

海城地震的地光

徐好民

(中国科学院地质研究所)

今年7月28日凌晨3点41分,从北京开往大连的129次直达旅客快车,满载着一千四百多名工农兵旅客,以每小时93公里的正常速度通过唐山市附近的古冶车站,突然,司机张耀武、刘振邦同志发现前方夜空中象雷电似的闪现出三道耀眼的光束,一瞬间又立即消失,并出现了三股蘑菇状烟雾。铁路旁边的信号灯也迅速由绿发红,顷刻全部熄灭。这是强烈地震的前兆。这时,在列车的前方和后方都有铁路桥梁,相距只有五公里,半分钟就能到达。面对着这种异常情况,张耀武同志当机立断,沉着地搬了非常制动闸,进行紧急刹车。当列车减速后,3点42分,唐山丰南一带的7.5级强烈地震发生了,列车激烈地上下颠簸,左右晃动。张耀武为了减少危险,机敏地改用小闸控制机车,终于把还在摇晃的列车慢慢停了下来,避免了列车出轨和翻车的危险,保卫了列车和广大旅客的生命安全。

这是对党和人民赤胆忠心的工人阶级利用地光观测来避免强烈地震危害的一个生动事例。

地震的产生不是孤立的,它伴生着各种现象。对这些现象的观测和研究,将为我们认识地震、预报地震提供可能性。地光就是一种与地震俱来的最引人注意的现象之一,有必要对它进行深入的观测研究。

唐山丰南地震的地光现象尚在调查研究之中,这里仅就我们目击和调查所及,对1975年2月4日19时36分海城地震的地光现象作一综合描述,并提出初步的分析研究的结果,为当前的防震抗灾服务。

一、地光的种类

海城地震的重要特征之一就是地光现象的发生普遍而强烈,形式多样。在这次强震的过程中,北起辽中、南至新金,东起岫岩、西到锦县,大凡烈度7度以上的广大地区,甚至某些6度区,大多数群众都看到了地光现象。距离震中较远的地区看到的地光大多在远处。辽中人看到在东南,新金人看到在东北,岫岩人看到在西北,锦县人看到在东南。海城、营口、盘锦地区所见的地光方向零乱,主要是由于这些地区到处闪光,各人当时注意的方向不同所致。很多人看到地光就在自己附近。

这次强震的地光现象归纳起来有如下几种。

1. 片状闪光

在强震发生前一个小时左右(18时多),海城、营口、盘锦广大地区内出现了一种很浓的低空大雾,能见度很低,公路上不能骑自行车,汽车只有打开黄灯才能勉强行驶。可是在强震发生时这些地区整个天空很亮,能使人看清道路,甚至看清室内物品。光亮随着地面晃动而闪耀。

海城县招待所东侧灯塔街十三组的一些居民在强震时开始看到满天红光,后变白光,并见一道红黄色的弧状光南北向跨过招待所主楼。

海城拖拉机修配厂一职工强震时站在院内,他见前面红光冲天,周围的群众也都见他院内外红光冲天,误以为他家发生了火灾。该同志及其小孩的面部被地光灼伤,出现紫水泡,一只小猪肚皮也被灼伤。

2. 条状闪光

营口市驻军某同志地震时在距车站不远的地方站着,开始感到地面微动一两秒,就听到地下咔嚓一声巨响,天空从南往北出现一道闪光,浅黄色、紫红色交织在一起,光和地面的晃动几乎是连着的,光一闪,地一动,持续约20秒。此时电灯熄了,但周围地光还很耀眼。

锦县红卫公社副主任姜士贤等人地震时见两道白光一上一下,下面的长,离树梢不远,宽20—30cm,一闪一闪地约有2分钟。

海城镇先进街一工区12岁小女孩地震时从院内跑出,在门外跌倒时身下闪出一道白光。她父亲在50米外借助这道白光看见她跌倒,奔过去将她抱起来。她母亲在她之后跑出来,只觉得满天红光。

3. 柱状闪光

这种形状见者不多。盘锦地区二界沟群众反映,2月2日、3日早晨4点左右发现村西南方向(海滩)有两道光直上直下,下细上粗,呈窄条状。古城子大队一些群众看到地震时脚下和四周交叉飞舞着地光,先是红色后青亮如虹。高家农场一供销科长反映,2月

4日晚上5—6点钟发现地光像信号弹一样往天上飞，又像流星，但比较粗大。

4. 火球

这次地震发光现象中一种很显著的形式是在广大地区较长时间内看到数量众多的火球。根据收集到的资料初步统计，集中于营口市水源公社前进大队，沟沿公社西古树大队、碾子房大队、赵家屯大队；海城县海城镇、岔沟公社梨树沟大队、英落公社一带；盘锦地区田庄台、古城子公社一带；盖县罗屯公社兴隆屯大队等地。在这些地区周围也有发现，但数量较少。宏观调查组人员在营口市大石桥镇住留期间就有许多人偶尔看到周围升起信号弹似的红色火球。据反映，这种火球在近两年就偶有发现，从3号晚上开始大量出现，大震时最多，震后逐渐衰减，直到4月份仍可见到。营口市水源公社前进大队副书记董世宣同志说：震后一天晚上值勤时看到天空出现红火球，以为是坏人打信号弹，就去察看，在地里蹲了近两小时，看到火球是从原喷砂冒水孔内出来的。原洞口已被冰砂堵死，砂为浅灰白色，这时洞口又被冲破，约有2汤匙的深灰色泥砂被崩出来，落在周围光滑的砂丘面上。这种火球多为红色，营口市沟沿公社干部反映也有少数绿色的。为研究火球的来龙去脉，作者和武汉测量队同志于2月24日夜在前进大队以往火球出现较多的稻田里守了一夜，看到从两个地方冒出这种红色火球，一次连续四个，较亮；一次连续三个，较暗。前者升到20米左右消失，后者稍低。二次相隔一刻钟左右。以后作者又和一些同志在每晚7—9点连续去那里观察了几天，只在远处零星看到几个。海城东南方向解放军某哨所班长看到西方火球像初升的太阳，火球消失后出现白色闪光，直到地面平稳才结束。盘锦地区古城子公社一群众反映：大震前10分钟左右，见西南方向（岗皮岭、石家窝堡）有一个像锅盖那么大的火球，由地面向上，像火炭，周围像火烧云一样。海城县第二粮库一同志，地震时正在值班，看到火球在地面上跑，有的紧靠地面，有的离开地面，由西往东滚动，形状像蓝球，红色，碰到障碍物就爆炸，球与球相碰也爆炸，大约有4—5秒钟，相碰后天空是红色的，接着就是旋风似的风声和振动。海城县岔沟公社梨树沟大队的火球也是交叉滚动，满天飞舞。看来信号弹似的火球都是发生在辽河平原或山区中的河道上；而水平滚动的火球则不受这种地质条件的限制并且仅仅发生在强震时。

为进一步研究火球的成因，作者调查了营口市水源公社前进大队，沟沿公社西古树大队、碾子房大队火球出现较多的地方，看到了一些1cm直径的小孔，呈圆形的漏斗状，周围有较粗砂粒组成的小堤埂，漏斗斜坡上为粉砂土，显然是由从下面喷出的气体造成的。这种漏斗状小洞有的在原砂丘光滑的斜坡上（下有裂隙）：

有的在干裂缝上，原裂缝已由于风吹而被干砂土填平，又被冲出圆形漏斗状小洞。还有的小孔直接在原喷砂冒水孔内，孔内的冰层也被冲出小洞（图1照片）。在碾子房二队见到一个漏斗状小孔周围的砂土发暗焦褐色，似被火舌舔过。



图1 冲出球状地光的小孔

5. 裂缝闪光

强震时很多人亲眼看到从地裂缝里闪出白光，随着裂缝的一张一合而闪动，并伴有咔咔的声响。盘锦地区古城子公社一老年炊事员反映地震时在他跟前的地裂缝里闪出白光。海城县孤山子公社一道沟至杨家堡子一带，地震时出现了横切山岭的近东西向长达5.5公里、一般宽几十公分、深2米以上的锯齿状左旋地裂缝。附近村庄的群众反映地震时山上发出白色闪光，很亮。当时一位二道沟的青年正在裂缝的一侧，他看到白光就是从裂缝里出来的，持续约一分钟左右。营口市水源公社前进大队一位青年社员说，地震时他往外跑时脚下踩着的小裂缝也往外嗤嗤地冒白光。海城镇一位姓蒋的老大娘家里地震时屋内墙下出现一条长1.5米、宽0.5米的疏松带，在此带内又出现二条宽1cm的小裂缝，从这两条裂缝里喷出10cm高的蓝白色火花，还有一股不太难闻的味道，从她的叙述判断很可能是臭氧的气味。当时裂缝在她的脚下，两三天后她感到脚疼，脱下棉鞋棉袜发现脚后跟有许多红点。

6. 井喷光

这种现象调查中仅发现一例。营口市沟沿公社西古树大队有一口深40米的废井，井粗70cm，井壁是用钢条和竹竿编的圆筒固定的。以后废弃了，填上一些石块和泥土，种了多年的蔬菜。地震时忽见这里火光冲天，许多人以为地震引起了火灾，惊呼着奔去救火，到了那里火光没有了，只见从这眼废井里喷出3米多高的水柱。第二天发现固定井壁的钢筋竹子的圆筒露出地面近2米，井里十余米深处的半米直径的石块被抛出两块，周围50米内的地面被喷出的淤砂垫高两尺。

二、地光对人体的危害

我们还了解到前人从未报道过的地光对人体的危害。这次地震时地光对人体的危害仅我们了解的就有近二十例。海城招待所东侧杨素英母子两人，张淑云母女三人，姚振芝母子五人，她(他)们的面部都不同程度被灼伤。张淑云往外跑时跌倒在地，看到红光满天，当时就感到脸上不舒服，肌肉紧巴巴的，稍有火烧火燎的疼感。杨素英的儿子王君德嘴唇第二天就肿了起来。她(他)们的脸部都为暗紫色，几天以后龟裂翘皮，一星期后最难看。杨素英涂金霉素药膏，张淑云涂土霉素药膏，其他人都未经治疗就逐渐痊愈了。当24日作者和北京地震队同志访问她(他)们的时候，张淑云等人面部仍可约略看出色调不均。

前已叙及，海城先进街一工区12岁小女孩跌倒时，在身下闪出白色地光，第二天两腮就肿起来，脸蛋变成了紫猪肝色，并有水泡。她母亲在她之后跑出来，两三天后两腮也紫肿起来。当作者2月24日访问她们的时候，已愈，在小女孩的脸上仍可隐约见到水泡的疤痕。

三、地光成因的探讨

1. 关于地光成因的几种假说

地震中的地光是根源于地壳的近地面大气电光现象。有人认为，它的形成是由于震区岩层电场的较大幅度的增强。现在国际上有下列几种假说。

(1) 压电说

芬克尔斯坦(Finkelstein)和鲍威尔(Powell)于1970年首先提出，频率为1—10赫兹的低频地震波作用在岩石上能够产生压电效应，这样形成的压电场足以引起地光。问题是要产生地光所需要的强压电场，地表岩石的电阻率需要达到 10^9 欧姆·米的数量级。但是，后来他在1971年2月9日圣费尔南多地震发生奇异闪光的地区，用具有四个电极的台网系统测定了在露头岩石下面1—50米深处含石英岩石的电阻率，发现只在 3×10^2 — 3×10^3 欧姆·米的范围内变化，要差六七个数量级。于是，他就在1973年放弃了自己先前的模型。不过，他仍然坚持压电说，并提出两种机制。

第一种机制是根据布雷斯(Brace)和奥林奇(Orange)1968年发表的一次观测结果。布、奥两人发现花岗岩在100巴压力下具有 10^6 欧姆·米的电阻率。芬克尔斯坦认为，地震在断层附近和沿着断层都能释放很强的应力，同时地震时岩石破裂也能产生高频应力波，这些应力可以联合形成成为产生地光的强压电场所需要的高电阻率区域。

第二种机制是根据凯勒(Keller)的观测结果。凯勒在1971年报道，在10公里数量级深度的岩层可能具有 10^7 欧姆·米数量级的电阻率。但是，在这样的高电阻率条件下，这么深的地方的强压电场如何能够传到地表呢？芬克尔斯坦设想，电阻率在岩石中的分布是不平衡的，在一般为高电阻率的情况下可能存在局部的高电导率的通道，使深处的压电场能够传到地表，从而保证低频地震波足以产生为地光所需要的电场。

此外，人们曾经发现，地震波的高频段(例如超声)可以在主震前相当长时间(好几年)内出现，而在主震前数昼夜或数小时达到最大。有人认为，地光现象可以用地震波的超声段来解释。

(2) 深层水的流动

有人提出，地下水的流动导致大地电流的产生，这样形成的高电压可以使空气放光。根据计算，地下水在一千个大气压下流动，有可能产生10—1万伏的电位差，足以引起地光。岩层中如有1%的孔隙，每平方公里的电流可以达到3—30安培。

(3) 岩石电阻率的变化

有人认为，在震中区及其附近，地震时岩石受力的大小和方向急剧变化会造成电阻率变化，进而引起电场变化，出现地光现象。

2. 我们关于地光成因的设想

我们认为，地光形式多样，成因也并非单一。有的可能是由于岩石的摩擦而起电发光；有的可能是由于可燃性气体的迅速氧化燃烧而发光。但是最大量、最主要的还是由于大气电场强化的结果而造成大气中的放电发光。

根据物理气象工作者的研究，大气静电场在晴朗平静的日子为1.3伏/厘米，在雨天雷暴附近可达200—300伏特/厘米以上，在有尖端的物体顶部附近，尤其是自地面高出某些高度时，电场可达到3万伏特/厘米这一临界值。这个电场强度在正常的气压下已足够击穿空气，使空气电离和发光。我们知道，气体的击穿电压值是受气体的电性质、湿度和电极形状制约的。当空气中混入少量其他电离电位差较低的气体时会大大降低其击穿电压值(彭宁效应)。当空气中有浓雾存在时击穿电压可降低至1万伏特/厘米。另外尖端放电开始时的电场强度是随着尖端曲率半径而变的：它愈尖锐，就愈会在小的电位差下开始放电。有资料表明在空气中电场即使低到200伏特/厘米仍可能造成尖端放电。所谓桅头电光就是船桅杆上发生的尖端放电现象。在山中岩石突出部分的尖端、树的顶部、塔顶、屋顶的锐角上、特殊情况下(尤其在山中)在人和兽的头上也能观测到尖端放电现象。通常这种放电伴随

着噼啪声或吱吱声。它们持续的时间,有时相当长久,常达几小时。我们知道夏天雷雨时可以出现红色火球——球状闪电。现在一般人都认为这种火球是由强烈电场造成的一团高度电离的空气团。这次海城地震时所见的那种滚动的火球大约和球状闪电类似。国外认为这种球状闪电不伤人畜,国内多有伤害人畜的报导。我们用干燥的塑料梳子梳干燥的头发,就会引起噼啪啪的电火花,日光灯管在头发10厘米远的地方就发亮,试电笔在距头发46厘米远的地方就嘶嘶作响并发亮。与此相似,这次唐山、丰南一带地震,震前好些天,在北京就发现有的日光灯关着也会放出弱光,经检查电路并无毛病,在强震发生时更发现有的日光灯关着就自行闪出明亮的白光。这些事例无可置疑地说明当时震区的大气静电场已达到了相当高的数值。

海城地震正是寒冬腊月,这样强烈的大气静电场是如何形成的呢?我们知道,大气静电场的产生是因为空气的电离,电场强度决定于空气中带电离子的浓度。在近地面气层中电离辐射的来源是地壳中的放射性物质,主要是镭和钍以及气体同位素氡。在强震前我们可以期望这种放射性物质有所增加。因为随着岩石应力的增加,裂隙的产生,深部的含放射性物质的液体、气体必然会往上运移至地表,甚至绝大部分以气体方式进入大气。例如某温泉的水中震前氡含量增加并且逸出,进入空气中;空气中氡含量(二百余埃曼/升)大大高于水中溶解的氡含量(几十埃曼/升)。这样必将增大空气的离子浓度。但这恐怕还远远不足以造成这样强烈的大气静电场。我们认为,震前低空高离子浓度的来源主要是地壳中的气体以离子的形式进入大气造成的。这些气体可以是深层岩浆的挥发份、深层液体运移到浅部汽化产生的气体,天然气、压力增加或高频地震波使岩石析出其所含的气体等等。它们的成分是很复杂的,因地而异。这些气体的电离可以是因为它们本身在地球电磁场中的运移(地球的电磁场可以因岩石的压电效应而加强,它能加强气体的电离,而这些气

体在其中的运移又使它强化)、放射性物质的作用、高频率地震波的激发、高温的作用、高压所致的气体相互极化、本身的化学性质(极性分子)的影响等等。它们的运动和感应可以生成更多的离子。这些离子可以作为理想的异性凝结核生成海城那样的低空浓雾,可以依附在空气中的尘埃上甚至地表物体(各种建筑物、各种设施、器具等等)和地面的某些部分上,它们逐渐积累,正象塑料梳子在梳头的过程中积累静电荷一样。这种静电荷的分布并不是均匀的,某些局部地方达到一定数值,再加上一些诱发因素,例如一股风携带砂石通过这一地区等都可以引起放电发光(当大气电场超过临界值时也可自动放电发光)。这可能就是震前震后无地震时也发光的原因。地壳在临震前至强烈震动时析出离子气体的数量和速度都急剧增加,低层空气中和物体上积累的静电荷更多,地面、物体的摇晃和位移破坏了这种静电平衡,引起链锁放电。岩石剧烈摩擦、气体从裂缝或洞穴中高速喷出、爆炸等等就造成了更多形式的放电发光现象。由于各种地光的能量强弱不同,它也能对人和动植物等造成不同程度的危害。远离震中的盘锦地区地光现象普遍,显然同这个地区地下丰富的天然气有关。

四、结 束 语

海城地震震前震后地光持续发生时间很长,这为我们研究地光规律、为地震预报服务提供了一个极好的机会。可惜由于我们缺乏经验,准备不足,未能拍得各种地光的照片,未能更多地搜集浓雾、气体等样品,也未能测得当时大气静电场的强度。海城地震的地光现象有其普遍性和特殊性,对于这些问题我们的探讨还是十分粗浅的。地光的观测和研究必将对我们认识地震的规律,对于中、短期特别是临震预报有一定的帮助。让我们今后进一步加强对地光的观测研究吧!