

# 宇宙线福布什下降期间羊八井云量的变化<sup>\*</sup>

王敏杰 何丽萍 贾焕玉<sup>1)</sup>

(西南交通大学现代物理研究所 成都 610031)

**摘要** 进入地球大气中的宇宙线强度发生变化,可能导致气候,比如云量的变化.利用羊八井中子监测器在2003—2004年观测到3次宇宙线福布什下降,在这期间同时记录了观测站点上空的云量变化.通过对宇宙线福布什下降期间羊八井上空云量的统计分析发现,宇宙线福布什下降期间云量增加,即云量对宇宙线福布什下降表现出明显的负响应.这表明,宇宙线福布什下降期间,低纬度薄云层地区云量增加,与其他观测结果相一致.

**关键词** 宇宙线 福布什下降 云量

## 1 引言

来自于宇宙空间的宇宙线粒子具有使地球大气电离的能力,进入地球环境中的宇宙线受到太阳活动的调制,强度发生变化,可能导致气候的变化<sup>[1]</sup>.1997年,Svensmark和Friis-Christense<sup>[2]</sup>指出宇宙线强度变化与地球云量(CR-C)存在关联.Pall和Buller<sup>[3,4]</sup>以及Marsh<sup>[5]</sup>等对CR-C关联做了进一步研究,Carslaw<sup>[6]</sup>也提出CR-C关联的物理机制.但对这一问题现在仍然存在着分歧和争论<sup>[7,8]</sup>,并成为一个研究热点.

由于地球气候变化是非常复杂的过程,影响因素很多,采用较长的时间尺度,如11年太阳活动周期,分析CR-C之间的关联很难将宇宙线与其他影响因素区分开<sup>[9]</sup>.但可以利用宇宙线短时间尺度的变化来对此进行研究,比如宇宙线福布什下降<sup>[10]</sup>.宇宙线福布什下降是由太阳日冕物质抛射造成行星际磁场扰动所引起的宇宙线强度不规则迅速下降现象<sup>[11]</sup>.宇宙线福布什下降平均下降幅度为4.7%<sup>[12]</sup>.云层变化与宇宙线福布什下降有相似的时间特征,可以通过观测宇宙线福布什下降期间地球云量的变化来分析研究CR-C关联.Pudokin和Veretenko<sup>[13]</sup>对42个宇宙线福布什下降事例(1969—1986年)做了上述研究,发现宇宙线福布什下降期间,冬季高纬度

总的云层覆盖量有明显下降,低纬度云量有增加的趋势.Todd和Kniveton<sup>[14]</sup>对ISCCP(International Satellite Cloud Climate Project)数据研究结果显示,在宇宙线福布什下降前后,全球范围内云层覆盖下降1.4%,极地地区有显著下降,而在 $\varphi = 30^\circ\text{N}$ 附近云量有增加.这些研究中用到的全球云量数据和数据精度有限,局域云量变化采用目测,这造成了统计性和客观可信性的不足.

位于地球低纬度的西藏羊八井观测站是世界著名的宇宙线观测站,对宇宙线的观测具有独特的地理优势,可以很好地监测宇宙线强度的变化<sup>[15]</sup>,同时利用红外辐射计数器记录了观测站上空某一局部区域的云量长期连续的变化数据.本文利用近2年观测到的大的福布什下降,研究宇宙线福布什下降期间羊八井云量的变化,分析和讨论CR-C关联.

## 2 云量和宇宙线实验测量

1998年中日合作在西藏羊八井( $30.11^\circ\text{N}$ ,  $90.53^\circ\text{E}$ , 海拔4300m,垂直截止刚度14.1GV)建成由28支NM-64型中子管组成的中子监测器系统,主要探测500MeV—20GeV能量范围的原初宇宙线粒子,来观测地面宇宙线流强的变化<sup>[16]</sup>.羊八井中子监测器于

2005-03-05 收稿

\*国家自然科学基金(10120130794)资助

1) E-mail: hyjia@home.swjtu.edu.cn

1998年10月正式运行并开始采集数据,计数率达到 $1.06 \times 10^7/\text{h}$ . 通过将宇宙线福布什下降期间羊八井中子监测器数据与世界其他观测站相应数据的对比,发现结果完全一致. 这证明羊八井中子监测器一直运转正常,数据可靠,能够用于特别是与太阳活动有关的宇宙线强度变化,如福布什下降的监测.

为了监测羊八井上空云量的变化,2002年在羊八井宇宙线观测站安装了一台红外辐射计数器,通过探测来自于天空、波长为 $10\mu\text{m}$ 的红外辐射来持续观测云量. 如果天气晴朗,空气中大部分只是残留的水蒸气,此时天空温度在 $-40\text{--}100^\circ\text{C}$ ;如果有云层,那么这一区域的温度就会升高,达到 $-20^\circ\text{C}$ ,或者更高. 辐射计数器通过红外线探测天空温度,再将温度转化为电压,将电压值记录在辐射计数器存储器上,每15min记录一次. 温度和电压的对应关系见图1.

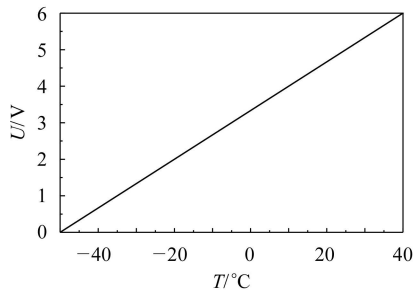


图1 温度和电压的关系图

天空的云量均以辐射计数器记录的电压值来表示. 不同的电压值对应着不同的云量状态,比如 $U < 1\text{V}$ ,对应着云量很少,天空晴朗; $U = 3\text{--}5\text{V}$ 云量较多,天空多云; $U > 5\text{V}$ 云量很多,云层很厚.

为避免太阳光直射和雨水对探测窗口的影响,计数器探测窗口向北倾斜约 $20^\circ$ . 辐射计数器的视角为窗口方向中心约 $2^\circ$ 的空间立体角. 通过对羊八井上空小立体角内云量的观测即可实现云量的持续客观探测.

### 3 数据分析结果

利用羊八井中子监测器每小时计数率的数据,在2003—2004年期间监测到3次显著的宇宙线福布什下降事件. 南北极区截止刚度为零的McMurdo和Thule及其他台站也同时观测到了这几次下降<sup>[17]</sup>. 下面对于一次事件可能包含连续的几次小的下降,只作为一次宇宙线福布什下降事件考虑.

定义宇宙线强度下降幅度超过3%时为福布什下降的开始时刻,记为关键天( $t = 0\text{d}$ );宇宙线强度逐渐

恢复到下降前的80%水平时为福布什下降的结束时刻.

羊八井中子监测器数据显示2003年10月22日0700UT左右发生了明显的宇宙线福布什下降,将22日记为 $t = 0\text{d}$ ,如图2所示. 图中同时给出了在宇宙线福布什下降期间羊八井上空云量的变化. 由图中还可以看出,宇宙线福布什下降开始后,随着宇宙线强度逐渐下降,云量开始有明显的增加,在3—4d达到最大值,之后又逐渐下降,在5—6d恢复到0d之前的水平. 即云量在宇宙线计数下降的过程中有明显的增加. 图也显示,福布什下降到最低处( $t = 7\text{d}$ )时,云量较之平时没有明显的变化,其原因还不清楚.

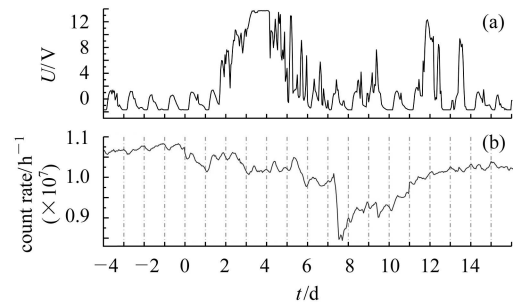


图2 2003年10月宇宙线福布什下降与云量的对比图

(a) 为云量变化; (b) 为气压修正后的宇宙线计数率. 其中 $t = 0\text{d}$ 对应着22日.

在2004年7月22日0800UT左右和2004年11月7日2300UT左右发生的宇宙线福布什下降期间,云量的变化也有相似的情况. 将3次事件按发生的时间分别记为200310, 200407和200411. 统计福布什下降期间晴朗天空出现的比率,结果列于图3中. 由于季节不同,天空的红外辐射背景不同,记录到的电压值不同,冬季电压值较低,夏季相对较高. 所以对不同月份的云量采用不同的电压标准来统计天空晴朗的比率. 对于200407将 $U < 1.5\text{V}$ 视为天空晴朗,而200310和

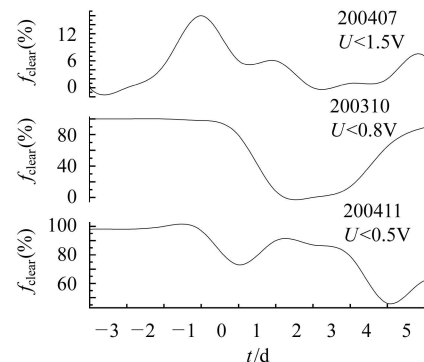


图3 3次福布什下降期间,每天晴朗天空出现的比率

200411, 则分别为  $U < 0.8V$  和  $U < 0.5V$  (见图 3). 图 3 表明, 从  $t=0d$  开始天空晴朗的比率开始逐渐下降, 到  $t \approx 5d$  时恢复正常. 尽管 200411 在  $t=1d$  时有少量增加, 但整体来看仍然有下降趋势. 天空晴朗的比率减少说明羊八井上空云量在宇宙线福布什下降期间是增加的.

将 3 次福布什下降期间平均每天的云量叠加, 并对数据做高斯拟合 (如图 4 所示). 结果表明, 从  $t=0d$  开始云量有显著的增加, 在  $t=2-3d$  达到最大值. 之后逐渐恢复, 在  $t=7d$  达到正常水平.

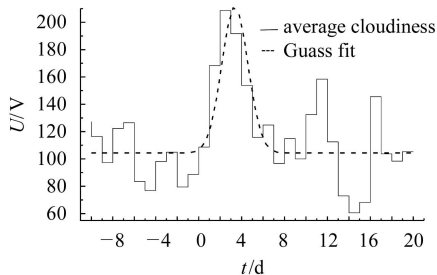


图 4 3 次福布什下降期间叠加云量变化图(曲线为高斯拟合结果)

## 4 结论与讨论

羊八井中子监测器在 2003—2004 年观测到 3 次宇

宙线福布什下降, 在这期间同时记录下了观测站点上空的云量变化. 通过对宇宙线福布什下降期间羊八井上空云量的统计分析发现, 宇宙线福布什下降期间云量增加, 即云量对宇宙线福布什下降表现出明显的负响应. Kniveton<sup>[18]</sup>曾研究指出, 在宇宙线福布什下降期间, 厚云层的地区云量显著减少; 薄云层的地区云量增加. 西藏羊八井地处青藏高原, 具有典型的高原气候特点, 上空云层变化和移动很快, 属于薄云层地区. 因此我们的结果与 Kniveton 的符合. 另外羊八井位于北纬  $30.11^\circ$ , Pudokin 和 Veretenko 给出的结果显示, 在这个纬度附近宇宙线福布什下降期间云量有增加的趋势; Todd 和 Kniveton 的结果也表明在  $\varphi = 30^\circ N$  附近云量有明显的小量增加. 这些与我们的结果相一致.

羊八井红外辐射计数器对地面上空约  $2^\circ$  的空间立体角内的云量进行持续探测, 但无法区分云量的高度, 为了详细研究宇宙线与云量的关系, 需要更详细的云量数据, 比如高、中、低层云等. 另外由于太阳正处于活动平静期, 宇宙线福布什下降的次数相对较少, 造成福布什下降期间云量变化研究的统计量不足, 需要进一步积累数据, 以增加统计量.

作者感谢参与羊八井宇宙线观测站工作的所有中外合作者和 Werner Hofmann 教授.

## 参考文献(References)

- Ney E P. Nature, 1959, **183**(4659): 451
- Svensmark H, Friis-Christensen E. J. Atmos. & Solar Terr. Phys., 1997, **59**: 1225
- Palle Bago E, Butler C J. Astron. and Geophys., 2000, **41**: 418
- Palle Bago E, Butler C J, Brien K O. J. Atmos. & Solar Terr. Phys., 2004, **66**: 1779
- Marsh N, Svensmark H. Phys. Rev. Lett., 2000, **85**: 5004
- Carlsaw K S, Harrison R G, Kirkby J. Science, 2002, **298**: 1732
- Kernthaler S C, Toumi R, Haigh J. Geophys. Res. Lett., 1999, **26**: 863
- Kristjansson J E, Kristiansen J. J. Geophys. Res., 2000, **105**: 11851
- JIA Huan-Yu. Nuclear Physics Review, 2004, **21**(3): 218(in Chinese)
- (贾焕玉. 原子核物理评论, 2004, **21**(3): 218)
- Forbush S E. Physical Review, 1937, **51**: 1108
- Cane H V. Space Science Reviews, 2000, **93**(1—2): 55
- Todd M C, Kniveton D R. Journal of Geophysical Research, 2004, **66**: 1205
- Pudovkin M I, Veretenenko S V. J. Atmos. Solar Terr. Phys., 1995, **57**(11): 1349
- Todd M C, Kniveton D R. Journal of Geophysical Research, 2001, **106**(D23): 32031
- JIA Huan-Yu, WANG Shun-Jin. HEP & NP, 2001, **25**: 277(in Chinese)  
(贾焕玉, 王顺金. 高能物理与核物理, 2001, **25**: 277)
- ZHANG Ji-Long et al. HEP & NP, 2004, **24**: 1081(in Chinese)  
(张吉龙等. 高能物理与核物理, 2004, **24**: 1081)
- <http://www.env.sci.ibaraki.ac.jp/ftp/pub/>
- Kniveton D R. J. Atmos. Solar Terr. Phys., 2004, **66**: 1135

# Cloudiness Variation Observed at Yangbajing during Forbush Decrease of Galactic Cosmic Rays<sup>\*</sup>

WANG Min-Jie HE Li-Ping JIA Huan-Yu<sup>1)</sup>

(Institute of Modern Physics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract** Due to the solar modulation and other factors, the cosmic ray flux has some changes which maybe induce variation of the Earth's climate, such as cloudiness. It is possibly an effective way to research connection between cosmic ray and cloud through studying effect on cloudiness of galactic cosmic ray flux associated with Forbush decrease (FD) events, because climate variation, especially cloudiness, has a response to the FD events. Three FD events had been recorded with Yangbajing neutron monitor during the years from 2003—2004. Variation of cloudiness following FD over the regions of Yangbajing cosmic ray observation has also been observed by infrared radiometer. By statistically analyzing the FD events, it has been found that significant increase of cloud takes place during FD events. The results indicate that the cloudiness increases at lower latitudes in the regions of thinner cloud, which is consistent with results at this lower latitudes found by other investigators.

**Key words** cosmic ray, forbush decrease, cloudiness

---

Received 15 March 2005

<sup>\*</sup>Supported by National Natural Science Foundation of China(10120130794)

1) E-mail: hjjia@home.swjtu.edu.cn