

适用于缓变流中罗斯贝波传播的半解析模型

刘飞^{①②}, 巢纪平^③, 黄刚^{①④*}, 冯立成^③

① 中国科学院大气物理研究所东亚区域气候-环境重点实验室, 北京 100029;

② International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI 96822, USA;

③ 国家海洋环境预报中心, 北京 100081;

④ 中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心, 北京 100083

* 联系人, E-mail: hg@mail.iap.ac.cn

中高纬遥相关主要是通过罗斯贝波来建立的. 由于全球环流模式的复杂性, 我们建立一个简单的半解析模型来分析缓变流体中罗斯贝波的传播和能量的演变. 基于传统的三维位涡方程, 本文得到 WKBJ 近似下自由罗斯贝波的频散关系, 由于其能量通过群速度传播, 根据射线方法, 可以得到缓变流场中任意初始罗斯贝波的发展轨迹及其能量的演变.

当背景场只有水平切变时, 该模式简化成传统的正压模式, 模式结果证实了过去的理论, 例如均匀西风下罗斯贝波按大圆路径向高纬度传播后再返回低纬度区域; 西风急流作为罗斯贝波向下游传播的通道等.

该模式能够进一步讨论更加真实缓变流场中罗斯贝波的发展演变问题. 在垂直切变的缓变流场中, 罗斯贝波只有在西风切变中才能够上传. 东风切变(上层强东风)将限制罗斯贝波的上传, 也就是说, 在北半球夏季季风区域, 特别是亚洲季风区域有很强的东风切变存在, 罗斯贝波将被限制在对流层下层, 从而更有利于天气尺度的扰动发生. 在西风切变(上层强西风)中罗斯贝波能够向上发展, 然而当进一步上升时, 罗斯贝波将迅速衰减并耗散掉. 对于斜压性较强的罗斯贝波, β 效应将抑制其向上的发展, 该罗斯贝波只有在较高的纬度才能够上传, 而在低纬度区域主要是正压性较强的罗斯贝波能够向上传播. 只有在东风切

变下罗斯贝波才能够向下增长, 而在西风切变中罗斯贝波将向下迅速衰减.

在真实的大气中, 中纬度常年存在着冬季离赤道较近并且较强的西风急流, 夏季离赤道较远并且较弱的西风急流. 该模式能够讨论罗斯贝波在不同急流中的演变问题. 如图 1 所示, 在同时具有正压和斜压切变的西风急流中, 从急流南下侧出发的罗斯贝波能够向上向北发展, 而从急流北下侧出发的罗斯贝波能够向上向南发展. 在低纬度, 正压性较强的罗斯贝波最

不稳定, 能够向上向急流发展; 在高纬度, 斜压性较强的罗斯贝波最不稳定, 能够向上向急流发展.

作为一个简单的模式, 该文只讨论罗斯贝波在理想流场中的演变问题. 当然该模式也能够用到真实的观测场中, 在满足 WKBJ 近似的条件下, 背景场的变化较罗斯贝波相对缓慢时, 该模式为研究中高纬的遥相关响应, 例如热带海温异常、北大西洋涛动等对中国近年气候异常的作用, 提供了一个理论预报工具.

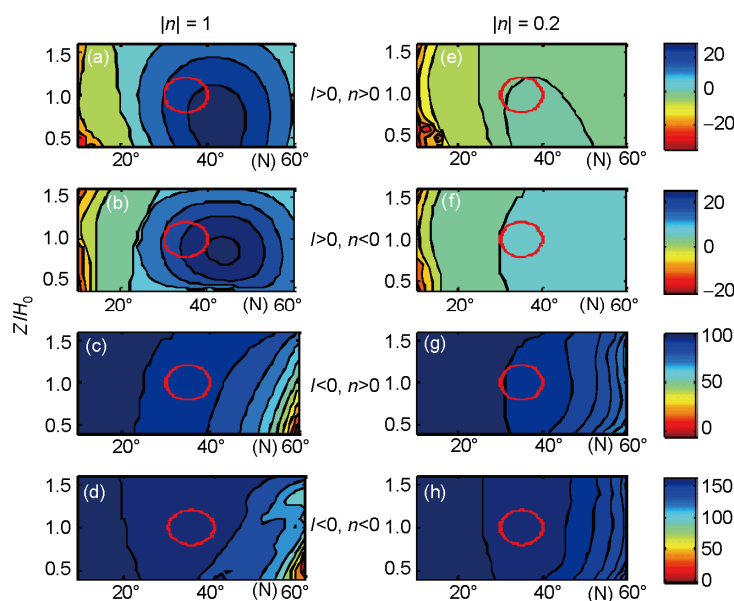


图 1 在具有垂直和经向切变的西风急流中罗斯贝波的不稳定场
横坐标为纬度, 纵坐标为垂直高度. 红圈代表急流中心, 暖色代表不稳定区域, 冷色代表稳定区域. $|n|=1$ 和 $|n|=0.2$ 分别代表较强的斜压或正压罗斯贝波, $l>0(l<0)$ 代表初始向北(南)的罗斯贝波, $n>0(n<0)$ 代表初始向上(下)的罗斯贝波