



# 光传送网建模与价值评估

# 论文简介

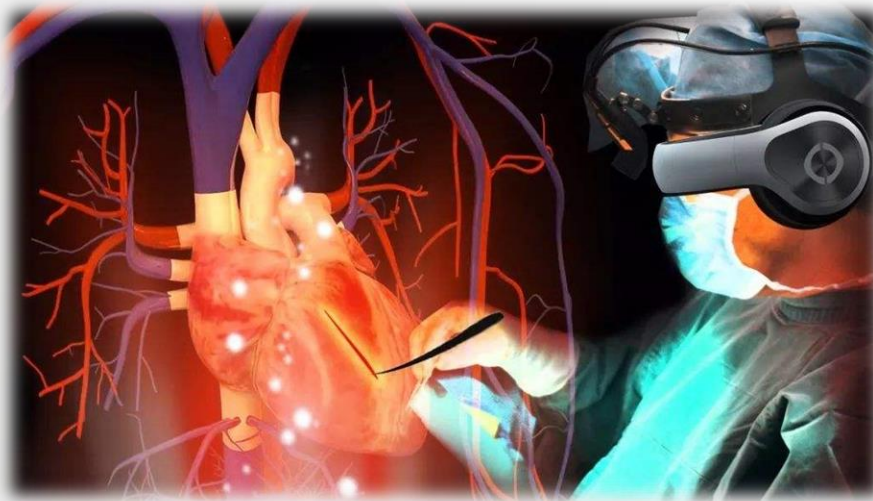


- 研究背景与问题综述
- 问题一 光传送链路建模
- 问题二 光传送网规划
- 问题三 星座图改善
- 研究总结与评价推广



## 1.1 研究背景与问题综述

### 研究背景





## 1.1 研究背景与问题综述

### 问题综述



01

#### 光传送链路建模

纠前误码率与信噪比

光链路性能

02

#### 光传送网规划

初级规划

改进规划

重设目标

03

#### 星座图改善

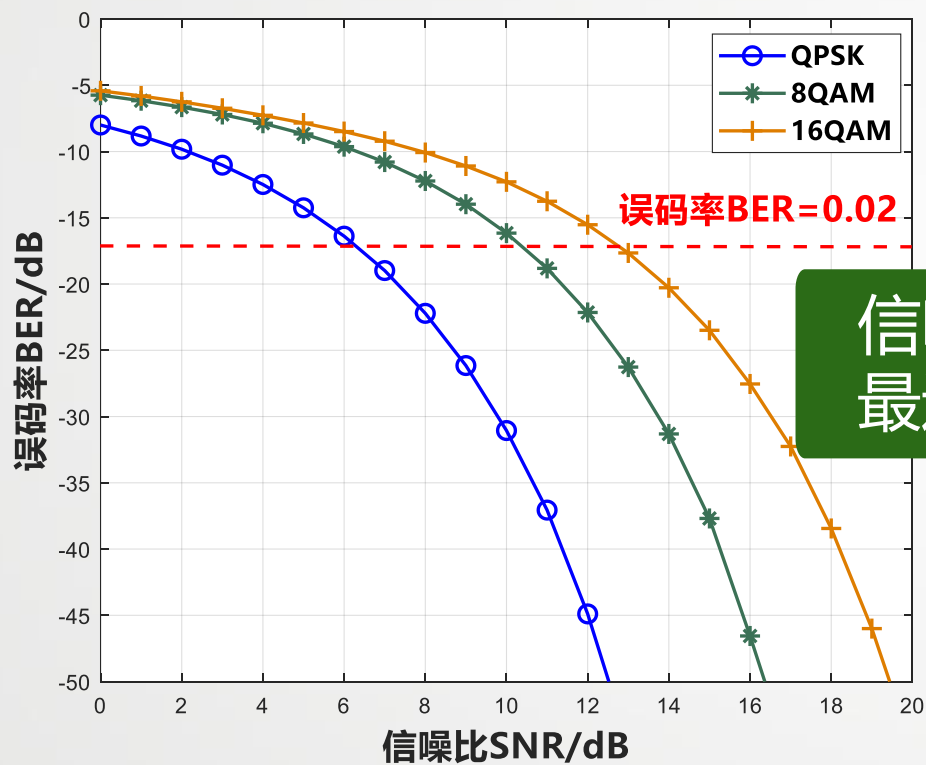
位置与数量

概率



## 1.2 问题一 光传送链路建模

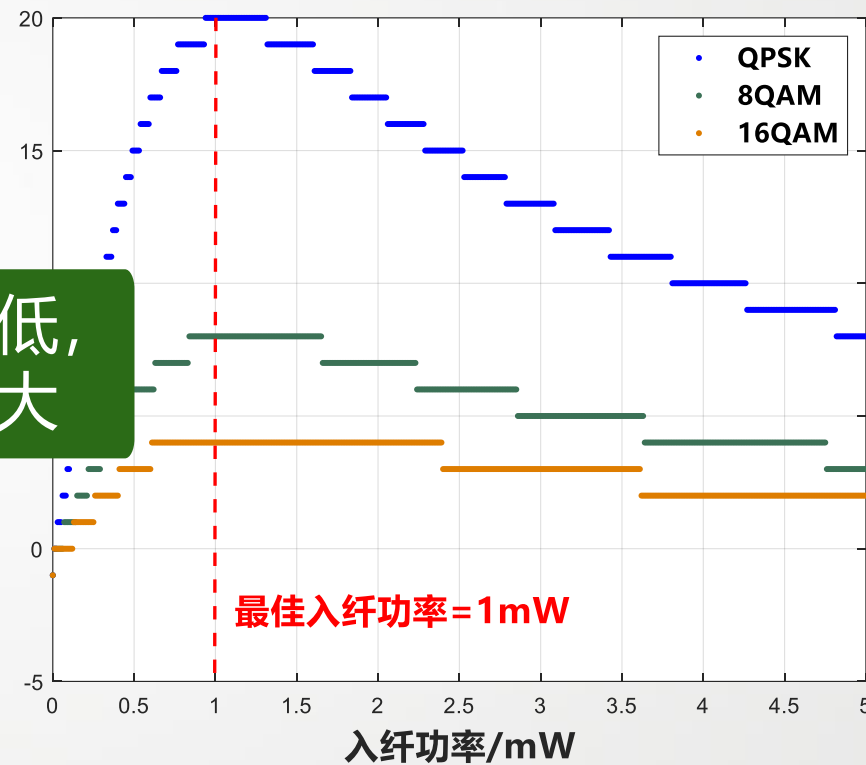
### 误码率仿真结果



信噪比容限点越低，  
最远传输距离越大

星座阶数越大，信噪比容限点越高

### 光链路传输仿真结果



最佳入纤功率=1mW

最大跨段数量存在峰值，最优入纤功率约为1mW





## 1.3 问题二 光传送网规划

### 初级网络规划

#### 优化问题

$$\begin{aligned} \max_{S_{uv}} & \sum_{u=1}^{|V|} \sum_{v=1}^{|V|} w_{uv} S_{uv} \\ \text{s.t.} & \begin{cases} G = (V, E) \\ G \in G_{\text{connected}} \end{cases} \xrightarrow{\text{松弛}} \begin{cases} \sum_{u=1}^{|V|} S_{uv} \geq 1, \forall (u, v) \in E \\ \sum_{v=1}^{|V|} S_{uv} \geq 1, \forall (u, v) \in E \end{cases} \\ & \sum_{u=1}^{|V|} \sum_{v=1}^{|V|} S_{uv} = l \times 2, S_{uv} \in \{0, 1\} \end{aligned}$$



#### 方案一：减小初始连接

- 1) 减少初始连接数
- 2) 连接具有最大权值的连接
- 3) 计算网络总价值

#### 方案二：基于最小生成树方法的规划模型

- 1) 用最小生成树方法生成最小连通图
- 2) 更新权值，避免重复连接
- 3) 重新规划剩余连接数
- 4) 综合得到最终连接图
- 5) 计算网络总价值

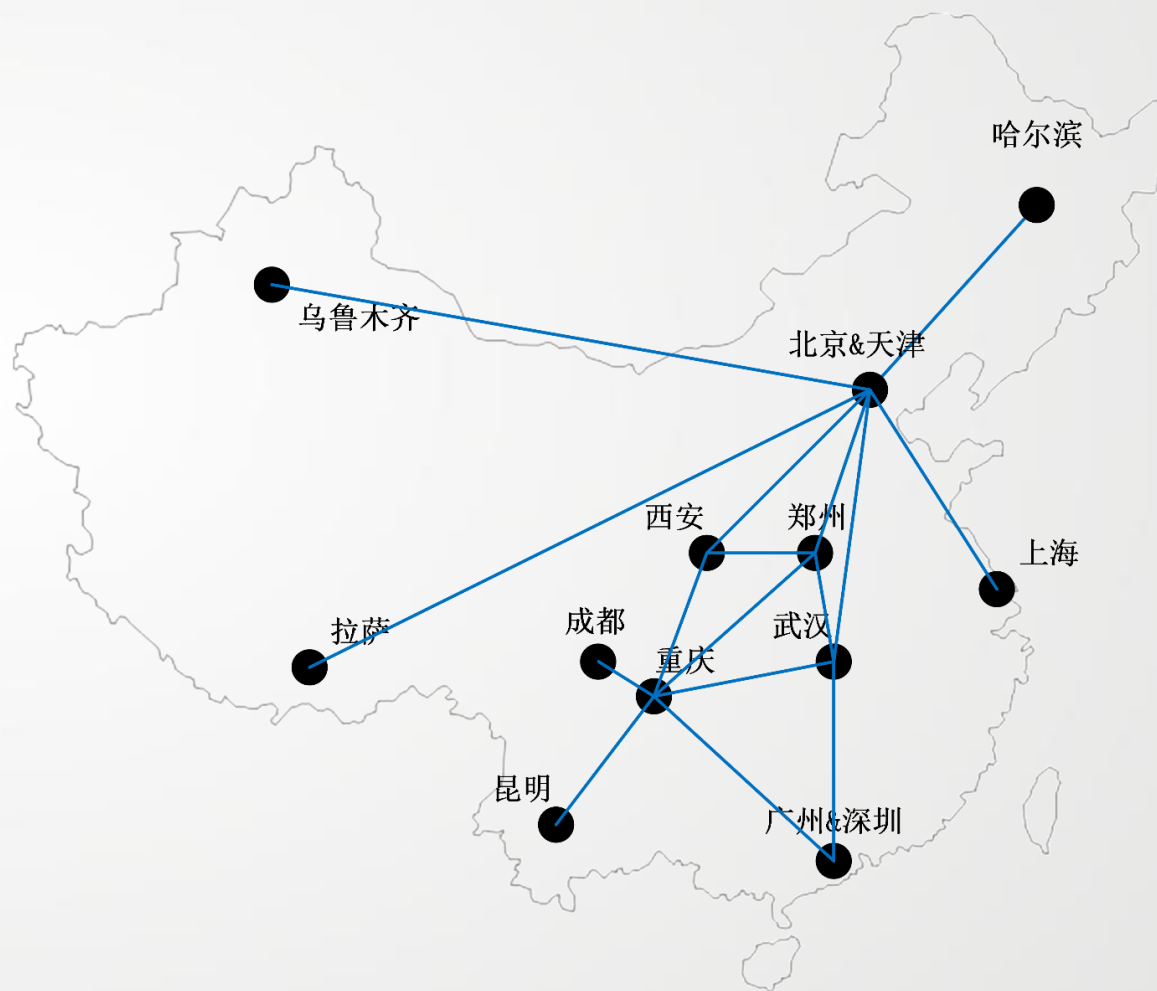


## 1.3 问题二 光传送网规划

最小连通图



16连接规划结果图





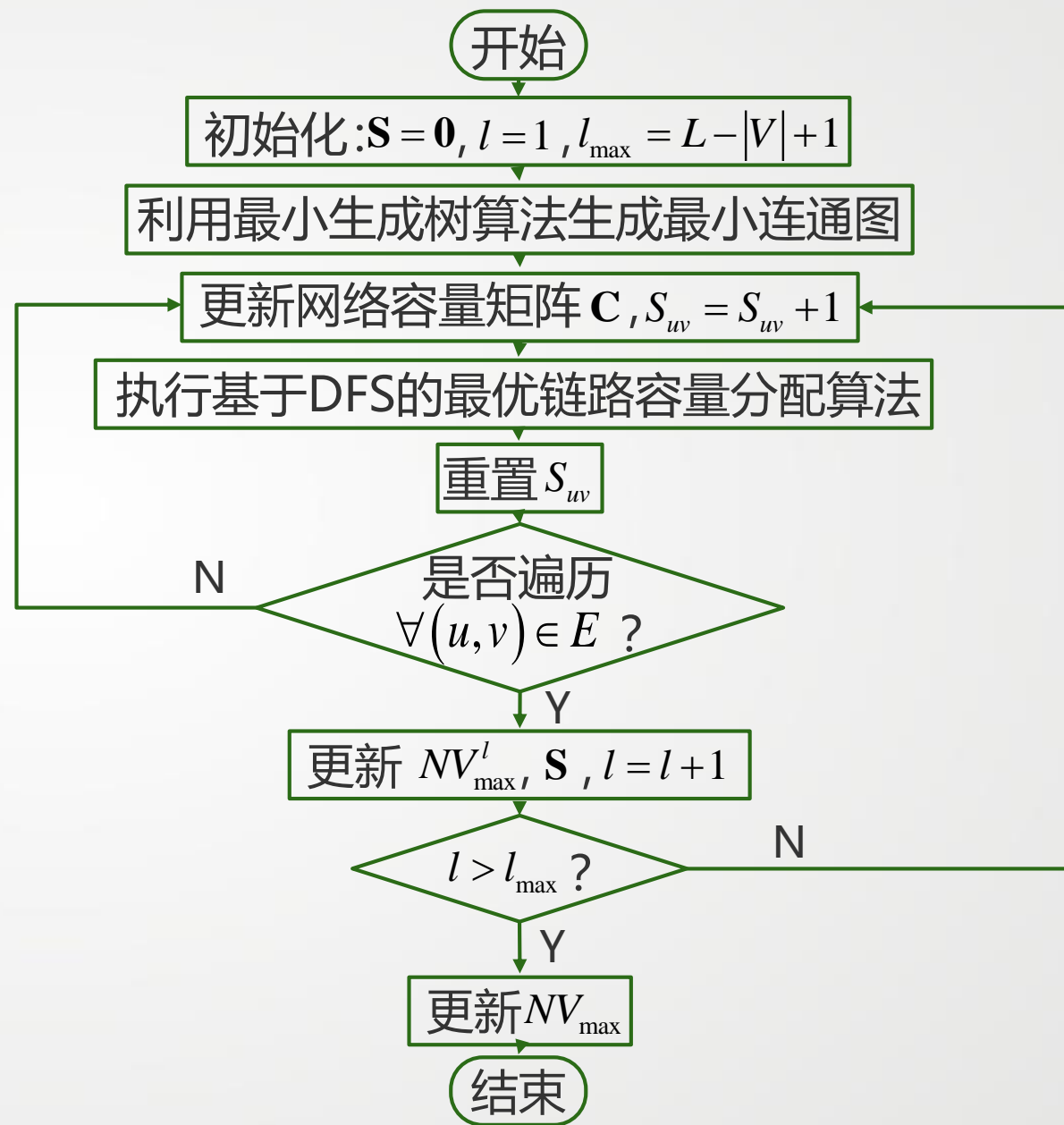
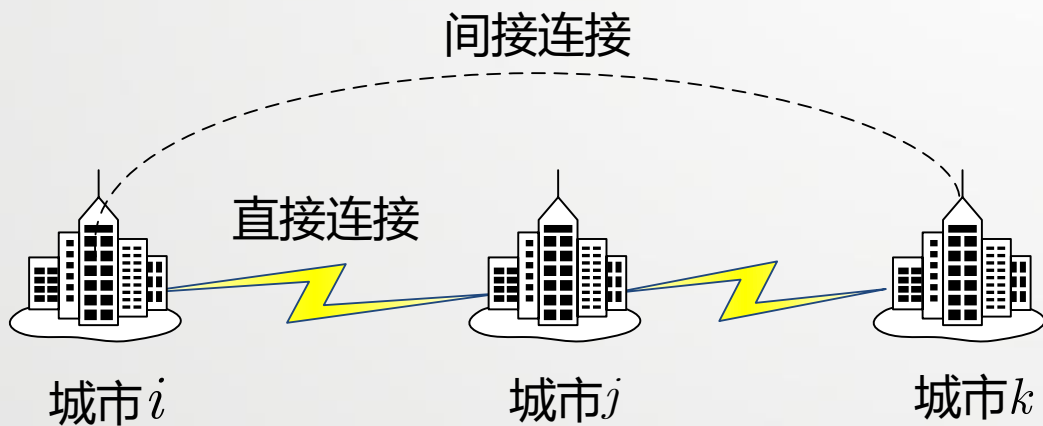
## 1.3 问题二 光传送网规划

### 改进网络规划

### 基于深度优先搜索 (DFS) 的链路容量分配方案

$$\max NV = \sum_{i=1}^{|V|} \sum_{j=1}^{|V|} h_{ij} q_{ij}$$

$$\text{s.t. } \sum q_{ij}^{K_l} \leq C_{uv}, \forall (u, v) \in E$$
$$q_{ij}^{K_l} \geq 0, \forall K_l \in \{K_1, K_2, \dots\}$$







## 1.3 问题二 光传送网规划

### 改进网络规划

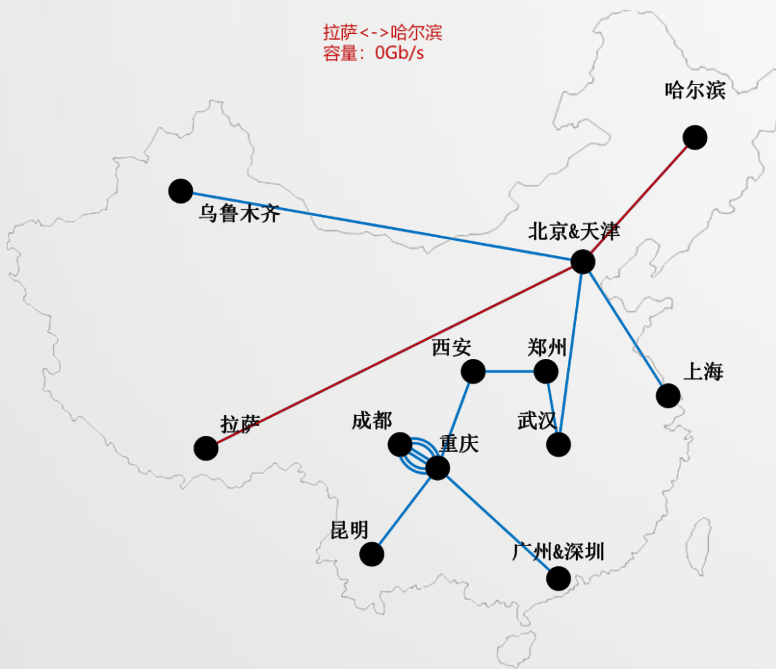
#### 问题2.2方案

网络价值最大化

限制：网络连通性

单根光纤链路容量总和  
总连接数目

#### 问题2.2结果



### 进一步优化方案

政府：防止过度连接

Logistic分布密度函数

政府：避免容量分配不均

反贪婪函数、最低容量保障

运营商：经济效益

地区GDP

避免过度连接  
合理分配容量  
提升经济效益

### 联合优化方案

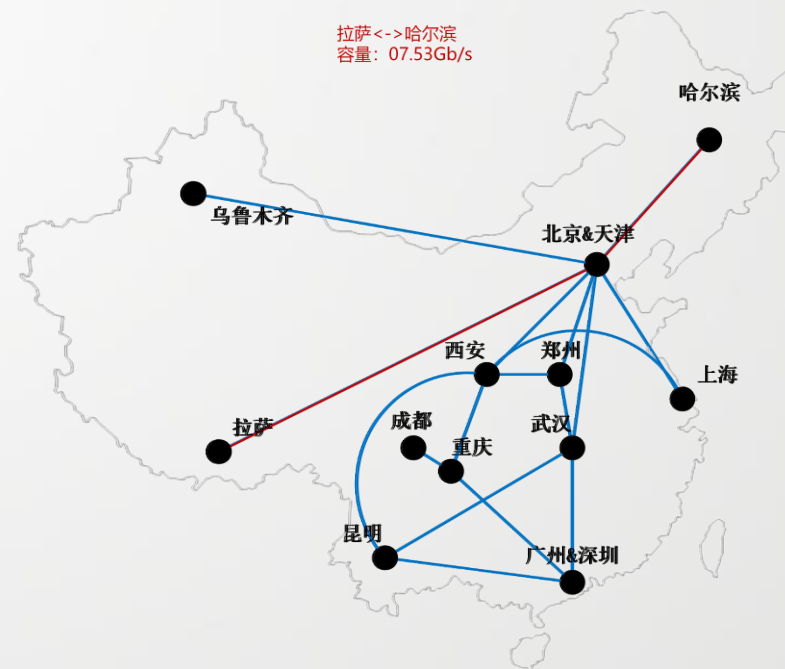
#### 问题2.3方案

网络综合价值最大化

限制：网络联通性

单根光纤链路容量总和  
总连接数目  
最低容量保障

#### 问题2.3结果



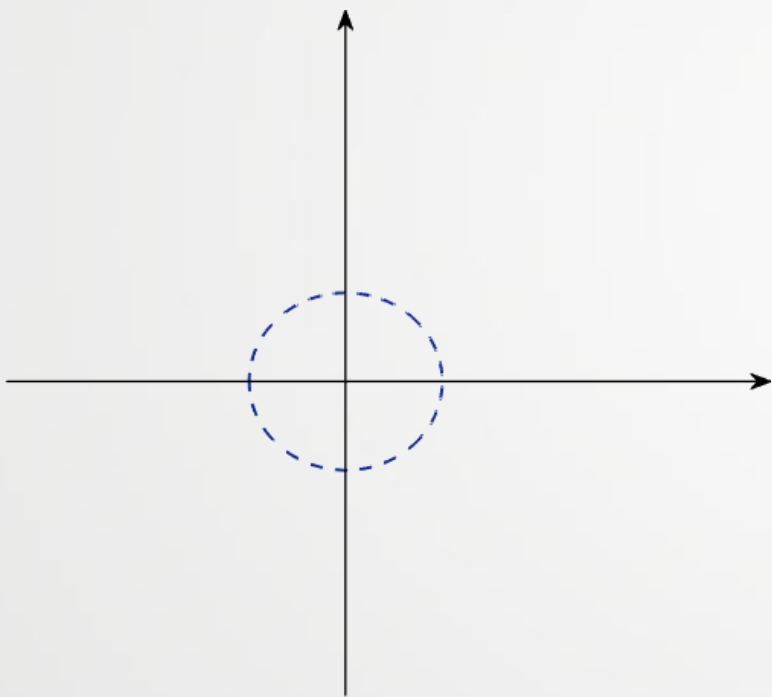


## 1.4 问题三 星座图改善

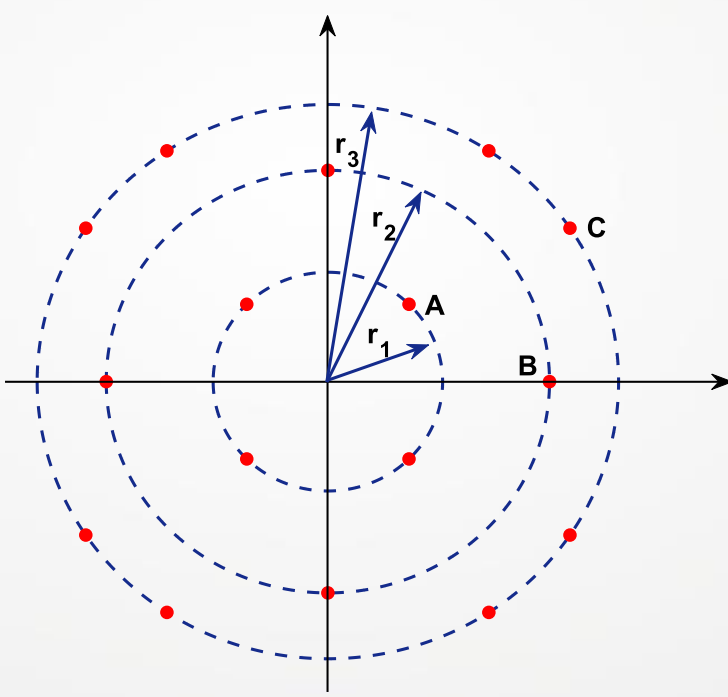
### 星座点位置改善

### 位置改善结果

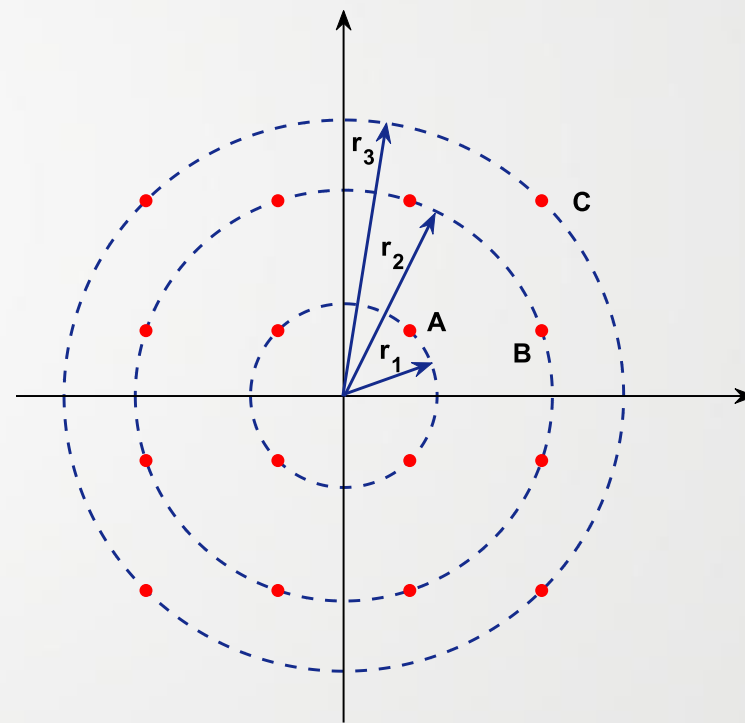
#### 方案一改善过程



#### 方案一



#### 方案二



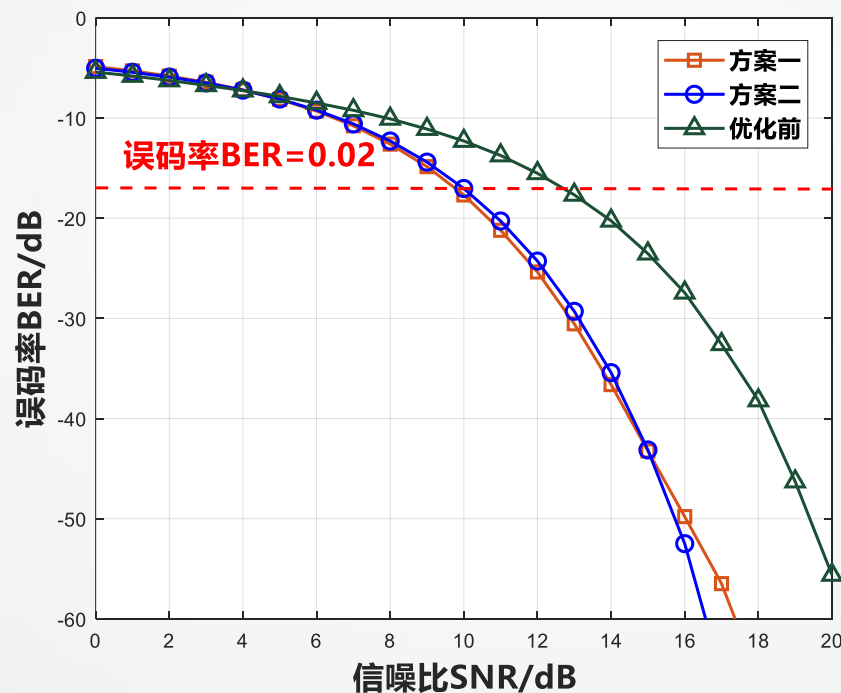


## 1.4 问题三 星座图改善

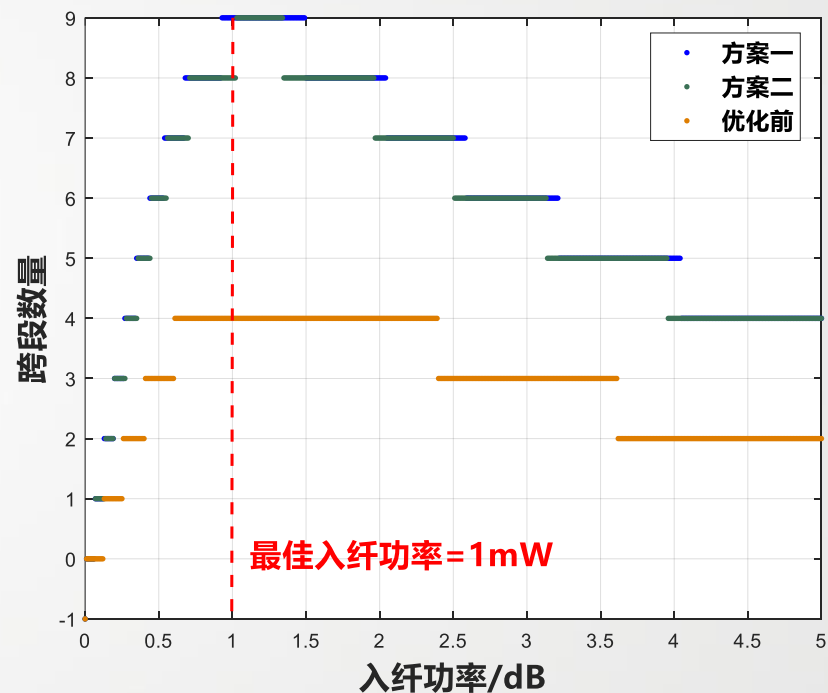
### 星座点概率改善

$$\begin{aligned} \min_{P_k} \quad & \varepsilon_{avg} + f_p \left( \sum_{\text{interior point}} P_k \right) \\ \text{s.t.} \quad & -\sum_{k=1}^N P_k \log_2(P_k) = 3(\text{bit}) \\ & \sum_{k=1}^N P_k = 1 \\ & 0 \leq P_k \leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, N \end{aligned}$$

### 结果比较



信噪比容限点明显降低

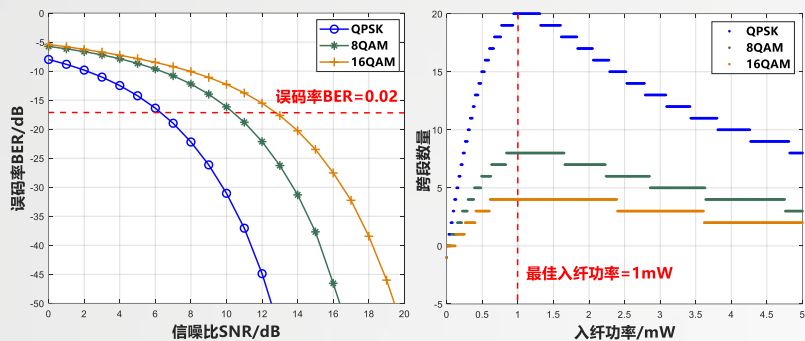


最远传输距离显著提升



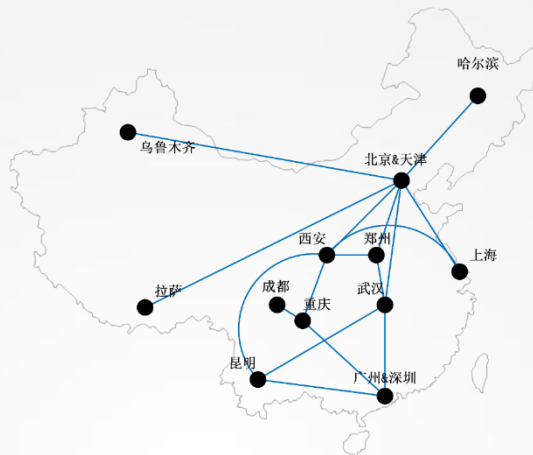
## 1.5 研究总结与评价推广

### 研究总结



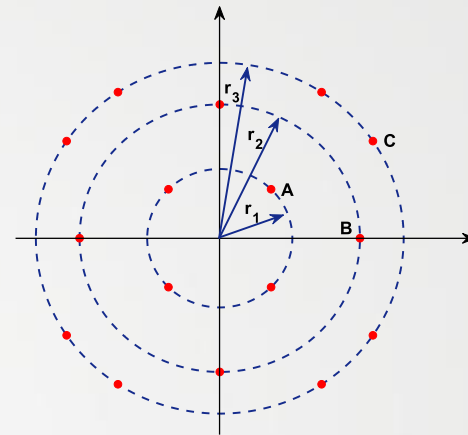
### 光传送链路建模

信噪比容限点越低，最远传输距离越大



### 光传送网络的规划

综合网络价值最大化



### 改进星座图

降低信噪比容限，提升传输距离

