

深空照相天图集

李 竞

(中国科学院北京天文台)

提 要

概要地回顾了应用广角天体照相仪的照相天图发展历史。简要地介绍了十二种著名的巡天星图。文章评述了施密特光学系统发明以来的四种深空天图,它们是帕洛玛天图、ESO/SRC南天天图、帕洛玛银道带红外天图和南天红外天图。最后,介绍了应用帕洛玛天图所取得的成就,还展望了新的天图计划。

用大口径广角天体照相仪和高效率的照相乳胶,在银道带天区,只需30—60分钟的露光时间,即可在25—36平方度的视场,获得 10^5 — 10^6 个天体的位置、亮度、颜色、形态等多种信息。用一次有限时间的采集可获得如此大量的天体信息的独有特性,使得天体照相方法,从诞生以来,虽已历经了一百多年的岁月,仍为地面光学天文学的一个不可取代的有效研究手段。

一、历史的回顾

十九世纪六十年代, L. M. Rutherford 等探索天体照相方法的先驱者们,成功地取得疏散星团的照片^[1]。将这一新成果和传统的目视测量相对比,照相方法在瞬时记录的客观性、全视场天体信息的完整性、低亮度水平的累积性,以及天体记录的长期存档的文献性等几个方面的优越特征,随即为天文学界一致公认。然而,若要充分而全面地发挥照相巡天的潜力,除了要有效率高、性能稳定的照相乳胶外,必须具备与作为辐射接收器的多种类型底片都能匹配的聚光设备,即要有成像良好、视场尽可能大的天体照相仪。所以,星空照相巡视的历史,实质上是天文光学系统,天文照相乳胶的性能和效率、洗印和敏化,以及滤光技术的发展史。

英国皇家天文学家D. Gill因于1881—1882年使用南非好望角天文台口径15厘米天体照相仪研究彗星取得出乎意料的优良天空照相,遂启迪他实施南天照相天图的开创性研究。他用了六年的时光,在1891年完成了极限星等 $m_{pg}=10^*$ 的南天照相星图。这是近代天文学史中第一部整片天区的照相星图^[2]。荷兰天文学家J. C. Kapteyn利用这批照相记录,汇编了方位星表,分批公布于1896—1900年,定名为好望角照相巡天表(Cape Photographic Durchmuster-

1986年7月11日收到。

* 星等 m 的下标 pg 是照相的缩写符号,表示有效波长 $\lambda=430$ 毫微米的亮度等级。

rung)。

在同一时期, 法国天文学家Paul Henry和Prosper Henry研制了口径33厘米、焦距345厘米的天体照相机。在4平方度的视场内, 可得极限星等 $m_{pg}=14$ 的良好星像。这一卓越成果促使巴黎天文台倡议全世界的天文台合作, 编制全天照相天图, 目的在于获得全天恒星的方位和亮度的数据, 以及视差和自行的第一期资料。为此, 于1887年召开国际天文协调会议, 拟定了命名为《天图(Carte du Ciel)》的计划和规范。以Henry兄弟天体照相机为通用仪器, 取名叫标准天体照相机(normal astrograph)。将全天22,054个天区分配给南北半球的格林尼治、巴黎、梵蒂冈、赫尔辛基、波茨坦、海德堡、乌科尔、土鲁斯、海德拉巴、哥多华、好望角、悉尼、墨尔本等20多个天文台站^[1]。这一工程浩大的国际合作虽然有个良好开端和有条不紊地进行了最初的二、三十年, 但因时限过长, 计划和规范日益显得陈旧, 以及其他多种因素, 《天图》始终未能如预期的那样完美地告成。《天图》计划的最大弱点是标准天体照相仪的视场稍小, 致使天区数目庞大, 需要的观测时日太多。改善这一局面的出路是研制广角照相仪器。这样, 提供几十平方度, 甚至几百平方度的大视场照相物镜, 就相继应运而生。

我们将本世纪利用天体照相机完成的12种照相天图的有关资料列于表1。

哈佛天图(Harvard Sky)是第一套大视场全天天图。哈佛大学天文台将两架相同的照相机, 分别置于北天美国麻省肯布里奇天文台和南天秘鲁阿雷西博观测站。天体照相仪的口径虽然只有4厘米, 但光力不弱, 视场达1,300平方度, 仅需50幅图即可覆盖全天。1934年问世的Shapley-Ames亮星系表就是利用哈佛天图完成的一项重大成果。

帕利萨-沃尔夫天图(Palisa-Wolf Charts)是德国海德堡天文台主持的黄道带天图。

弗兰克林-亚当士星图(Franklin-Adams Charts)是英国汉布雷顿观测站和南非约翰内斯堡天文台共同拍摄的全天天图。它的极限星等 $m_{pg}=15$ 。在第一次世界大战前后, 这是最深邃的全天星空照相, 作为商品星图, 深受全世界天文学家的赞赏, 成为天文台的重要参考资料。

三十年代, 美国天文光学家F. E. Ross发展了冠以他的姓氏命名的广角物镜。威尔逊山天文台利用口径12.7厘米的罗氏照相机拍摄成罗氏北天银道带天图(Ross-Calvert Atlas)。汉密顿山利克天文台也借助同样口径的罗氏照相机摄制了利克北天天图(Lick Sky Atlas)。之后, 利克天文台和新西兰约翰山天文台合作, 拍摄南天星空, 使之成为利克天图的南天延伸(Southern Extension)。它于七十年代初完成, 称为坎特布里天图(Canterbury Sky Atlas)。这三部天图的极限星等深达 $m_{pg}=16.0-16.5$ 。

六十年代以来问世的法尔考天图(Falkauer Atlas)和星空图(Atlas Stellarum)是两部颇有实用价值、特别受天文爱好者欢迎的全天星图。它们是德国天文爱好者Vehrenberg一人独自完成的。Vehrenberg是一位医生, 他用自备的蔡司天体照相机, 先在德国法尔考, 后又到南非布隆方丹, 拍摄并印制出版了这两部全天照相星图。Vehrenberg对天文事业的热爱, 以及他的精力和毅力均令职业天文学家肃然起敬。

由多元透镜组合的广角物镜的全视场良好成像, 通常只对应于一个很窄的波段, 而照相底片的发明和发展又是从对蓝光敏感的乳胶开始的, 所以, 天体照相机多只适用于蓝敏底片。这样取得的有效波长 $\lambda=430$ 毫微米的天体亮度若用星等表示就是照相星等。在表1列举的12

部天图集中,除仿视星图(True Visual Magnitude Photographic Star Atlas)外,全都是照相星等 m_p 的亮度系统。这正是本世纪前五十年照相天图的基本特点。拍摄仿视天图所用的照相物镜之良好成像对应于有效波长 $\lambda=540$ 毫微米的黄光,采用黄敏底片和相应的黄滤光片,得到的天体亮度是仿视星等 m_{pv} *。仿视星图所提供的亮度系统在现存的照相天图集中是唯一的特例。

表 1

名 称	出版年代	幅 数	天区范围	视场 $^{\circ}\times^{\circ}$	尺度"/mm	极限星等	照相仪口径和类型
天图(Carte du Ciel)	1884—	22054	全 天	2 \times 2	30	14	33厘米天体照相机
哈佛天图(Harvard Sky)	1903	50	全 天	32 \times 41	600	12	4厘米天体照相机
帕利萨-沃尔夫星图 (Palisa-Wolf Charts)	1904—14	200	黄道带	7.6 \times 6.0	98	14	40厘米天体照相机
弗兰克林-亚当士星图 (Franklin-Adams Charts)	1914	206	全 天	17.3 \times 17.3	240	15	25厘米天体照相机
联合天文台星图 (Union Observatory Charts)	1925—37	556	全 天	6.7 \times 5.2	100	14	25厘米天体照相机
巴纳德天图 (Barnard Atlas)	1927	51	银道带	多种大小	多种尺度	多种极限	25厘米天体照相机
罗氏天图 (Ross-Calvert Atlas)	1934—36	39	银道带	20.6 \times 20.6	232	16.5	12.7厘米罗氏照相机
利克天图 (Lick Sky Atlas)	1959	166	南纬39° 以北	17.8 \times 18.7	232	16	12.7厘米罗氏照相机
坎特布里天图 (Canterbury Sky Atlas)	1972	142	北纬22° 以 南	17.8 \times 18.7	232	16	12.7厘米罗氏照相机
法尔考天图 (Falkauer Atlas)	1962—65	464	全 天	10 \times 10	240	13	7厘米蔡司照相机
星空图 (Atlas Stellarum)	1980	486	全 天	10 \times 10	120	14.5	12.5厘米蔡司照相机
仿视星图 (True Visual Magnitude Photographic Star Atlas)	1979-80	456	全 天 (北天, 赤道带, 南天)	10 \times 10	120	13.5	12.5厘米蔡司照相机

表 1 列举的天图集问世以来,为提供大覆盖天区的系统化的天体方位测量,照相亮度测量,亮的和暗的星云、疏散星团和球状星团、星系和星系团的发现、证认、计数、形态和分布的研究作出了重大的贡献。

二、当代的深空天图集

1. 帕洛玛天图的问世

Schmidt的发明和巡天应用 1931年德国天文光学家B.V.Schmidt建成了他创造的一种折反射式望远镜的原型。这种新型仪器由一个球面反射镜和一块接近平行平板的非球面改正透

* 星等 m 的下标pv是仿视的缩写符号,表示有效波长 $\lambda=540$ 毫微米的亮度等级。

镜组成。薄改正透镜置于反射镜的球心处,成为一个限制光束的光阑。这种光学系统除了场曲和微量的色差外,没有其他像差。和相同口径和焦比的其他类型光学系统相比, Schmidt 的发明具有更大的视场和更良好的成像特性。用这种光学系统制成的望远镜统称为施密特望远镜。三十年代,在 Schmidt 光学原理公诸于世不久,美国帕洛玛天文台就建造了改正镜口径 45 厘米/球面镜口径 65 厘米施密特望远镜,芬兰土库(Turku)天文台几乎在同时完成了另一架 50/70 厘米的同类型仪器。四十年代,美国哈佛大学天文台和 Warner-Swasey 天文台相继各建立一架 61/91 厘米施密特望远镜。它们的巡天照相和物端光谱巡视的成功经验给世界天文界留下深刻印象,与多元透镜组合的天体照相仪相比,施密特望远镜能较易于达到更强的光力,即在更短的观测时间内达到极限露光时间。此外,施密特望远镜的像斑直径远小于多元透镜组合光学系统,这样可以充分发挥具有优良天文气候条件的观测台址的优势,从而公认施密特望远镜是最理想的大视场照相巡天的基本仪器。

帕洛玛 120/180 厘米施密特望远镜和 PSS

1948 年帕洛玛天文台继 45/65 厘米施密特望远镜之后,又建成一台 120/180 厘米的巨型仪器。该天文台为这架威力空前强大的星空照相仪确定的第一项也是压倒一切的优先任务是拍摄深空天图。此项卓有远见的庞大计划得到国家地理学会的财政资助。经过短期的实验,星空的照相观测从 1950 年正式开始,历时八年的努力,于 1958 年全部完成。天图的全称是国家地理学会-帕洛玛天文台巡天(National Geographic Society-Palomar Observatory Sky Survey),简称帕洛玛天图,简称 PSS 或 POSS^[4]。天图覆盖赤纬 - 33 度以北的北天球,共 936 个天区。每个天区就是望远镜的有效视场。相邻天区的中心距是 6 度。为了充分发挥施密特光学系统色差很小的优点,每个天区分别用两个颜色拍摄。一个颜色选用有效波长 $\lambda = 430$ 毫微米的蓝光,得到的天体亮度称为蓝星等或照相星等;另一个颜色选用有效波长 $\lambda = 650$ 毫微米的红光,得到的称为红星等*。这样,比较同一天区的两个颜色的天图,可以容易地检视出偏红的和偏蓝的大色指数天体。PSS 的最大优点是它的极深的星空深度,蓝天图的极限星等为 21 等,红天图为 20 等。PSS 的深空特征对天文学家有巨大的吸引力,全世界的天文机构纷纷向负责天图发行的加州理工学院订购。PSS 的商品分玻璃复制片和相纸复制件两种。到八十年代初,一版再版的 PSS 已成为天文界的基本文献。1965 年,帕洛玛天文台又完成了天图红片的向南延伸,直到赤纬 - 45 度。这一部分天图称为《Whiteoak Extension》^[5]。由于这一带天区的天顶距过大,大气宁静度差,因而天图的质量不高。南展天图的发行分额很小,影响也不大。为了更有效地利用 PSS,天文界研究和制备了不少辅助性副产品,例如 PSS 天区中心的银道坐标^[6]、PSS 天体的精确定位方案^[7]、用透明材料制的坐标网格^[8]等等。其中贡献最大的是 Dixon 等人研制的、标有 SAO 恒星和银河系非星天体以及河外天体的、刻有赤道坐标尺度和银道坐标尺度的 PSS 透明网格^[9]。

PSS 的主要贡献 当帕洛玛天图在按计划巡天观测并分批将成品的复制件发送到订户手中之际,射电天文蓬勃兴起。PSS 遂应运而成为证认射电源的光学对应体的必不可少的依据。天文学家在射电源的光学对应体中证认出一批又一批的星系和星系团、星云和超新星遗

* PSS 计划实施之时,今日通行的国际多色测光系统尚未建成,致使 PSS 的颜色系统不合今日的国际标准。

迹。到了六十年代, PSS 更继续为寻找 X 射线源、 γ 射线源和红外源的光学对应体提供第一手资料, 对全波段天文学的发展做出了难以估量的贡献。

三十年来, 应用 PSS 编制了多种天体表。例如, 星团和星协^[10]、行星状星云^[11]、亮星云^[12]、暗星云^[13]、反射星云^[14]、H II 区^[15]、星系和星系团^[16]、富星系团^[17]、亮星系^[18]、^[19]、互扰星系^[20]、特殊星系^[21]、致密星系^[22]、^[23]。此外, PSS 还为一批爆前新星提供了亮度和颜色的信息。

PSS 的天体亮度测量 PSS 的玻璃复制片可以用实验室光栏光度计或显微密度计进行天体测光, 然而, 相纸复制件是否能有效地作光度测量呢? 许多天文学家曾对之做了研究, 取得了不少经验和成果。对于星系一类的面源, 目视估计亮度仍不失为一种虽很原始但尚可行的方法。Zwicky 编的《星系和星系团总表》中的 9,000 个星系团和 30,000 个星系的蓝星等, 就是目视估计的结果, 精度可达 ± 0.2 星等^[16]。对于点源的恒星而言, 则可以近似地用量像直径作为亮度的函数。所以, 测量相纸上星像大小的方法, 也行之有效。精度高者为 ± 0.12 星等, 差者可达 ± 0.5 星等以上^[24-28]。表 2 选载了几种天图上星等与星像直径的经验关系式^[29]。总之, 由于 PSS 的相纸复制件终究不能运用光度计或密度计去测光, 这就大大地限制了它的应用范围, 降低了使用价值。

表 2

作 者	经 验 关 系 式
Charlier	$m = a - b \log \sqrt{D}$ $D = D_0 \sqrt{t}$ $D_0 = \text{常数}$
Christie	$m = a + 2.5 \log(t - b \sqrt{D})$
Kapteyn	$m = a/b + D$
Pritchard	$m = a - b \lg(D/t^{1/2})$ $a = 3.8$
Scheiner	$m = a + bD$ $D = D_0 \sqrt{t}$
Turner	$m = a - b \sqrt{D}$

m : 用星等表示的亮度

t : 露光时间

D : 星像直径

a, b : 常数

2. 向南天延伸

世界文明的发展历史造成了南北两部分星空探索的不平衡, 著名天文台和大型仪器设备多集中在北半球。为了改变这一局面, 从二十世纪下半叶起, 着手兴建好几个南天天文台, 令天文学向南天延伸。1972 年, 设在智利的欧洲多国联合南天天文台(简称欧南台, 简称 ESO) 和设在澳大利亚的英澳 Siding Spring 天文台相继建成了大型施密特望远镜。前者的口径是 100/150 厘米, 称 ESO Schmidt; 后者的口径是 120/180 厘米, 由英国爱丁堡天文台主持, 称 UKST。值得注意的是, UKST 的口径和焦比设计得和帕洛玛施密特完全相同, 其目的正是开拓南天并使南北天协调一致。UKST 的改正镜采用消色差型, 能得到比帕洛玛施密特望远镜更高的成像质量。从 1974 年起, ESO 和 爱丁堡天文台开始联合摄制南天深空天图。天空覆盖是从赤纬 -20 度以南直到南天极, 共 606 个天区, 每两个相邻天区的中心距离是 5 度。ESO

Schmidt拍摄红片, 得国际标准测光系统的红星等(R); UKST拍摄蓝片, 得蓝星等(J)。二者均达到前所未有的深空限度。南天天图(ESO/SRC Atlas of the Southern Sky)的简称是ESO/SRC天图或ESO/SERC天图。天图的复制件分玻璃片和透明软片两种。后者也可以用光度计或密度计处理, 和PSS的像纸片相比, 这又是一大进步。此外, ESO/SRC天图还拍上了对光度测量十分重要的阶梯光标, 这也是一项改进。到1986年, 这套南天天图已完成了85%, 并已成为天文界的新的财富, 正在为开拓南天深空发挥着重要作用。ESO Schmidt建成后, 一

表 3

天图名称	PSS	PSS-I	Palomar IR	ESO/SRC	UK IR
覆盖范围	$+90^\circ \leq \delta \leq -33^\circ$	$+90^\circ \leq \delta \leq -3^\circ$	$ b \sim 5^\circ$	$-90^\circ \leq \delta \leq -17.5$	$ b \sim 10^\circ$
视场($^\circ \times ^\circ$)	6.6×6.6	6.6×6.6	6.6×6.6	ESO 5.4×5.4 SRC 6.6×6.6	6.6×6.6
尺度($''/mm$)	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1
天图大小(cm×cm)	玻璃35.5×35.5 像纸35.5×43.0	玻璃35.5×35.5 软片35.5×43.0	玻璃35.5×35.5 像纸35.5×43.0	ESO 玻璃 SRC 35.5×35.5 ESO 软片 SRC 35.5×43.0	玻璃35.5×35.5 软片35.5×43.0
天区总数	935	894	80	606	163
天图幅数	1870	2682	160	1212	326
相邻视场中心距($^\circ$)	6	5	6	5	5
颜色	O, E	J, R, I	R, I	J, R	R, I
底片型号	103aO 103aE	IaJ IaF N-N	Eastman 098-04 N-N	IaJ Eastman 098-04	IaF N-N
滤光片	— Red Plexiglass	GG395 RG630 RG715	Red Plexiglass Wratten 88A	GG395 RG630	RG630 RG715
波幅(nm)	O 350-500 E 620-670	J 395-540 R 630-700 I 715-900	R 610-700 I 770-900	J 395-540 R 630-690	R 630-700 I 715-900
中心波长(nm)	O 430 E 650	J 440 R 670 I 800	R 660 I 820	J 440 R 670	R 670 I 800
极限星等	O 21.0 E 20.0	J 22.5 R 21.5 I 20.5	R 20.0 I 19.0	J 22.5-23.5 R 22.5-23.0	R 21.0 I 19.5-20.0
天空深度(露光时限)	O 10分钟 E 60分钟	J 天空背景极限 R 天空背景极限 I 天空背景极限	R 短时露光 I 天空背景极限	J 天空背景极限 R 天空背景极限	R 15分钟 I 90分钟
拍摄年份	1950-1958	1985—	1976-1979	1974—	1979-1986

面积极地参加制备ESO/SRC天图的红(R)片,一面另行摄制一套蓝(B)片,以应寻找非光学辐射源的光学对应体的急需。露光一小时,得 $B=21.0$ 的极限星等。这部天图于八十年代初全部完成,称为欧南台蓝光天图(ESO (B) Atlas of the Southern Sky),简称ESO Quick Blue Survey。欧南台仅复制了40—50套,提供给欧洲共同体诸国和美、加、澳等国的天文机构。ESO(B)天图的最后一批天区的拍摄刚一结束,就有一卷南天深空天体图像的开发成果问世^[30]。它考察了南天的星系、星团、行星状星云等非星天体18,438个,其中60%的星系是第一次取得坐标、亮度、形态、分类等基本参数。

3. 向近红外扩展

七十年代新型照相乳胶的研制成功以及相应地乳胶敏化技术研究的进展,使得在合理而可及的露光时间内,在近红外波段也可以达到或接近极限照相深空。帕洛玛天文台率先进入这一领域,在1976—1979年间,完成了银道带红外天图(Palomar Infrared Milky Way Atlas),简称Palomar IR天图。天空覆盖范围是银纬 ± 5 度的北天银河,共80个天区。天区的中心位置和PSS中相应的天区一致。Palomar IR天图也是双色,一个得国际测光系统的红星等(R),另一个得近红外星等(I)。天图的复制件仍是玻璃片和相纸件各一种。

英国爱丁堡天文台在参加建立ESO/SRC天图的同时,还独家从1979年起用UKST拍摄南银道带天图(UK Schmidt Southern I/SR Atlas, Milky Way and Magellanic Clouds),简称UK IR天图。天空覆盖范围是银纬 ± 10 度的南天银河和大小两个麦哲仑云,共163个天区。天区的中心位置和ESO/SRC天图中的相应天区一致。UK IR天图是双色,一个是红星等(R),另一个是近红外星等(I)。天图的两种复制件是玻璃片和透明软片。已于1986年全部完成。银道带红外照相天图的开发为今后建设全天红外深空天图取得了丰富的经验。随着UK IR天图的建成,第一本南天暗星云表也竟先问世,其中载暗星云1,101个^[31]。

4. 新天图计划和展望

七十年代末,将底片上天体图像数字化的自动扫描和处理的显微密度仪相继出现,例如,英国的COSMOS仪(Co-Ordinates, Size, Magnitudes, Orientations, Shapes measuring machine)、GALAXY仪(General Automated Luminosity and X-Y measuring machine)、APM仪(Automatic Plate Measuring machine),美国的PDS仪(Photo-Digitizing System)。它们均能有效地将大型Schmidt拍摄的天图和星像(在银道带天区,每张 6.5×6.5 平方度的深空底片,可记录 10^6 个星像)转化为可供联机计算机处理的数字信息(每张深空天图可有 10^9 比特的信息量),提供天体的方位(x, y 和 α, δ)、星像直径和亮度、色指数、面源的光度轮廓、半长径的指向等一系列天体测量和天体物理的测量参数,极其充分地开发并提取了天图的深度蕴藏。这样,深空天图进入了从诞生之日起的第一个黄金时代。

在新的时代背景下,帕洛玛天文台决定从1985年起研制PSS的第二版,简称PSS-II,预期九十年代中期完成。和PSS相比,新版有如下特征。首先,将蓝(O)和蓝(J)、红(R)和近红外(I)三色;其次,复制件分玻璃片和透明软片两种,均能用数字化显微密度仪做图像处理;三是为了将经典施密特望远镜固有的渐晕效应尽量减小,两相邻天区的中心距从PSS的6度改为5度;四是因为已有南天天图,天空覆盖范围从赤纬 -33 度以北改为 -3 度以北。由于采用新型乳胶和敏化处理,极限亮度将比PSS延伸1.5星等。表3列有本文

叙述的四种深空天图和PSS-II的技术参数。此外,英国UKST正在研制一部新的南天赤道带天图(UKST Equatorial Survey),共288个天区,分蓝(J)和红(R)双色,到1986年初,蓝(J)片已完成了80%^[32]。英国还在筹划将UK IR天图扩展到整个南半天,覆盖606个天区,使之与PSS-II的近红外(I)片匹配^[33]。

照相方法在天文上的应用是现代天文史上的划时代事件,虽然它的优点和缺点早已为人所熟知,但在图像数字化的时代,照相天图有如此强大的生命力和美好的前景,很可能已大大地超出了天文照相领域的先驱者们的想像力。

参 考 文 献

- [1] de Vaucouleurs, G., *Discovery of the Universe*, (1956).
- [2] Struve, O. et al., in *Astronomy of the 20th Century*, 50, (1962).
- [3] van biesbroeck, G., *Star Catalogue and Charts, Basic Astronomical Data*, 471, (1963).
- [4] Minkowski, R. L. et al., *National Geographic Society—Palomar Observatory Sky Survey, Basic Astronomical Data*, 481, (1963).
- [5] Bolton, J. G. et al., *Aust. J. Phys.*, 18 (1965), 627.
- [6] Rubin, V. C. et al., *Ap. J. Suppl.*, 8 (1963). 213.
- [7] Dodd, R. J., *A. J.*, 77 (1972), 306.
- [8] Babcock, H. W., *Ap. J.*, 151 (1968), 805.
- [9] Dixon, R. S. et al., *Transparent Plastic Overlay Maps for PSS*, (1979).
- [10] Alter, G. et al., *Catalogue of Star Clusters and Associations*, (1981).
- [11] Perek, L. et al., *Catalogue of Galactic Planetary Nebulae*, (1967).
- [12] Lynds, B., *Catalogue of Bright- Nebulae, Ap. J. Suppl.*, 12 (1965), 163.
- [13] Lynds, B., *Catalogue of Dark Nebulae, Ap. J. Suppl.*, 7 (1962), 1.
- [14] van den Bergh, S., *Catalogue of Reflection Nebulae, A. J.*, 71 (1966), 990.
- [15] Sharpless, S., *Ap. J. Suppl.*, 4 (1959), 257.
- [16] Zwicky, F. et al., *Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies, I—V*, (1961—1968).
- [17] Abell, G. O., *Catalogue of Rich Cluster of Galaxies, Ap. J. Suppl.*, 3 (1958), No. 3.
- [18] Nilson, P., *Uppsala General Catalogue of Galaxies, Uppsala Ann.*, 6 (1973).
- [19] Vorontsov-Velyaminov, B. A. et al., *Morphological Catalogue of Galaxies, I—V*, (1962—1974).
- [20] Vorontsov-Velyaminov, B. A., *Atlas of Interacting Galaxies, A. Ap. Suppl.*, 28 (1977), No. 1.
- [21] Arp, H. C., *Atlas of Peculiar Galaxies*, (1966).
- [22] Zwicky, F., *Catalogue of Selected Compact Galaxies and of Post-Eruptive Galaxies*, (1971).
- [23] Zwicky, F., *Lists of Compact Galaxies, Compact Parts of Galaxies, Eruptive and Post-Eruptive Galaxies, No.1—No.8*, (1964—1975).
- [24] Perek, L., *BAC*, 9 (1958), 39.
- [25] Dorschner, J. et al., *AN*, 289 (1966), 51.
- [26] Liller, M. H. et al., *Ap. J.*, 199 (1975), L 133.
- [27] King, I. R. et al., *PASP*, 89 (1977), 120.
- [28] Hayman, P. G. et al., *MNRAS*, 189 (1980), 853.
- [29] *Handbuch der Astrophysik*, I, Nr.2, (1931), 431.
- [30] Lauberts, A., *ESO/Uppsala Survey of ESO (B) Atlas*, (1982).
- [31] Hartley, M. et al., *A. Ap. Suppl.*, 63 (1986), 27.
- [32] UKSTU Newsletter, No. 8, (1986).
- [33] UKSTU Newsletter, No. 6, (1984).

(责任编辑 刘金铭)

Modern Deep-sky Photographic Atlas

Li Jing

(Beijing Astronomical Observatory, Academia Sinica)

Abstract

Early history of the photographic sky maps with wide-angle astrograph is reviewed briefly. 12 famous patrol atlases and maps are outlined. It describes 4 deep-sky surveys since the discovering of Schmidt optics. They are Palomar Observatory Sky Survey, ESO/SRC Atlas of the Southern Sky, Palomar Infrared Milky Way Atlas, and UK Schmidt Southern I/SR Atlas. Finally, it presents views of the up-to-date research progress by means of PSS and some future projects of the deep-sky survey.