电磁环境大数据创意与实践大赛

技术方案

创意题目：特殊空间天气事件下电磁

环境统计分析

参赛单位：武汉大学

团队领队：

二〇二〇年十一月

目 录

[一、 方案概述 1](#_Toc34738856)

[二、 创意特点 2](#_Toc34738857)

[三、 基本思路 4](#_Toc34738858)

[四、 预期成果 4](#_Toc34738859)

[五、 数据需求 5](#_Toc34738860)

[六、 计算需求 5](#_Toc34738861)

[七、 团队基础 6](#_Toc34738862)

[八、 其他问题 7](#_Toc34738863)

## 方案概述

【请简要概述创意方案要干什么，有什么目的意义】

本方案主要是利用中国区域内中高层大气和电离层相关探测设备的观测数据对特殊空间天气事件下的电磁环境进行统计分析。

中高层大气是指对流层顶以上的平流层、中间层和热层组成的空间大气，其上部与电离层相重叠，是一个极为复杂的多过程耦合系统，在地球大气各圈层耦合机制中扮演着承上启下的作用。中高层和电离层是卫星通信、航天活动、超视距雷达探测以及短波通信等应用领域的重要电磁环境区域，也是各种航天器、高空飞行器等的通过区和可能驻留区，其高度上的暂态结构对飞行器的安全与准确入轨具有重要影响，因此对中高层大气和电离层的相关事件扰动响应、能量传播及耦合等研究也是航天事业、国防事业的保障需求。作为“临近空间”，中高层和电离层复杂的状态变化和动力学扰动直接影响中高层大气飞行器安全、航空与航天活动和无线电（光）信息传输等。

本方案主要针对新近发生的地球特殊空间天气事件（如太阳耀斑爆发、磁暴、磁层亚暴、电离层暴、平流层爆发性增温事件等），利用尽可能多的相关观测站点的中高层大气风场、温度场和电离层主要参数数据（如*foEs、h’Es、foF2、h’F2、hmF2*等）研究中间层、热层和电离层中异常扰动的变化规律，统计这些特殊空间天气事件期间异常激发的潮汐波和行星波等大尺度波动的参数特征，进一步分析相关中高层和电离层能量传播及耦合过程，从而给出特殊空间天气事件下我国中低纬地区中高层大气和电离层的扰动规律，重点揭示这些扰动的纬度和经度差异，为中国区域的中尺度临近空间大气建模、预警和预报提供理论支撑。

同时利用相关结论和方法可以结合已有中高层大气和电离层探测设备为我国航天发射场、着陆区、临近空间飞行走廊等重点区域的航天试验、航天发射、回收等重大任务提供临近空间电磁环境保障。为临近空间飞行器、驻留浮空器携带的遥感、遥测、气象观测、情报侦查、监视预警、广播电视通信等应用提供空间环境数据支持。对揭示区域临近空间重要参数的基本特征与变化规律，为临近空间的认识、开发和利用服务发挥一定的作用。

## 创意特点

【请简要概述您提出的大数据创意方案的创意特点。如有已经有相关研究，增量在什么地方等等】

**特点1：**多站点、多设备长期观测数据的统计研究具备丰富的科学意义

目前国内部署相关大气电波观测台站较多，积累的数据丰富，但对数据的挖掘深度不够，国内数据在国际空间科学和大气科学相关学科内的影响力不够，中国上空的电磁环境扰动规律还不完善，本方案从特殊空间天气事件入手，开展电波观测数据的统计研究，对推动理解我国上空不同圈层、不同区域之间的大气耦合机制有重要意义，同时特殊空间天气事件也是多个学科的研究热点。本方案的研究成果对理解我国临近空间电磁环境变化在特殊空间天气事件期间所扮演的角色有重要意义。

**特点2：**特殊空间天气事件期间的研究成果具有实际应用价值

特殊空间天气事件常常给人类的空间天气活动带来灾难性影响，比如1989年3月13日至3月14日爆发了史称“魁北克事件”的太阳风暴，当时Dst指数为-589nT，导致加拿大魁北克地区大范围停电事件，600万居民停电9小时之久，损失功率近200亿瓦，直接经济损失达5亿美元。2000年6～7月份灾害性空间天气影响致使我国北方地区新乡至满洲里的短波通信遭受严重干扰，通信中断最长达17个小时。2001年４月发生的强烈太阳爆发事件，引发电离层强烈扰动，导致短波通信中断，期间还发生了美国飞机在海南撞毁我战斗机事件，电离层扰动对我搜救工作、形势判断和决策造成很大困难。2003年瑞典马尔默（400kv电网）的大停电事故。广东、江苏和浙江等发达地区（500kv电网）均发生过大量的磁暴侵害事件。其中，2004年11月9日磁暴事故中，广东岭澳核电站变压器的实测GIC最大值为75.5安培。空间天气事件还有可能导致卫星导航定位系统失锁，引起GPS系统无法定位或误差极大。研究空间天气变化的影响不仅是保障事关国计民生的重大设施安全运行的重大需求和迫切任务，也是当代科技发展的难题和挑战。在国家安全方面，空间天气剧烈变化可造成信息化装备瘫痪。侦察预警、导航定位、通信和天波超视距雷达等信息化装备使用主要受电离层、中高层大气和电磁波辐射等空间天气的影响。

本创意方案的研究成果能够应用于特殊空间天气事件下的大气建模、预警和预报等，保障我国一系列重大航天和空间活动任务的顺利进行。

**特点3：**研究结论将进一步推动新设备和新台站建设

根据特定的空间天气事件扰动研究结果可以反过来对空间参数探测站点的分布提出进一步精细化和网格优化需求，依据已有的科学需求和部分空间天气事件扰动研究结论对我国一些观测地区空缺和监测设备类型空缺给出科学参考。如进一步追踪中层和低热层中的动力学耦合过程，包括大气潮汐、行星波的垂直传播，中层和热层/电离层中的重力波传播，重力波在对流层中的激发及其在热层/电离层中的耗散等，有助于在局地空间上提高精细化设备建设需求。同时，方案的研究结论将有助于揭示中国电离层南北耦合的扰动传播特性，主要是我国来自北极地区电离层扰动和能量从我国中纬向低纬传播和能量耗散过程、高纬电场穿透、不同高度的电离层和热层的经度变化，这些科学问题的揭示将为我国无线电观测设备和电磁环境监测台站的网格化提供强有力的科学依据。

## 基本思路

【请简要阐述创意方案实施的基本思路和技术途径】

**基本思路：**

1、总结近20年来的特殊空间天气事件发生的时刻，确定统计数据分析的主要时间段；同时对这些特殊空间天气事件期间的各项地磁环境参数进行预分析，主要包括温度、风场、Kp、Dst、F10.7 等参数。

2、根据特殊空间天气事件期间的电磁环境大数据，主要是电波观测数据等，在中间层、低热层和电离层等三个主要圈层内提取异常扰动的波动参数。

3、总结同类事件在不同空间位置和不同发展时期内的扰动变化规律，进一步揭示特殊空间天气事件下的电磁环境统计规律。

**技术途径：**

基于Lomb-Scargle谱分析、小波变换技术从电波观测数据中提取潮汐、行星波等大气扰动分量，利用基于最小二乘法的谐波拟合技术定量给出这些扰动的时空分布，并计算热通量、动量通量、波通量和EP通量等参数确定，确定相关波动和能量的传播过程和传播路径。

## 预期成果

【请对创意方案的输出结果、结论等成果归纳描述】

预期成果丰富，能够进一步推动双方合作研究和人才培养。

**短期成果：**特殊空间天气事件下的不同圈层、不同区域的电磁环境扰动规律。利用现有的空间环境数据，结合近期主要空间天气事件，对相关波动和能量的传播路径和主要影响方式得到统计性科学结论，针对不同关注圈层（如中高层大气和电离层）在不同特殊空间天气事件下的扰动分析，明确所关注的天气事件对我国临界空间区域的影响。

**长期成果：**通过该创意方案的研究方法结合大赛提供的空间环境数据，对多个特殊空间天气事件期间的电磁环境进行研究得出相应结论发表高水平SCI论文，有利于推动双方合作研究和人才培养，进一步提升科学影响力和成果显示度。本团队所在实验室拥有众多中高层大气和电离层探测野外观测台站，如流星雷达、MF雷达、MST雷达、电离层测高仪、毫米波雷达等，在自有设备数据和其他公开数据上（如子午工程数据、卫星数据等）有丰富的处理和分析经验。本创意方案所产出的成果有利于推动对应领域的数据应用挖掘和深入的学术交流合作。在中高层大气和电离层等空间环境研究领域开展联合课题研究、高端人才的联合培养，为以后的学术联合、数据资源及成果共享打下坚实基础。

## 数据需求

【请提出实施创意方案的数据需求，并说明是否携带数据参加】

携带数据：特殊空间天气事件的确定时间段数据，以及事件期间的地球空间参数数据，涉及大赛电波观测数据下属的太阳活动数据、电离层探测数据、对流层观测数据等。

数据需求：近20年我国中纬、低纬多个站点空间环境的气球观测数据、流星雷达观测数据、测高仪观测数据、TEC观测数据等。

本团队将根据大赛提供数据类型、分布地点和观测时间段结合实际选定的特殊空间天气事件，以团队自有数据和公开数据为补充进行分析研究。

## 计算需求

【请提出实施创意方案最地的软硬件开发环境需要】

硬件开发环境：台式计算机（处理器不低于Intel i5，内存不低于16G，硬盘不低于500G，操作系统为Win7或Win10 64位）。

软件开发环境：Matlab2016a以上、IDL、Microsoft Word\Excel\PowerPoint。

## 团队基础

【请简要介绍一下团队现有基础】

本团队成员来自于武汉大学空间物理系中高层大气动力学研究团队，均为团队科学研究的骨干成员，有丰富的数据分析与处理、设备观测与维护等经验，主要研究方向为中高层大气及电离层动力学的探测研究，利用自有设备和部分公开数据在特殊空间天气事件等相关热点研究上拥有丰富的经验，发表多篇国际高水平SCI论文。

## 其他问题

【如有其它需要说明或协调事宜，请在此列出】

数据事宜：大赛方案的关注重点是特殊空间天线事件下的中高层大气和电离层相关响应研究，需要在大赛开始前知道举办方能提供的数据（电波观测数据下的太阳活动数据、电离层探测数据、对流层观测数据、地面电参数数据等）的详细说明目录，如站点位置、设备名称、产品数据格式、数据观测积累时间段等。

成果共享模式：为尊重知识产权和劳动成果，大赛所得结论及后期形成的论文等成果归双方共同所有，在双方共同协商的基础上进行成果发表或用于其他科学目的。未尽事宜可直接与本团队领队联系。