

文章编号: 1000-2022(2002) 03-0395-05

峨眉宝光研究之二——对宝光伴生大光环的研究

王鹏飞

(南京气象学院 电子工程系, 江苏 南京 210044)

摘 要: 根据四个宝光实例的分析, 指出峨眉宝光的伴生大光环并不都是主虹。由冰晶云雾产生的宝光, 其伴生的大光环实为对日(月)晕, 从而肯定了近年来盛行的范氏(Van de Hulst)宝光形成的后向散射机理, 不能用以解释一切宝光现象, 否定了冰晶云雾不能产生宝光的局限认识。还指出了《国际气象词典》中“布格晕”条释义的错误。
关键词: 宝光; 对日晕; 布格晕; 邬洛亚环
中图分类号: P427.1 **文献标识码:** A

1 四个宝光伴生的大光环的例子

许多人看见过, 在宝光彩环几重叠现时, 常有一个同心的大光环共存, 可以举出下面几个例子。

例 1: 公元 1177 年, 范成大在峨眉山金顶附近的光明岩, 见到在宝光出现时, 有宝光转为金桥的现象。他在《吴船录》^[1]记载说: “山上复出一光, 如前而差小, 须臾亦飞行过山外, 至平野间转徙得得, 与岩正相值, 色状俱变, 遂为金桥。大略如吴江垂虹, 而两圯各有紫云捧之。凡自午至未, 云物净尽, 谓之收岩, 独金桥现至酉后始没”。其中“一光如前差小”是指“宝光”, 而“金桥”则指伴生的大光环的部分显现。

例 2: 公元 1735 年西班牙船长邬洛亚(Ulloa)与法国科学家布格(Pierre Bouguer, 1698-1758)等为了要实测地球赤道附近经度一度之长, 同赴南美秘鲁, 在班巴马卡(Pambamerce)山顶见到了宝光^[2]。布格记录了此次宝光出现了同心三重, 其角直径分别为 5.5° 、 11° 及 17° 左右, 另有一个白环, 直径约 67° 。

例 3: 1934 年上海出版的《科学画报》2 卷 16 期, 刊有胡振铎《峨眉山之日晕》^[3]一文。文中提到两次见到宝光。他描述宝光外围有一条角半径为 45° 的大光环, 其色彩排列是内红外紫。

例 4: 1980 年剑桥大学出版社出版的格林勒(Robert Greenler)所著《虹、晕、宝光》(Rainbows, halos, and Glories)^[4]一书中提到: 飞在云层上的飞机内发现, 在对日点方向上有彩色宝光环存在, 其外又有环绕对日点及彩环的白色大光环, 称为白虹^[1]。

收稿日期: 2001-05-14; 改回日期: 2002-03-03

作者简介: 王鹏飞(1920-), 男, 上海市人, 教授, 大气物理学及气象史学家, 曾任气象史志研究会主任, 南京气象学院大气物理学系主任等。

1) 参见气象出版社 1984 年出版的黄必选中译本《虹、晕、宝光》第 8 页第 20~25 行。

2 对以上四例的分析研究

以上四个例子都提到了与宝光伴存的大光环。过去很多人认为这些大光环都是虹,有人甚至认为例 3 中的大光环是霓。因为它的色彩排列内红外紫,与霓相同。但是据研究,上面四例可分为两类:例 1 与例 4 为主虹;而例 2 与例 3 不是虹霓,而是对日晕。下面特地作进一步分析。

(1) 就例 1 言,范成大把宝光所转变的光象称为“金桥”,说它很象苏州的垂虹,桥圯为紫云所托捧,有“以桥喻虹”之意,即范已认为它是虹了。再从范所描述的光象动态来研究,范见宝光转变为金桥的时间在阳历 7 月 25 日下午约 2 时 30 分(即未时),那时是盛夏太阳热力作用最强的场合,云体从光明岩前半封闭谷地移到山外平野上方,即从湿度较大的山谷上空移到湿度较小的开旷地上空。在谷地上空,云体表面既有细小的能起衍射作用的云滴,内部又有能起范氏后向散射的大云滴,所以能出现宝光。但一到山外平野湿度较小处,表面细小云滴蒸发了,云体缺乏起衍射作用的云滴,宝光就消失不见。但云中大水滴仍能对掠射日光起两次折射及一次内反射的作用,即形成主虹,所以才使范成大记述为“宝光移到山外平野忽然变为金桥”的现象。由此进一步证明了例 1 的金桥必为主虹。

为进一步了解范成大所见的金桥(主虹)的情况,假定在平野上空的层积云距光明岩水平距离为 3.00 km。云底距地高度因平野对流凝结高度高于谷中而由 1.00 km 变为 1.20 km。在下午 2 时 30 分,该日太阳方位为西偏南 8° ,高度角为 55° ;则对日点方位为东偏北 8° ,高度角为 -55° ;据此设计了图 1。图中 C 为主虹在云侧面的高度, D 为云底, A 为范成大观察点, AB 为对日点方向, B 为虹中心的对日点。因主虹半径角为 42° ,故云侧面主虹顶 C 与观察点的高度差 $EC = EA \tan(55^\circ - 42^\circ) = 3 \tan 13^\circ \approx 0.70$ km, $EB = 3 \tan 55^\circ \approx 4.28$ km,即对日点应位于云下地面 F 以下 1.28 km,主虹顶与对日点之距 $CB = (4.28 - 0.70)$ km = 3.58 km,主虹顶距地面高度 $CF = (3.58 - 1.28)$ km = 2.30 km,主虹顶距云底高度 $CD = (2.30 - 1.20)$ km = 1.10 km。可见范成大在光明岩见到的金桥是在层积云侧面的主虹,虹顶在 C 处,虹的两端均在云底处(距地高度均为约 1.20 km 处)。因为云底以下无雨幕及水滴,故虹在云底以下部分都不能显现。由于层积云底部在对流作用下具有团块结构,所以出现的主虹两端似有紫云相捧的桥圯形。

(2) 就例 4 言,在《虹、晕、宝光》^[4]一书中,格林勒就已将此在彩色光环外的白色大光环称为“白虹”。而按范达荷斯特(Van de Hulst)宝光形成理论,形成宝光的衍射光起自云雾中的大水滴的后向散射光,而这种后向散射光是掠射日光在大云滴中经过一次内反射后,在即将折射出云滴前激发云滴表面波引起的后向电磁辐射。另据主虹形成理论,主虹是日光在大云滴中经过一次内反射后以最小偏向角方向折射出云滴而成^[5]。既然它们都与云雾中一次内反射后折射出云滴的日光有关,那么出现宝光时往往与虹相伴就不奇怪了。格林勒书中所举与宝光相伴的白虹正符合这个理论。这个白虹当然是 42° 的主虹。

(3) 例 2 的情况则不然。例 2 中的 67 的大白环与宝光共存。据中、英、法、俄、西 国际气象词典(International Meteorological Vocabulary)《第二版》^[6],这个大白环称为“布格晕(Bouguer's halo)”,也叫“邬洛亚环(Ulloa's ring)”。之所以用布格及邬洛亚两人命名,显然就是指在例 2 中所举的 1735 年西班牙船长邬洛亚与法国科学家布格在秘鲁班巴马卡山顶所见的光象,该词典解释为“一种偶而观测到的微弱白色圆弧或整个光环,其半径约 39° (即角直径为约 78°),圆心在对日点上,常常在‘对华’(即宝光)周围形成一个独立的外环,可以提出有力

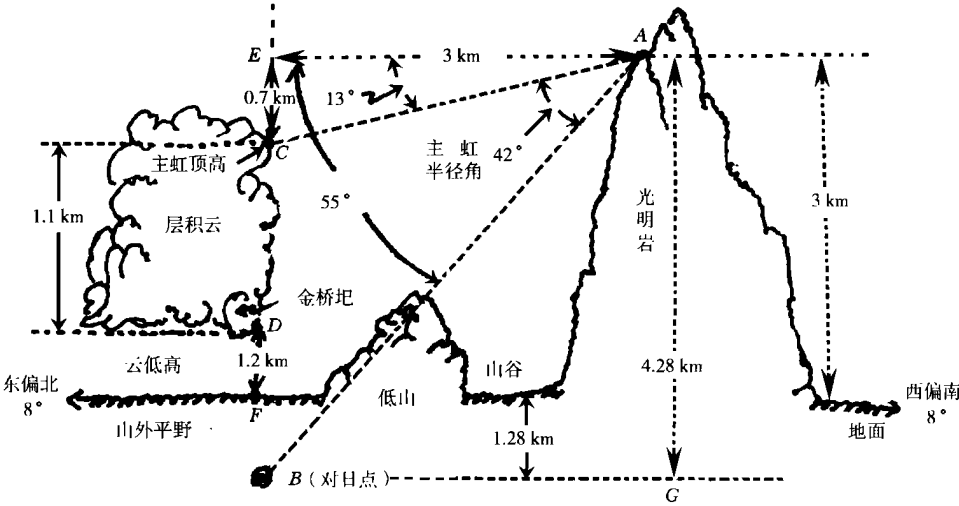


图 1 范成大 1177 年在峨眉山光明岩未时见山外平野云上金桥(主虹)示意图
Fig.1 Schematic digram for golden bridge(primary rainbow) appeared on cloud
over the plain seen by Fan Chang-da(1126-1193)
from Bright Cliff of Mt. Emai at 14: 30 in 1177

的理论依据认为这种现象是一个真正的雾虹”。但是据当时布格在班巴马卡山顶的记载: 那时是清晨太阳刚升起之时, “这个现象只发现在仅包含冰晶的云”。比较布格的记载和《国际气象词典》的词条名称, 可以看出把这个大白环称为“布格晕”, 这是最初按布格记载订名的。因为既然云雾是冰晶组成的而非雨滴组成, 那大白环显然只能是“晕”而不能是“虹”了。但以后由于范氏后向散射的宝光形成说盛行, 认为宝光只能由液水组成的云形成。所以有人认为大白环是与宝光共存的“虹”。但这时争论时起, 谁也说服不了谁, 所以干脆含糊些, 就改称为“邬洛亚环”。其后由于范氏后向散射说占了统治地位, 其它的理论已很少人提及了, 更因此环呈白色而雾虹也多呈白色, 所以在《国际气象词典》的释义中, 就用解释雾虹的形成原理解释这个大白环, 这就产生了词条名为“布格晕”而释义却为“雾虹”间的矛盾。但是即使是雾虹, 其角半径仍应是 42° ; 解释中却说是 39° ; 这个角半径既与雾虹角半径 42° 不符, 又与布格观测到的角直径 67° 的一半 34° 左右不符, 所以《国际气象词典》所宣称的“可用有力的理论依据, 认为这种现象是一种真正的雾虹”的说法是不可信的。

为此再来检验一下布格与邬洛亚当时见到宝光时的大气物理条件。

大家知道, 班巴马卡山处于南美西海岸安第斯山系的东科迪拉山脉(Cordillera de los Andes) 间的马拉尼翁河(Maranon R.) 畔, 在西经 28° 南纬 7° 处。马拉尼翁河是世界最大河流亚马逊河(Amazonas Rio) 的上游, 水量丰多。班巴马卡山东有马拉尼翁河, 西有太平洋, 所以有充分的水汽供应。从海拔言, 在班巴马卡山之北有 3 900 多米的布拉山, 南有 6 700 多米的斯卡兰山。所以它至少海拔高于 3 500 m, 以平均气温直减率 $0.6^{\circ} / (100 \text{ m})$, 山顶气温比海平面要低 20 多, 而且那年布格等见到宝光的时间是在清晨, 正是一天中气温最低的时分。所以气温低于 0° 的可能性很大, 出现的云雾很可能属于高积云、高层云之类。虽然这类云大多为过冷却云滴组成, 但也有系冰晶组成的卷状云部分。如果是过冷却云滴组成, 那么出现宝光时伴有的大光环可能是主虹。但是如果是冰晶组成, 出现宝光时的大光环就不可能是主虹。因为虹不可能出自冰晶云粒。现在查布格当时的记载, 他已明确这宝光等现象出现于“包含冰

晶的云上”,所以这个大光环决不可能是主虹了。再从其角半径为约 34° 来看,并不是主虹的半径,从而更可肯定鄂洛亚环决不是雾虹。

不是主虹,那么是什么光象呢?可参阅王鹏飞的《4 对月晕》^[7]一文。该文是为解释 1963 年 7 月 12 日福建建阳气象站所见光象而写的。文中指出在某些冰晶云上,当冰晶的结晶形式及取向合适时,可以产生以对月点或对日点为中心的“对月晕”或“对日晕”,它们的角半径可以等于或小于 44° 。因为布格见到的大光环角直径为 67° (合角半径约 34°),因此应属于对日晕性质的布格晕不能称为雾虹。

既然肯定了这个大光环是布格晕,那么布格和鄂洛亚那次所见的宝光必不可能由范氏后向散射所造成的宝光。这是因为范氏宝光只能由液水滴组成的云产生,而那次的云属冰晶云。因此例 2 中的宝光环应是按“冰晶云雾宝光形成机理”形成的(参见文献[5]表 1)。

(4)再分析例 3。胡云铎所见的宝光,出现于峨眉山顶。该山海拔在 3 000 m 以上,与秘鲁的班巴马卡山的海拔相近而稍低,其上云雾虽也大多为过冷却水滴组成,但往往也有冰晶组成的。胡振铎所见的与宝光相伴存的大环,角半径为 45° ;且内红外紫。由于角半径与主虹相近,所以人们最初认为它是虹。但虹应是由内紫外红的彩环组成,而此大环却是内红外紫,正好相反,这证明它不是虹,所以后来有人认为它应是霓,因为霓(副虹)的色带排列内红外紫,正好与此大环相近。但霓的角半径为 52° ;远比此大环为大,所见的大环究竟是什么成为疑问。但是根据文献[7]知“对日晕”是环绕对日点,角半径为 44° ;且内红外紫的光环其角半径正好与胡振铎所见的大环角半径(45°)贴近,而色带排列内红外紫也符合胡振铎所见的大环。因此可以认为胡所见的大环判定为对日 44° 晕,比判定为主虹或霓更为合适。

既然胡振铎见到的与宝光伴生的大环是对日晕,那么那天出现的宝光,其云雾应当是冰晶构成。而从海拔 3 000 m 以上的峨眉山顶来说,即使是盛夏,出现冰晶云也是可能的。这样,就得到冰晶云可以产生宝光的一个有力的证据。

3 结 论

通过上述四例的分析,可以肯定:正如宝光既可产生于液水滴组成的云雾,又可产生冰晶组成的云雾一样,其所伴同的大光环,也可既产生于液水滴组成的云雾,又可产生于冰晶组成的云雾。不过产生于液水滴云雾的伴生大光环都是主虹,半径角恒为 42° ;且它们的色带排列都是内红外紫,而产生于冰晶云雾的大光环,称为“对日(或月)晕”。而“对日(或月)晕”其色带排列都与并现的宝光环相反,并现的宝光环为内紫外红,而“对日(或月)晕”则为内红外紫。而且“对日(或月)晕”的大小,因当时云雾内冰晶的形状及取向而异,有的为 44° ;有的小于主虹,例如 34° 左右。

这样,就可以根据伴生大光环的角半径及色带排列来判定大光环究竟是主虹还是对日(月)晕。如果角半径为 42° ;且色彩排列与宝光相同,均为内紫外红,则必是主虹,且当时的云雾必是液水云雾滴构成。如果大光环的角半径不是 42° ;且其色带排列与宝光的内紫外红相反,为内红外紫,则必是对日(月)晕,同时亦可由此判定当时的云雾必为冰晶构成。

需要指出的是,出现宝光时,可以伴生大光环,但也可以不伴生大光环。当伴生大光环时,大光环可以呈彩色,也可以呈白色。由于受大光环投影的限制,有些显现的大光环并不完整,有的呈半弧形,有为呈片段弧形。云雾范围大小也是使大光环出现形状完整或不完整的原因之一。

参考文献:

- [1] 范成大. 吴船录[M] . 丛书集成. 商务印书馆, 1973: 9-12.
- [2] Tricker R A R. Introduction to Meteorological Optics[M]. New York: American Elsevier Publishing CO., 1970.
- [3] 胡振铎. 峨眉山之日晕[J]. 上海: 科学画报, 1934, 2(16) .
- [4] Greenler R. Rainbows Halos and Glories[M]. England: Cambridge University Press, 1980.
- [5] 王鹏飞. 峨眉宝光研究之一——宝光机理的综合研究[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(2): 180-185.
- [6] 中、英、法、俄、西国际气象词典[M]. 日内瓦: 世界气象组织出版社, 1992.
- [7] 王鹏飞. 44 对月晕[N]. 气象通讯 7 月号, 1964: 44-46.

Study on Emei ' s Glory. Part : Research of Great Optic Ring Emerging with Glory

WANG Peng-fei

(Department of Electronic Engineering , NIM , Nanjing 210044, China)

Abstract: It is indicated according to the analysis of four cases that a great optic ring accompanied by glory is not always a primary rainbow. The great ring emerging with glory caused by ice cloud and fog is in fact an anti-solar(moon) halo, which is leading to a conclusion that the dominant Van de Hulst's backward scattering theory on the formation of glory in recent years can not be used to illustrate all phenomenon concerning glory and gives a denial to the formulation that ice cloud and fog cannot produce any glories. It is also pointed out that there is an error in the explanations of Bouguer's halo in the International Meteorological Vocabulary.

Key words: glory; anti-solar halo; Bouguer's halo; Ulloa's ring