

无智能天线场景下的 TD-SCDMA 网络规划问题研究

中国移动通信集团北京有限公司网络部 赵鑫、杜建凤

中国移动通信集团辽宁有限公司计划部 唐超

中国移动通信集团设计院有限公司 董江波

摘要：智能天线是 TD-SCDMA 移动通信系统的基础技术之一，但在移动通信网络中，常常由于天面资源不足、伪装等原因，需要使用小型化天线来完成网络覆盖，例如街道站、2/3G 共用天馈等等，此时只能采用普通天线。本文针对这些无法使用智能天线的场景，通过仿真和测试等多种手段结合，研究 TD 网络的性能，TD 网络规划策略，应注意的关键问题。

关键词：TD-SCDMA 移动通信系统 智能天线 无智能天线场景 网络规划 网络优化 街道站 小区覆盖

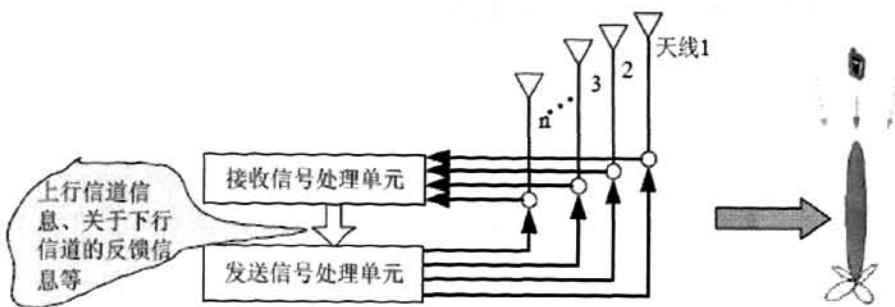
1 智能天线与无智能天线场景

智能天线是TD-SCDMA移动通信系统的基础技术之一，可以有效的提升增益，降低干扰，智能天线技术给TD-SCDMA系统带来的优势是无法替代的。但是，由于智能天线自身的复杂性较高，阵元较多，带来了天线自重的增加和面积的增大。

在移动通信网络中，常常由于天面资源不足、伪装等原因，需要使用小型化天线来完成网络覆盖，例如室内覆盖、街道站、2/3G共用天馈等等，此时无法使用智能天线。我们把这些场景称为“无智能天线场景”，或者简称为“特殊场景”。在无智能天线场景下，TD网络如何规划和优化，能否保证TD网络的性能，应注意哪些关键问题，就成了移动通信运营商必须关注的技术要点。

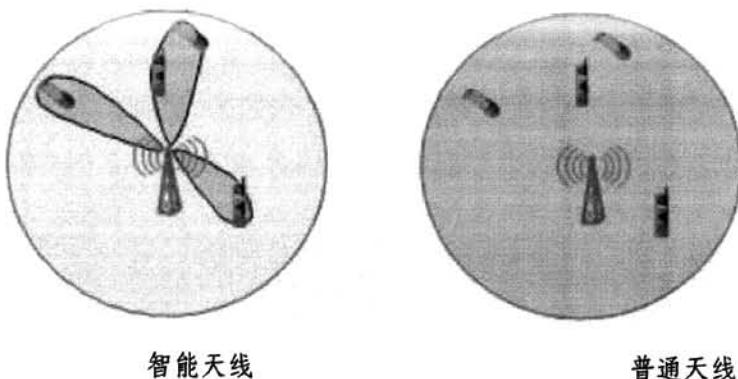
1.1 TD-SCDMA系统中的智能天线技术

智能天线是由一组天线阵列及相连的收发信机和先进的数字信号处理算法组成，在基带或射频通过调节各阵元的信号幅度和相位的加权因子，可以使得天线在各个方向上的增益不同，使其方向图在指定方向上形成波瓣或者零陷，如图所示：



图表 1 智能天线工作原理

在TD-SCDMA系统中，由于上下行信号同在一个频段，具备对称性，因此在基站端可以根据接收到的上行信号，调整下行信号波束赋形，将高增益的方向对准有用信号的方向，可以更有效的利用有用信号功率，同时减小了对于其它方向上用户的干扰。如下图为普通天线和智能天线的波瓣方向图，可以看到，与传统的全向天线相比较，智能天线能够根据用户的位置的变化，自适应的调整波束的指向，使得主瓣对准期望用户，旁瓣和零陷对准非期望用户；从而有效的消除干扰、达到提高系统容量的目的。



图表 2 普通天线和智能天线的波瓣示意图

正是由于智能天线的波束赋形能力，多阵元的智能天线和普通天线相比，除了具备多阵元的功率增益外，还具备额外的波束赋形增益，对于单径、高斯白噪声的信道环境而言，

- 8天线上行接收增益理论值为 $10 \cdot \lg(Ka) = 10 \cdot \lg(8) \approx 9.03 \text{ dB}$
- 8天线下行功率增益理论值为 $10 \cdot \lg(Ka) = 10 \cdot \lg(8) \approx 9.03 \text{ dB}$

- 8天线下行赋形增益理论值为 $10 \cdot \lg(Ka) = 10 \cdot \lg(8) \approx 9.03 \text{ dB}$

正是因为智能天线具备技术上的先进优势，是TD-SCDMA网络的关键技术之一，当在某些特殊场景下，无法使用智能天线时，TD-SCDMA网络的性能就需要做进一步的验证，在网络规划和优化过程中，可能会出现一些新的问题，需要进行深入的研究。

1.2 典型无智能天线场景

由于TD-SCDMA系统智能天线重量较高，面积较大，风阻较高，在安装时对墙面空间、承重、安装方式等要求都较高，目前，TD-SCDMA天线厂家在这些方面已经有了一定的改进，诸如4阵元天线，镂空天线等新型号智能天线已经开发完毕，进入了测试阶段，但网络主要采用的还是8阵元智能天线，同时，即便是小型化的4阵元天线，其大小仍然远远大于小型的全向吸顶天线或者定向板状天线，在街道站、灯杆站、小区覆盖等特殊场景，往往仍然无法使用智能天线，这些环境，我们称为无智能天线场景，或者简称特殊场景。

在移动通信网络中，常见的无智能天线场景如下：

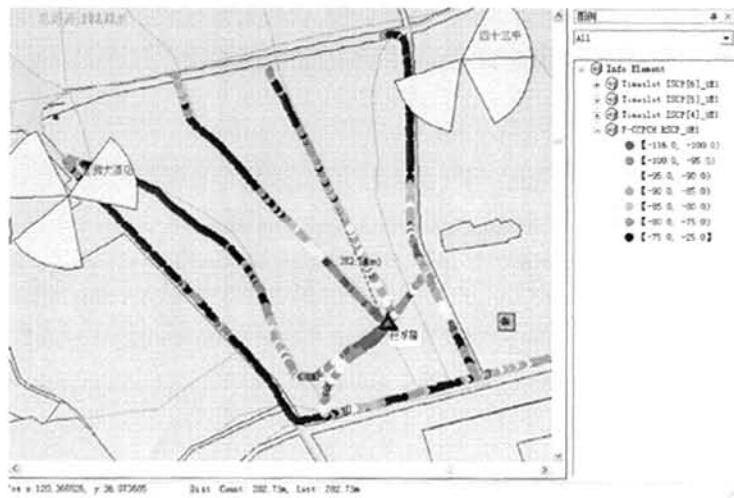
- 无智能天线基站与宏蜂窝混合组网
 - 街道站（小区覆盖）
 - 2/3G共用天馈
- 无智能天线基站单独组网
 - 室内覆盖
 - 无智能天线基站连片区域

本文重点研究室外宏蜂窝情况下，无智能天线基站与宏蜂窝混合组网的情况。无智能天线基站与宏蜂窝混合组网，是指在正常的TD-SCDMA宏蜂窝覆盖中，由于某个基站无法使用智能天线，造成了宏蜂窝覆盖内部局部区域由无智能天线基站覆盖，即“万绿丛中一点红”的情况。这种场景的典型代表是街道站和2/3G共用天馈。

- 街道站：

街道站是一种特殊的微蜂窝覆盖，主要在室外覆盖中用于小区域的补盲和补热（参见下图），或者在无法建设宏蜂窝基站时用于室外覆盖。在建设过程中，街道站一般采用小型化基站或室外站，配合小型化天线，安装在灯杆或者其他便利设施上。

在网络中，小区域补盲补热场景的应用很多，除了街道站之外，还包括小区覆盖等等。



图表 3 街道站常用于室外小区域补盲/补热场景

● 23G共用天馈：

23G共用天馈场景主要是基于如下考虑，由于TD基站天线对天面资源要求较高，未来建设中很可能会出现天面资源无法满足，因而需要使用普通天线，或者与2G共用天线的做法。同时，研发支持GSM900/DCS1800/TD-SCDMA的宽频普通天线也较为容易，因此23G共用天馈的情况目前虽然尚无先例，但未来还是存在着一定的可能性。

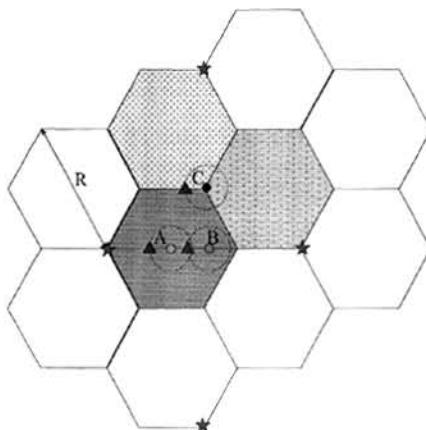
23G共用天馈场景同样也是“万绿丛中一点红”的情况，是指在正常的TD-SCDMA宏峰窝覆盖中某一块区域是由普通天线覆盖的。对于这种无智能天线基站与宏峰窝混合组网的场景，由于普通天线没有波束赋形，因此关心的主要问题是：无智能天线基站覆盖区域的网络性能如何，能否满足用户使用需求，无智能天线基站覆盖区域应采用何种天线，全向天线还是定向天线，能否采用小型化四阵元天线。在频率规划方面，应采用同频还是异频。

总的来看，无智能天线场景是TD网络规划和优化中必然会面临的问题，在这些特殊场景下，究竟TD网络性能如何，可能会出现什么问题，就是本项目关注的重点，本项目重点选取室外街道站补盲/补热场景进行研究，通过仿真和实地测试，对TD网络性能，以及网络规划策略，应注意的问题进行分析。

2 无智能天线基站与宏蜂窝混合组网场景仿真分析

2.1 补盲/补热场景模拟

在宏蜂窝覆盖场景下模拟微蜂窝补盲和补热，首先需要确定盲/热区的中心位置坐标和半径。仿真中的宏基站均为三扇区定向站，为了仿真盲/热区位于不同位置的影响，选择了3个典型位置，具体见下图：



图表 4 街道站位置示意图

在上图中，红色五角星表示宏基站的位置，A、B、C三点分别为模拟的中心位置，A点是中心小区0号扇区（主瓣0度位置）主瓣正前方0.5倍半径的位置，位于小区中央，宏、微基站相互干扰严重，B点是主瓣正前方0.8倍半径的位置，靠近小区边缘，仍属于黄色扇区覆盖范围内，C点为三个小区的交界位置。

对于全向微基站，微基站的位置与中心位置重合，对于单扇区定向微基站，放置在图中三角形表示的位置，主瓣朝向正东，并加一定的下倾角。宏蜂窝小区与微蜂窝小区同频，扰码采用正交性较好的码组。同时，我们还选择了小型化四阵元智能天线作为对照组，一方面，是为了比较无智能天线场景和普通（有智能天线）场景下的网络性能，另一方面，也是为了验证在街道站组网的情况下，能否使用四阵元智能天线。

仿真中假设盲区是由于物理间隔造成宏小区信号大幅衰减而产生的，在宏小区和微小区散布用户时，由于存在物理间隔造成的盲区，在给定微蜂窝半径范围内的用户到宏小区的路损增加20dB物理隔离，非盲区的用户到微基站的路损增加20dB物理隔离。

热点是由于大量用户集中在同一位置区产生的，对于热点地区的建模，仍针对上图中给定的A、B、C三点，将微基站放置在给定的位置上，通过提升区域内的用户数量模拟热区情况。

为简单起见，仿真中统一采用用户中断率指标来分析网络性能，分别考察不同场景、不同位置、不同类型微基站分层组网时系统的中断率。

为了更清晰地对比不同场景系统的性能，分别统计相关宏蜂窝、微蜂窝及整体中断率。具体地说，对于宏蜂窝的中断率，对于A、B两种情况，仅统计微基站所在扇区（图3.1中黄色标识的扇区）的中断率，对于C，由于处在宏蜂窝三个扇区（图3.1中红黄绿三种颜色标识的扇区）的交界处，则统计此三个扇区的中断率。对于微蜂窝统计所有接入微基站的用户中断率。除此之外，进一步按上述方法统计宏蜂窝与微蜂窝共同的整体中断率。

2.2 传播模型

由于移动通信所在环境的多样性，每个传播模型都是适用于某特定类型地区的模型。本仿真报告基于密集城区环境，下面分别给出仿真中采用的密集城区室外宏蜂窝、微蜂窝传播模型。

● 室外宏蜂窝传播模型

适用于密集城区组网的双折线模型：

$$PL(d) = \begin{cases} A + B1 \cdot \lg(d) & d \leq dc \\ A + B1 \cdot \lg(d) + B2 \cdot \lg\left(\frac{d}{dc}\right) & d > dc \end{cases}$$

在工作频率2.0GHz、基站高度30米、UE高度1.5米的假设前提下，给出公式中的参数说明及建议值：

A——常数，建议值 33 dB;

B1——第一斜率，建议值 31.2;

B2——第二斜率，建议值 47.8;

dc——拐点距离，建议值 380m;

d——UE到基站的距离，单位：米。

几点说明：

建筑物越密集、高度越参差不齐，dc越小、B2越大；建筑物越稀疏、高度越平均，dc越大、B2越接近B1；

A 及 *B1* 的取值与区域内整体的建筑物疏密程度及平均高度有关，同时与工作频率、基站高度及UE高度有关。

- 室外微蜂窝传播模型

COST231-Walfish-Ikegami模型是经验模式和确定性模式的结合，在使用时引入一些描述市区环境特征的地理化信息参数，包括：建筑物高度、街道宽度、建筑物的间隔、阻挡物相对于直达无线电路径的道路方位角度，同时对当固定基站天线等于或低于屋顶高度时的情况进行了一些修正。

COST231-Walfish-Ikegami模型在应用时要分成两种情况来处理：一种是低天线情况，适用于视通情况；另一种视高基站天线情况，适用于非视通情况。

仿真中，采用低基站天线情况，此时，基站天线低于周围建筑物的平均高度的时候，信号是在街道形成的峡谷中传播的，其传播特性与高基站天线的传播特性不同，对街道峡谷内的视通情况使用的公式描述如下：

$$PL = 42.6 + 26 \log d(km) + 20 \log f(MHz) \quad 20m < d < 5km$$

$$\text{对于 } 2.0GHz \text{ 频段, } PL = 108.6 + 26 \log d(km)$$

仿真参数详细表格如下：

参数名称	参数取值	参数说明
宏蜂窝阴影衰落标准差 (dB)	第一折线内: 6 第二折线内: 8	折点距离 380m
微蜂窝阴影衰落标准差 (dB)	6	
人体损耗 (dB)	3	
全向/定向单天线增益 (dBi)	10/15	
机械下倾角 (度)		定向：以上 3dB 对准小区 边界进行设置，半功率角 3.5 度 全向：无下倾角
馈缆损耗 (dB)	1	
功控余量 (dB)	1	
宏基站单载波功率 (dBm)	34	单天线 2w (33dBm) + 8 天线

		(9dB)-6 载 波 (8dB) = 34dBm
微基站单载波功率 (dBm)	31	单天线 2w (33dBm)+4 天线 (6dB)-6 载 波 (8dB) = 31dBm
上行底噪 (dBm)	-108.9	噪声系数 4dB
下行底噪 (dBm)	-104.9	噪声系数 8dB
终端高度 (m)	1.5	
宏基站高度 (m)	30	
微基站高度 (m)	10	
业务激活因子	0.6	
DOA 估计误差 (度)	2	正负 2 度均匀分布
穿透损耗 (dB)	20	室内用户占 40%
上行本小区干扰抑制因子	0.15	
下行本小区干扰抑制因子	0.25	
上行邻小区干扰抑制因子 (8 元/4 元)	0.3/1	
下行邻小区干扰抑制因子 (8 元/4 元)	0.5/1	
宏小区非正交因子	0.5	
微小区非正交因子	0.1	
语音业务上行 SIR (dB)	8	
语音业务下行 SIR (dB)	10.5	
语音用户下行最大功率系数	0.5	单用户最大功率为总功率 1/2
时延门限 (chip)	6	
功率门限 (dB)	4.5	

表格 1 仿真参数表

2.3 仿真结果分析

- 盲区场景仿真结果：

首先，我们针对同频组网情况，即微蜂窝和宏蜂窝基站采用同一频率（含N频点技术）的情况进行仿真，结果如下：

用户中断率 (%)	盲区 A			盲区 B			盲区 C		
	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体
无街道站	4.075		4.075	4.3		4.3	2.758		2.758
全向街道站	0.869	24.654	10.963	0.502	20.152	7.913	1.082	30.22	5.983
定向街道站	1.858	4.15	2.3	2.057	3.022	2.225	1.597	3.591	1.75

表格 2 盲区场景用户中断率仿真结果（无智能天线、同频组网）

通过分析上表数据并结合理论分析，可知：

当宏小区中存在盲区时，会使系统上下行中断率增加，具体说，对于上行，落于盲区的部分用户由于物理隔离的原因使得发射最大上行功率时仍无法达到目标SIR，使得上行中断率增加，对于下行，基站需要分配更多的功率给盲区中的用户，由此导致基站功率受限，同时盲区用户下行功率的增加给其它用户带来的干扰增大，因此增加中断率，其中C点掉话率略好，是由于用户切往其他小区造成的；

在宏蜂窝覆盖盲区中引入全向街道站后，从仿真结果来看，宏基站本身智能天线的抗干扰能力较强，因此宏基站的中断率比较理想，但对微基站而言，由于单天线相比于多天线自身的劣势，抗干扰能力很弱，使得接入微基站的用户的中断率很高，系统整体性能也明显下降，因此不建议采用此种方案。

在宏蜂窝覆盖盲区中引入定向街道站后，相比于全向同频微基站性能提升很多，和不增加街道站相比，也有了一定的改善，但用户中断率仍然较高，因此，我们进一步对异频街道站进行研究，假定宏蜂窝小区与微蜂窝小区采用不同频点，结果又有了进一步改善：

用户中断率 (%)	盲区 A			盲区 B			盲区 C		
	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体
无街道站	4.075		4.075	4.3		4.3	2.758		2.758
定向街道站(异频)	1.084	3.372	1.525	1.15	0.935	1.113	1.309	2.067	1.367

表格 3 盲区场景用户中断率仿真结果（无智能天线、异频组网）

最后，我们针对四阵元天线的情况进行了仿真，并将四阵元天线的结果和定向单天线进行比较，结果如下：

用户中断率 (%)	盲区 A			盲区 B			盲区 C		
	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体
无街道站	4.075		4.075	4.3		4.3	2.758		2.758
定向街道站	1.858	4.15	2.3	2.057	3.022	2.225	1.597	3.591	1.75
四阵元天线	1.202	1.868	1.363	0.775	1.445	0.938	1.29	1.526	1.317

表格 4 盲区场景用户中断率仿真结果（四阵元天线、同频组网）

可以看到，采用四阵元天线，同频微蜂窝组网（N频点技术）的结果不仅优于定向单天线同频组网，而且优于定向单天线的异频组网，这主要是由于智能天线技术不仅可以降低小区之间的干扰，而且可以降低本小区干扰的缘故。

综上所述，仿真结果表明，在盲区中引入街道站覆盖，四阵元智能天线的性能优于定向单天线，而后者又优于全向单天线，可见，在无智能天线场景下，网络性能有明显的下降。当无法采用智能天线时，最佳的解决方案是采用定向单天线的异频微蜂窝，可以显著的提升网络性能；如采用同频覆盖，应选择定向天线，且需要视盲区位置、天线挂高等因素综合考虑而定，尽量将微基站放置于小区边缘。

● 热区场景仿真结果：

完成对盲区的分析之后，我们针对宏蜂窝组网中的另一典型场景，热区覆盖进行仿真，在A、B、C三点不增加20dB损耗的情况下，通过增加用户数量进行热区仿真，由于我们在盲区的仿真结果分析中已经证明了，全向单天线基站性能远远低于定向单天线基站，在热区仿真中，我们重点考察四阵元天线和定向单天线基站的对比情况。首先是对照组的四阵元天线，当宏蜂窝每时隙打满8个用户，微蜂窝用户数量逐渐上升时的情况：

用户中断率 (%)	热区 A			热区 B			热区 C		
	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体
1 用户/时隙	0.675	3.333	1.4	0.175	2.8	0.891	1.025	2.167	1.152
2 用户/时隙	0.638	3.517	1.871	0.25	2.533	1.229	0.971	2.167	1.21
4 用户/时隙	1.325	6.567	4.47	0.737	5.708	3.72	1.3	5.192	2.597

表格 5 热区场景用户中断率仿真结果（四阵元天线、同频组网）

可见，四阵元天线由于性能劣于八阵元天线，当用户数量上升时，质量恶化严重，我们选取整体中断率小于2%做标准，由表中可以看出，当微基站每时隙用户小于2个时，网络性能能够满足要求。随后，我们针对定向单天线进行了仿真，结果很不理想，当每时隙接入1个用户时，性能就出现了大幅度恶化：

用户中断率 (%)	热区 A			热区 B			热区 C		
	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体
1 用户/时隙	6.238	10.5	6.711	3.288	4.7	3.444	1.396	5.5	1.56

表格 6 热区场景用户中断率仿真结果（定向单天线、同频组网）

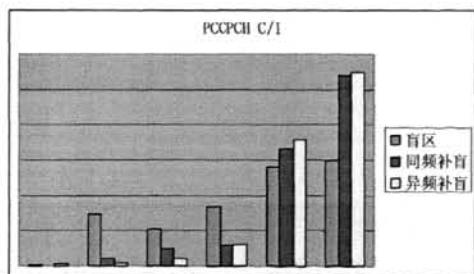
异频组网的情况优于同频，在每时隙接入2个用户时仍能保持较好的性能，可见，补热基站当无法采用智能天线时，应尽量采用异频组网：

用户中断率 (%)	热区 A			热区 B			热区 C		
	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体	宏小区	微小区	整体
2 用户/时隙	0.4	1.05	0.53	0.588	0.9	0.65	0.992	0.85	0.981

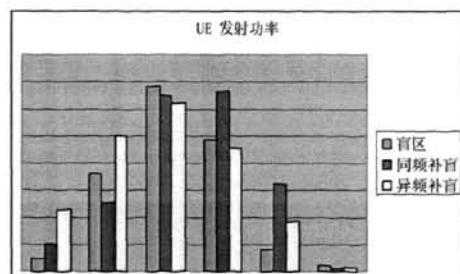
表格 7 热区场景用户中断率仿真结果（定向单天线、异频组网）

3 无智能天线基站与宏蜂窝混合组网场景实地测试结果

为了验证仿真结果，项目组选择了位于密集城区的TD连续覆盖区域，构造了仿真中C点的场景，进行同频和异频的微蜂窝补盲测试，补盲采用街道站加定向平板天线的方案，天线型号凯瑟琳（KATHREIN）742215，频段1710~2200MHz，水平波瓣角65度，增益18dBi，天线下倾角6度，安装在电线杆上。测试结果如下（仅列出覆盖测试结果，网络性能测试结果略）



图表 5 PCCPCH C/I 比较



图表 6 UE 发射功率比较

从测试结果来看，补盲测试验证了仿真分析的结论，即当盲区出现在小区边缘时，采用定向单天线做同频补盲或异频补盲，都可以有效的提升网络质量，且异频补盲优于同频。

4 小结

本文主要针对室外宏蜂窝覆盖情况下，需要使用小型化基站补盲/补热场景下的网络规划进行了研究，重点考察能否采用无智能天线基站，以及无智能天线

基站和四阵元天线基站的对比，通过仿真和实地测试，研究网络性能，确定网络规划策略。

当宏小区覆盖区域中存在盲区时，会使系统上下行中断率增加，具体说，对于上行，落于盲区的部分用户由于物理隔离的原因使得发射最大上行功率时仍无法达到目标SIR，使得上行中断率增加，对于下行，基站需要分配更多的功率给盲区中的用户，由此导致基站功率受限，同时盲区用户下行功率的增加给其它用户带来的干扰增大，因此增加中断率。

比较不同位置的盲区，若盲区完全处于一个宏小区扇区内，则越靠近宏小区边缘对系统性能影响越大，若盲区处于小区的交接处，一方面距离基站较远导致干扰增大，另一方面，盲区中的用户可以选择接入不同的宏小区使得下行功率受限、干扰等影响降低，最终的系统性能为两方面因素综合作用的结果。

总的来看，仿真结果和实地测试结果表明，在典型室外场景下，根据具体的无线环境，可以考虑采用无智能天线基站和宏蜂窝覆盖混合组网，其典型应用是在网络中采用定向单天线的微蜂窝补盲/补热（如街道站，居民小区覆盖）。但是，在绝大多数情况下，定向单天线组网的性能要弱于四阵元天线组网，因此，在工程条件允许的情况下，还是要尽量使用智能天线。

- 盲区：

对于盲点地区的覆盖，优选同频四阵元天线基站、也可采用异频定向单天线基站，引入同频定向单天线基站需要考虑盲区所在的位置，尽量将微基站放在小区边缘（C点），而引入同频全向单天线是不可行的；

- 热区：

对于热点地区的覆盖，当话务量较低时，热点地区在三小区交界位置（C点）时可以采用同频定向单天线基站，其它位置则推荐采用异频单天线基站，当话务量较高时，推荐采用异频定向单天线基站或四阵元天线基站。当话务量增加到50%负荷时，必须采用四阵元天线基站；

针对上述结论，总结如下表：

场景	位置	A点		B点		C点	
		频率	同频	异频	同频	异频	同频

盲区	全向单天线	×	/	×	/	×	/
	定向单天线	×	✓	✗	✓	✓	✓
	四阵元天线	✓	✓	✓	✓	✓	✓
热区 (<50%)	定向单天线	×	✓	✗	✓	✓	✓
	四阵元天线	✓	✓	✓	✓	✓	✓
热区 (>50%)	定向单天线	×	✗	✗	✗	✗	✗
	四阵元天线	✓	✓	✓	✓	✓	✓

表格 8 不同场景下的规划策略小结

本文仿真结论和数据是基于既定的系统参数和仿真场景配置、以及特定场景下的实地测试下得到的定性结论，仅供TD-SCDMA网络规划和工程技术人员参考，相关仿真结果在工程具体实施时不能作为定量的参数标准。在实际建网过程中，天线周边地理环境对网络性能起到了决定性的因素，规划和优化人员仍然需要因地制宜，根据具体情况，选择最佳策略。

参考文献：

- [1] 3rd Generation Partnership Project. <http://www.3gpp.org>.
- [2] Joseph C. Liberti, Theodore S. Rappaport. Smart Antennas for Wireless Communications IS-95 and Third Generation CDMA Applications. 马凉等译. 北京：机械工业出版社，2002

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>