

LHAASO站区 气溶胶消光系数的研究进展

陈起辉

西南交通大学

2019-04-15

Outline:

- 大气气溶胶的背景知识
- LHAASO站区气溶胶对激光的消光系数
- 结论和计划

大气气溶胶的背景知识

- **气溶胶：**大气气溶胶是指悬浮在大气中直径在0.001-100um的液体或者固体微粒体系。

特征：1. 大气气溶胶的粒径、形状、组成随时间、地点、高度变化很大，其形成与地球表面的生态环境和人类活动直接相关。

2. 气溶胶的气候效应：

a. 大气中的气溶胶吸收和散射太阳光辐射来直接扰动地-气系统的辐射平衡

b. 对流层中的气溶胶所形成的凝结核是形成云、雾的必要条件。

3. 大气气溶胶对入射激光的散射作用，是成为激光大气传输的重要消光因子。

$$I = I_0 e^{-N\sigma k_{ext}L} \quad k_{ext} : \text{消光因子}$$

➤ LHAASO站区气溶胶对激光的消光系数

- LHAASO位于北纬 $29^{\circ} 21' 31''$ ，东经 $100^{\circ} 08' 15''$ ，在青藏高原的东南部，四川的西部地区，不在典型青藏高原的地区（ $30^{\circ} -36^{\circ}$ ， $80^{\circ} -100^{\circ}$ 东）。
- LHASSO所在的地区植被保护较好，大气气溶胶为本底气溶胶，该地区的大气气溶胶日均值浓度 $11.74.7\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，但细颗粒物PM_{2.5}所占比率要高于青藏高原上的其它地区（Background aerosol over the Himalayas and Tibetan Plateau: observed characteristics of aerosol mass loading, Atmospheric Chemistry and Physics, 2017,17,449-463）。
- 目前LHAASO站区的气溶胶的物理和化学性质还没有开展研究。

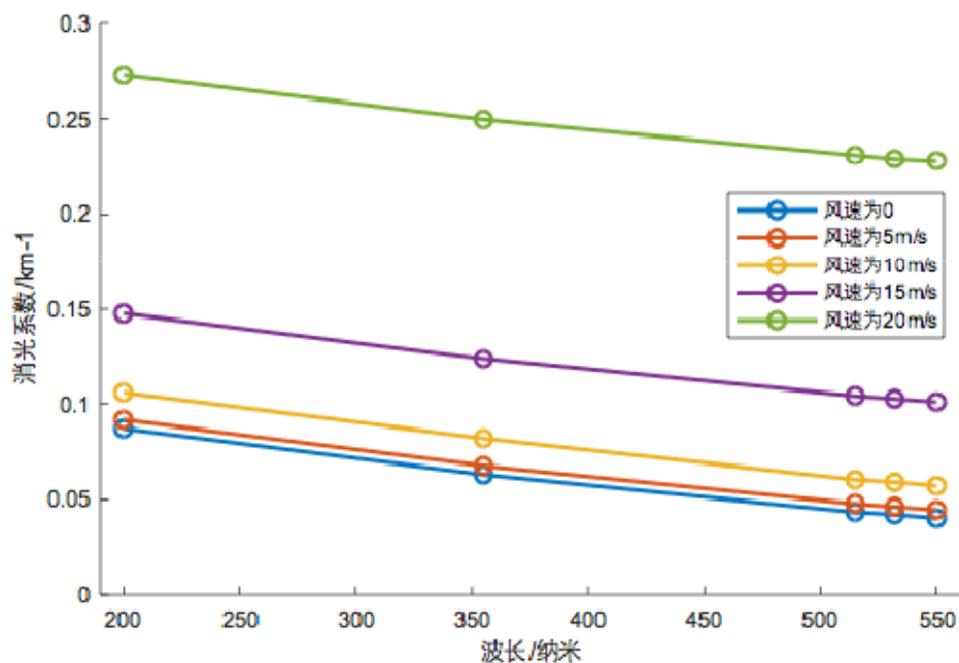
LHAASO站区气溶胶对激光的消光系数

- 基于Longtin模型和Mie散射理论估算LHAASO站区的气溶胶的消光系数

粒子种类	风速 (m/s)	对数正态分布参数		Mie散射计算积分范围 (um)	单粒子体积 $\mu\text{m}^3 / 1\text{cm}^3$ 空气	总粒子体积 $\mu\text{m}^3 / 1\text{cm}^3$ 空气	粒子浓度 个/ cm^3
		平均半径(um)	对数标准方差				
碳质粒子	0-30	0.0118	0.301	0.0005-100	0.0000597	0.02	368.509
水溶性粒子	0-30	0.0285	0.35	0.0005-100	0.0018	6.61	3673.889
砂型粒子	0	6.24	0.277	0.05-100	6300	15.5	0.002
	5	7	0.304	0.05-200	12412	84.81	0.007
	10	7.76	0.331	0.05-300	26600	395.5	0.015
	15	8.52	0.358	0.05-600	52058	1788.1	0.034
	20	9.28	0.384	0.05-750	112000	8029.1	0.072
	30	10.8	0.438	0.05-1000	476000	161353.9	0.339
	40	12.32	0.492	0.05-1000	1651400	3241000	1.963

➤ LHAASO站区气溶胶对激光的消光系数

气溶胶的消光系数随波长及风速的变化

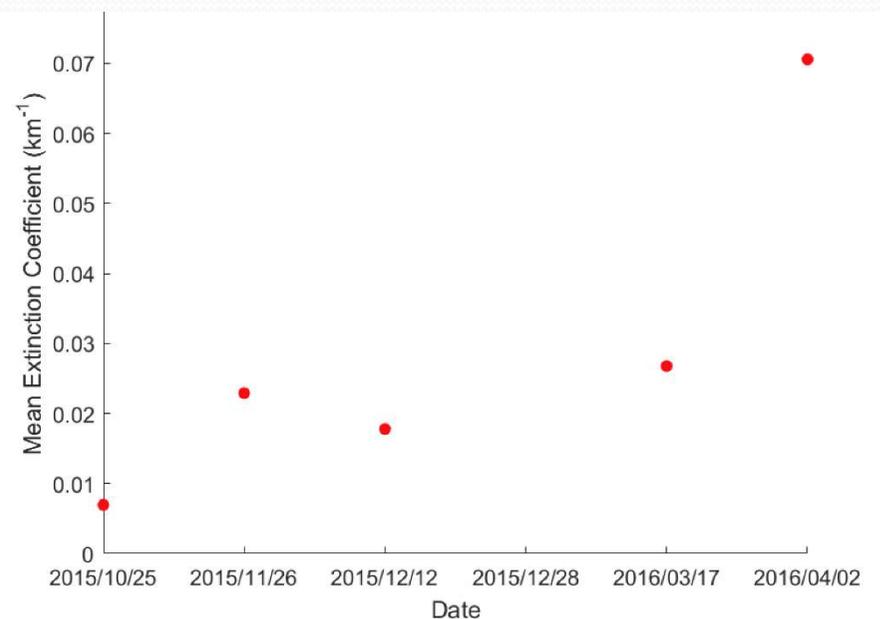
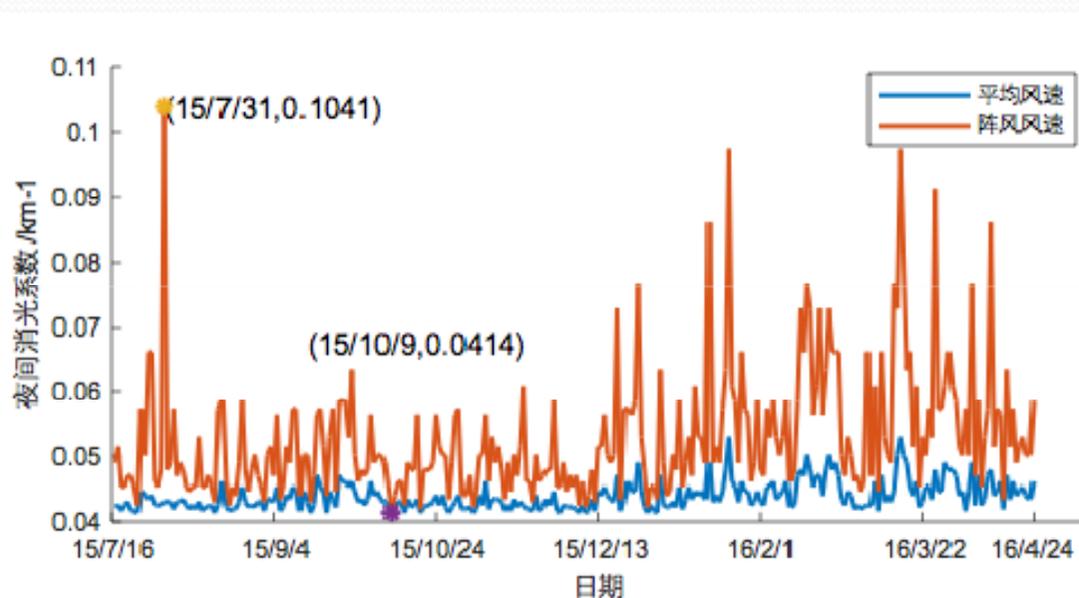


对应于YAG激光器发出的激光355nm: 气溶胶的消光系数无风时 0.05km^{-1}

对应于CALIPO/CALIPSO发出的激光532nm: 气溶胶的消光系数无风时 0.04km^{-1}

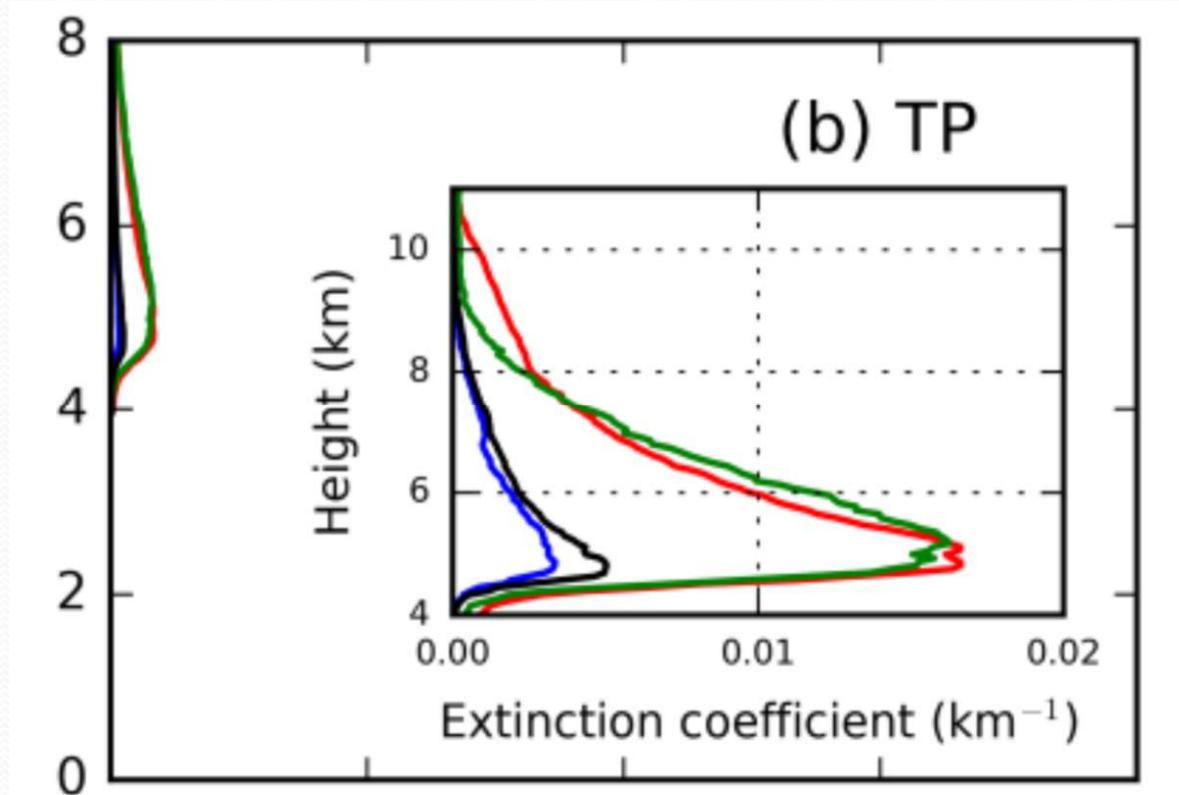
LHAASO站区气溶胶对激光的消光系数

LHAASO站区的气溶胶的消光系数



- 实验观测是理论的消光系数的50%: 可能模型的原因? CALIPSO数据偏低 (和MODIS数据比较)
- 远远高于青藏高原的平均数据

➤ LHAASO站区气溶胶对激光的消光系数



基于CALIPSO观测的青藏高原2006-2016年的消光系数廓线

➤ 结论和计划

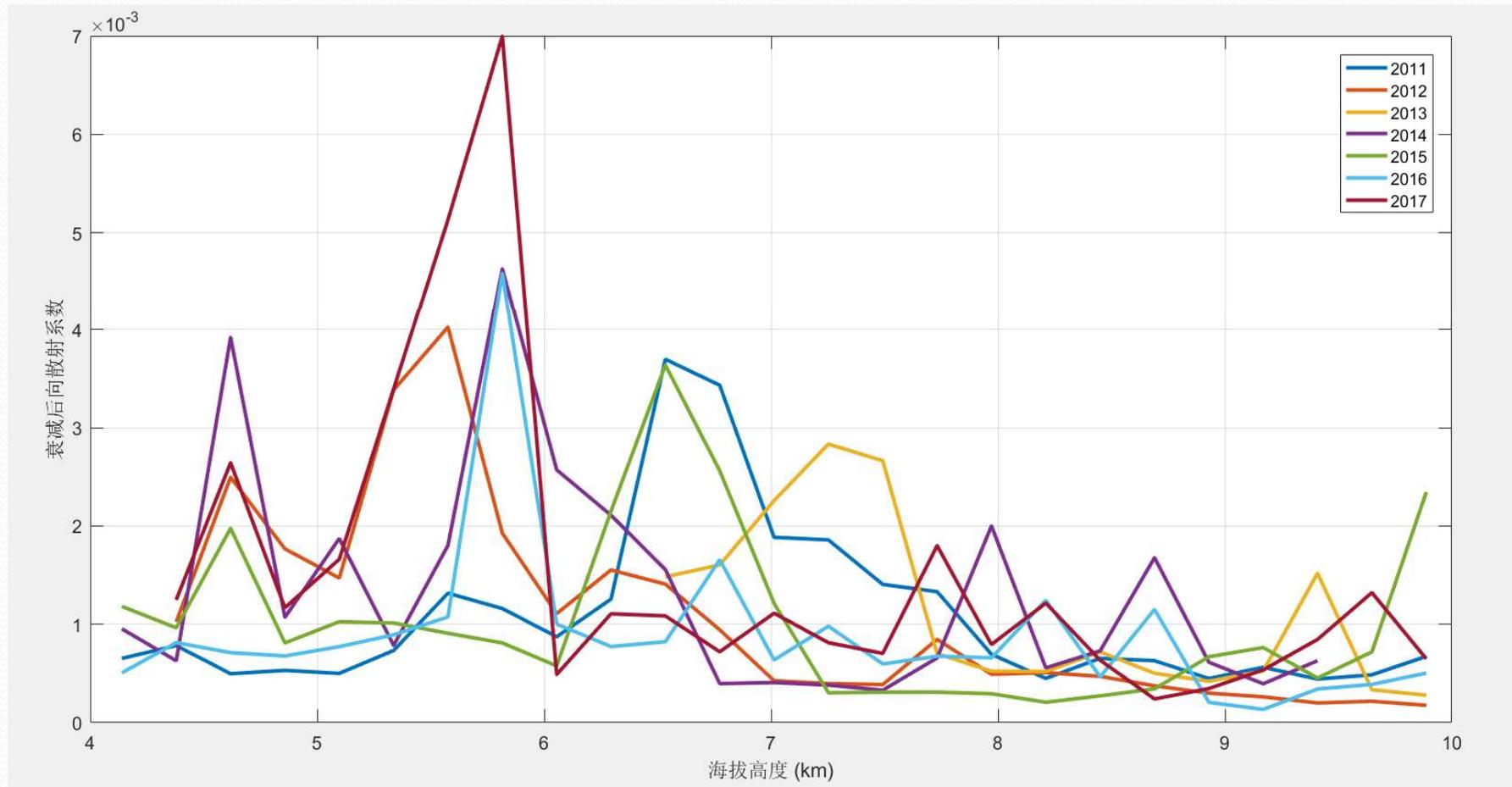
- 目前的气溶胶的消光系数的理论值偏大1倍（修改模型？）
- 分析CALIPSO卫星的关于气溶胶形状的数据
- 研究MODIS卫星的数据观测到的消光系数

气溶胶的物理特征

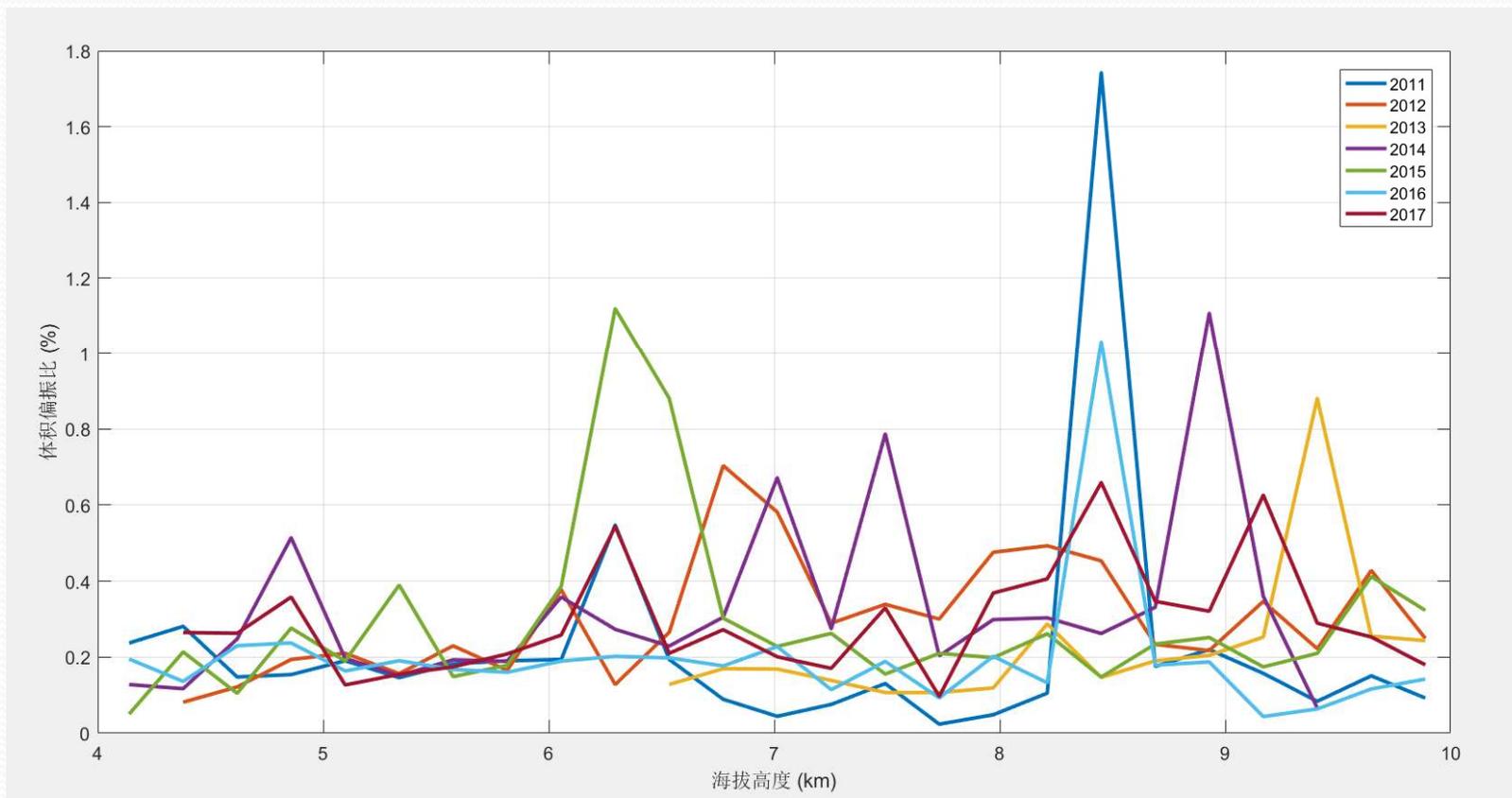
对如下参数进行分析：

- 后向散射衰减系数：越大表明气溶胶的散射能力越强
- 体积退偏比：可衡量气溶胶粒子的球形（或近似球形气溶胶）与非球形。且体积退偏比越大，粒子越不规则。
- 色比值：可表征气溶胶粒子大小，且色比值越大表明颗粒物越大。

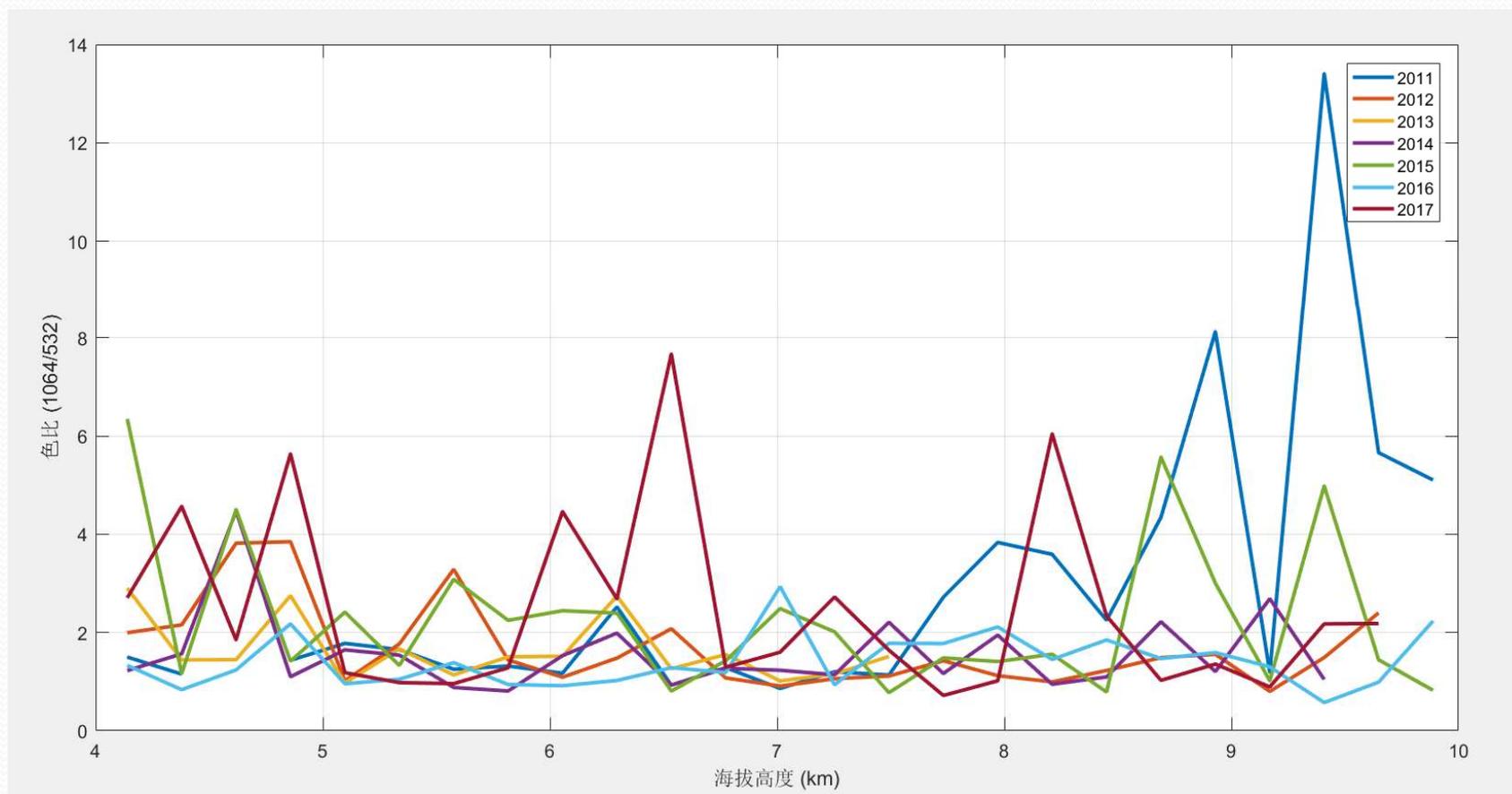
2011~2017年后向散射衰减系数随高度的变化图



2011~2017年体积退偏比随高度的变化图



2011~2017年色比随高度的变化图



2011~2017年参数的频率分布

- 以《沙尘暴影响下北京沙尘气溶胶的垂直分布及溯源分析》_邓梅为代表，有多篇论文指出：

衰减后向散射系数位于 $0.0001\sim 0.0008\text{ km}^{-1}\text{sr}^{-1}$ 为气体分子， $0.0008\sim 0.0045\text{ km}^{-1}\text{sr}^{-1}$ 为气溶胶粒子， $0.0045\sim 0.1\text{ km}^{-1}\text{sr}^{-1}$ 的为云

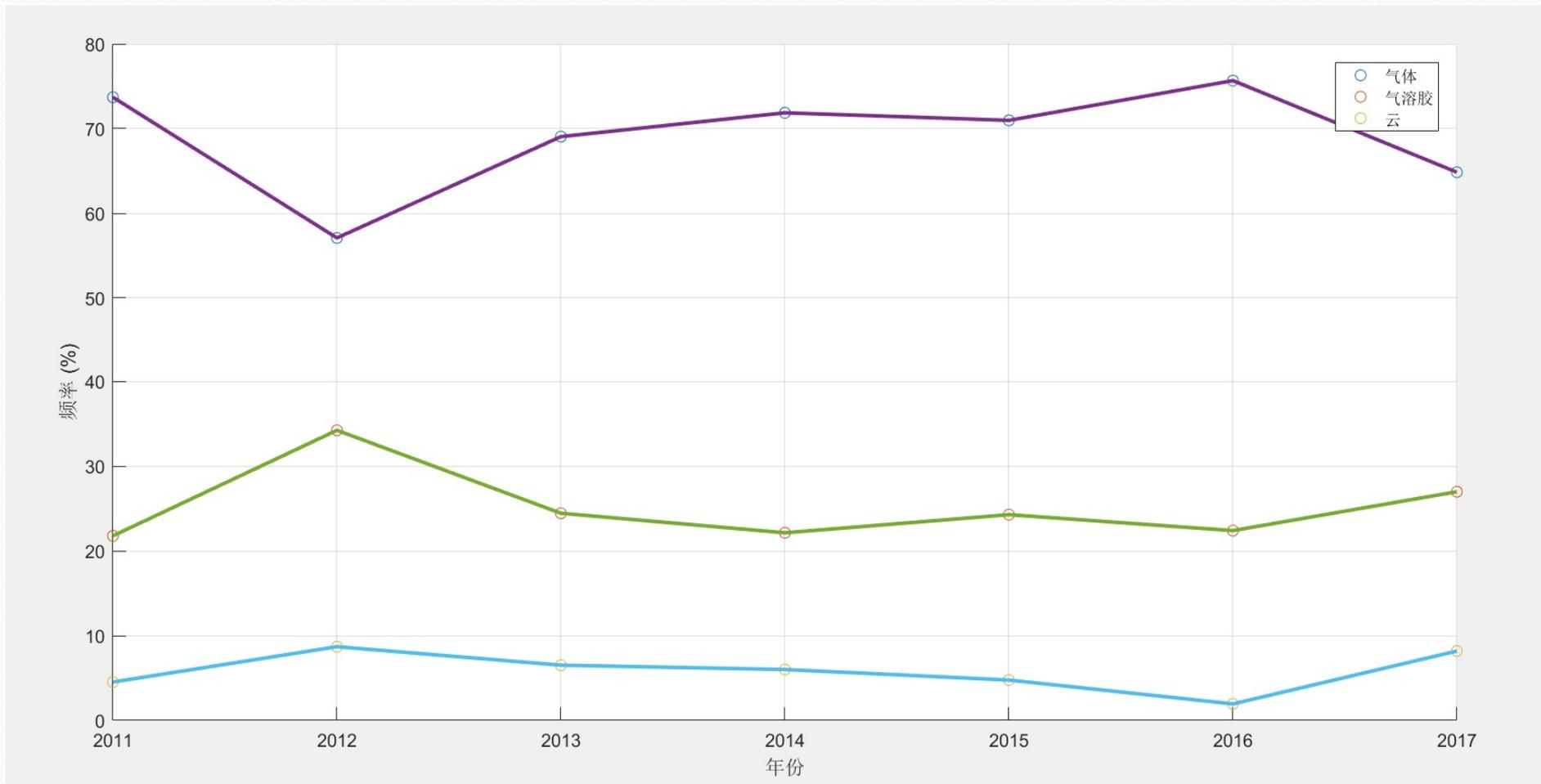
- 以《上海不同强度干霾期间气溶胶垂直分布特征》_刘琼为代表，有多篇论文指出：

退偏比位于 $0\sim 20\%$ 为较规则粒子 $20\sim 40\%$ 为较不规则粒子 $40\sim 100\%$ 为不规则粒子

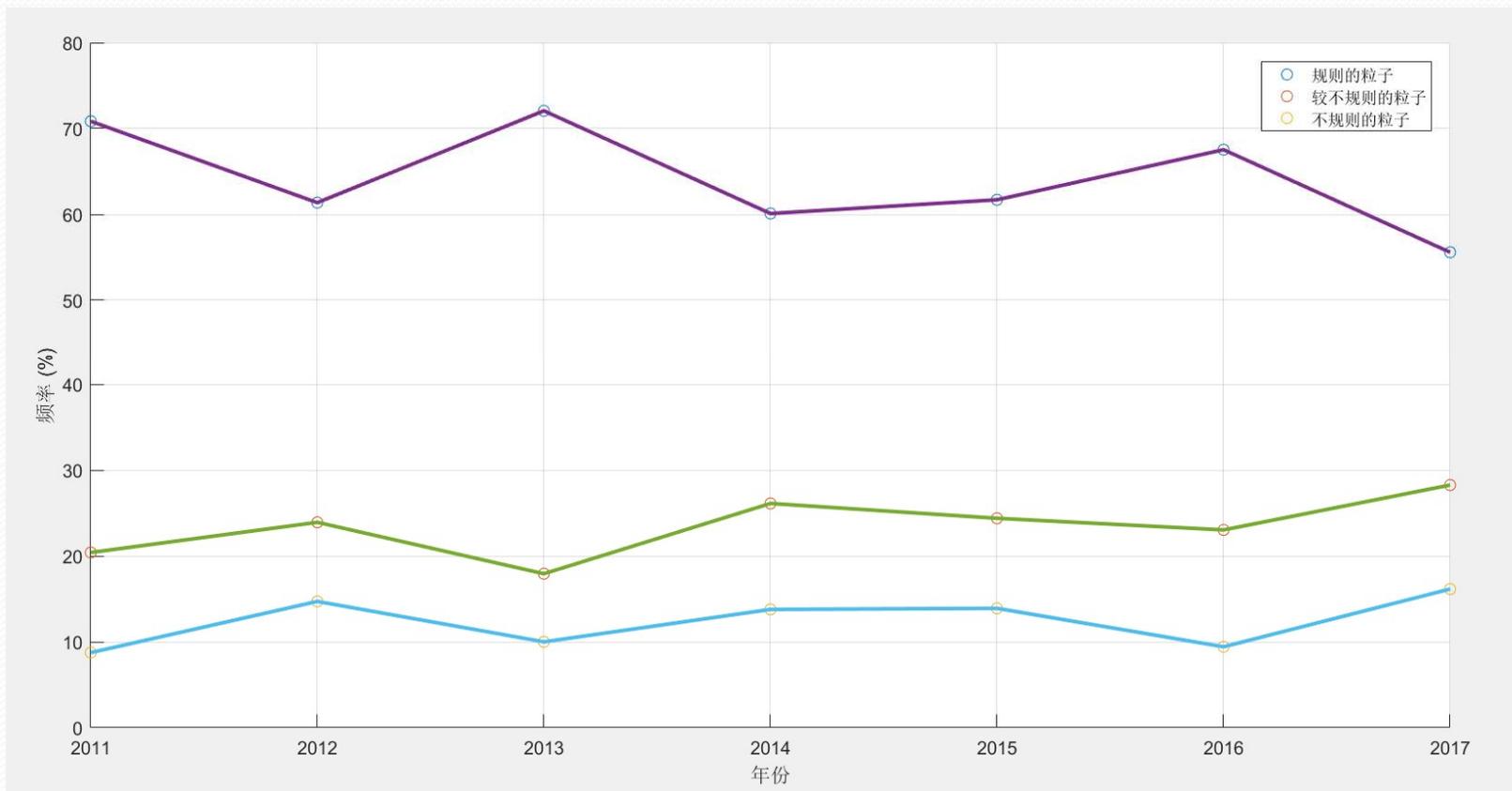
- 也有论文表示，

色比的值可以表明气溶胶的类型（如：沙尘性、烟尘性、海洋性等）但是各个类型的具体的色比范围值需要进一步确定

2011~2017年各成分的比例情况



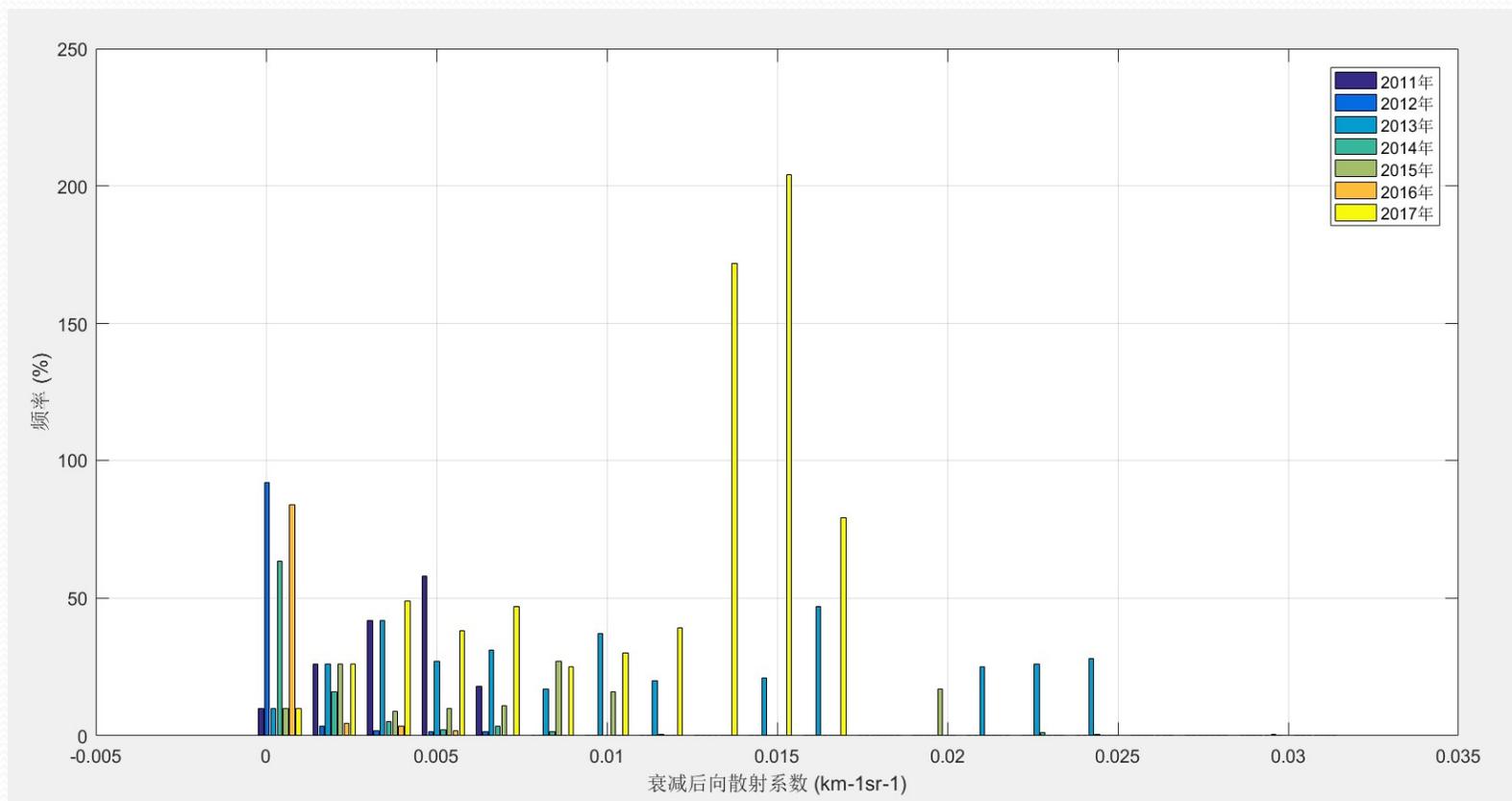
2011~2017年气溶胶粒子规则程度的比例情况



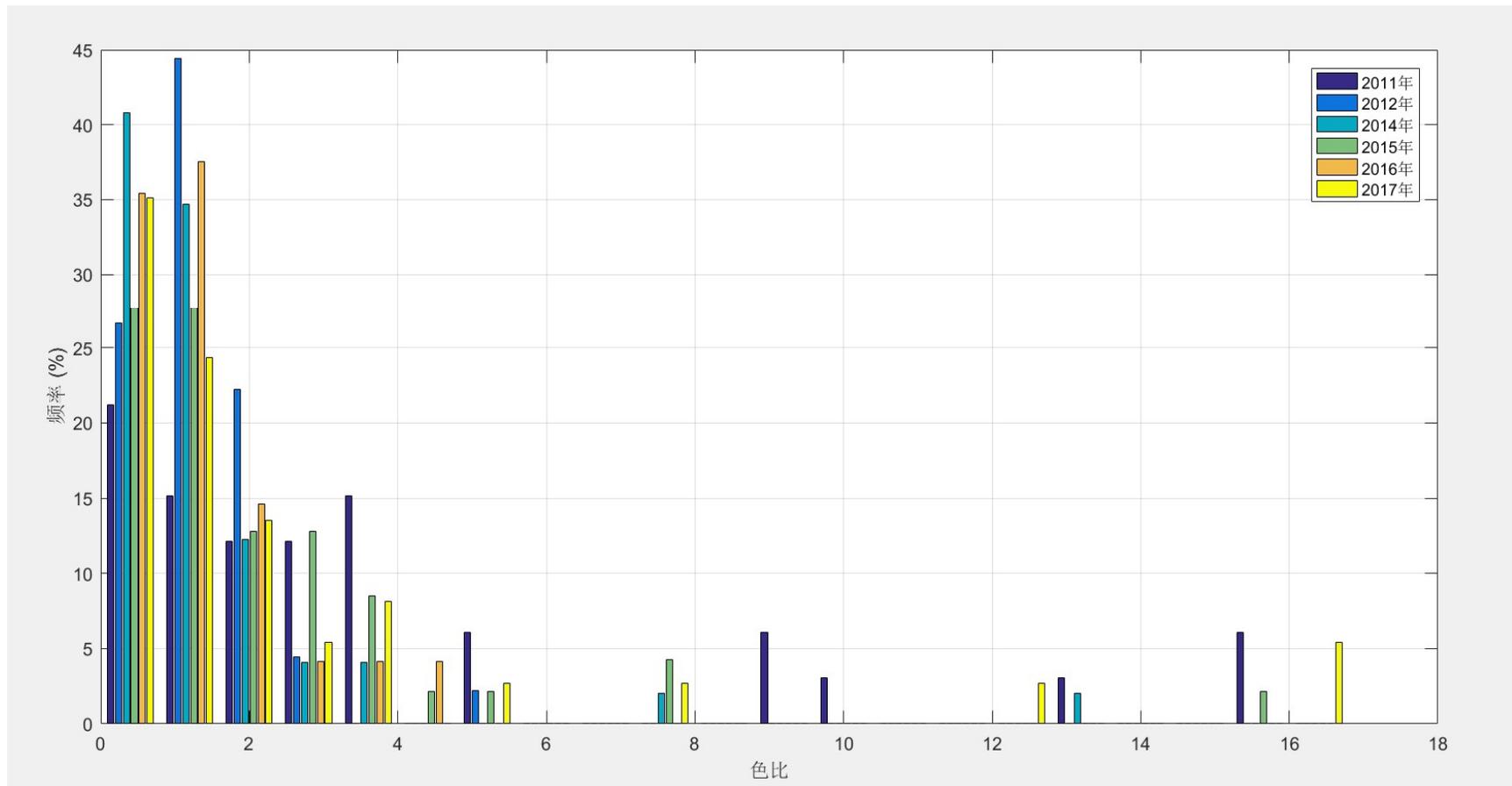
2011~2017年各个海拔高度上的参数的频率分布

- 以4~6km, 6~8km, 8~10km三个海拔高度进行统计

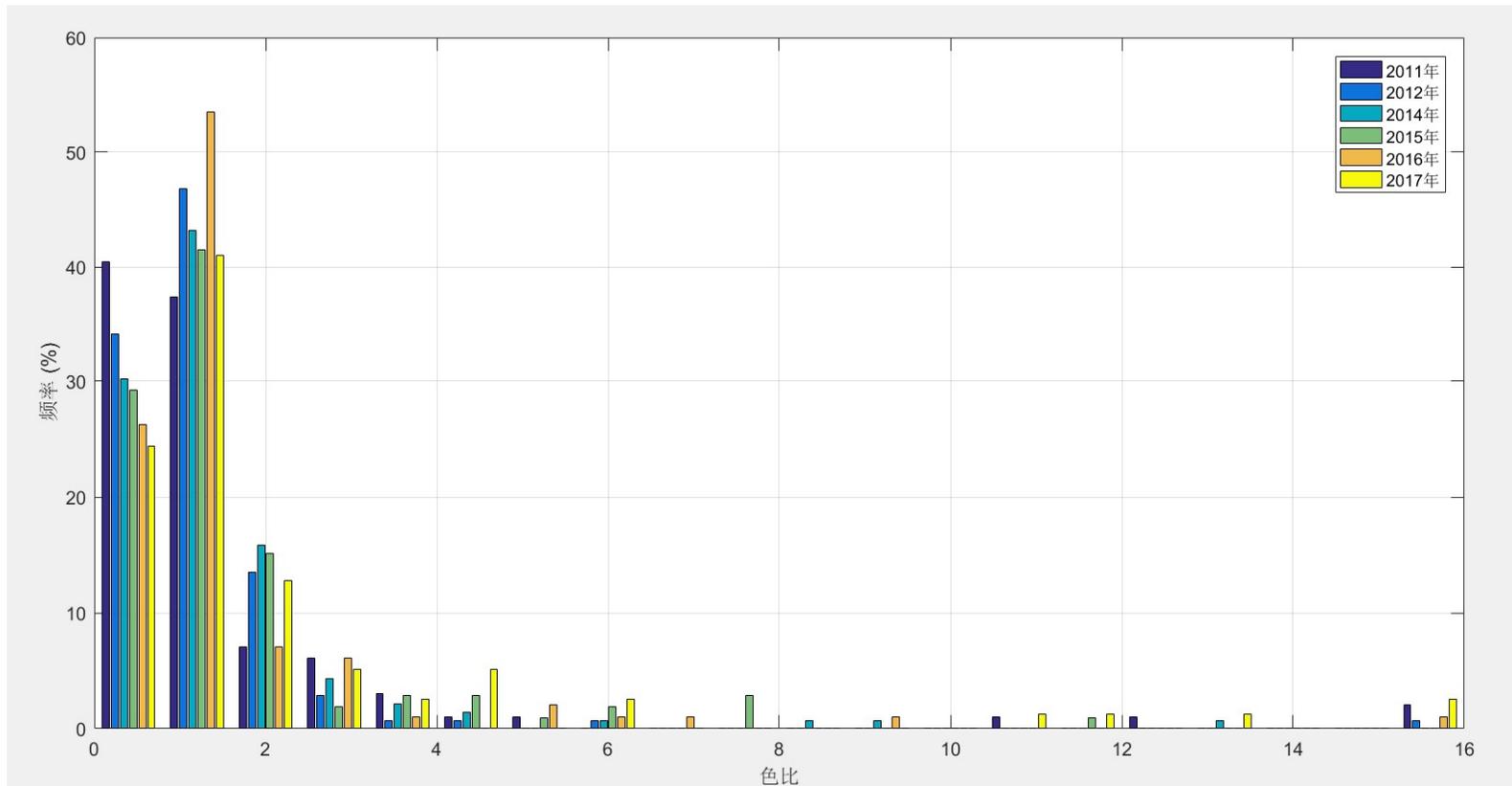
4~6km高度上衰减后向散射系数频率分布



4~6km高度上色比频率分布



6~8km高度上色比频率分布



Thank you!