

文章编号: 1674-2184(2018)01-0017-05

# 北半球极涡指数对高原夏季降水的影响

尼玛吉<sup>1</sup>, 建军<sup>2</sup>, 次旺顿珠<sup>1</sup>

(1. 西藏自治区气候中心, 拉萨 850000; 2. 西藏自治区昌都市气象局, 昌都 854000)

**摘要:** 利用奇异值分解方法(SVD)分析了夏季降水对极涡面积和极涡强度指数的响应, 研究发现, 冬季北半球极涡指数场与高原夏季降水场, 在青海省大部分是明显的负相关区域, 西藏大部分以正相关为主; 春季北半球极涡指数场与西藏和青海夏季降水场为正相关。冬季12月极涡指数与高原夏季6月降水的相关, 自高原东南部到西北部呈“+ - +”分布; 冬季1月极涡指数与高原夏季7月降水相关, 南北呈“+ -”分布, 西藏为正相关, 青海为负相关; 冬季2月极涡指数与高原夏季8月降水, 除柴达木盆地北侧、西藏西部为弱的负相关外, 其余地区均为正相关。

**关键词:** 夏季降水; 极涡; 响应; SVD

中图分类号: P461

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2184.2018.01.003

## 引言

极涡是影响我国乃至全球天气气候的最主要环流实体之一, 也是冷空气活动的最主要标志。长期以来, 我国气象学家相继研究了极涡对我国降水、气温的影响。90年代中期吴仁广等<sup>[1]</sup>发现南极极涡强度变化与长江中下游地区梅雨存在某种程度联系; 黄嘉佑等<sup>[2]</sup>全面研究了北半球及其4个分区冬、春季极涡面积指数与强度指数对我国夏季降水的影响, 指出冬季北半球极涡面积指数、大西洋欧洲区极涡面积指数值大的时候, 我国东部沿海、新疆等区域降水量为正距平, 而长江流域以南和东北三省的大部分负相关地区的降水量为负距平, 而春季当北美区极涡强度指数和北半球极涡强度指数值大的时候, 我国南部沿海和东北华北部分地区出现涝, 长江中下游流域和东部沿海以及新疆地区出现旱; 姚秀萍等<sup>[3]</sup>认为12月(冬季)极涡强度指数与次年8月(夏季)我国东北地区降水存在密切的正相关; 谭桂容等<sup>[4]</sup>分析华北夏季旱涝的环流特征时发现早年极涡偏心, 涝年极涡收缩在北极附近; 马振锋等<sup>[5]</sup>指出初夏四川盆地多雨年极涡收缩在极地附近, 干旱年份极涡偏向亚洲大陆副极地; 徐海明等<sup>[6]</sup>发现

江淮入梅早的年份, 其前期冬季只有一个位于格陵兰上空的强极涡, 入梅晚的年份, 其前期冬季北半球存在两个极涡, 一个位于格陵兰上空, 另一个位于西伯利亚上空; 张恒德等<sup>[7]</sup>通过研究北极涡年代际变化与我国春季降水的关系, 发现当春季2区极涡面积异常大, 1、3区极涡强度异常弱时, 我国长江、黄河流域的降水较少, 东北及华南大部分地区降水较多。然而, 单独研究极涡对高原降水的研究还很少, 虽然文献<sup>[2]</sup>研究了冬、春季极涡与我国夏季降水之间的关系, 但是, 其研究的降水仅仅包括了我国160个站点, 在这160站中高原仅包含了5个, 因此其结果必然会存在着很大的片面性。本文的研究目的就是利用更多的高原资料, 试图找出北半球极涡面积和强度与高原夏季降水之间的必然联系, 希望为高原降水的预测提供科学的依据。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

本文选取了国家气候中心提供的74项环流指数中的1978~2007年亚洲区、太平洋区、北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡面积指数以及上述区域对应的极涡强度指数、北半球极涡中心经向位置指数和北半球极涡中心

收稿日期: 2018-3-7

资助项目: 西藏自治区科技厅项目(Z2016R67F05)

作者简介: 尼玛吉, 工程师, 从事短期气候预测及气候与气候变化。E-mail: tj0221@163.com

强度指数共计 12 项指数,分别统计了冬季(上年 12 月~当年 2 月)、春季(3~5 月)各类极涡指数,提取中国 724 站降水资料中的 53 个高原站点 1978~2007 年夏季(6~8 月)降水量。

1.2 方法

本文利用奇异值分解(SVD)方法研究了高原夏季降水场对冬、春季北半球极涡场的响应,关于奇异值分解的数学原理和气象场意义已经有很多论述<sup>[2,8-9]</sup>,在此不再赘述。

2 高原夏季降水对冬季北半球极涡场的响应

为了研究高原夏季降水分别对冬季、春季北半球极涡各类指数的响应,首先提取共 30 年(1978~2007 年)亚洲区、太平洋区、北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡冬季(上年 12 月~当年 2 月)面积指数、强度指数、北半球极涡中心经向位置指数和北半球极涡中心强度总和指数 12 项指数序列资料作为 SVD 分析的左要素场。为了使得时间跨度一致,用 1978~2007 年高原 53 个站点夏季(6~8 月)降水总量作为右要素场,进行奇异值分解。

前三个模态对平方协方差的贡献率 SCF 分别为  $SCF_1=0.30$ 、 $SCF_2=0.26$  和  $SCF_3=0.19$ 。由于第一模态对平方协方差的贡献率最主要,所以它能够在很大程度上反映冬季北半球极涡指数场与高原 53 站夏季降水场的关系。从图 1 可见,青海省除北部和东南部的小部分地方外,主要是非常显著的负相关区域,其中心在青海省的小灶火一带;而西藏大部分以正相关为主,其中心在西藏西部的改则和南部的聂拉木。因此不难看出冬季北半

球极涡对于高原的影响是不尽一致的,东北西南呈反向型分布,造成这种现象的主要原因可能是由于青海北部是地势宽广的塔里木盆地与柴达木盆地相连,地势相对而较为广阔,而西藏地区北部耸立着唐古拉山、念青唐古拉山等众多山峰,因此前期北半球极涡对青海和西藏后期降水的影响有所差异。

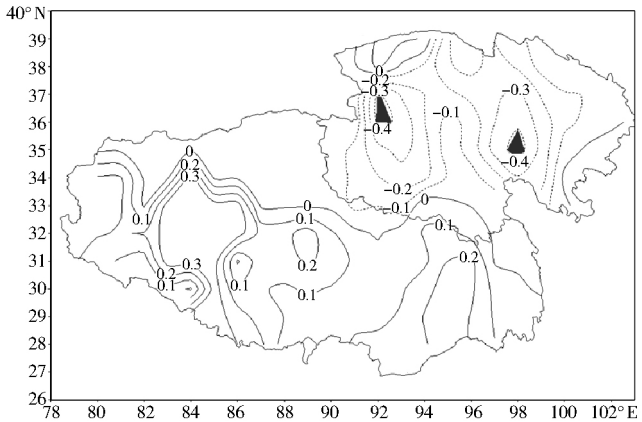


图 1 高原 53 站夏季(6~8 月)降水总量与前期冬季(12~2 月)北半球极涡指数场 SVD 分析的第一耦合模态异性相关的空间分布

从表 1 可看出,1~12 对应指数为亚洲区、太平洋区、北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡面积指数以及上述区域对应的极涡强度指数、北半球极涡中心经向位置指数和北半球极涡中心强度指数。在 12 项极涡指数中,大西洋欧洲区和北半球极涡面积与高原夏季降水的相关性最为显著,尤其是北半球极涡面积。这说明,北半球和大西洋欧洲区极涡面积偏大,西藏大部分次年夏季降水量为正距平,而青海省夏季降水量为负距平。高原夏季降水与北美区极涡强度指数呈负相关。

表 1 冬季北半球极涡指数场与高原 53 站夏季降水总量 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关关系  
(1~12 对应指数为亚洲区、太平洋区、北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡面积指数以及  
上述区域对应的极涡强度指数、北半球极涡中心经向位置指数和北半球极涡中心强度指数)

因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数	0.03	0.36	0.37	0.52	0.57	-0.11	0.14	-0.50	-0.32	-0.42	0.06	0.20

3 高原夏季降水对春季北半球极涡的响应

同理,用春季亚洲区、太平洋区、北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡冬季面积指数、强度指数、北半球极涡中心经向位置指数和北半球极涡中心强度总和指数 12 项指数序列资料(1978~2007 年)作为 SVD 分析的左要素场。用相同时间序列高原 53 个站点夏

季降水总量作为右要素场,进行奇异值分解。  
通过计算,前三个模态的贡献率分别为  $SCF_1=0.42$ 、 $SCF_2=0.29$  和  $SCF_3=0.10$ ,前两个模态的贡献率比冬季要大,可见春季北半球极涡对夏季降水的影响比冬季显著,这个结果与文献<sup>[2]</sup>有所不同,这可能与选取研究时段和站点分布有关,有待进一步深入研究。由图 2 可见,春季北半球极涡与高原夏季降水量

关系在高原腹地西藏除西部为弱的负相关外,与冬季相一致,呈明显的正相关,其中心位于拉萨、尼木一带;在青海也出现了绝大部分为正相关,中心位于民和一带。

从表 2 中可以发现,在春季 12 个北半球极涡指数中,北半球极涡强度指数、北半球极涡面积指数与高原夏季降水总量的相关最为显著,即当北半球极涡面积指数、北半球极涡强度指数偏大时,西藏主体部分以及青海绝大部分夏季降水量偏少,易出现旱;相反,当北半球极涡面积指数和北半球极涡强度指数偏小时,除西藏西部和青海东部外,高原其他地方夏季降水量将偏多,易出现涝年。

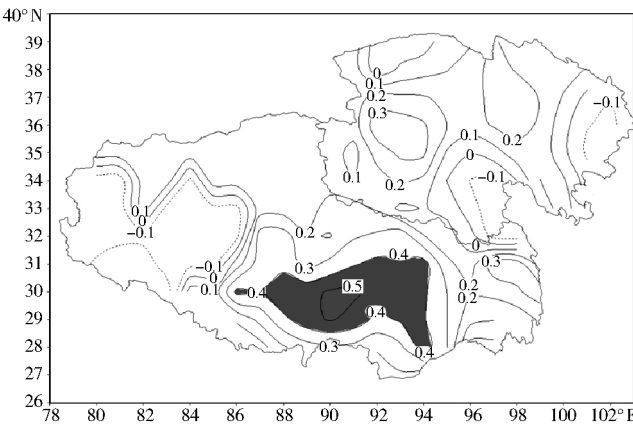


图 2 高原 53 站夏季(6~8 月)降水总量与春季(3~5 月)北半球极涡指数场 SVD 分析的第一耦合模态异性相关的空间分布

表 2 春季北半球极涡指数场与高原 53 站夏季降水总量 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关关系  
(1~12 对应指数为亚洲区、太平洋区、北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡面积指数以及上述区域对应的极涡强度指数、北半球极涡中心经向位置指数和北半球极涡中心强度指数)

因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数	-0.26	-0.24	-0.31	-0.31	-0.46	-0.05	-0.04	-0.6	-0.4	-0.48	-0.20	0.28

4 高原夏季逐月降水对冬季逐月北半球极涡的响应

过去研究指出西藏地区夏季降水具有准 180 天的韵律关系,也就是说冬季某天出现降雪天气过程,180 天之后的夏季某天出现降水过程几率较高,根据这种理论我们选取冬季(12、1、2 月)三个月的极涡指数作为 SVD 的左场,夏季(6、7、8 月)连续的三个月作为右要素场,这样进行 SVD 的分析,实际上是研究 12 月北半球极涡指数与 6 月降水,1 月北半球极涡指数与 7 月降水,2 月北半球极涡指数与 8 月降水的相互关系。

4.1 高原 6 月降水对前期 12 月北半球极涡的响应

将冬季 12 月北半球极涡面积指数以及强度指数共 12 项指数序列资料作为 SVD 分析的左要素场。为了使得时间跨度一致,用对应年份高原夏季 6 月降水量作为右要素场,进行奇异值分解。

前三个模态对平方协方差的贡献率 SCF 分别为  $SCF_1 = 0.46$ 、 $SCF_2 = 0.20$  和  $SCF_3 = 0.13$ 。由于第一模态对平方协方差的贡献率最主要,所以它能够在很大程度上反映冬季极涡指数场与高原 53 站夏季降水场的关系。由图 3 可见,冬季 12 月北半球极涡指数与高原夏季 6 月降水的相关,自高原东南部到西北部呈“+ - +”分布,即

西藏的日喀则、山南、拉萨、林芝以及那曲地区南部和青海柴达木盆地以正相关为主,而西藏阿里地区 and 那曲地区西部、以及青海的大部分为负相关。

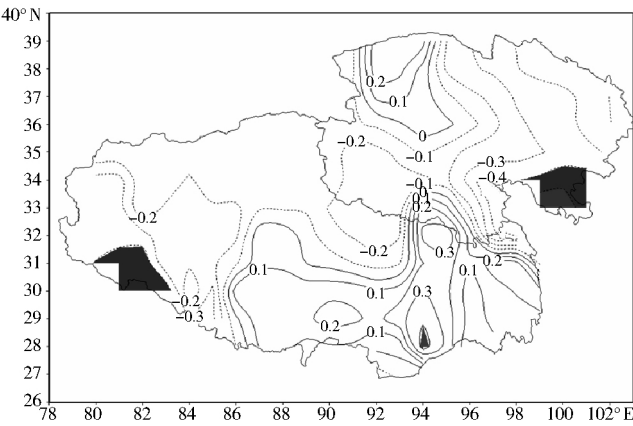


图 3 高原 53 站夏季 6 月降水量与冬季 12 月北半球极涡指数场 SVD 分析的第一耦合模态异性相关的空间分布

从表 3 中可以发现,北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡面积指数的相关系数均大于与其相应的极涡强度指数的相关系数。北美区、北半球极涡面积指数和大西洋欧洲区极涡面积指数对应高原 6 月降水量的相关最为显著,即当北美区、北半球和大西洋欧洲区极涡面积偏大时,西藏日喀则、山南以及拉萨、林芝和那曲地区南部 6 月降水偏多,而青海省主体和西藏西部以及

那曲地区西部降水偏少;当北美区、北半球和大西洋欧洲区极涡面积指数偏小时,则相反,西藏的那曲地区南部、日喀则、山南和拉萨、林芝地区 6 月降水偏少,易出现干旱。

表 3 冬季 12 月北半球极涡指数场与高原 53 站夏季 6 月降水量 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关关系  
(1~12 对应指数为亚洲区、太平洋区、北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡面积指数以及  
上述区域对应的极涡强度指数、北半球极涡中心经向位置指数和北半球极涡中心强度指数)

因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数	0.08	0.08	0.53	0.63	0.59	0.42	-0.10	-0.16	-0.25	-0.14	-0.34	0.12

4.2 高原 7 月降水对 1 月北半球极涡的响应

将冬季 1 月北半球极涡面积指数以及强度指数共 12 项指数序列资料作为 SVD 分析的左要素场。高原夏季 7 月降水总量作为右要素场,进行奇异值分解。

前三个模态对平方协方差的贡献率 SCF 分别为  $SCF_1=0.41$ 、 $SCF_2=0.19$  和  $SCF_3=0.12$ 。由于第一模态对平方协方差的贡献率最主要,所以它能够在很大程度上反映 1 月北半球极涡指数场与高原 53 站夏季降水场的关系。

由图 4 显而易见,冬季 1 月北半球极涡指数与高原夏季 7 月降水相关,南北呈“+ -”分布,在西藏以正相关为主,中心在班戈一带;青海以负相关为主。

从表 4 中可知,冬季 1 月大西洋欧洲极涡面积和北半球极涡强度指数对高原 7 月降水量的相关最为显著,即当大西洋极涡面积偏大、北半球极涡强度较弱时,西藏

大部 7 月降水偏多,易出现涝;而青海大部分 7 月降水偏少,易出现旱;当大西洋极涡面积偏小、北半球极涡强度较大时,情况相反。

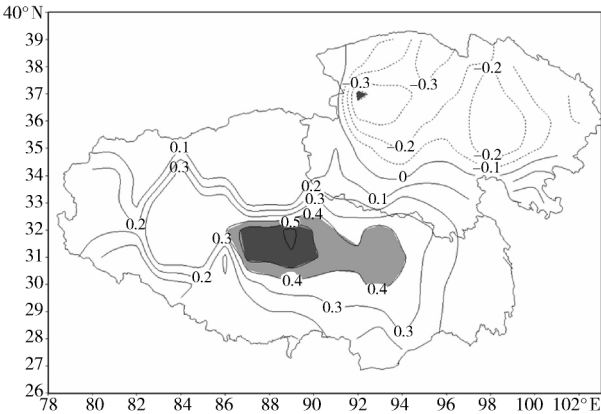


图 4 高原 53 站夏季 7 月降水量与冬季 1 月北半球极涡指数场 SVD 分析的第一耦合模态异性相关的空间分布

表 4 冬季 1 月北半球极涡指数场与高原 53 站夏季 7 月降水量 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关关系  
(1~12 对应指数为亚洲区、太平洋区、北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡面积指数以及  
上述区域对应的极涡强度指数、北半球极涡中心经向位置指数和北半球极涡中心强度指数)

因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数	0.26	-0.16	0.24	0.63	0.46	-0.36	-0.31	-0.32	-0.22	-0.56	0.05	0.28

4.3 高原 8 月降水对 2 月极涡的响应

将冬季 2 月北半球极涡面积指数以及强度指数共 12 项指数序列资料作为 SVD 分析的左要素场。对应时段高原 8 月降水量作为右要素场,进行奇异值分解。

前三个模态对平方协方差的贡献率 SCF 分别为  $SCF_1=0.43$ 、 $SCF_2=0.22$  和  $SCF_3=0.12$ 。由于第一模态对平方协方差的贡献率最主要,所以它能够在很大程度上反映 2 月北半球极涡指数场与高原 53 站夏季降水场的关系。

由图 5 可见,冬季 2 月北半球极涡指数与高原 8 月降水,除青海北部的柴达木盆地北侧、西藏西部为弱的负相关外,其余地区均为正相关,中心位于西藏林芝一带。

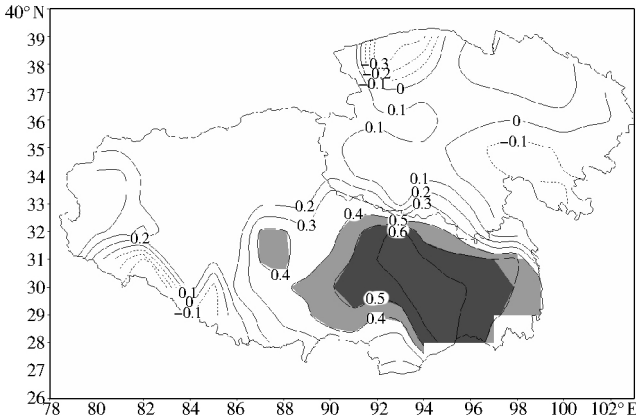


图 5 高原 53 站夏季 8 月降水量与冬季 2 月北半球极涡指数场 SVD 分析的第一耦合模态异性相关的空间分布

从表 5 中可得知 ,冬季 2 月亚洲区极涡面积和太平洋区极涡强度指数对高原 8 月降水量的相关最为显著 ,即当亚洲区极涡面积偏小或太平洋极涡强度偏强时 ,高原绝大部分 8 月降水量偏多 ,易出现涝;而当亚洲区极涡面积偏大或太平洋极涡强度偏弱时 ,高原大部分 8 月降水量偏少 ,易旱。

表 5 冬季 2 月极涡指数场与高原 53 站夏季 8 月降水量 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关关系  
( 1~12 对应指数为亚洲区、太平洋区、北美区、大西洋欧洲区、北半球极涡面积指数以及  
上述区域对应的极涡强度指数、北半球极涡中心经向位置指数和北半球极涡中心强度指数)

因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数	-0.66	0.26	-0.09	-0.44	-0.25	-0.28	0.55	-0.36	0.06	0.21	-0.25	0.31

5 结论

冬季北半球极涡指数场与高原夏季降水场 ,在青海省大部分是明显的负相关区域;西藏大部分以正相关为主。在各区域北半球极涡指数中 ,大西洋欧洲区和北半球季涡面积与高原夏季降水的相关最为显著。

春季北半球极涡指数场与高原夏季降水场 ,西藏主体为明显的正相关 ,中心位于尼木一带;青海绝大部分为正相关 ,中心位于民和一带。在 12 个极涡指数中 ,北半球极涡强度指数、北半球极涡面积指数与高原夏季降水总量的相关最为显著。

冬季 12 月北半球极涡指数与高原夏季 6 月降水相关 ,自高原东南部到西北部呈“+ - +”分布 ,其中北美区面积指数、北半球极涡面积指数和大西洋欧洲区极涡面积指数对高原 6 月降水量的相关最为显著;冬季 1 月北半球极涡指数与高原夏季 7 月降水相关 ,南北呈“+ -”分布 ,在西藏以正相关为主 ,中心在班戈一带;青海为负相关 ,其中 ,冬季 1 月大西洋欧洲极涡面积和北半球极涡强度指数对高原 7 月降水量的相关最为显著;冬季 2 月北半球极涡指数与高原夏季 8 月降水相关 ,除青海的柴达

木盆地北侧、西藏西部为弱的负相关外 ,其余均为正相关;冬季 2 月亚洲区极涡面积和太平洋区极涡强度指数对高原 8 月降水量的相关最为显著。

参考文献

[1] 吴仁广,陈烈庭.长江中下游梅雨期降水与全球 500hPa 环流的关系[J].大气科学,1994,18(6):691-700

[2] 黄嘉佑,刘炯,赵昕奕.副高、极涡因子对我国夏季降水的影响[J].大气科学,2004,28(4):517-526

[3] 姚秀,董敏.东北三江流域夏季旱涝基本特征分析[J].应用气象学报,2000,11(3):297-303

[4] 谭桂容,孙照渤,陈海山.华北夏季旱涝的环流特征分析[J].气象科学,2003,23(2):135-143

[5] 马振锋,高文良,刘富明,等.青藏高原东侧初夏旱涝的季风环流分析[J].高原气象,2003,22(增刊):1-7

[6] 徐海明,何金海,董敏.江准入梅的年际变化及其与北大西洋涛动和海温异常的联系[J].气象学报,2001,59(6):694-706

[7] 张恒德,高守亭,张友姝,等.北极涛年代际变化及其与我国春季降水的关系[J].气候与环境研究,2006,11(5):593-604

[8] 吴洪宝,吴蕾.气候变率诊断和预测方法[M].北京:气象出版社,2005:104-111

[9] 魏凤英.现代气候统计诊断预测技术[M].北京:气象出版社,1999:156-173

The Response of Summer Rainfall in Tibet to Polar Vortex Index

NI Maji<sup>1</sup>, JIAN Jun<sup>2</sup>, CIWANG Dunzhu<sup>1</sup>

( 1. Tibet Climate Center, Lhasa 850000, China; 2. Changdu Meteorological Bureau, Changdu 854000, China )

**Abstract:** Study the response of summer precipitation in Tibetan to polar vortex index ,using singular spectrum analysis ( SSA) . The result show , the positive correlation polar vortex index with summer precipitation in most area of Qinghai provinces ,then negative all of Tibetan in the winter; the positive correlation polar vortex index with summer precipitation in Qinghai and Tibetan in the spring. Correlation Polar vortex index of December with summer precipitation in Tibetan of June display “+ -+” from south-east to north-west of Qinghai-Xizang plateau; Correlation Polar vortex index of January with summer precipitation in Tibetan of July display “+ -”from south to north; Correlation Polar vortex index of February with summer precipitation in Tibetan of August except north of Qaidam basin and west of Tibetan display negative correlation ,then other area of Qinghai-Xizang plateau display positive correlation.

**Key words:** summer precipitation , polar vortex index , response