



全球变化热门话题丛书

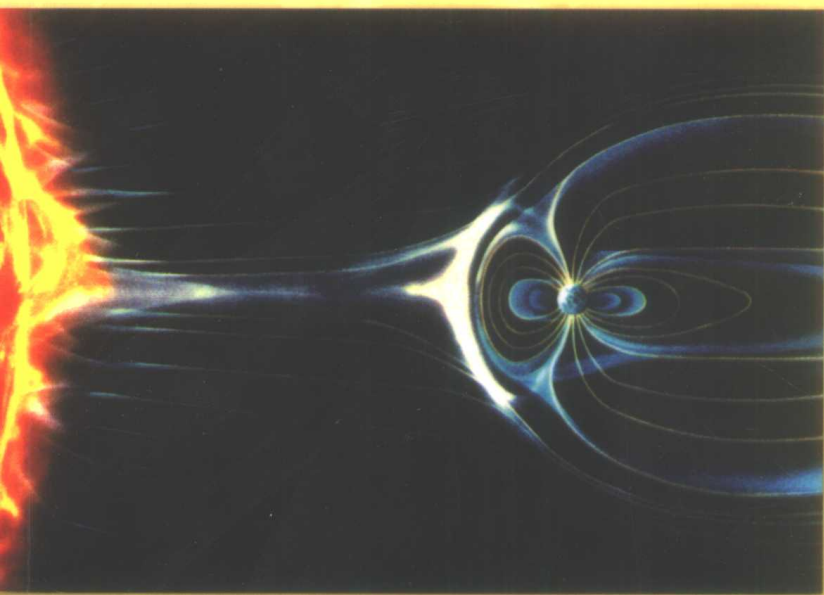
主编 秦大河

太阳风暴

GLOBAL CHANGE



张元东 王家龙 编著



气象出版社



全球变化热门话题丛书

主 编 秦大河
副主编 丁一汇 毛耀顺

太阳风暴

Taiyang Fengbao

张元东 王家龙 编著

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

太阳风暴/张元东,王家龙编著. —北京:气象出版社,2003.3

(全球变化热门话题/秦大河主编)

ISBN 7-5029-3542-8

I. 太… II. ①张…②王… III. 太阳活动-影响-地球-普及读物 IV. P182.9-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 014434 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街 46 号 邮编:100081)

责任编辑:方益民 成秀虎 终审:周诗健

封面设计:新视窗工作室 责任技编:陈红 责任校对:单时

*

北京京科印刷有限公司印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

*

开本:889×1194 1/32 印张:6.25 字数:162千字

2003年3月第一版 2003年3月第一次印刷

印数:1—5000 定价:16.00元

序 言

全球变化科学是从 20 世纪 80 年代发展起来的一个新兴的科学领域。其研究对象是气候系统(包括岩石圈、大气圈、水圈、冰冻圈和生物圈)、各子系统内部以及各子系统之间的相互作用。它的科学目标是描述和理解人类赖以生存的气候系统运行的机制、变化规律以及人类活动在其中所起的作用与影响,从而提高对未来环境变化及其对人类社会影响影响的预测和评估能力。近 20 年来,全球变化的研究方向经历了重大调整。首先是从认识气候系统基本规律的纯基础研究为主,发展到与人类社会可持续发展密切相关的一系列生存环境实际问题的研究;其次是从研究人类活动对环境变化的影响,扩展到研究人类如何适应和减缓全球环境的变化。全球变化的研究已经取得了重大的进展。

气候变化是全球变化研究的核心问题和重要内容。科学研究表明,近百年来,地球气候正经历一次以全球变暖为主要特征的显著变化。近 50 年的气候变暖主要是人类使用矿物燃料排放的大量二氧化碳等温室气体的增温效应造成的。现有的预测表明,未来 50~100 年全球的气候将继续向变暖的方向发展。这一增温对全球自然生态系统和各国社会经济已经产生并将继续产生重大而深刻的影响,使人类的生存和发展面临巨大挑战。

自工业革命(1750 年)以来,大气中温室气体浓度明显增加。大气中二氧化碳的浓度目前已达到 368 ppmv(百万分之一体积),这可能是过去 42 万年中的最高值。增强的温室效应使得自 1860 年有气象仪器观测记录以来,全球平均温度升高了 $0.6 \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

最暖的 14 个年份均出现在 1983 年以后。20 世纪北半球温度的增幅可能是过去 1 000 年中最高的。降水分布也发生了变化。大陆地区尤其是中高纬地区降水增加,非洲等一些地区降水减少。有些地区极端天气气候事件(厄尔尼诺、干旱、洪涝、雷暴、冰雹、风暴、高温天气和沙尘暴等)的出现频率与强度增加。近百年我国气候也在变暖,气温上升了 $0.4\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,以冬季和西北、华北、东北最为明显。1985 年以来,我国已连续出现了 17 个全国大范围暖冬。降水自 20 世纪 50 年代以后逐渐减少,华北地区出现了暖干化趋势。

对于未来 100 年的全球气候变化,国内外科学家也进行了预测。结果表明:(1)到 2100 年时,地球平均地表气温将比 1990 年上升 $1.4\sim 5.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这一增温值将是 20 世纪内增温值($0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右)的 2~10 倍,可能是近 10 000 年中增温最显著的速率。21 世纪全球平均降水将会增加,北半球雪盖和海冰范围将进一步缩小。到 2100 年时,全球平均海平面将比 1990 年上升 $0.09\sim 0.88\text{ m}$ 。一些极端事件(如高温天气、强降水、热带气旋强风等)发生的频率会增加。(2)我国气候将继续变暖。到 2020~2030 年,全国平均气温将上升 $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$;到 2050 年,全国平均气温将上升 $2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。我国气候变暖的幅度由南向北增加。不少地区降水出现增加趋势,但华北和东北南部等一些地区将出现继续变干的趋势。

气候变化的影响是多尺度、全方位、多层次的,正面和负面影响并存,但它的负面影响更受关注。全球气候变暖对全球许多地区的自然生态系统已经产生了影响,如海平面升高、冰川退缩、湖泊水位下降、湖泊面积萎缩、冻土融化、河(湖)冰迟冻与早融、中高纬生长季节延长、动植物分布范围向极区和高海拔区延伸、某些动植物数量减少、一些植物开花期提前等等。自然生态系统由于适应能力有限,容易受到严重的、甚至不可恢复的破坏。正面临这种危险的系统包括:冰川、珊瑚礁岛、红树林、热带雨林、极地和高山生态系统、草原湿地、残余天然草地和海岸带生态系统等。随着气候变化频率和幅度的增加,遭受破坏的自然生态系统在数目上会有所

增加,其地理范围也将增加。

气候变化对国民经济的影响可能以负面为主。农业可能是对气候变化反应最为敏感的部门之一。气候变化将使我国未来农业生产的不稳定性增加,产量波动大;农业生产布局 and 结构将出现变动;农业生产条件改变,农业成本和投资大幅度增加。气候变暖将导致地表径流、旱涝灾害频率和一些地区的水质等发生变化,特别是水资源供需矛盾将更为突出。对气候变化敏感的传染性疾病(如疟疾和登革热)的传播范围可能增加;与高温热浪天气有关的疾病和死亡率增加。气候变化将影响人类居住环境,尤其是江河流域和海岸带低地地区以及迅速发展的城镇,最直接的威胁是洪涝和山体滑坡。人类目前所面临的水和能源短缺、垃圾处理和交通等环境问题,也可能因高温、多雨而加剧。

由于全球增暖将导致地球气候系统的深刻变化,使人类与生态环境系统之间业已建立起来的相互适应关系受到显著影响和扰动,因此全球变化特别是气候变化问题得到各国政府与公众的极大关注。

1979 年的第一次世界气候大会(主要由科学家参加)宣言提出:如果大气中的二氧化碳含量今后仍像现在这样不断增加,则气温的上升到 20 世纪末将达到可测量的程度,到 21 世纪中叶将会出现显著的增温现象。1990 年 11 月,第二次世界气候大会(由科学家和部长参加)通过了《科学技术会议声明》和《部长宣言》,认为已有一些技术上可行、经济上有效的方法,可供各国减少二氧化碳的排放,并提出制定气候变化公约的问题。1991 年 2 月联合国组成气候公约谈判工作组,并于 1992 年 5 月完成了公约的谈判工作。1992 年 6 月联合国环境与发展大会期间,153 个国家和区域一体化组织正式签署了《联合国气候变化框架公约》。1994 年 3 月 21 日公约正式生效。截止到 2001 年 12 月共有 187 个国家和区域一体化组织成为缔约方。公约缔约方第一次大会于 1995 年 3 月在德国柏林召开。经过两年的艰苦谈判,1997 年 12 月在日本京都召开

的公约第三次缔约方大会上通过了《京都议定书》，为发达国家规定了到 2008~2012 年的具体的温室气体减排义务。

1988 年 11 月世界气象组织和联合国环境规划署建立了“政府间气候变化专门委员会(IPCC)”，其主要任务是定期对气候变化科学知识的现状、气候变化对社会和经济的潜在影响，以及适应和减缓气候变化的可能对策进行评估，为各国政府和国际社会提供权威的科学信息。自成立以来，IPCC 已组织世界上数以千计的不同领域的科学家完成了三次评估报告及“综合报告”。目前，IPCC 正在准备编写第四次评估报告，将于 2007 年完成。此外，还组织编写了许多特别报告、技术报告。IPCC 组织编写的这些评估报告，作为制定气候变化政策和对策的科学依据提交给国际社会和各国政府。它不仅为各国政府部门制定气候变化对策提供了科学信息，而且也直接影响着《联合国气候变化框架公约》及《京都议定书》的实施进程，并在荒漠化、湿地等其他国际环境公约的活动中发挥着越来越大的作用。

全球气候变化问题，不仅是科学问题、环境问题，而且是能源问题、经济问题和政治问题。全球气候变化问题将给我国带来许多挑战、压力和机遇。

国际上要求我国减排温室气体的压力越来越大。目前我国二氧化碳排放量已位居世界第二，甲烷、氧化亚氮等温室气体的排放量也居世界前列。预测表明，到 2025~2030 年间，我国的二氧化碳排放总量很可能超过美国，居世界第一位；目前低于世界平均水平的我国人均二氧化碳排放量可能达到世界平均水平。由于技术和设备相对落后、陈旧，能源消费强度大，我国单位国内生产总值的温室气体排放量比较高。

我国减排温室气体的潜力受到能源结构、技术和资金的制约。煤是我国的主要能源，在我国一次能源消费中，煤炭约占 70%。受能源结构的制约，我国通过调整能源结构来减少二氧化碳排放量的潜力有限。如果近期就承担温室气体控制义务，我国的能源供应

将受到制约。同时,因缺少相应的技术支撑,我国的经济发展将受到严重影响。因此,我国的能源结构和减排成本决定了我国不可能过早地承诺减排义务。在相当一段时期内,我国应坚持“节约能源、优化能源结构、提高能源利用效率”的能源政策,但是需要相当的技术和资金作为保证。目前发达国家希望通过“清洁发展机制(CDM)”项目,从发展中国家获得减排抵消额。这将为发展中国家获得新的投资和技术转让带来机遇。

我国党和政府对气候变化问题一直非常重视,早在1986年就成立了国家气候委员会,其职责是参加国际有关组织相应的活动,并在开展气候研究、预报、服务等工作中,负责对外的国际合作、交流,对内起到组织协调的作用,并与各有关部门共同协商、配合工作,充分发挥各有关单位的积极性,使气候科学更好地为国家建设服务。1995年成立了国家气候中心,专门从事气候监测、预测和评价等工作,为我国经济建设和社会发展提供了卓有成效的服务。目前,气候变化与生态环境问题已引起党和政府的高度关注。但是总体来看,迄今为止我国还未把适应与减缓气候变化影响的问题真正提上议事日程,这方面的研究仍十分薄弱和不足。由于全球气候变暖可能给我国自然生态系统和社会经济部门带来难以承受的、不可逆转的、持久的严重影响。因此,应对全球气候变暖的影响,趋利避害,应成为我国实施可持续发展时必须重视的问题之一。需要全面深入研究气候变化对我国自然生态系统和国民经济各部门的影响后果、可采取的适应与减缓措施,并在对其进行成本-效益分析的基础上,提出我国适应与减缓气候变化影响的规划和行动计划。

为了宣传和普及气候和气候变化方面的科学知识,提高公众在全球变化问题上的科学认识,我们组织编撰出版这套《全球变化热门话题》丛书。本套丛书一共18册,由国内相关领域的知名专家撰稿,内容包括以下三方面:一是以大量监测数据为基础,揭示全球变化的若干事实及其在各个分系统中的表现形式;二是以太阳

辐射、大气化学、大气物理、环境和生态演变等多学科交叉理论为基础,深入浅出地阐述气候变化的成因;三是以可持续发展理论为指导,提出人类适应和减缓全球变化的各种对策、途径和方法。该丛书的出版,旨在使人们对全球变化有清醒而全面的科学认识,从而更加关注全球变化,并且在更高的层次上、更广泛的范围内认识我国在全球变化中的地位和作用,自觉参与人类社会的共同决策,保护人类赖以生存的地球环境。

国家气候委员会主任
中国气象局局长

秦大河

2003年3月23日

目 录

第一章 太阳与太阳观测	(1)
宇宙中的太阳	(1)
太阳的内部与太阳大气	(5)
太阳的内部构造	(6)
太阳大气	(8)
起源于太阳大气中的太阳活动	(15)
多种多样的太阳活动	(15)
太阳黑子与光斑	(15)
色球层的谱斑与暗条	(17)
冕洞、冕环和日冕凝聚区	(18)
太阳活动的光学观测	(19)
太阳活动的白光成像观测	(19)
太阳活动的单色光观测	(20)
太阳活动的光谱观测和磁场观测	(23)
太阳活动的射电观测	(24)
太阳活动的单频率射电流量密度观测	(25)
太阳活动的运动射电频谱观测	(26)
太阳活动的射电成像观测	(26)
太阳活动的空间观测	(27)
第二章 太阳黑子	(30)
单个太阳黑子的一般性质	(30)

黑子的形态	(30)
黑子中的物质流动、物态和磁场	(32)
黑子的群居性与黑子群的形态分类	(34)
黑子群的磁分类	(39)
太阳黑子活动的周期性	(41)
黑子群在日面上的分布规律	(43)
黑子群在日面上的纬度分布	(43)
黑子群的磁场极性在日面上的分布规律	(44)
巴布柯克—莱顿学说	(46)
第三章 太阳风暴	(49)
太阳耀斑	(49)
太阳耀斑的时间过程	(50)
太阳耀斑的空间结构	(52)
太阳耀斑与黑子的关系	(53)
太阳耀斑的分级	(53)
耀斑与黑子数的关系	(54)
耀斑与黑子群形态的关系	(54)
耀斑与黑子群的位置关系	(55)
日冕物质抛射	(56)
日冕物质抛射的一般形态	(57)
日冕物质抛射的基本特征量	(57)
日冕物质抛射与其他种太阳活动的关系	(59)
日地空间结构	(60)
大太阳风暴及其对地球空间环境的影响	(63)
1989年3月的系列太阳风暴	(64)
1989年3月太阳风暴对地球空间环境的影响	(65)
第四章 太阳活动预报	(68)
太阳活动预报的实用意义和分类	(68)

太阳活动预报的实用意义	(68)
太阳活动预报的分类	(70)
太阳活动预报	(71)
太阳活动的长期预报	(71)
太阳活动的中期预报	(73)
太阳活动的短期预报	(74)
第五章 太阳活动与地球环境变化	(77)
地磁场变化	(77)
概述	(77)
地磁变化指数	(79)
地磁变化与太阳的关系	(83)
电离层变化	(89)
电离层的结构	(89)
电离层扰动	(92)
极光	(95)
极光的概况	(95)
极光与太阳活动的关系	(96)
臭氧洞	(98)
臭氧洞的危害性	(98)
臭氧洞概况	(98)
臭氧洞与太阳活动	(101)
第六章 太阳活动与气象灾害	(105)
太阳活动与天气、气候关系研究概述	(105)
“日 气关系”的若干事例	(108)
太阳活动与降水量的关系	(109)
太阳活动与气温的关系	(111)
太阳活动与气压及环流的关系	(116)
太阳活动与我国旱涝灾害	(124)

在较大时空尺度中的关系·····	(124)
在较小时空尺度中的关系·····	(128)
太阳活动与海冰灾害 ·····	(133)
“太阳—气候关系”的物理机制问题 ·····	(135)
我国对“臭氧机制”的研究·····	(135)
我国对“大气电机制”的研究·····	(141)
太阳活动与冰期 ·····	(149)
第七章 太阳活动与地震灾害 ·····	(157)
地震活动的某些规律 ·····	(157)
世纪周期·····	(158)
中长周期·····	(159)
年周期及更短周期·····	(161)
周期对应关系 ·····	(162)
磁暴地震二倍法 ·····	(168)
第八章 太阳活动与人生 ·····	(173)
太阳活动与优生优育 ·····	(173)
小剂量辐射的有益效应·····	(174)
太阳辐射变化对先天素质的影响·····	(175)
太阳活动与优生优育·····	(177)
太阳活动与急性传染病 ·····	(178)
太阳活动与心血管病、精神病 ·····	(182)
太阳活动与交通事故 ·····	(184)
参考文献 ·····	(187)
后记 ·····	(189)

第一章

太阳与太阳观测

宇宙中的太阳

人类一向关心太阳和太阳活动,这是因为太阳不仅提供了我们人类生存与发展所需的绝大部分能量,太阳活动还影响着我们的生存环境。然而,一个明显的问题是,近百年来,特别是近几十年来,为什么人类对太阳和太阳活动投入了异常大的关注与研究力量?从百年或千年尺度来看,太阳作为距离我们最近的一颗恒星,它与地球的运动关系并无可察觉的变化,它的表面温度并无明显的总体起伏,它的总辐射量并无单调的上升或下降,但是为什么今天的人类会如此地重视太阳上发生的种种变化呢?让我们看看这样几个现实:当我们发射和操控卫星的时候,我们会担心太阳的高能粒子辐射击毁卫星上的装备;当我们预测粮食的收获时,我们需要考虑太阳黑子的周期性活动;当我们讨论气候变迁时,我们必须思索太阳活动的起伏……凡此种种,使我们感到太阳与我们人类的关系随着人类文明的发展、应用科学与技术能力

的提高而变得更密切了,更复杂了。这也正是我们对前面所提问题的回答。尽管如此,太阳活动毕竟是发生在太阳大气中局部区域的现象,虽然不同的局部区域之间可能有紧密的联系。太阳活动是发生在一个总体上稳定的太阳之上,因此,我们首先介绍一下宇宙中的太阳和太阳的总体情况,对于我们理解太阳活动是有益的。

宇宙中的星体并非均匀地分布,它们倾向于群居,形成一个个的星系,每个星系中含有千千万万颗恒星。太阳是银河星系中的一个普通的恒星。从上下来看,星体在银河系中的总体分布像一个圆盘,在圆盘中恒星和气体的分布也不是均匀的,而是相对集中于圆盘的中心(称银心)的附近和由银心向外形成几条旋臂状结构。从侧面看银河系,它像一个体育运动中使用的铁饼,中间成一个突起的核状,向外延伸,越到边缘越薄,如图 1.1 所示。银河系的星体除主要集中于铁饼状的区域(称为银盘)之外,还有星体较稀疏地分布在银盘的周围,呈球状。从银心到银盘的边缘,即银河系的半径,约有几万光年(1 光年是光行一年的距离,约为 $9.4605 \times 10^{12} \text{km}$)。银盘边缘所决定的平面称为银盘面,我们的太阳就位于银盘的一

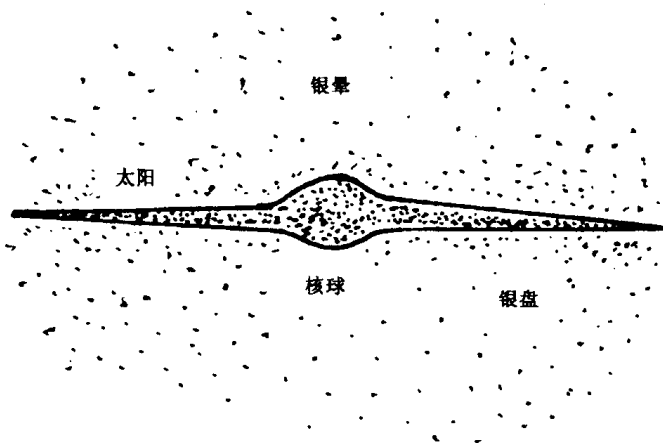


图 1.1 侧观银河系的形状

(胡文瑞, 赵学溥 1987)

个旋臂中,距银道面约为 26 光年,距银心有 1 万个秒差距之遥(1 个秒差距是 $3.0857 \times 10^{13} \text{km}$)。太阳随着它所在的旋臂年复一年地绕银心以每秒 200 多公里的速度运动,约 2 亿多年才绕银心一周。当然,太阳系和我们的地球也随着太阳参与这种运动。

在茫茫的恒星世界,给恒星作分类是人类试图区分恒星的第一步。在黑夜中目视恒星,最显著的差别就是星的颜色不同和亮度不同。星的不同颜色实际上反映了它们的不同温度。我们知道,发蓝光的物体的温度要比发红光的物体的温度高。这样,对于恒星颜色或温度的分类就发展成了用恒星的光谱特征来作恒星分类的标准,将恒星分成 O、B、A、F、G、K 和 M 等 7 种光谱型。每一种光谱型的恒星具有一个近似的等效表面温度。所谓等效表面温度,是指把恒星表面的辐射当作绝对黑体的辐射时,绝对黑体所具有的温度。表 1.1 中列出了恒星的光谱类型与它们的等效表面温度。

表 1.1 恒星的光谱型及其对应的等效表面温度

光谱型	等效表面温度	光谱型	等效表面温度
O 型	~30 000K	G 型	~5 500K
B 型	~20 000K	K 型	~4 000K
A 型	~10 000K	M 型	~3 200K
F 型	~7 000K		

此外,为了更细致地给恒星分类,在每一个光谱型中又设有从 0 到 9 的 10 个等级。太阳为黄色被分在 G2 型,它的等效表面温度约 5770K。

另一方面,恒星的亮度也是恒星分类的一个重要参量。最早提出的一个只用恒星亮度给恒星分等的办法是目视星等方法。该方法无视恒星到地球的距离,把 21 颗目视最亮的恒星定为 1 等,把目视最暗的恒星定为 6 等,通过下式来比较恒星的目视星等与亮度。

$$m_2 = m_1 - 2.5 \lg(I_2/I_1)$$

式中 m_1 与 m_2 分别表示 2 颗星的目视星等, I_1 与 I_2 分别为这两颗星的亮度。用这种方法给太阳定出的目视星等是 -26.7 等,天狼星的目

视星等是 -1.6 等。所以看起来太阳比天狼星亮百亿倍。但是这样定出的星等,由于没有考虑恒星到地球的距离远近,所以不能表示恒星的真实亮度。如果把所有的恒星都放在距我们10秒差距的地方给它们定目视星等,这时的星等就称为“绝对星等”。绝对星等完全可以表示恒星的真实亮度。我们太阳的绝对星等是 $+4.8$,天狼星的绝对星等是 $+1.4$,实际上天狼星的真实亮度比太阳大30多倍。若把太阳放在离我们10秒差距的地方,看上去太阳只是一颗暗黄星。

太阳是一颗普通的典型的恒星,这可以从它在恒星的光谱型—绝对星等(或光度)图中的位置看出来。恒星以其光谱型和绝对星等为参量,在光谱型为横坐标、绝对星等为纵坐标的图中的分布是很有规律的,如图1.2所示。这种图也简称赫—罗图,是由天文

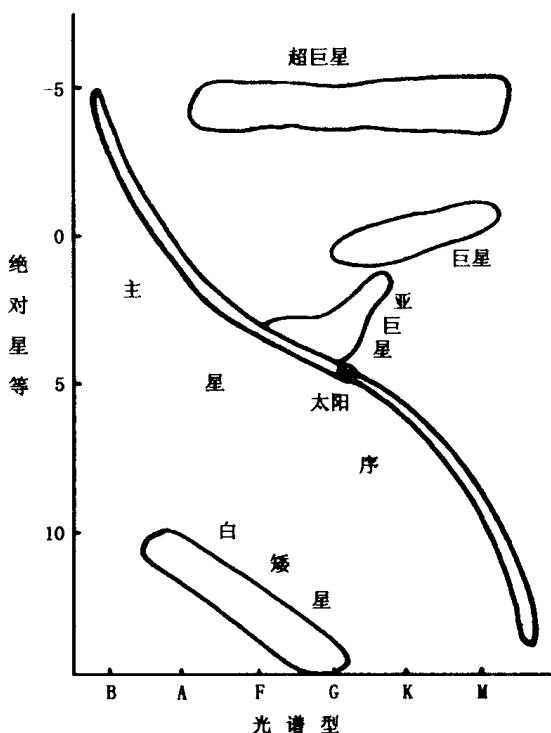


图 1.2 恒星的光谱型—绝对星等图(赫—罗图)

(叶式辉 1982)