

**ICSC 2019**

Core Competence Enhanced by MBD



IDAJ CAE Solution Conference

## 基于HFSS-modeFRONTIER联合仿真的放射噪声优化

IDAJ  
张侃裕

# 目录

## ■ 1.HFSS与modeFRONTIER联合仿真介绍

- 1.1 HFSS
- 1.2 modeFRONTIER
- 1.3 什么是优化

## ■ 2.案例介绍

- 2.1 模型
- 2.2 初期计算结果
- 2.3 优化流程
- 2.4 优化结果

## ■ 3.总结

# 1.1 ANSYS HFSS

## ■ ANSYS: 仿真领域的领导者

### 专注仿真

我们全部的工作重点。在所有物理领域提供业界领先的产品和技术。拥有全球最大的仿真技术研发团队

### 广泛信任

全球超过 **45,000家** 客户  
**97** FORTUNE 财富100强 工业客户  
 ISO 9001 认证

### 业经验证

入选标准普尔 **STANDARD & POOR'S** 500家  
 500股票指数  
 市值高达**130亿美元以上**

### 全球部署

**2,900+** employees globally 雇员  
**75** offices in **40** countries 多个国家



### 规模最大

**3倍** 于实力最接近的竞争对手的营收



### 稳定独立

长期财务稳定  
 独立于CAD



### 兑现承诺

2017年全球客户整体满意度高达 **87.8%**

### 推动创新

帮助客户应对新的市场挑战：  
 数字探索、增材制造和数字孪生体

# 1.1 ANSYS HFSS

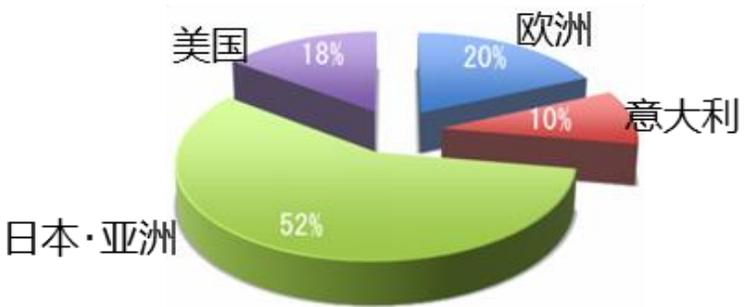
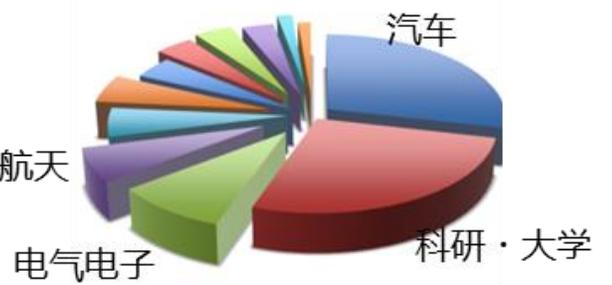
## ■ 世界级企业普遍采用ANSYS平台



# 1.2 modeFRONTIER

## modeFRONTIER

- ◆ 意大利ESTECO公司开发的，世界上最初的支持多目标优化的商用软件。
- ◆ 全球已有1100以上的license，与欧洲主要汽车制造商都有合同。
- ◆ 汽车产业中，有广泛的应用。
- ◆ 内置了最先进的优化算法，实验计划法以及响应面法。
- ◆ 高性能且使用简便，拥有统计分析、多变量解析、CAP等多种结果处理工具帮助设计者分析数据。



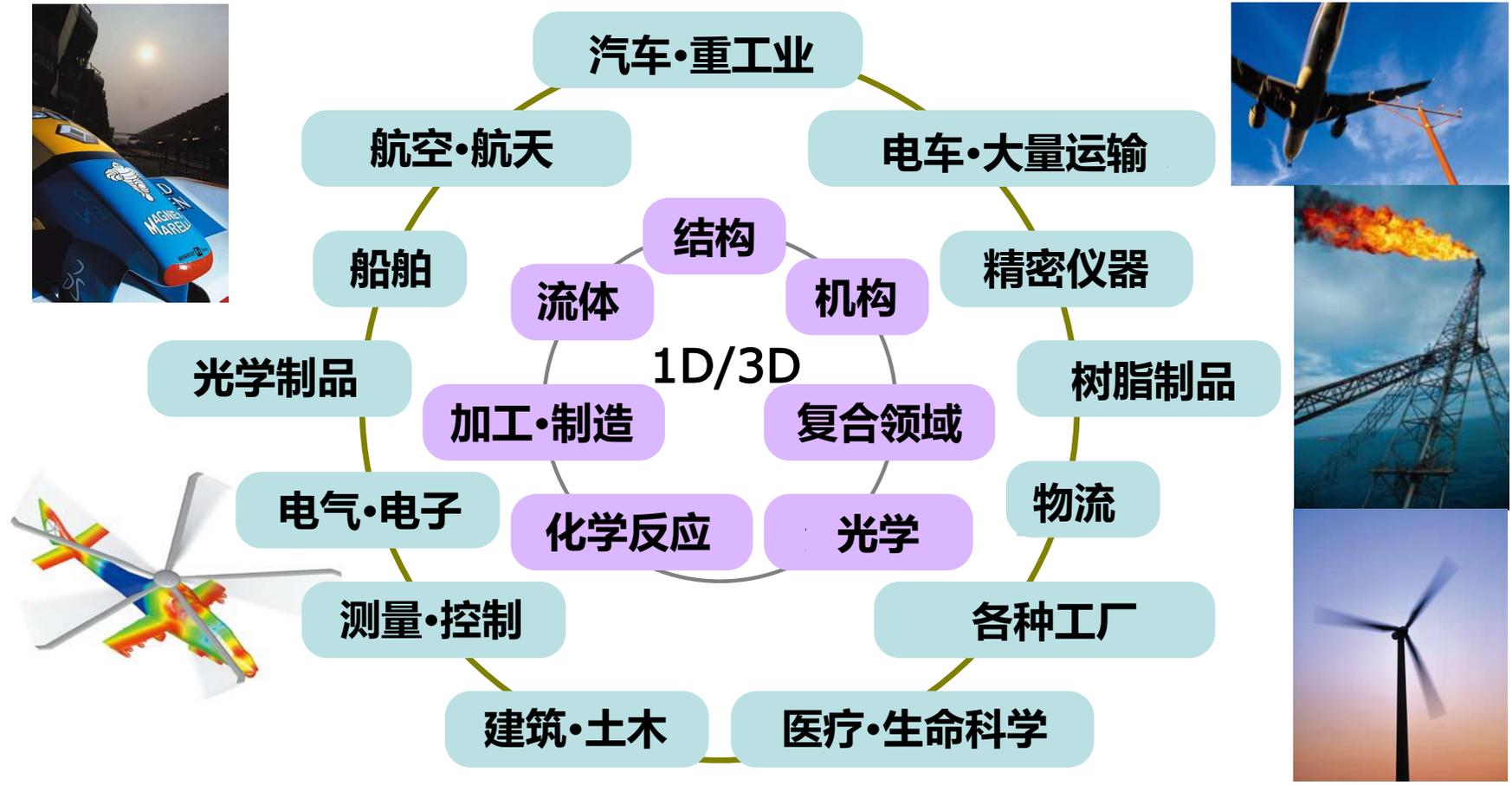
## 1.2 modeFRONTIER

### ■ 日本客户群 (摘要)

- 丰田汽车
- 日产汽车
- 本田汽车
- 马自达
- 铃木
- 斯巴鲁
- 三菱汽车
- 大发工业
- 五十铃
- 日野汽车
- 雅马哈发动机
- 川崎重工
- 丰田中央研究所
- 丰田自动织机
- 电装
- 爱信精机
- 爱信AW
- 康奈可
- 京滨
- 加特克
- 丰田车体
- 捷太格特
- NTN
- 三叶
- 日本电产NEIDC
- 日本精工
- 泰极爱思
- 小松制作所
- 洋马
- 大金
- 久保田
- 三菱电机
- 松下
- 普利司通
- 东洋橡胶
- 三菱重工
- 三楼日立电力系统
- 川崎重工
- IHI
- 神戸制钢
- 住友重工
- 三井造船
- 雅马哈
- 日本触媒
- 日揮触媒化成
- ne-chemcat
- 早稻田大学
- 东海大学
- 东京工业大学
- 东京电机大学
- 东北大学
- 同志社大学
- 北海道大学
- 北九州市立大学
- 名古屋工业大学
- 名古屋大学
- 立命馆大学
- 横浜国立大学
- 京都大学

# 1.3什么是优化

『基于某个价值观，追求最优解的行为』

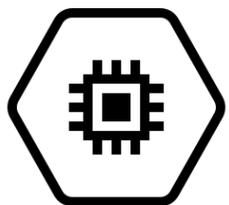


## 1.3什么是优化

### ■什么是优化软件/优化功能?



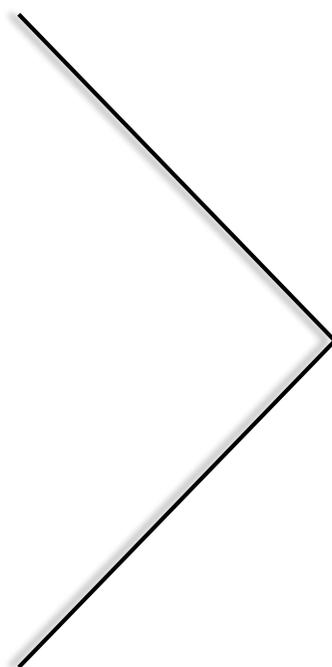
**使用电脑进行大量计算**



**基于优化算法**



**获得优化结果**

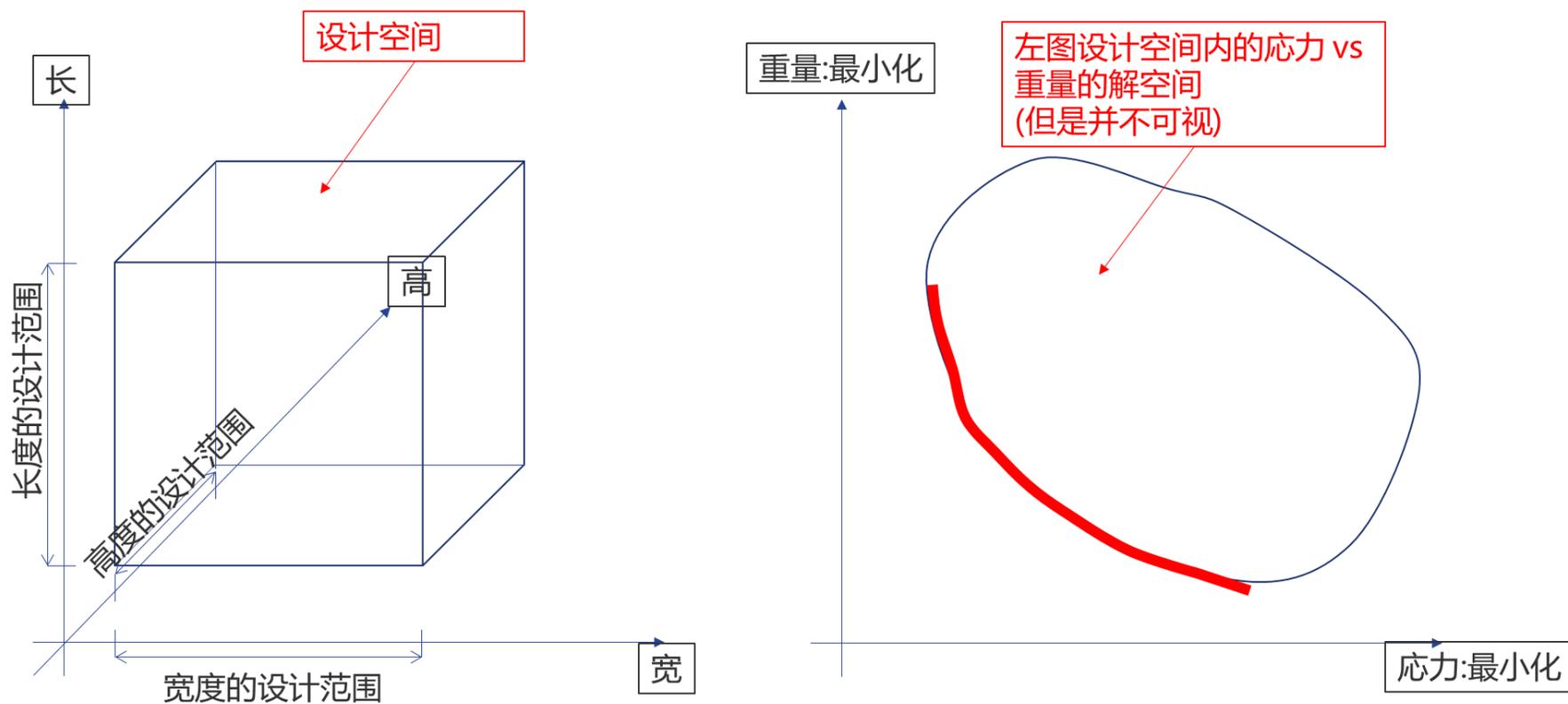


**优化的特征**

- ◆ 需要进行大量计算
- ◆ 优化速度/质量受优化算法影响
- ◆ 得到计算结果，但是需要人为的数据筛选/分析

## 1.3什么是优化

- 为了设计出更好的产品，需要了解[解空间]



### 把握解空间:

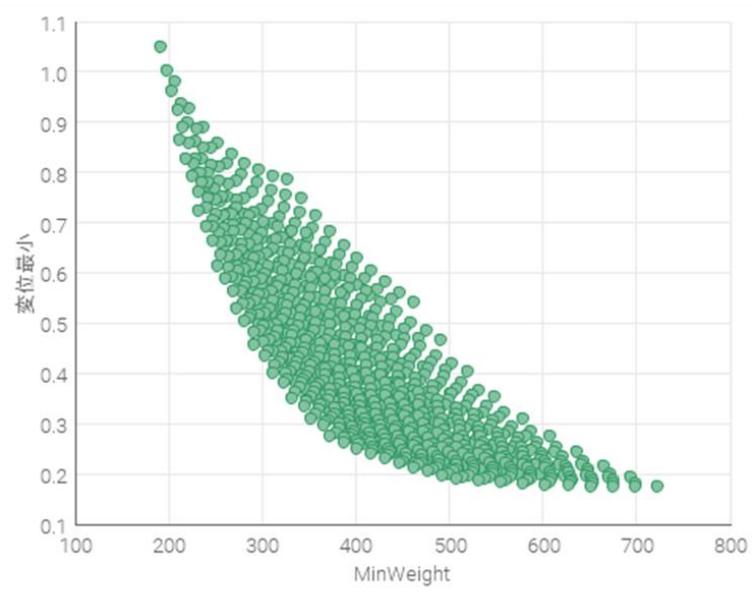
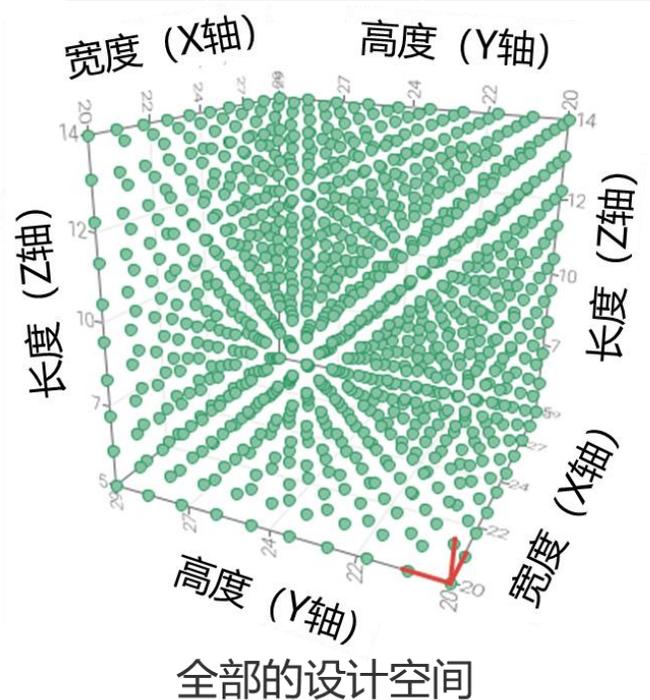
- ◆ 明确各个目标的关系, 了解极限值
- ◆ 明确现有设计的位置, 不会白白浪费时间

类似于 $y=f(x)$ , 已知 $x$ 的范围, 求 $y$ 范围

# 1.3什么是优化

## 如何求得[解空间]

	下限	上限	间隔	数量
宽度	5[mm]	50[mm]	5[mm]	10
高度	1[mm]	10[mm]	1[mm]	10
长度	2[mm]	2.9[mm]	0.1[mm]	10



如果是对设计空间的全部组合进行计算的话，肯定可以得到详细的解空间  
左例则是 $10 \times 10 \times 10 = 1000$ 次计算

**→但是仅仅为了得到这个三个变量，就得计算（实测）1000次吗？**

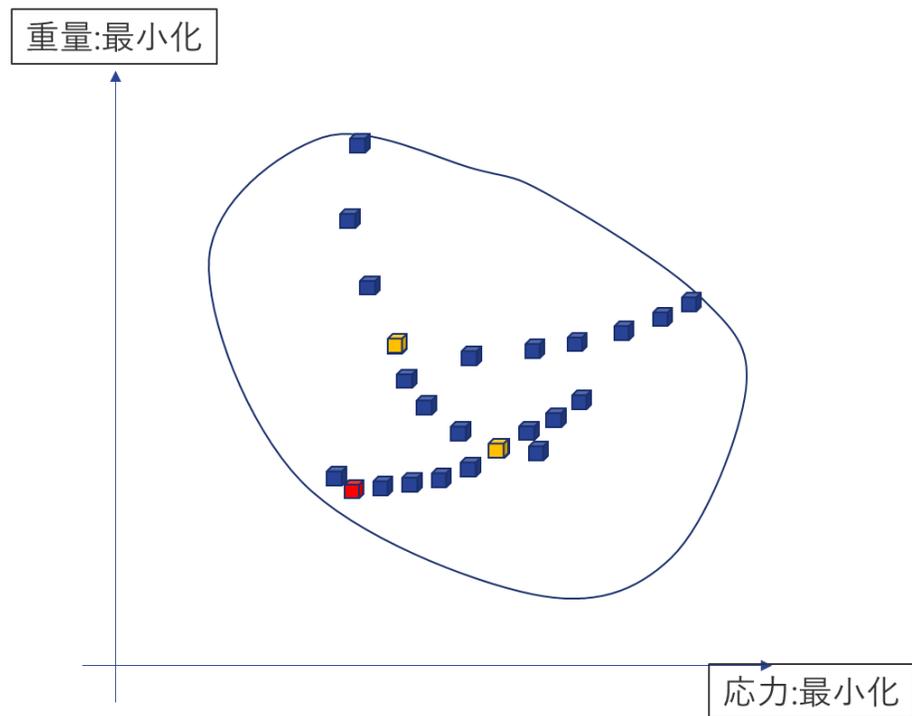
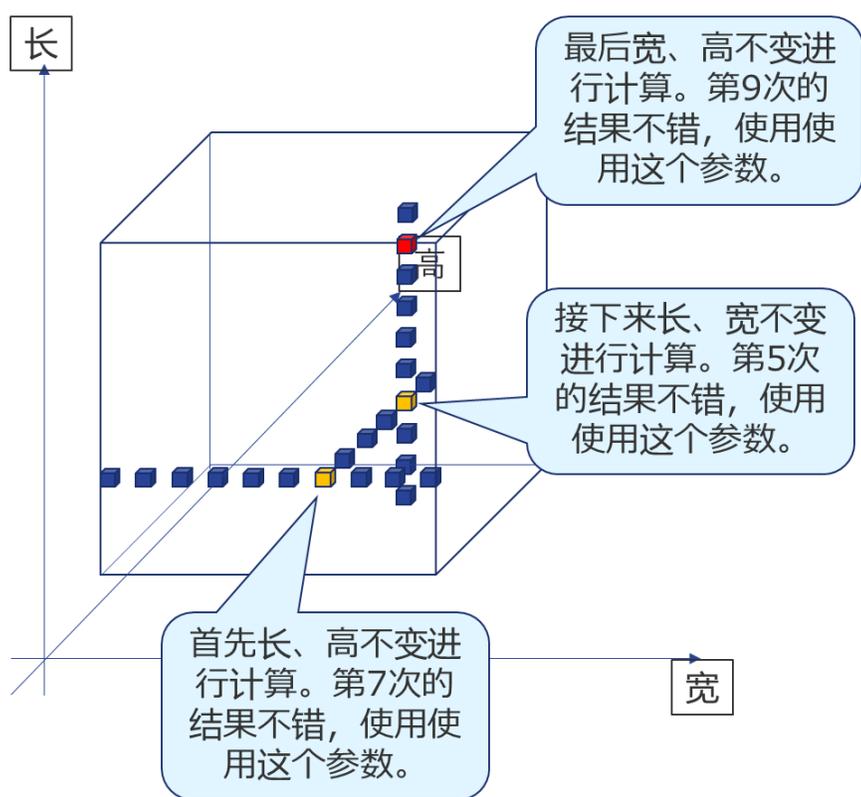


**忘记密码就得全部试一遍吗？**

- 100位的密码怎么办？
- 10维的设计空间怎么办？

# 1.3什么是优化

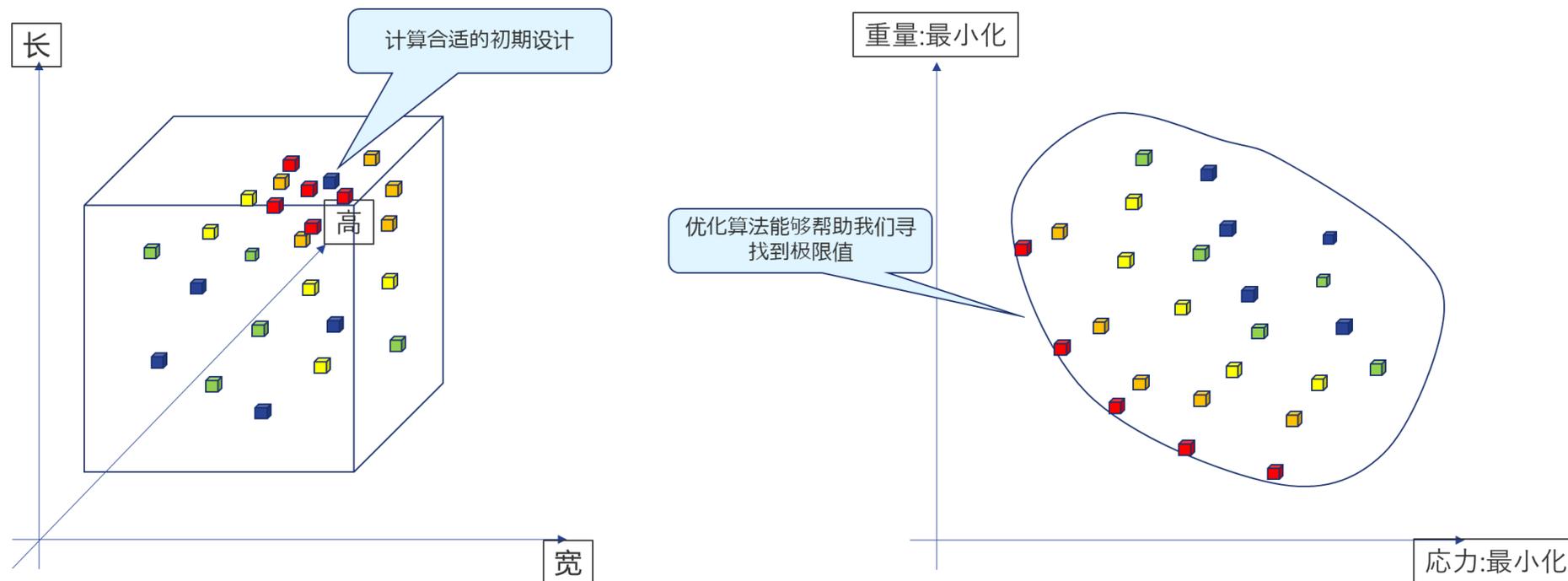
## ■单因子法



**该方法并没有对全局进行探索。  
如果参数与参数之间存在相互作用，那么随着参数的变化，解也会有变化**

## 1.3什么是优化

### ■ 优化算法



## 1.3什么是优化

### ■为什么要优化？



『工作效率的提升』



## 1.3什么是优化

### ■为什么要优化?



工作能力:

- 自主性强
- 对于极复杂问题的求解能力弱

相辅相成



工作能力:

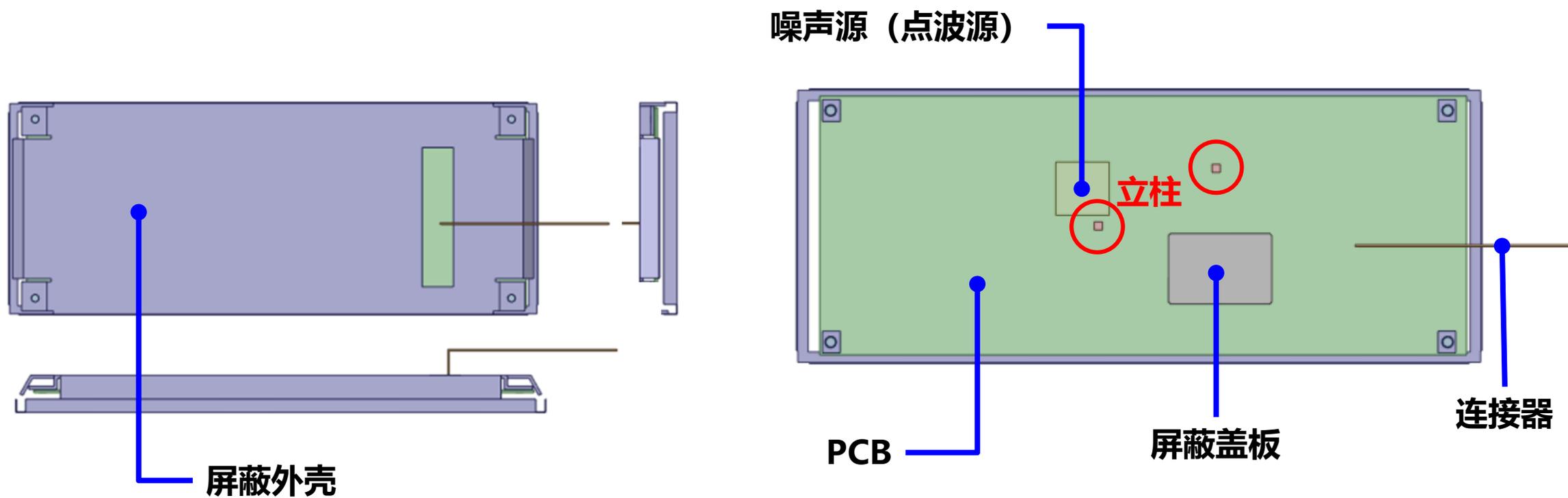
- 自主性弱
- 对于极复杂问题的求解能力强

『工作能力的提升』



## 2.1 模型

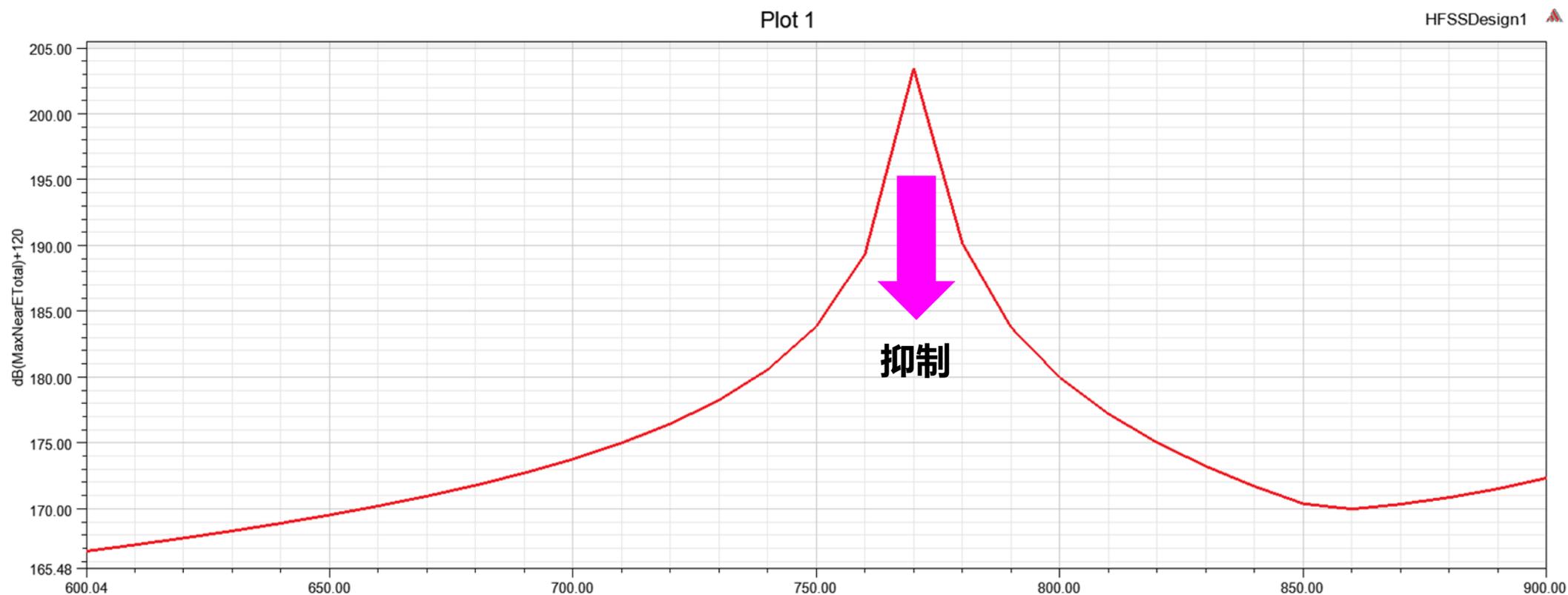
### ■ PCB板电磁放射干扰模型



**设计参数：立柱的位置**

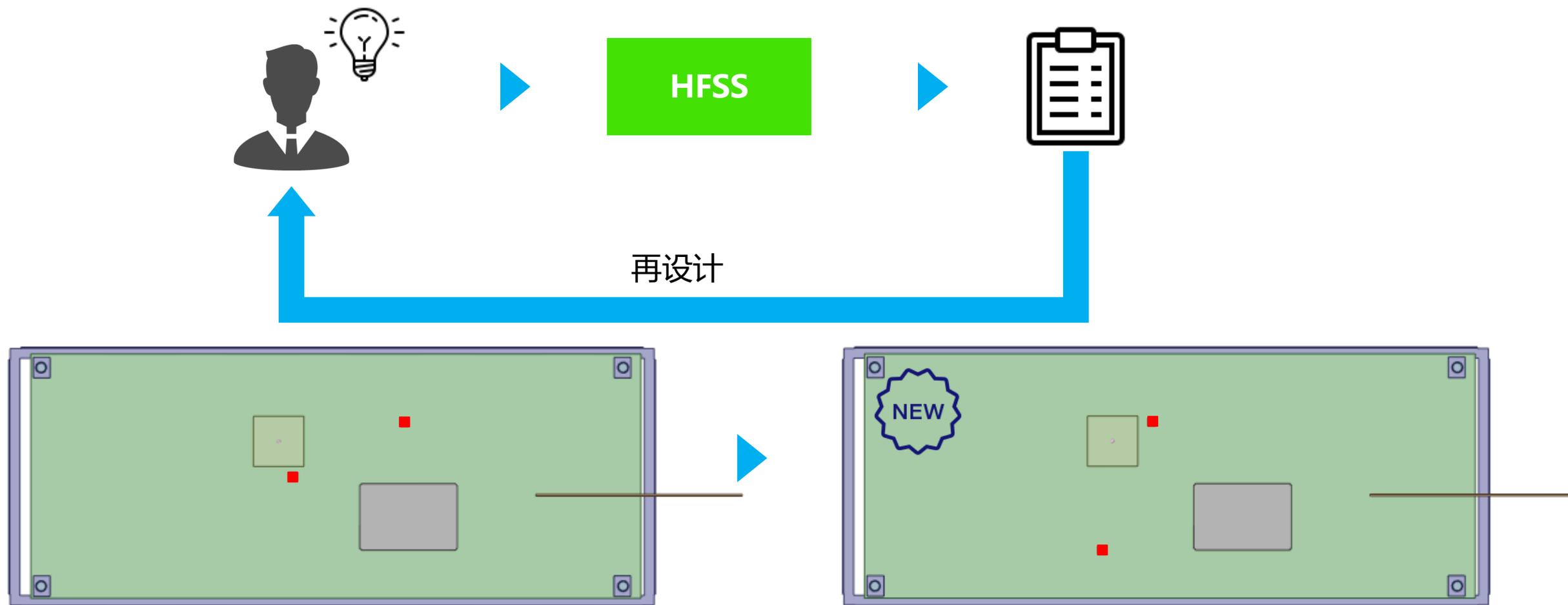
## 2.2 初期计算结果

### ■ 3m处放射噪声特性

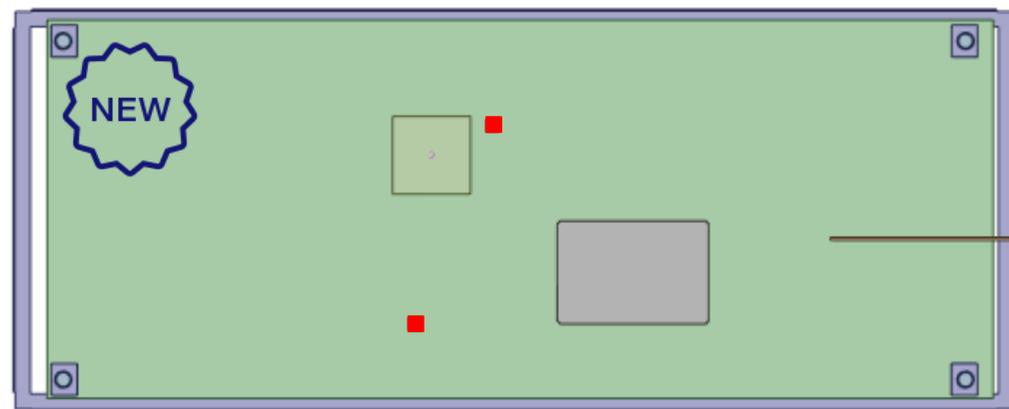
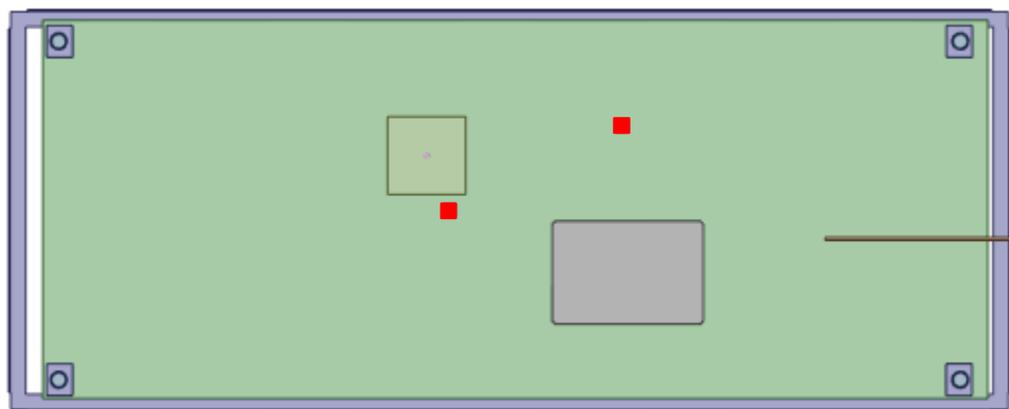


**设计目标：降低600MHz-900MHz内放射噪音**

## 2.3 优化流程

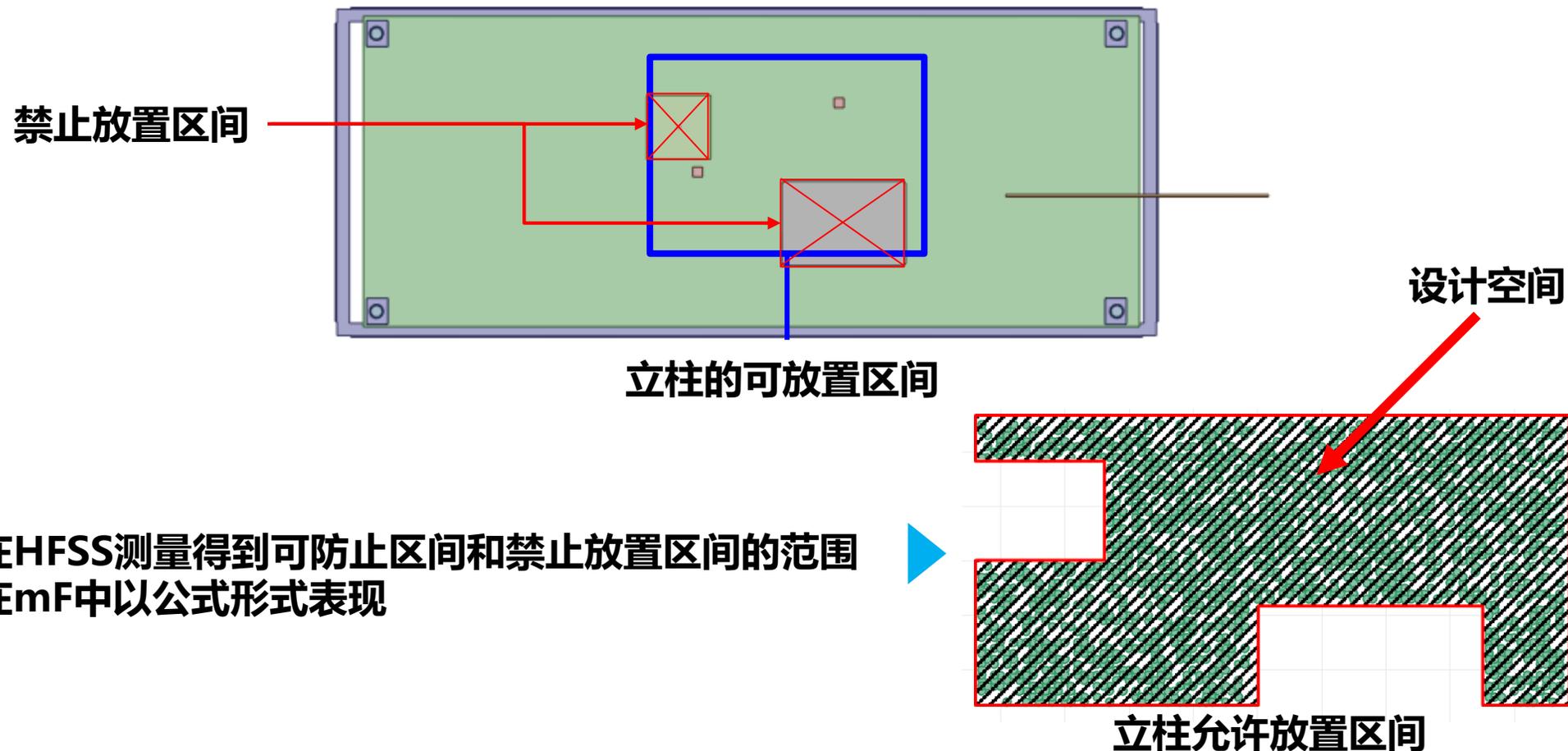


## 2.3 优化流程



## 2.3 优化流程

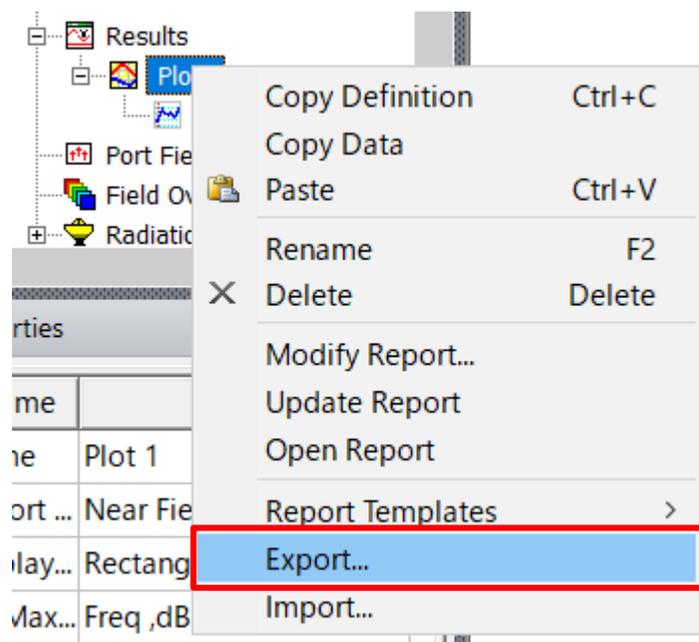
### ■ 定义立柱位置的区间



## 2.3 优化流程

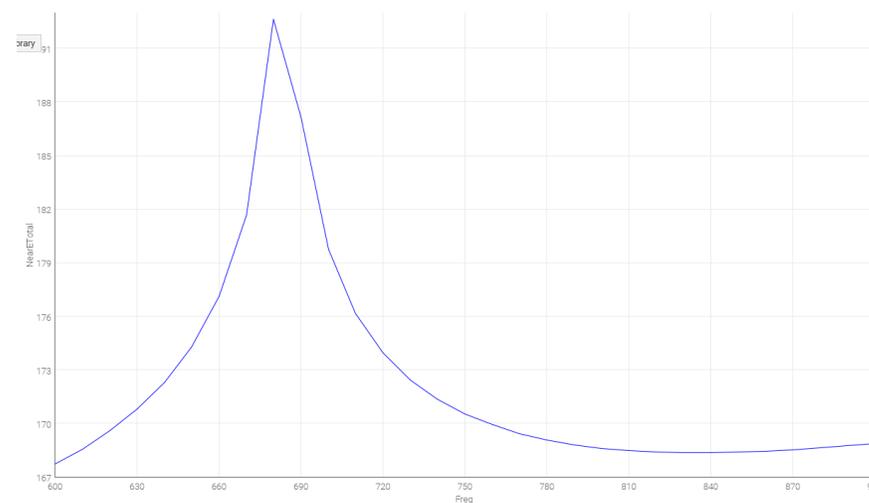
### ■ 设定输出结果

在HFSS中输出表格为CSV文件



Freq [MHz]	dB(MaxNee
600	164.5591
610	164.8997
620	165.2607
630	165.6458
640	166.0583
650	166.5054
660	166.9962
670	167.542
680	168.16
690	168.827
700	169.74
710	170.7864
720	172.113
730	173.8815
740	176.4343
750	180.7817
760	191.4962
770	184.974
780	178.3669
790	175.6253
800	174.1175
810	173.2201
820	172.6856
830	172.3897
840	172.2625
850	172.2608
860	172.3564
870	172.5299
880	172.7689
890	173.0647
900	173.4163

在mF中读取该CSV文件，并作图



## 2.3 优化流程

### ■ 选择优化算法

使用mF独创的piOPT算法

- 全自动模式 (Autonomous)
  - 什么都不需要设定, 自动判断何时结束。 (全智能模式)
- 自我初始化模式 (Self-Initialization)
  - 只要指定计算次数即可。

Algorithm Configuration

Autonomous

Algorithm Configuration

Self-Initializing

Number of Evaluations [1,20000]

50

这次设定为自我初始化模式计算50次

# 2.4优化结果

## 统计地观测结果

## 各种配置の詳細信息

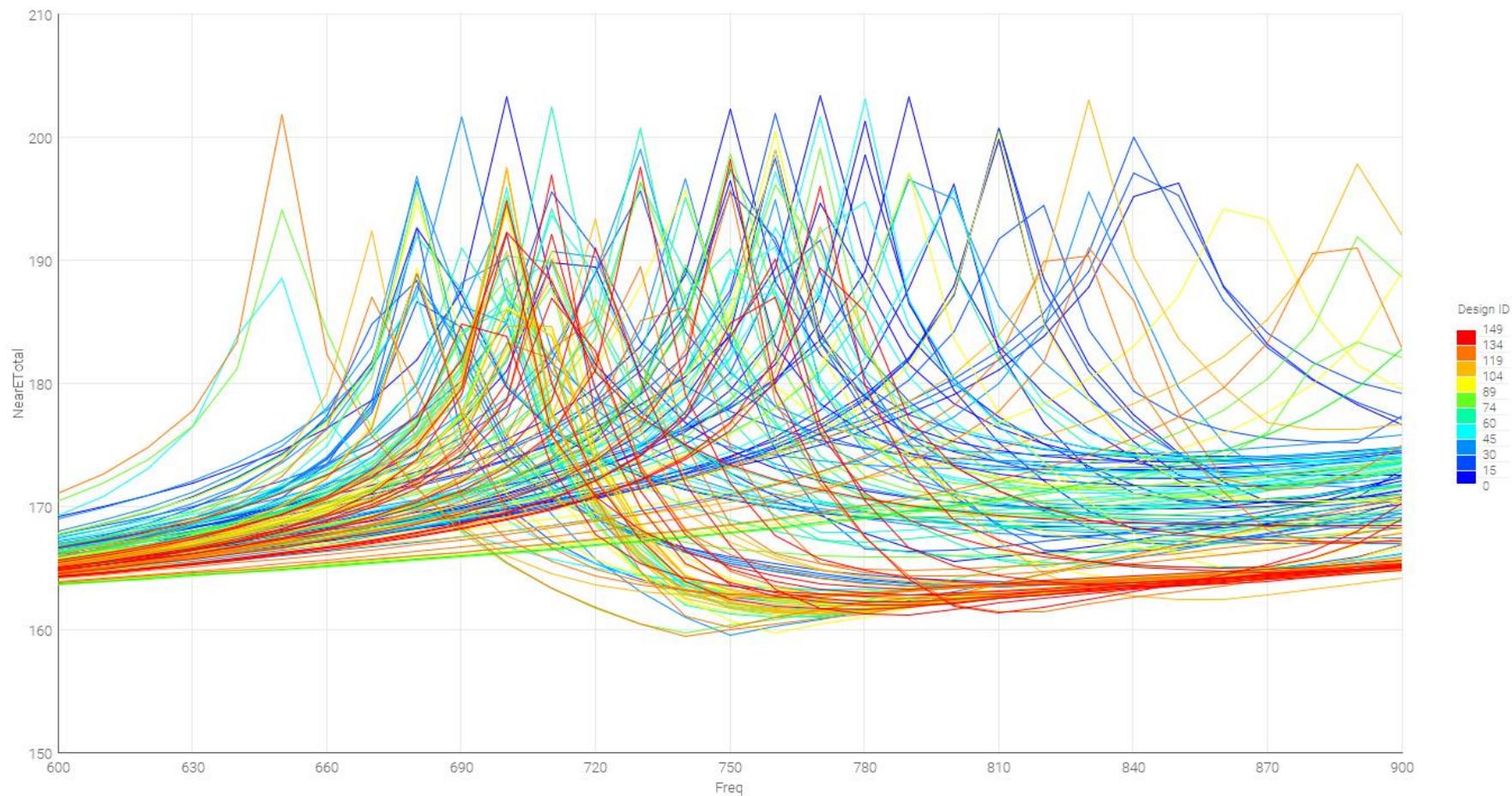
2019-10-04 17:27

ID	Category	Y1	Y2	Z1	Z2	Freq[0]	Freq[1]	Freq[2]	Freq[3]	Freq[4]	Freq[5]	Freq[6]	Freq[7]	Freq[8]	Freq[9]	Freq[10]	Freq[11]	Freq[12]	Freq[13]	Freq[14]
1	● RNDD...	7.4000E1	-5.7000E1	3.0000E1	7.0000E0	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
2	● RNDD...	7.2000E1	2.8000E1	0.0000E0	-2.8000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
3	● RNDD...	1.2000E1	-1.1000E1	-1.4000E1	-3.0000E0	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
4	● RNDD...	4.6000E1	-4.3000E1	-1.0000E0	-4.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
5	● RNDD...	3.8000E1	-3.9000E1	1.2000E1	-3.8000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
6	● RNDD...	7.4000E1	-3.5000E1	0.0000E0	-3.6000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
7	● RNDD...	2.5000E1	-3.6000E1	2.6000E1	-4.6000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
8	● RNDD...	7.5000E1	-3.9000E1	-1.0000E0	-2.1000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
9	● RNDD...	1.6000E1	-1.7000E1	6.0000E0	1.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
10	● RNDD...	4.3000E1	2.5000E1	6.0000E0	-2.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
11	● RNDD...	2.5000E1	-2.9000E1	1.7000E1	8.0000E0	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
12	● RNDD...	9.0000E0	1.3000E1	-9.0000E0	1.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
13	● RNDD...	-1.4000E1	0.0000E0	-1.0000E1	3.0000E0	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
14	● RNDD...	5.0000E1	8.0000E0	6.0000E0	1.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
15	● RNDD...	4.7000E1	-3.2000E1	1.1000E1	2.0000E0	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
16	● RNDD...	1.8000E1	-3.0000E0	-5.0000E0	3.0000E0	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
17	● RNDD...	5.3000E1	-1.9000E1	-1.0000E0	-3.2000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
18	● RNDD...	2.4000E1	3.3000E1	-1.7000E1	-1.4000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
19	● RNDD...	8.0000E0	7.0000E0	-3.0000E0	-1.3000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
20	● RNDD...	1.4000E1	-5.5000E1	3.0000E0	-2.7000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
21	● pilOPT	3.1000E1	-1.2000E1	6.0000E0	-1.9000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
22	● pilOPT	3.1000E1	3.3000E1	1.4000E1	-1.9000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
23	● pilOPT	6.0000E0	-5.7000E1	1.8000E1	6.0000E0	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
24	● pilOPT	3.1000E1	-1.2000E1	1.4000E1	1.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
25	● pilOPT	-1.4000E1	3.3000E1	-3.0000E0	-1.9000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
26	● pilOPT	1.1000E1	-5.7000E1	2.7000E1	1.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
27	● pilOPT	7.6000E1	-1.2000E1	-3.0000E0	1.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
28	● pilOPT	1.1000E1	-5.7000E1	2.2000E1	1.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2
29	● pilOPT	7.6000E1	-1.2000E1	1.4000E1	1.0000E1	6.0000E2	6.1000E2	6.2000E2	6.3000E2	6.4000E2	6.5000E2	6.6000E2	6.7000E2	6.8000E2	6.9000E2	7.0000E2	7.1000E2	7.2000E2	7.3000E2	7.4000E2

各种配置的结果

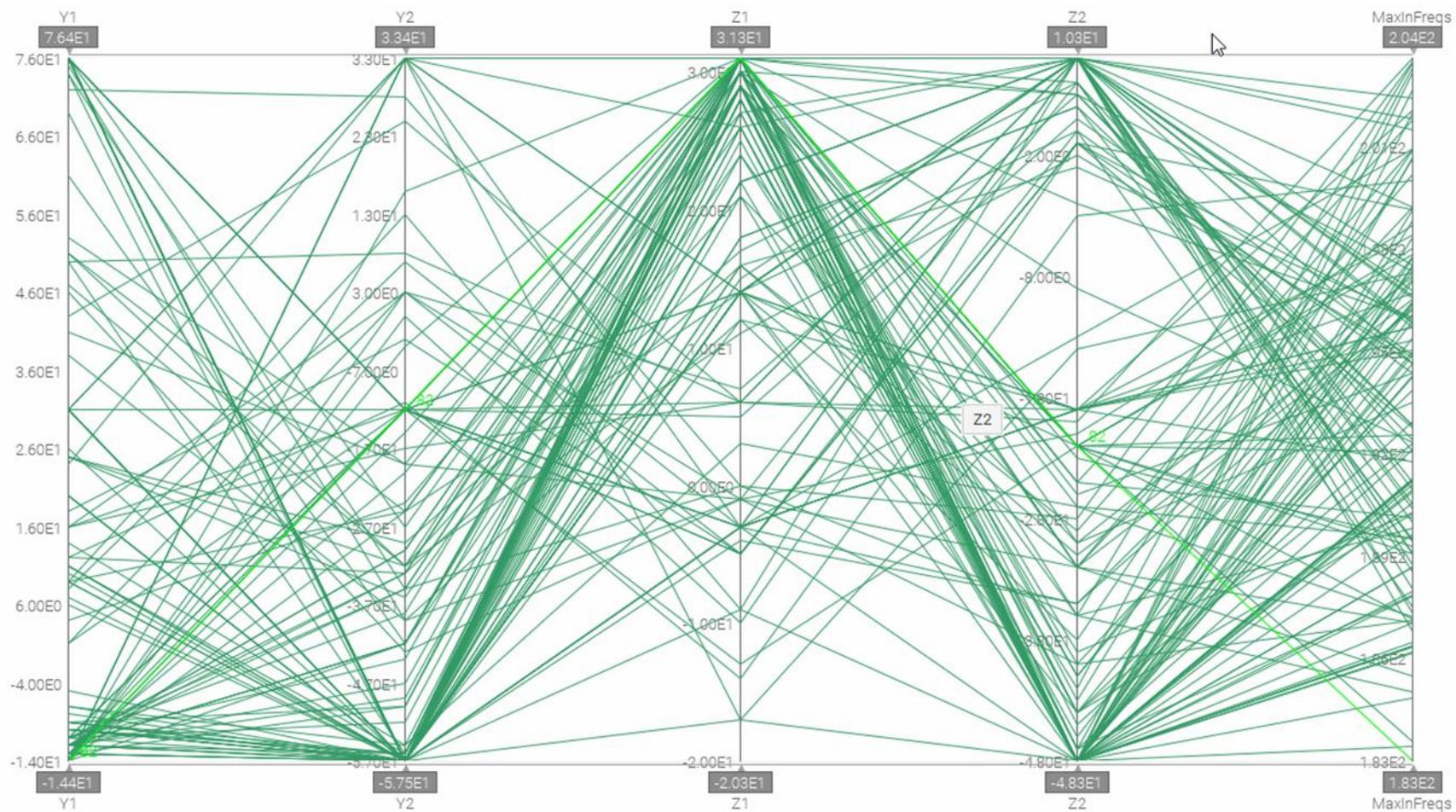
## 2.4优化结果

### ■ 统计地观测结果



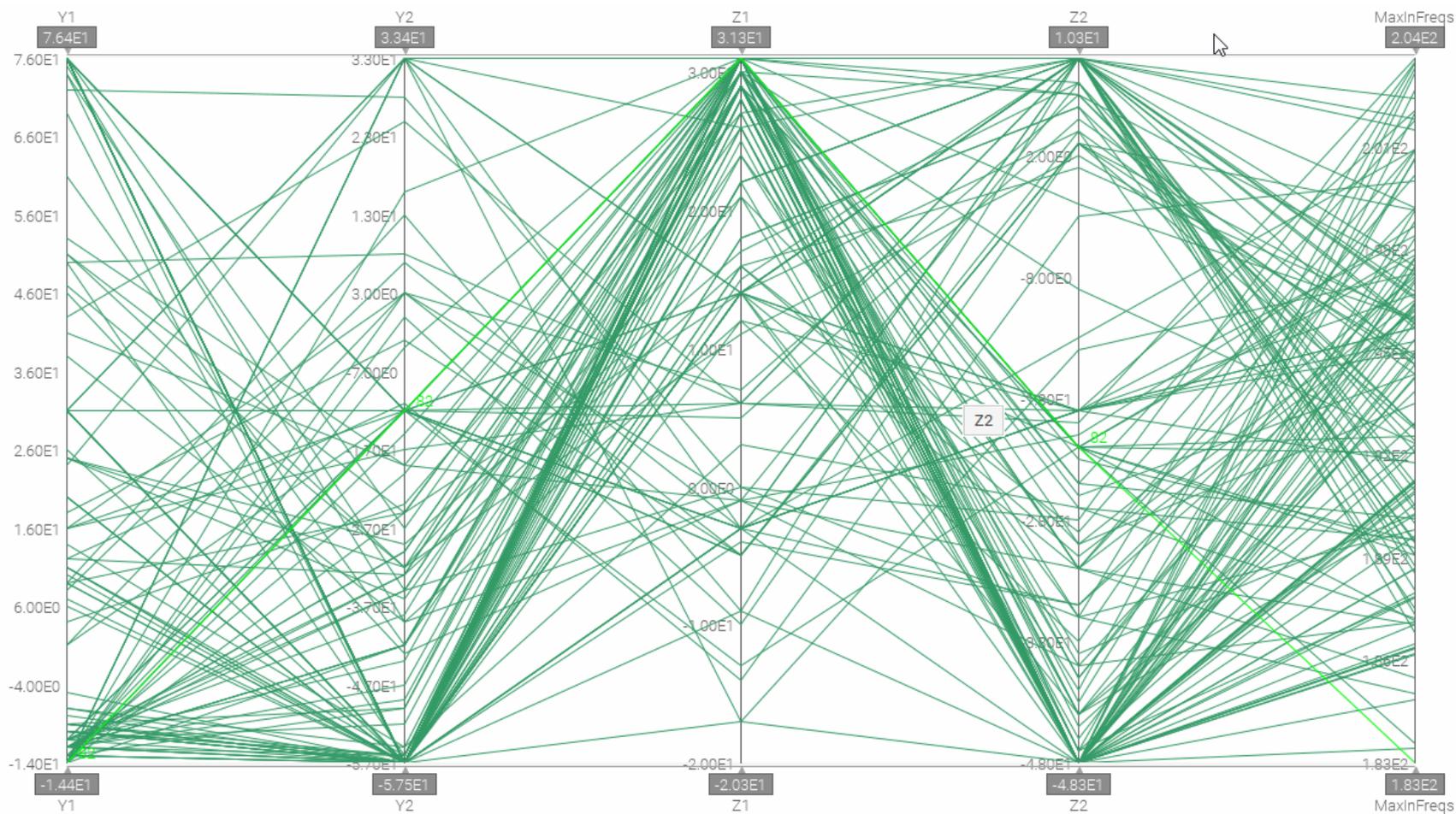
## 2.4优化结果

### ■统计地观测结果



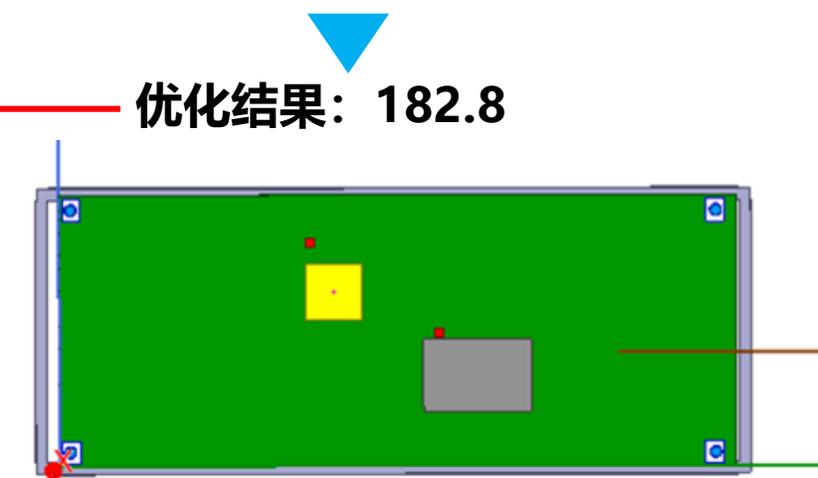
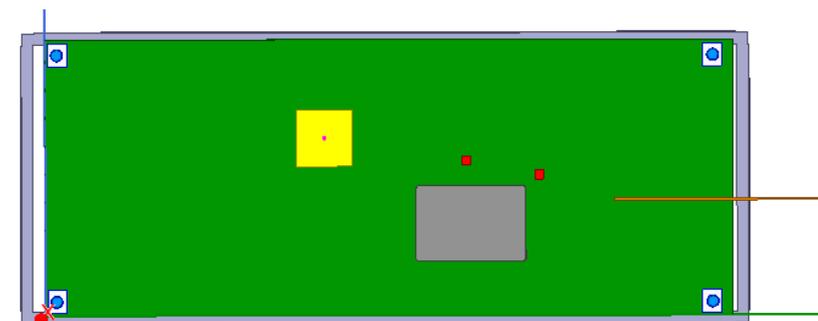
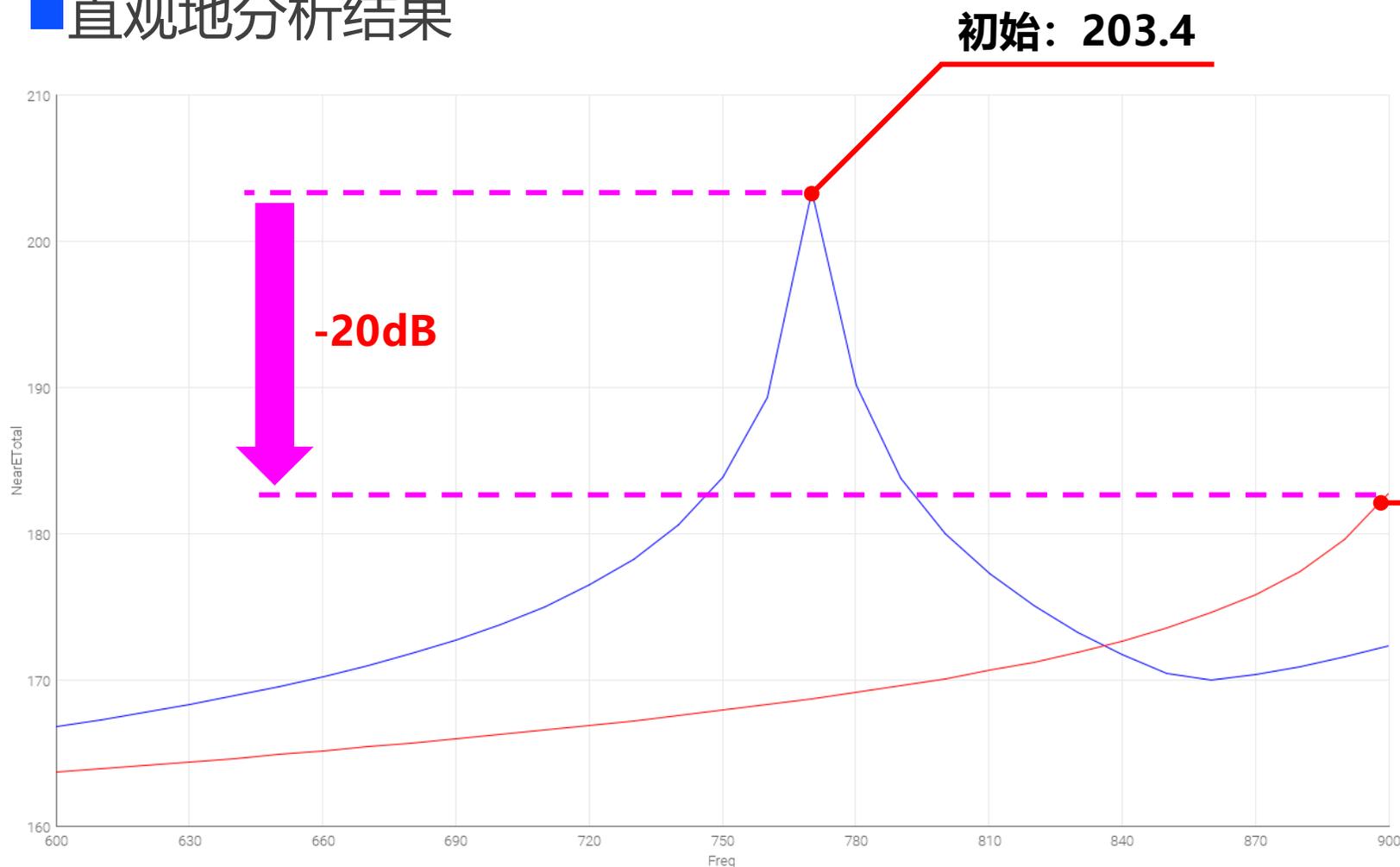
## 2.4优化结果

### ■直观地分析结果



## 2.4 优化结果

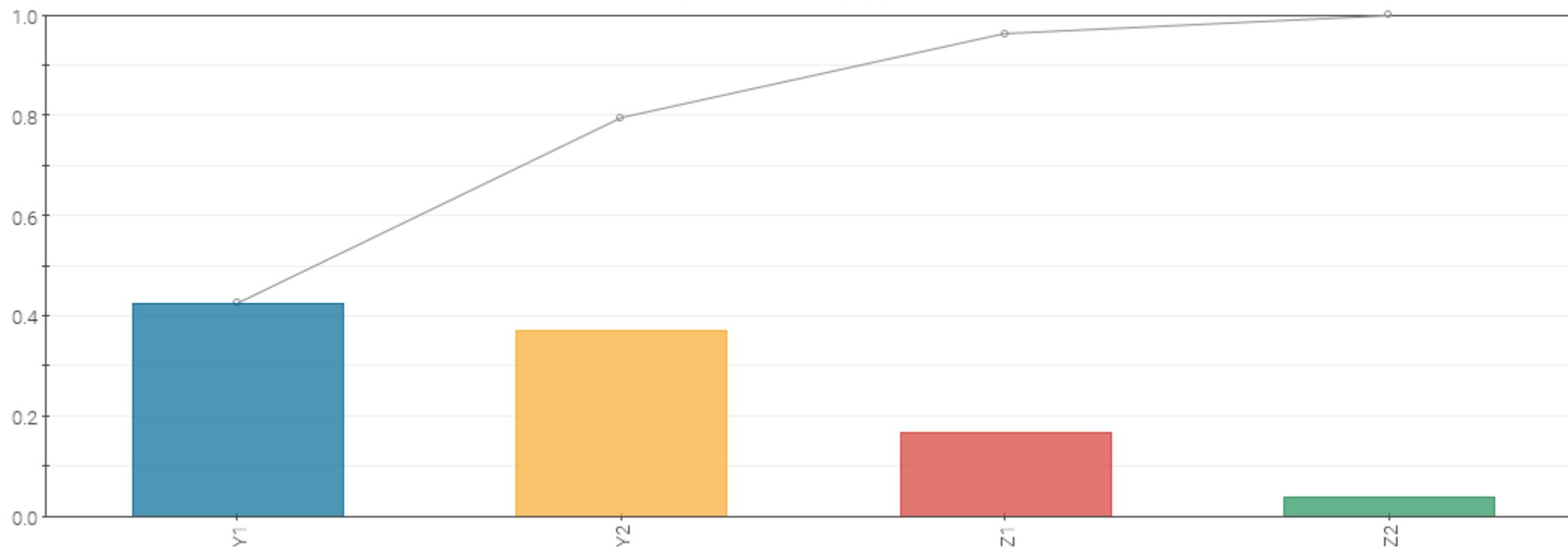
### 直观地分析结果



## 2.4优化结果

### ■反推设计要点

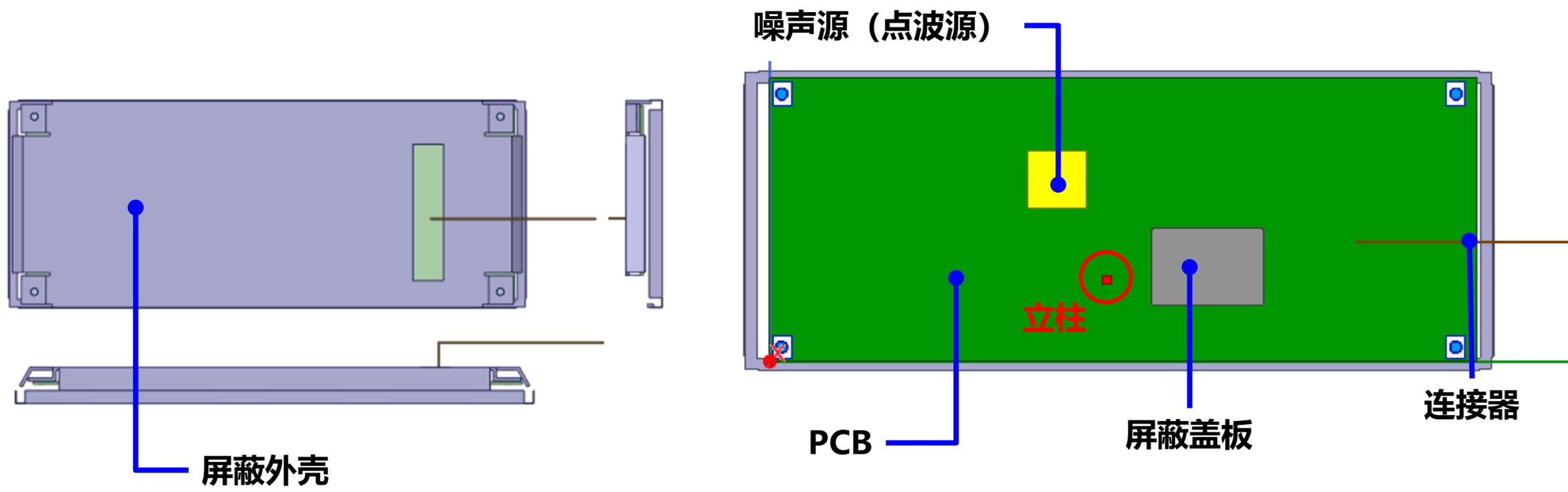
敏感性分析结果



⇒使我们设计时明确哪些部分该花时间精细设计，哪些部分可以粗略设计

## 2.5 单立柱优化

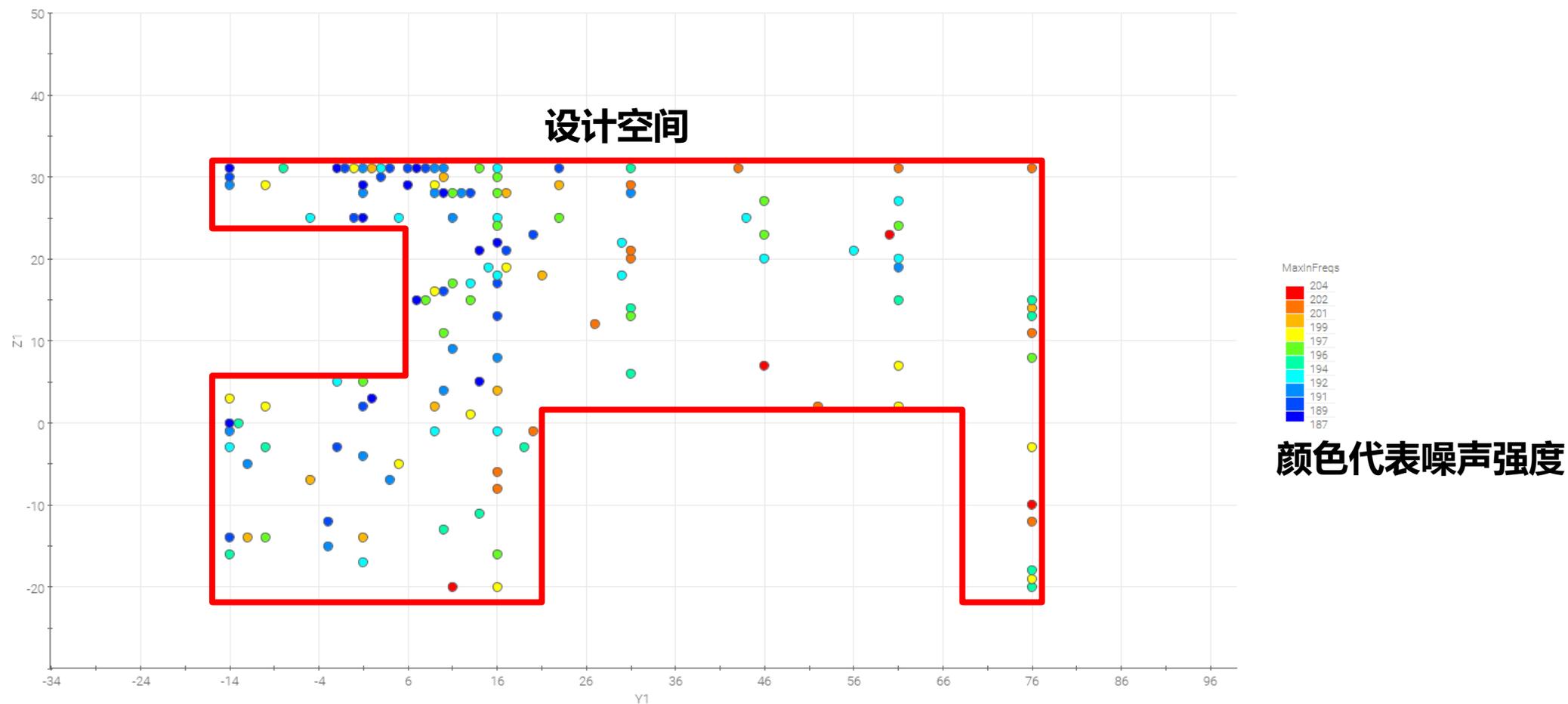
- 2个立柱减至1个



**设计参数：立柱的位置**

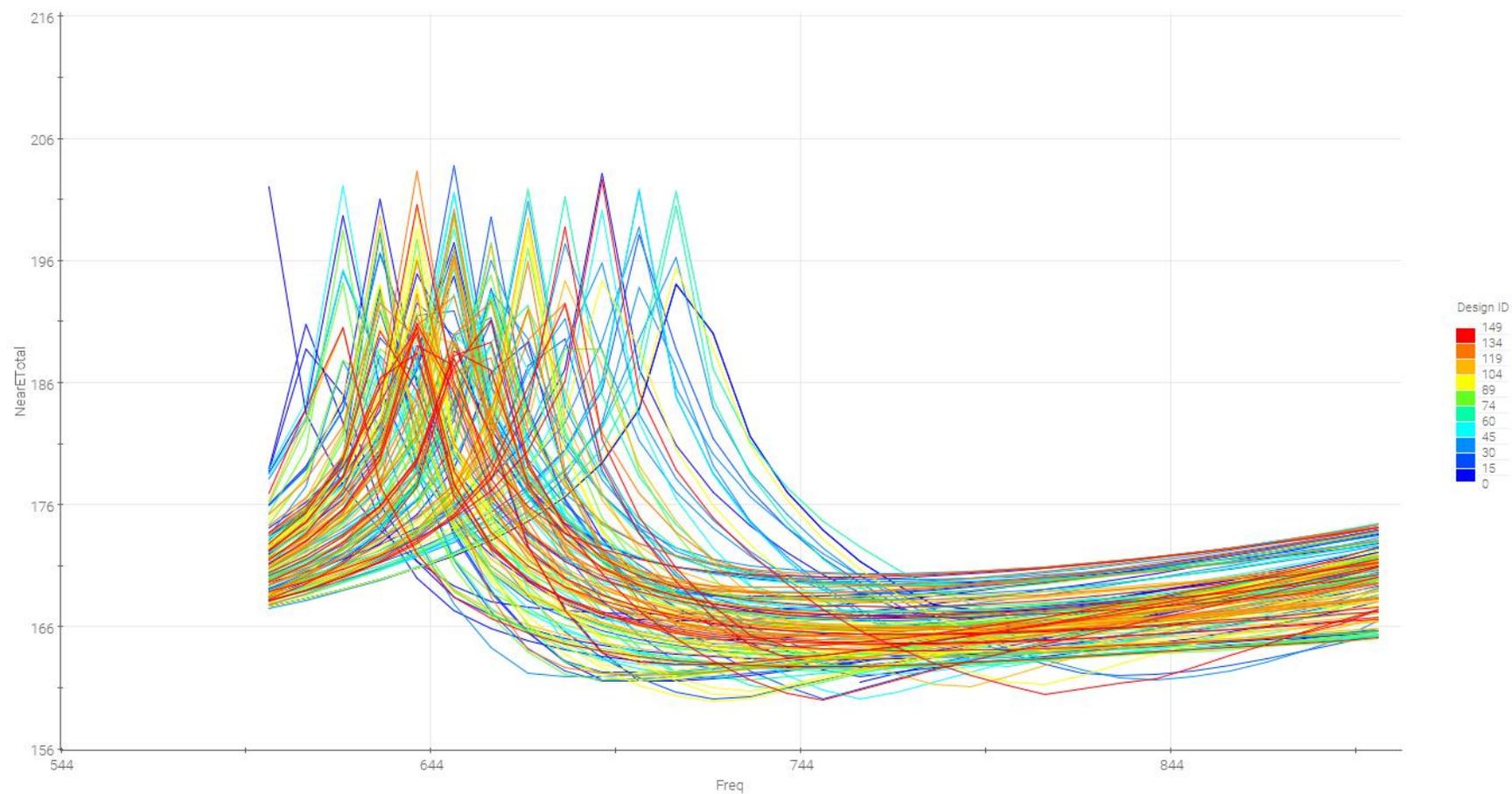
## 2.5 单立柱优化

### ■ 2个立柱减至1个



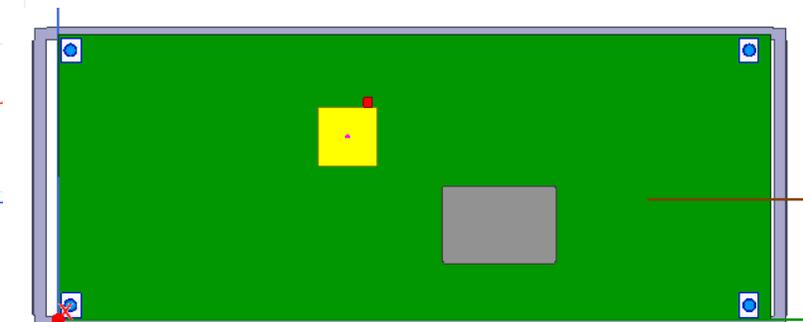
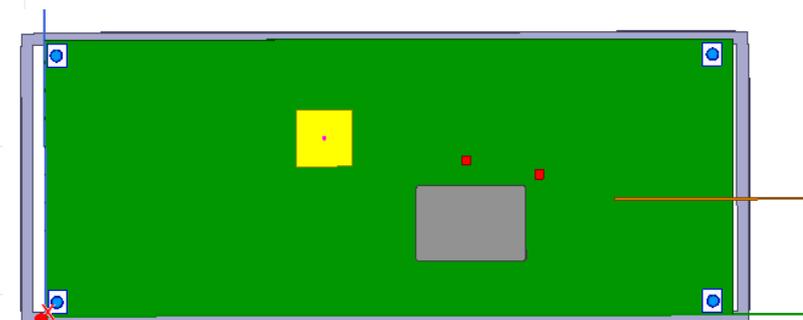
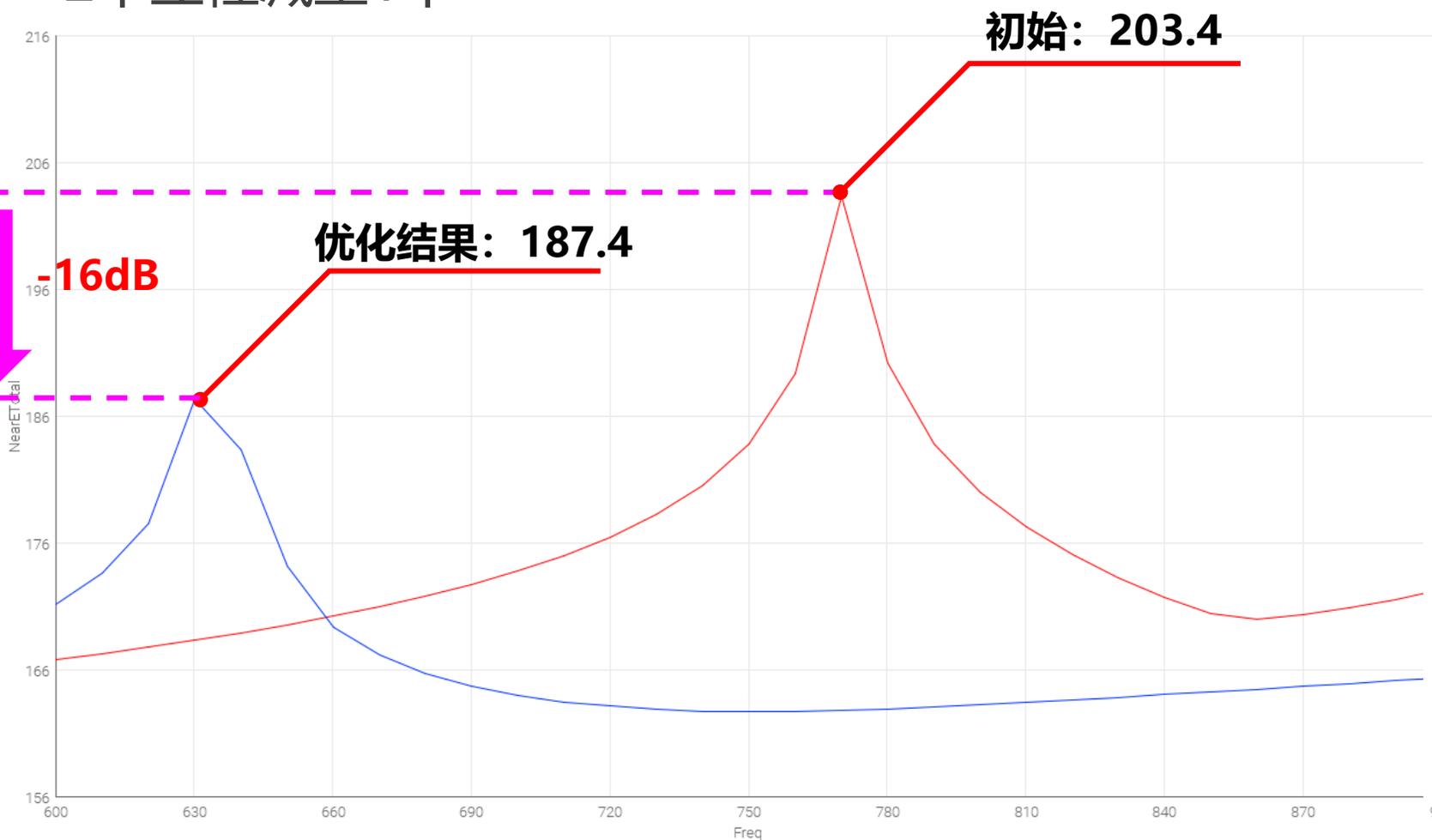
## 2.5 单立柱优化

### ■ 2个立柱减至1个



## 2.5 单立柱优化

■ 2个立柱减至1个



### 3.总结

- 介绍了优化软件/优化功能
- 介绍了HFSS-modeFRONTIER的联合仿真，并详细说明了仿真要点
- 通过优化软件的加持，我们不但可以做出满足设计要求的产品，还能使我们的设计更加接近[解空间]的极限值，将产品做的更快更好。

感谢您的聆听!