

②

6-14

用图象数字化处理系统研究天空亮度分布*

陈仲林 张青文 郑奠一

(建筑系)

(机电系)

TU 113.51

摘 要 本文建议了一种确定天空亮度值的新方法,它的优点是同时性好,因而也是一种研究天空亮度分布的好方法。

关键词 数字图象, 天空亮度分布

天空亮度分布是影响建筑物天然采光的重要因素,也是天空分类的主要依据,因而是天然采光的主要研究对象。由于天空亮度及其分布是随时变化的,所以,同时测量天空上各处亮度值的问题就成为研究该问题的焦点。有不少学者曾提出了许多新的测试方法,如Robbin Hill和Plejel^[1]的照相法、美国Florida太阳能中心^[2]和德国科学家Tregenza^[3]的天空亮度扫描系统等。我们通过大量实验发现,为了达到同时测量天空上各处亮度值这个目的,采用摄影——图象处理并同时测量天空上17处亮度值的方法是一种研究天空亮度分布的好方法。它是用带有180°鱼镜头的相机对天空拍照,将天空亮度分布的信息记录下来,并测量2个特定方位上每隔10°的天空亮度值,再利用图象数字化处理系统确定整个天空亮度值。

1 天空亮度图象处理

逐点测试法曾是测量天空亮度分布的主要方法,但由于测点较多,测量整个天空亮度需要较长时间。后来随着计算机科学的发展,美国Florida太阳能中心等用沿高度角方向间隔10°排列的九个光探测头扫描天空,并将天空亮度信息送至计算机进行数据处理,缩短了测量时间,但扫描一周乃需1分多钟。

对天空亮度实测表明,天空亮度值随时都在变化,尤其是有云天空更是瞬息万变,就是在1分钟内,天空亮度分布早已面目全非了,这时天空亮度实测值已失去意义。

随着计算机图象识别和图象处理技术的发展,人们常用带有180°鱼镜头的照相机对天空拍照的方法研究天空亮度分布,它可以瞬时将天空亮度分布信息记录在胶片上,这与扫描法相比优越性是显著的。我们知道,为了把记录在胶片上的天空亮度信息变换成计算机能够

本文1992年4月13日收到。

* 国家自然科学基金和建设部城建基金联合资助项目。

处理的数字信号，即变换为数字图象，就必须使图象在空间和幅度上数字化，也就是说把模拟连续图象变换为数字离散图象，这就是采样和量化^[4]。为了既要保证图象清晰，又要便于微型计算机进行处理，量化级数多采用8 bit，即量化为0至255个灰度级，它表示了图象由白到黑的浓淡程度。我们采用测光曝光法正确地将天空亮度信息记录在高质量的美国柯达27°全色胶片上，然后将冲洗后的胶片放置在一个均匀的发光面上，通过摄象头将胶片的透射光信号转换为视频信号，再由计算机中的图象处理卡将其数字化，并使这一数字图象具有256个灰度级的512×512个象素。然后确定胶片灰度值和天空亮度值之间的关系，这将是天空亮度图象处理的关键。

我们用测光曝光方法拍摄了大量试片，经研究表明，可用指数函数来表示灰度值和亮度值之间的函数关系。当曲线拟合的自由度为5时，相关系数的平均值为0.996，由相关系数检验表得出：选用指数函数关系来表示灰度值和亮度值之间的关系是合适的，所配的曲线是有意义的。

在天空亮度图象处理过程中，会产生这样一个问题，由于天空亮度值和天空扩散光的颜色变化，以及胶片中的卤化银颗粒大小和胶片冲洗条件难以准确地控制，所以要求每一张天空亮度图象都要确定指数函数的回归系数。如果将在可见光400~700nm范围内保持中性的漫反射灰板作为标准，那末可在天空拍照之前，首先测定灰板的亮度，然后在天空拍照时，一起记录在胶片上，作为确定回归系数的标准。这种方法只有当标准灰板的亮度值范围与天空亮度一致时才是有效的，但是在自然界中，物体表面的可见光反射率总是小于1，就是新落下的白雪、氧化镁和硫酸钡等的反射率也只有96%~98%，此外，天空亮度一般是分布不均匀的，所以放在无遮挡平面上的标准灰板亮度总是小于最大天空亮度值，而且一般会小得多。众所周知，回归曲线一般只适用于原来的试验范围，不能随意把范围扩大，否则会使相关系数变小，甚至会使由胶片记录的天空亮度分布规律变得毫无意义。总之，由标准灰板亮度来确定天空亮度图象的灰度值和亮度值之间的关系是行不通的。

为了克服这个弊病，应在天空拍照同时，观测天空亮度最大值和最小值等17个天空亮度值，其中天顶亮度值必测，且在测试过程中间测量，同时对天空拍照。如果要进一步缩短测量时间，应采用17个光探测头，并与计算机连通，每个光探测头所对天空的高度角相差10°，它们分两排沿天空最亮和最暗位置垂直排列，其中8个光探测头随整体旋转，并可在底座上读出方位角大小，观测时面对着天空亮度最小值所在的时圈，另外9个光探测头可在前者固定情况下单独转动，观测时面对着天空亮度最大值所在的时圈，为了避免在看见太阳时有可能出现光探测头对准太阳面的现象，除对准天顶的那个光探测头可作上下微动外，其余8个均可作水平方向微动。当天空亮度最大值和最小值处在一个时圈上时，可只启用后面9个光探测头。用这样方法测得的天空亮度值来计算天空亮度图象的灰度值和亮度值之间的关系，一般总可以获得满意的结果。这套装置不但同时性好，而且精度高，它是研究天空亮度分布的有力工具。

2 天空亮度分布

利用图象数字化处理系统对我国重庆和昆明两地区的天空亮度分布实测资料进行了定量分析，结果表明，太阳面是否被云遮挡以及云层厚薄对于天空亮度分布的变化起着决定性的

作用。在实际天空中,可以观测到云层的厚度是连续变化的,天空亮度及其分布也是渐变的天气现象。当天空无云且晴朗时,天空亮度分布符合CIE晴空亮度分布规律,我们从大量实测资料中发现,完全符合CIE晴空亮度分布的例子是不多的,仅仅是基本上相似而已,如附录中图1和图2所示。当天空无云但不是非常晴朗时,天空亮度最大值虽然仍在太阳处,但是最小值却不在与太阳成 90° 的对称位置上,而向地平线方向移动,如附录中图3和图4所示。当天空有一些云或天空虽无云但大气浑浊时,天空亮度分布规律与CIE晴空亮度分布规律差别变大,且十分明显,天空亮度最小值趋向地平线,并与美国学者建议的部分有云天空^[6]和日本学者建议的中间天空^[6]亮度分布规律相似,故把它称为似晴空,如附录中图5—图9所示,从图7,图8,图9中看出,在低高度角处天空亮度值为最小,且与CIE全阴天空亮度分布相类似。似晴空亮度分布的典型例子如附录中图5和图6所示。随着云层进一步增厚和云量增多,天空亮度分布规律逐渐向CIE全阴天空过渡,即天空亮度最大值既不在太阳处,也不在天顶处,在低高度角处天空亮度分布规律却类似于CIE全阴天空,故把它称为似阴天空,如附录中图10—图14所示。典型的似阴天空亮度分布的例子见附录中图11和图12。当云层很厚,且布满全天空,天空阴暗,此种天空亮度最大值通过天顶处,如附录中图15和图16所示。CIE全阴天空是这类天空亮度分布的典型代表,实际上是比较少见的,即使象重庆这样的地区,冬季平均日照百分率很小,仅为13%,极端年份只有6%^[7],我们进行了200多次全云天空亮度分布实测,但找不出与CIE全阴天空亮度分布规律完全吻合的一个例子,实际上仅仅是比较相似而已,因此CIE全阴天空是这类天空的统计结果。当云厚再进一步增厚,且天空十分阴暗,这时,天空亮度会向均匀亮度天空变化,如附录中图17和图18所示。这种天气现象在有些地区是少见的,在这种天气条件下,室内天然光照度已很小,为了保证视觉工作正常进行,一般需要人工光源来补充照明,故可把这类一般需要人工照明的天气现象称为特殊天气现象。

除下雨等天空特别阴暗的、一般需要人工照明的特殊天气现象外,CIE晴空、似晴空、似阴天空和CIE阴天空仅是实际天空的4种典型代表,它们之间的界限是模糊的。

3 结论

图象数字化处理系统是研究天空亮度分布和天空类型的有力工具。

从天空亮度分布的实测资料中得出:对于某一地区来说,除了特殊天气现象外,根据天空亮度分布规律,把天空分为CIE晴空、似晴空、似阴天空和CIE全阴天空是合理的。

本文的研究成果是在杨光璇教授领导下的我国国家教委博士点基金和作者们承担的我国国家自然科学基金资助下获得的。范晋华老师对图象数字化处理系统调试和天空拍照等方面给予很大帮助,高光华讲师在完善图象数字化处理系统及理论方面作了大量工作,刘培实验员参加了实测工作,苏鸿老师参与数据处理工作。在此,我们表示衷心感谢。

附 录

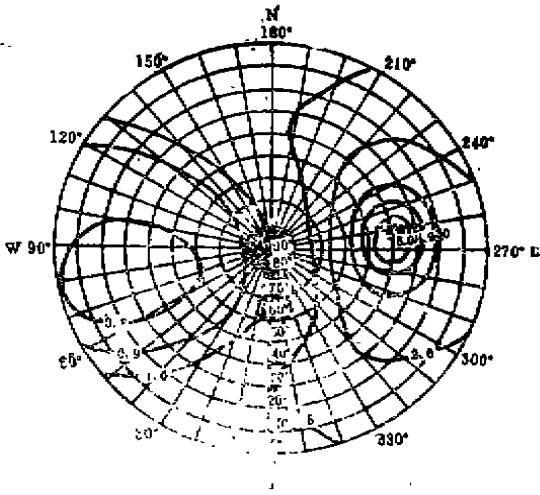


图 1 晴天空亮度分布图

hs: 39° 日面状况: ⊙²
云量: % 云状: 无

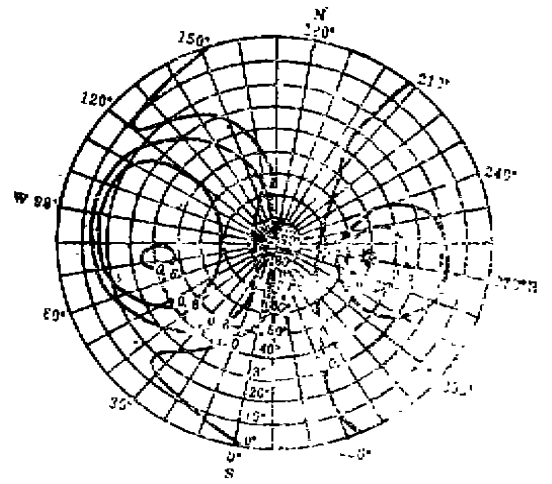


图 2 晴天空亮度分布图

hs: 51° 日面状况: ⊙²
云量: % 云状: 无

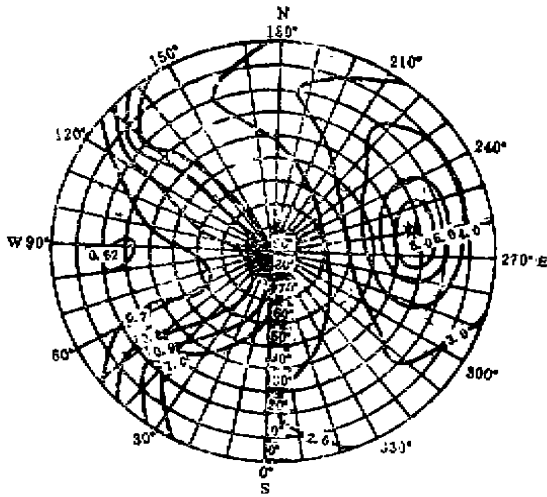


图 3 晴天空亮度分布图

hs: 32° 日面状况: ⊙²
云量: % 云状: 无

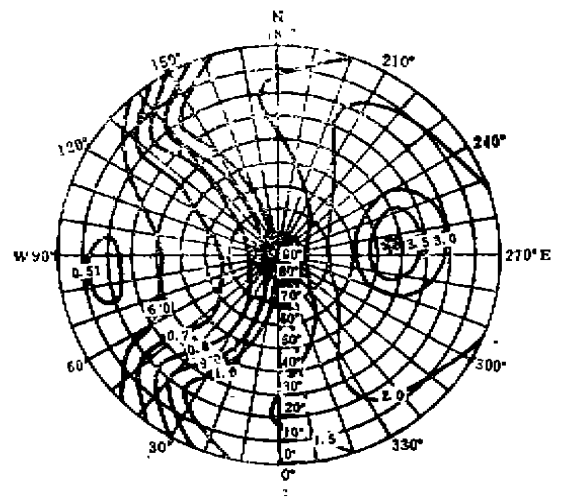


图 4 晴天空亮度分布图

hs: 43° 日面状况: ⊙²
云量: % 云状: 无

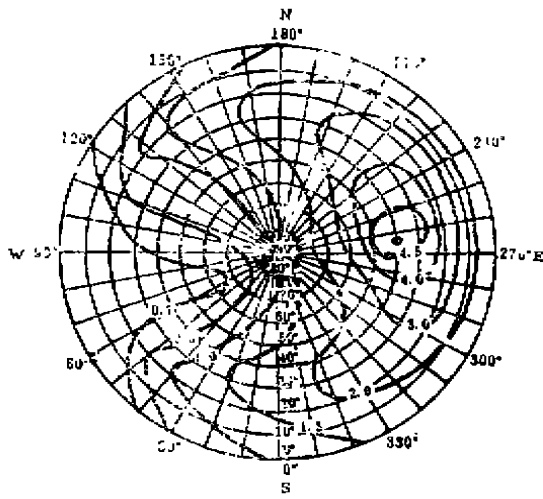


图5 似晴天空亮度分布图

hs: 41° 日面状况: ⊙²
云量: 8/0 云状: Ac Ci

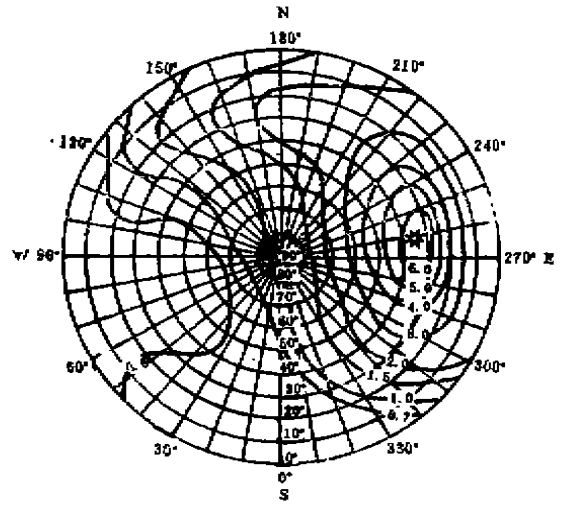


图6 似晴天空亮度分布图

hs: 35° 日面状况: ⊙
云量: 6/0 云状: Ac

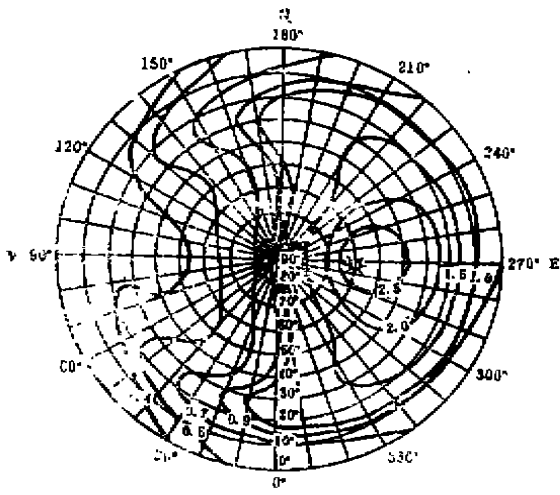


图7 似晴天空亮度分布图

hs: 58° 日面状况: ⊙²
云量: % 云状: Cu

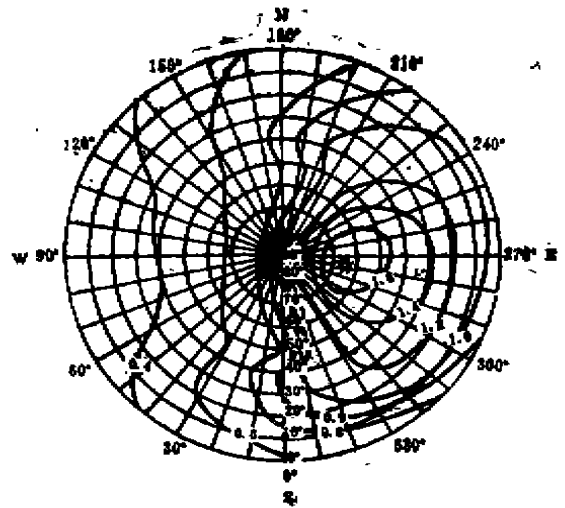


图8 似晴天空亮度分布图

hs: 65° 日面状况: ⊙²
云量: % 云状: Cu

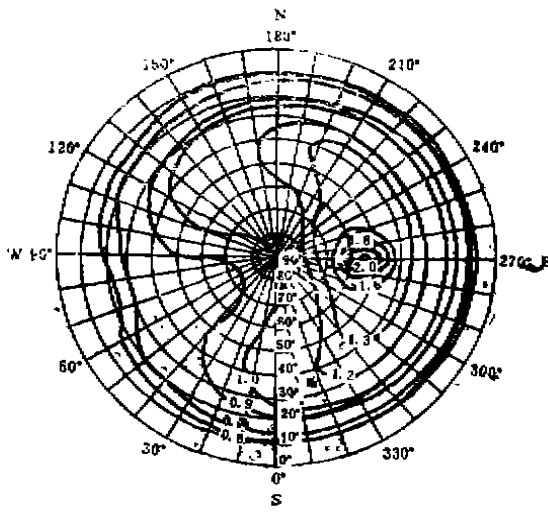


图 9 似晴天空亮度分布图

hs, 53° 日面状况, ⊙²
云量: 10/0 云状: Ac As

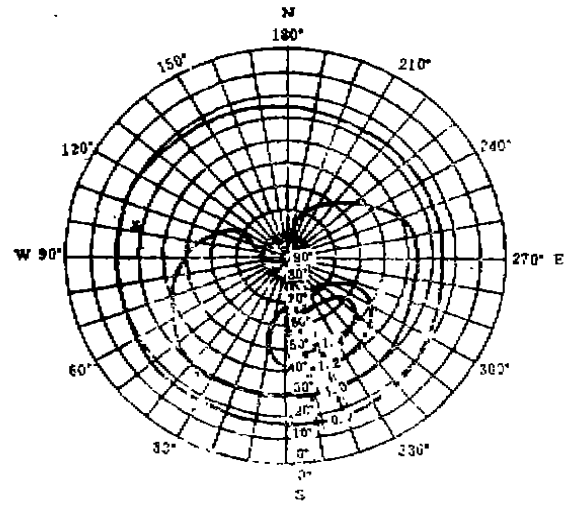


图 10 似阴天天空亮度分布图

hs, 28° 日面状况: ▯
云量: 10-/10- 云状: Sc Cu Fc

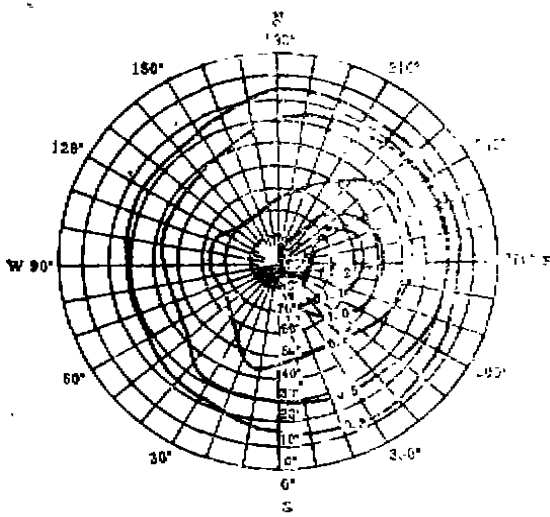


图 11 似阴天空亮度分布图

hs, 54° 日面状况: ▯
云量: 10-/10- 云状: Sc Fc

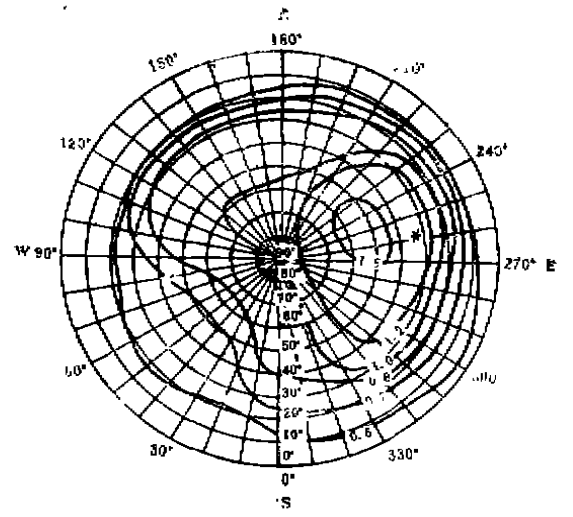


图 12 似阴天空亮度分布图

hs, 33° 日面状况: ▯
云量: 10-/10- 云状: Sc Fc

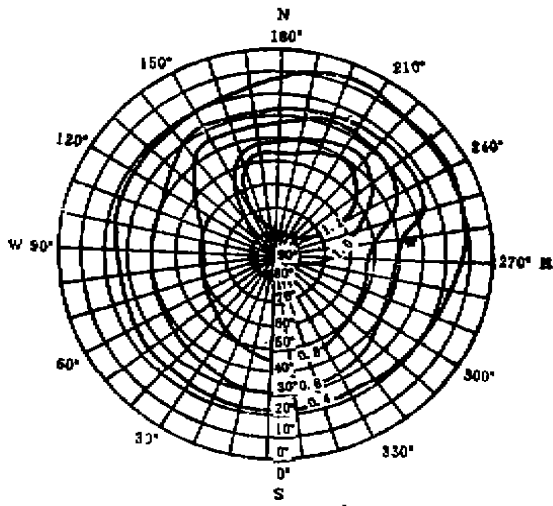


图13 似阴天空亮度分布图

hs, 35° 日面状况, Π
云量: 10/10 云状: Sc Fn

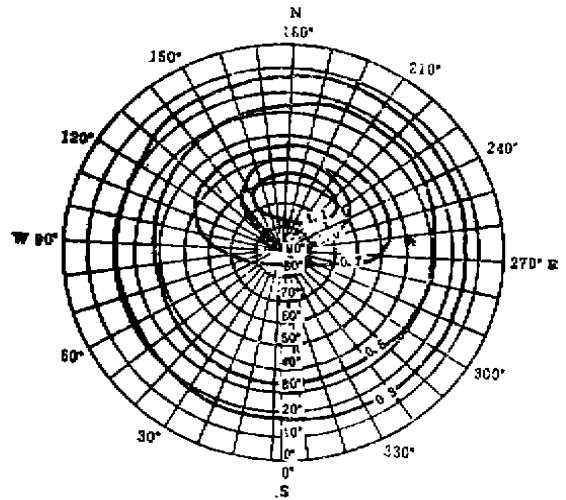


图14 似阴天空亮度分布图

hs, 38° 日面状况, Π
云量: 10/10 云状: Sc

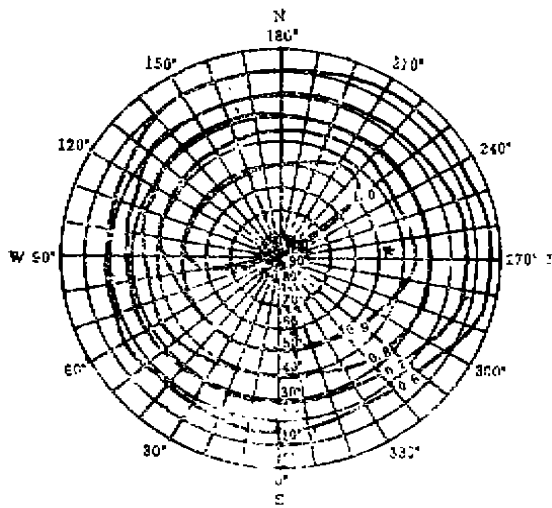


图15 阴天空亮度分布图

hs, 45° 日面状况, Π
云量: 10/10 云状: Sc Fn

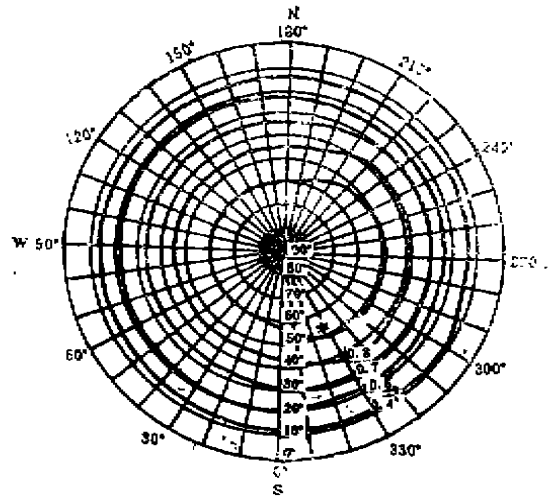


图16 阴天空亮度分布图

hs, 54° 日面状况, Π
云量: 10/10 云状: Sc op

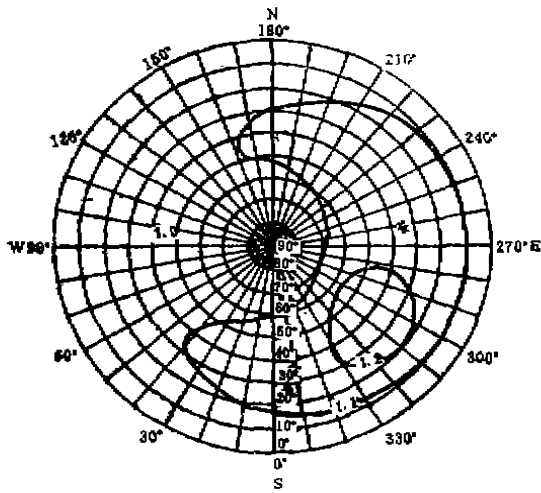


图 17 天空亮度分布图

hs: 35° 日面状况: Π
云量: 10/0 云状: Ac

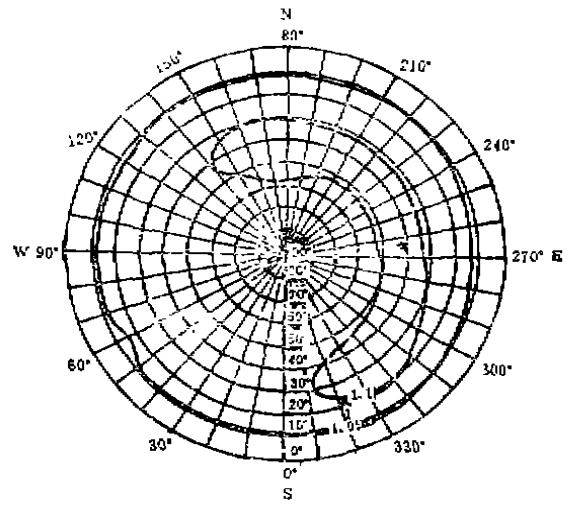


图 18 天空亮度分布图

hs: 39° 日面状况: Π
云量: 10/0 云状: Ac

参 考 文 献

- 1 Robbin Hill and Plejel, Daylighting, London, 1964
- 2 W. Ross McCluney, Daylight availability research at the Florida Solar Center, PROCEEDINGS OF CHINA-NORTH AMERICA DAYLIGHTING CONFERENCE 1988
- 3 Tregenza, Overview of daylighting research activities, PROCEEDINGS OF CHINA-NORTH AMERICA DAYLIGHTING CONFERENCE, 1988
- 4 王积分, 张新荣. 计算机图象识别. 中国铁道出版社, 1988, 7
- 5 IES (North America) Calculation Procedures Committee, Recommended practice for the calculation of daylight availability, Journal of IES, July, pp.381-390, 1984
- 6 Hiroshi Nakamura, Masato Oki, Yutaka Hayashi and Tomoko Iwata, The Mea Sky composed taking account of the relative sunshine duration, Under submission for the proceedings II of the Second International Daylighting Conference
- 7 中央气象局. 中国日照资料. 中央气象局出版社, 1974, 205

(编辑: 徐维森)

TO STUDY SKY LUMINANCE DISTRIBUTION WITH
DIGITAL IMAGE DISPOSAL SYSTEM

Chen Zhonglin

(Dept. of Architecture)

Zhang Qingwen

(Dept. of Architecture)

Zheng Dianyi

(Dept. of Mechanical and Electrical Engineering)

ABSTRACT This paper suggests a new method to determine a sky luminance value, and it has the advantage of instantaneity. It also is a good method to study sky luminance distribution.

KEY WORDS digital image, sky luminance distribution