信号的到达方向（DOA）的估计问题。特别的，本文分析了这三种基于压缩感知理论的波束形成算法的估计、检测以及超分辨率方面的性能并将其与经典的傅里叶波束形成器进行了对比。其中压缩感知理论主要是指经典的l1最小化或者叫Least Absolute Shrinkage and Selection Operator（最小绝对收缩和选择算子，LASSO）理论、快速平滑l0最小化理论以及Sparse Iterative Covariance-Based Estimator（稀疏迭代协方差估计，SPICE）理论。这些比较结果都由仿真结果以及实际雷达数据来进行了展现。 **该论文与之前的第3篇论文是一个作者，同出一脉，要将他们结合起来看。可以作为参考，只是需要注意将其中关于波束形成的思想运用起来！** 这篇文章主要是对三种基于压缩感知理论的针对单快拍数下信号源DOA估计的算法之间的相互比较以及他们与基本傅里叶波束形成算法的比较，主要是在以下三个性能指标上：1、DOA估计的有效性；2、接收器工作特征曲线；3、分辨率能力。总体来说这是针对DOA估计的，与我所需要的波束形成的论文相关性不大，**不作为参考论文。**

第14篇：《Wideband Beamforming Based on Compressive Sensing》

—基于压缩感知的宽带波束形成

该论文主要讲的是：宽带波束形成在阵列处理领域中具有重大意义。然而，现有的大多数算法在接收阵列的某些传感器出现问题时会停止工作，而且这种情况频繁的出现在实际的实验中。为了解决这个问题，本文提出了一种基于压缩感知的新的宽带波束形成方法。首先将接收到的信号分解得到多个子带信号，然后在每个子带上进行全阵列信号的构建并用波束形成技术进行处理。最后对信号进行综合来得到宽带信号。仿真实验结果显示了本文所提方法的优越性能，同时设计了一些额外的实验以便未来对其进行有效性的核实实验。 **该论文直接针对宽带信号，提出了一种针对宽带信号的、采用压缩感知技术进行波束形成的新方法，很值得看！** 通过认真阅读文章，我知道了：该文主要是解决了传感器阵列中某些阵元出现问题时候波束形成效果不好的问题，简单说就是利用压缩感知理论对损失的接收信号进行了恢复——在阵列无法接收到全部信号的情况下，没有利用全部的传感器进行信号的接收，而只是利用了部分传感器，以此来避免了信号的丢失。然后利用波束形成技术进行了波束形成，证明了利用压缩感知方法得到的信号能够较好的还原原始信号以及形成较好的波束图，这是本文的最主要创新点。

第15篇：《Compressive Sensing for Array Signal Processing》

—基于压缩感知的阵列信号处理

该论文主要讲的是：压缩感知是一个新兴领域，其中传统的两步数据采集和压缩处理过程可以集成到一个步骤。压缩感测利用信号的稀疏性，并允许从比信号的原始大小少得多的测量数据中重建数字信号，只要测量满足某些合理的条件，例如受限等距特性，不相关性等，就有可能实现上述的数字信号重建。压缩感知理论也可以被运用到传感器阵列信号处理中去，本文将压缩感知应用到波达方向估计（DOA）中。本文使用两种不同的方法来实现压缩波束形成：在时域实现方法中，可以运用压缩感知理论来降低模数转换器的采样率即可以降低每一个传感器接收到的样本的个数；在空间域实现方法中，可以运用压缩感知理论将原本具有大量阵元的阵列压缩为少量阵元个数的阵列（即可以大大减少阵列阵元的个数）。本文将这两种方法与常规波束形成进行了比较，同时还发现它的输出与理想脉冲输出很接近。本文使用子空间追踪的方法实现了压缩感知信号的恢复，同时也对上述两种方法进行了比较，得到结论：使用子空间追踪获得的结果优于先前论文中获得的结果。 **该论文主要提出了基于压缩感知实现波束形成的时域和空域的两种方法，信号恢复则采用的是子空间追踪法，值得好好看看，应该会有比较大的作用。**  这篇论文主要是对压缩感知在阵列信号处理中的应用进行行了研究，主要内容安排是：引言主要说的是压缩感知理论的基本背景介绍，基于压缩感知的信号恢复方法的思路（第一种是凸优化的基追踪（Basic Pursuit,BP）方法，另外一种就是诸如OMP（正交匹配追踪）法的贪婪算法），然后提到了一种比上述两种恢复算法更优的子空间追踪（Subspace Pursuit）算法。最后提到了可以将压缩感知应用到阵列信号处理中去的思路，其中已有文献【3】提出的对阵列中的阵元上的到达信号进行压缩测量的方法以及文献【4】提出的减少阵列阵列个数的方法，而基于SP方法的上述两种应用思路的效果比文献【3】和【4】更好。 第二部分主要讲了a、波束形成的基本原理；b、压缩感知基本原理。 第三部分主要讲的是应用压缩感知进行阵列信号处理的时域实现方法以及空间域实现方法。 第四部分主要讲的是子空间追踪算法的基本原理以及迭代数学过程。 最后一部分是仿真实验，但实验是以DOA估计为主。

第16篇：《Beamforming using compressive sensing》**（此文无用）**

—基于压缩感知的波束形成

该论文主要讲的是：本文将压缩感测（CS）与使用海上拖曳阵列数据的水平波束形成的常规波束形成进行比较，主要是对它们定性地使用轴承时间记录和定量地使用信号干扰比进行比较。定性地，CS展现出比常规波束成形更低的背景干扰水平。此外，当元素数目减少时，轴承时间记录显示出背景干扰在增加，但仍处于可容忍的水平。对于全阵列来说，CS方法能够输出12dB的信干比，而常规波束形成仅为8dB。相对于常规波束形成，CS的优越性在欠采样的情况下更加显着。 **该论文主要是对基于CS的波束形成与常规波束形成在输出信干比等指标方面进行了对比，其中涉及到基于CS波束形成的基本知识和一些思路，应该好好看看。**

第17篇：《基于压缩感知的矢量阵聚焦定位方法》  **暂时无用**

第18篇：《A COMPRESSIVE BEAMFORMING METHOD》

—一种压缩波束形成方法

该论文主要讲的是：压缩感知（CS）是一个新兴领域，其使用相对少量的、随机化投影的非传统样本来重建稀疏或可压缩信号，本文考虑利用压缩感知来解决传感器阵列的波达方向（DOA）估计问题。我们得到：如果给出源的数目以及他们的DOA估计，就可以通过使用传感器数据的随机投影以及一个参考传感器上的全波形记录，来重建稀疏角空间场景。投影的数量可以非常小，与数字源成正比。文末给出了仿真实验来证明本文提出的压缩波束形成器算法的性能和优点。 **该论文主要是提出了一种压缩波束形成算法，可以看看。 该论文主要针对多信号源的DOA估计问题，与波束形成还是相差比较远，不作为参考论文。**

第19篇：《BEAMFORMERS FOR SPARSE RECOVERY》

—稀疏恢复的波束形成

该论文主要讲的是：在对测量数据的稀疏恢复中，通常的方法是贪婪追踪重建算法，这些算法中的大多数都具有用于检测稀疏数据中活动分量的相关滤波器。本文展示了如何对这些贪婪追踪算法进行修改，以便它们使用波束形成器而不是标准相关滤波器。利用这些波束形成器，上述算法的性能得到了提升。特别的，本文还讨论了平均和最坏情况下的波束形成器，并给出了构造它们的方法。  **该论文主要讲的是对原始的贪婪追踪算法进行修改，进而改进了这些算法的性能，可以作为以后论文拓展的参考论文。**

第20篇：《Compressive Sensing for Sparse Arrays》

—针对稀疏阵列的压缩感知

该论文主要讲的是：我们评估了压缩感知（CS）用于处理来自稀疏或高度稀疏接收阵列的信号的有用性。压缩感知由用于在确定的线性方程下求解的理论和相关算法组成，这是建立在“解仅具有几个非零或主导值，并且剩下的值为零或很小”的假设上的。当：（a）、只有几个阵列观测值，每个观测值表示为接收的平面波信号幅度的线性组合；以及（b）、存在大量可能的信号到达角，但是实际上仅存在少量信号时，稀疏阵列是CS的一个自然应用。我们的方法使用稀疏阵列信号的线性波束形成来创建用于压缩感知的数据，其是平面波信号幅度的线性组合。波束形成矩阵用于在近似正交的线性组合中创建系数，这是对CS的成功应用的要求。我们评估CS为具有大曲率半径的圆弧的90°扇区上的五元素稀疏阵列问题。稀疏阵列的阵元本身是数字波束形成的相控阵，其主波束会导向到公共方向。我们发现压缩感测适用于大信号噪声，能够可靠地指示平面波到达相控阵元件的波束宽度内的方向以及在稀疏波束宽度的十分之一内的两个相等强度平面波的潜在可靠分辨率数组。当信噪比较小时，错误的平面波指示会以显着的概率发生。然而，具有m个统计独立的噪声样本的m个指示算法中的n个或更多个显着地降低了错误指示的概率。 **该论文光看摘要有点儿看不懂，建议后面详细看看有没有参考价值。**

第21篇：《Sparse Microphone Array Design for Wideband Beamforming》

—宽带波束形成的稀疏麦克风阵列设计

该论文主要讲的是：稀疏宽带传感器/麦克风阵列设计问题是高度非线性的，并且传统上通过遗传算法、模拟退火或其他类似的优化方法来解决，但这是一个非常耗时的过程，并且不能保证得到最佳的解决方案。本文中，对这个问题从压缩感知的角度进行了研究，并且提出了一个基于压缩感知的解决办法。虽然已经提出用于窄带阵列设计的基于CS的方法，但是其对宽带情况的扩展并不直接，因为与每个传感器/麦克风相关联的系数有很多个，并且简单地最小化权重的l 1范数系数不足以获得稀疏阵列解。为了实现这一点，本文导出了修改的l 1范数最小化方法并且其有效性通过设计示例得到了验证。 **本文主要是提出了一种针对稀疏阵列设计的基于CS的方法，主要是阵列的设计，可以作为参考论文仔细读一读。**

第22篇：《Compressive Adaptation of Large Steerable Arrays》

—大导向矩阵的压缩自适应

该论文主要讲的是：我们考虑适用于非常大的天线阵列（例如，具有1000个元件或更多的阵列）用于诸如波束形成和归零的任务的问题，其由在毫米（mm）波段和更高的载波频率下的新兴应用激发，其中小波长使得可以将非常大量的天线元件（例如，实现为印刷电路阵列）封装到具有紧凑形状因子的节点中。传统的最小二乘法技术，由于依赖于对各个阵列元件的基带信号的访问，不适用于这个问题的解决。因此，最好的方法是执行射频（RF）波束控制，其中单个复基带信号从接收阵列出现，或者进入发射阵列。此外，我们感兴趣的是通过单个元件的粗粒度控制（例如，四相，或甚至二进制相位控制）可以实现什么。在本文中，我们提出了一种与这些硬件约束相匹配的自适应架构。我们的方法包括以下两个步骤：第一步骤是使用少量测量的稀疏空间信道的压缩估计，每个测量使用不同的随机化权重集合。然而，与标准压缩感测公式不同，我们对估计连续值参数（例如各种路径的到达角度）感兴趣。第二步骤是量化波束导向，其中受到严格量化的约束的波束形成和零化的权重使用来自第一步骤的信道估计来计算。我们提供有前途的初步结果，说明这种方法的有效性。 **这篇文章估计和我的研究方向差的有点儿远，不过后面可以看看。**