

加拿大新斯科舍地质旅行记

刘俊

久闻大西洋的度假乐园——加拿大新斯科舍(Nova Scotia)的大名,常常在各种旅游宣传资料上见到那里的美景。我的导师早就说要带大家去那里野外考察,不过最近才确定行程。我提前一周到加拿大驻纽约领事馆办理了签证。在阅读文献了解当地地质情况的同时也找来一些资料了解当地的风土人情。

新斯科舍省是加拿大最东南部的省,包括一个狭长的半岛和毗邻的布雷顿角岛,隔芬迪湾(Bay of Fundy)与新布伦兹维克省相望。面积 52,841 平方公里,人口大约一百万,省会和最大城市为哈利法克斯(Halifax)。本地早在数千年前就有印第安人留下的

踪迹,1610 年法国人在罗亚尔港第一次成功地定居,称为阿卡迪亚人。法国和大不列颠曾激烈地争夺过这一地区,直到 1733 年,按照巴黎协议法国将北美的占有权移交给不列颠之后,许多苏格兰人才移居此地,因此有了现在的名字,拉丁文意为“新苏格兰”。不过境内还是留下许多当年的痕迹,例如本省最好的大学就叫阿卡迪亚大学,这所学校在加拿大也是一流的。

新斯科舍省在北纬 45 度左右,位于赤道与北极正中。它濒临大西洋,省内任何地方到海边距离都不到 70 公里。受海洋气候影响明显,这里是加拿大少有的暖和地区,Halifax 一月平均最

高和最低气温大约 0.5 和 -6.6 度;七月是 22.7 和 13.8 度;而同纬度的内陆地区气候则变化剧烈得多。这里是多股气流途经之地,降水丰富。境内多云的天气占全年的 60%以上,四月到七月海岸边常常是大雾迷漫。现在岛内的地形主要是最近一次冰川作用塑造的,较软的岩石被侵蚀得更厉害,成为谷地,而坚硬的玄武岩则屹立在原处成为高地。境内生态环境多样,东北较高且多石,而西南安纳波利斯谷地一带土地肥沃,气候适宜,有加拿大最好的果园。境内河流密布,森林茂密。海岸线漫长,海岸类型多样。这里有世界最高的潮汐。宽阔的潮坪,在涨潮时鲸类会来到这里狩猎,而退潮后这里又是鸟类觅食的乐园。除了土著的鸟类外,每年从北极到南美洲迁徙的鸟类会在此短暂逗留,这里成为西半球最大的候鸟迁徙基地。每年夏天这里是观鲸的季节,你可以近距离观看庞大的鲸喷出高高的水柱,举起美丽的尾鳍;更有憨态可掬的海豹在礁石上懒洋洋地晒太阳。

我们此行的目的是认识芬迪盆地的地层,顺带寻找化石。在石炭纪—二叠纪(大约 3.50 到 2.50 亿年前),地球的三个主要

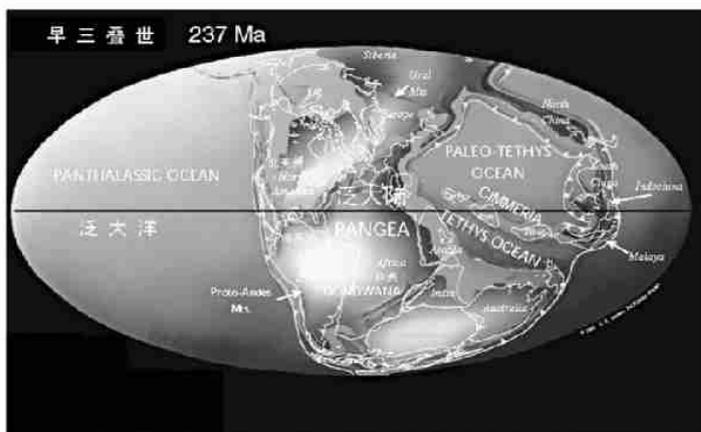


图 1 早三叠世全球古地理图,引用 Scotese 资料

化石之旅

板块,冈瓦纳、劳亚(欧美)以及西伯利亚板块碰撞在一起形成了一个超级的大陆,也就是泛大陆的主体。后来一些小的板块逐渐拼贴,而冈瓦纳也逆时针旋转,非洲与北美洲靠在了一起。到晚三叠世(大约2.04亿年前)泛大陆达到最大,随后就开始解体。那时候由于地壳的拉张形成裂谷盆地,然后积水形成湖泊,新斯科舍现在地表的很多岩石就是当时的泥沙等沉积而成。

今天非洲摩洛哥的阿甘纳盆地也是同时期形成,由于当时位置相似,气候相似,所以沉积的岩石以及包含的化石很接近。现在的芬迪湾一带当时是一个小盆地,地质上称为芬迪盆地,其分布范围也与现在海湾大致相同。盆地从二叠纪开始总体保持下降,一直至少延续到侏罗纪,共持续了大约一亿年。那个时期形成的岩石现在大多在海底,少量出露在陆地上,构成类型多样的海岸线。

这是金秋的十月,从纽约驱车一路北上,经五个州从缅因州进入加拿大。纽约的秋意刚露出点苗头,到加拿大已经十分浓厚,路边森林颜色也从绿色为主过渡到红黄主导的多彩世界,金黄、橙红、玫紫、墨绿竞相炫耀,不同层次的色调尽显风采。加拿大与美国的边界在此处是条河,桥两边海关截然不同,加拿大这边看上去仅仅如收费站般,而美国则有荷枪实弹的大兵站在路口。连夜赶到港口城市圣约翰市住下,第二天一大早从此处坐渡轮过芬迪



图2 红色的风成砂岩

湾到对岸的新斯科舍。轮船开了约三小时,远处隐隐约约的山脉清楚了(封三图1)。老师告诉我们这是北山,由早侏罗世(二亿年前)喷发的玄武岩组成。我们从迪各白(Digby)上岸,来到附近的圣玛丽湾,观看布罗米东组(Blomidon)的岩石。岩石有主要由砂和主要由泥构成的,前者叫砂岩,后者是泥岩。前者是河道的沉积物,还常常保留了原来河床的形态;而后者则往往能够平行延伸很远,大多是湖泊的产物。海边的一块岩石露出了清晰的波痕(封三图2),这是当年河流的水流留下的痕迹,现在却时常被海水淹没。见到一块石头,表面发现一些奇怪的痕迹(封三图3),似乎是某个兽类刨坑留下来的爪印。这可能是一个当年河岸边一个小爬行动物的巢穴,后来不幸在洪水中被掩埋,由于充填的沙与原来的有所不同从而保留了下来。

老师在海滩上捡起一块卵石(封三图4),说这块石头很有意思,问我们知否其独特之处。他特地指出上面的疤痕,问是怎样形成的。我看了看,是块卵石,而且周围没有这样的石头,应该与冰川有关系。因为如果是水流搬运,只能从高向低,俗话说“水往低处流”,而很明显这附近没有这样的岩石,肯定是从其他地方来的。最大可能就是末次冰期的冰川从其他地方带来的。不过卵石肯定是早已形成,而且应该是河流长期搬运,才能磨得如此圆。我猜上面的疤痕是相互撞击留下来,但是却不对。最后一天我们到了芬迪湾的对岸,我在离圣约翰市不远的地方见到了这种砾石(封三图4),那是三叠纪的地层。然而这块石头形成卵石则应该更早,里面的石英脉则是稍晚形成的。综合各方面的知识,这个石头的完整的故事应该是:在四亿年前的志留纪一些沙子被水流冲

刷埋了起来,慢慢胶结形成岩石。后来岩石中间形成了裂缝,水带来了二氧化硅,结晶形成了石英,就是我们见到的白色条带。后来这些岩石因为地壳运动露出了地表,到二亿多年前有块岩石崩落到河里,在河里翻滚,抹去了棱角,后来冲到地势缓和的地段,水流减缓,就停留了下来,这些大大小小的砾石就形成了我们封三图4中所见的岩石。这些石头相互接触的地方,在埋藏过程中,发生压溶作用,形成了在卵石上见到的疤痕。这些岩石后来因为抬升露出地表,在一万多年前的末次冰期中随冰来到了海对面,在海滩上被我们发现捡了起来。

沿北山山脉向东北向前行,一路上随处可见草地、苹果园、南瓜地。草地上奶牛悠闲地吃草,果树上挂满了红彤彤的苹果,地里是黄橙橙的南瓜。南瓜在北美洲与节日紧密相连,南瓜饼是感恩节餐桌上少不了的甜点,南瓜更是万圣节必需的装饰品,人们充分发挥想象力,用南瓜做出各式的造型。我们来到了安纳波利斯谷尽头的小镇沃尔菲里(Wolfille),阿卡迪亚大学就座落在这里。沃尔菲里边的小海湾叫做米纳斯(Minas)盆地,这里有世界最大的潮汐,潮起潮落高差一般为12米,最大可达16.8米。再加上海岸是由容易风化的岩石构成,地势较缓,所以潮间带宽可以超过3公里。不过大量的潮坪被人工堤坝与海洋隔开,成为了良田,不再是原来的滩涂。潮水涨落中流经布罗米东北部的出入

口的水流量相当于地球所有河流流量的总和。由于每天大约140亿吨水两次流入米纳斯盐地,陆地也会随之倾斜。我们知道大西洋一般的潮汐只有一两米高,这里为什么会有如此的高潮呢?潮汐是由于太阳和月亮对地球的引力造成的,不过由于月亮离地球更近,其作用占主导。潮汐一般的周期是12小时25分,这是由月亮绕地周期决定。潮汐大小受地形影响极大,同时还受地球旋转、风速、气压变化等影响。其实星球的直接引力并不足以直接产生如此明显的作用,还需要浅水效应和共振现象发挥作用。潮波传入浅水后,因水变浅潮波能量密度增大,因此潮差会增大;另外海底摩擦作用也会增强,对潮波有衰减的作用,水浅亦使潮波波速减慢,波长则变短。如果海峡或海湾长度接近潮波 $1/4$ 波长时,则会发生共振,潮差更大。在米纳斯盆地正好所有因素都有利于加强共振,形成最高的高潮。

伊万杰林(Evangeline)海滩距离沃尔菲里约8公里(封三图5),这里可以看到非常明显的海水涨落。不过此处更以观鸟著名。丰富的虾蟹、贝类、虫子为迁徙的鸟类提供了丰盛的食物。每年七八月份成千上万的鸟类在迁徙途中从北极到此,短暂休整后不停歇直接飞到墨西哥以南。我们也来到这个海滩,目的却是潮水退去之后露出的岩石。这个海滩基底是三叠系的沃尔菲里组,是当初的河流沉积的泥沙及小砾石形成的岩石。我们就在没

有被泥沙覆盖的石头上寻找化石,走了一两公里,终于发现了细小的骨头碎片,然后就在附近搜索,还找到完整的爬行动物下颌,不过这些化石大小都只有数厘米。当初动物死亡后骨骼四散,被水流冲走,后来水变缓了,就随小砾石一同沉积下来,慢慢沉入地下深处;然后砂砾成为了岩石,而骨骼也转变为了化石。经过更为悠长的岁月,地壳重新抬升,上面的石头经风吹日晒,水来浪去,随之而去,终于这些岩石露出地表,然后我们才有机会见到其中的化石。

随后我们向北来到麦得福特(Medford)附近,这里海滩也是红红的一片。海岸边是红色的岩石组成的峭壁,但是抵挡不住海水的冲刷,有些地方逐渐被孤立起来,潮水来临就成为孤零零的小岛,顶端有几棵树依然顽强地屹立在峰头(封三图6)。谁会知道就在这下面还留下了二亿多年前恐龙行走的足迹?我们就是追寻它们的脚印而来。撬下很小一块石板,竟然也保存有几个足迹,上面恐龙的皮肤印痕也清晰可见(封三图7)。这些化石是当初恐龙在湖边浅水中行走踩下来的,本来应该是坑,但是从底面看就是凸起的。

我们绕到山的北边斯果次湾,这里的海滩完全不同,不再是泥,而是坚硬的玄武岩(封三图8),其表面因为冰的侵蚀留下鱼脊背般尖锐的边缘,长有绿藻的地方滑不留脚,每一步都得小心翼翼。绕过这段长长的险地,见

到了北山玄武岩之上斯果次段岩层。目光首先被圆柱状的物体吸引,其中心是红色和褐色,凑近一看,还是同心环状。仔细辨认,发现包裹的是树干或者树根,但是早已经硅化了,有的地方还露出凹凸不平的树干表皮形态。敲打,非常坚硬,是燧石。围绕其四周的岩石主要是灰岩,在里面还找到大量细小的螺类化石,闪光的鱼鳞,偶尔还能够发现一些零散的骨骼。在一条小溪流中还有幸见到保存极好的叠层石(封三图9与现代叠层石对比),其形态为圆柱状,不过这里看上去象一个个馒头似的。叠层石是由于蓝菌等微生物生长形成的沉积构造,最初只知道生长在海洋环境,后来非洲的淡水湖泊也发现了其踪迹。综合观察可以想象当初这是一个宁静的湖泊,岸边树林密布,水里鱼虾嬉戏。因为大规模的火山喷发后不太久,地热活动还很活跃,地底热液活动带来饱含硅质的热流;围绕树干沉积下来形成燧石。一般是灰色,因为有机质的存在则呈红色、褐色。这个湖泊范围很大,但是此处离岸边不太远。

随后几日我们转移到米纳斯盆地对岸的帕斯博若(Parsboro),这里与对岸的布罗米东角只有6公里,划船也可以到达,古代曾经是重要的交通线路。这个小镇原来是重要的木材输出港口,曾经有操各国语言的人行走在街头;以前还是东行的重要交通要道,曾经繁荣一时。不过时过境迁,

随着木材业的衰退,高速公路改道,早已风光不再。现在旅游业是此地的支柱产业。由于缺乏足够就业机会,这里谋生日益艰难,年轻人纷纷外出打工,不少已经举家搬迁。这个小镇非常宁静,能够让你体会加拿大的乡村风貌。当地人很是友善,我们每晚去餐馆途中,总有热情的小镇居民问好。这里数千人的小镇竟然有五个教堂,三个博物馆,一个剧院。街道两旁到处是恐龙的画像,因为这里发现了大量的恐龙脚印化石,前些年在海滩上还挖出了原蜥脚类恐龙骨架。我们去芬迪地质博物馆观看了收藏的标本,其中有一件三亿多年前的树干化石,里面有一个小爬行动物。小东西当初可能是跌入树洞,再也爬不出去,就只能坐以待毙。不久和树桩一起被埋了起来,形成了化石。

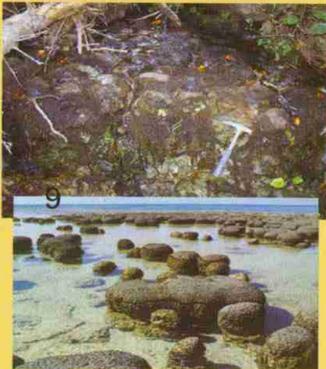
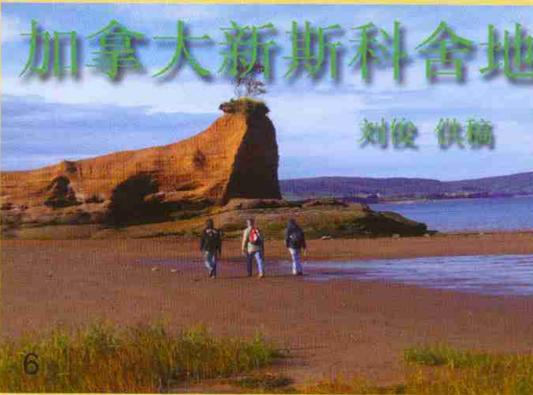
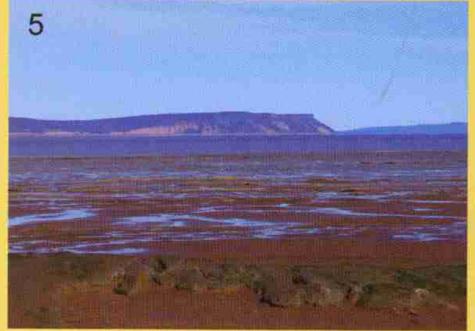
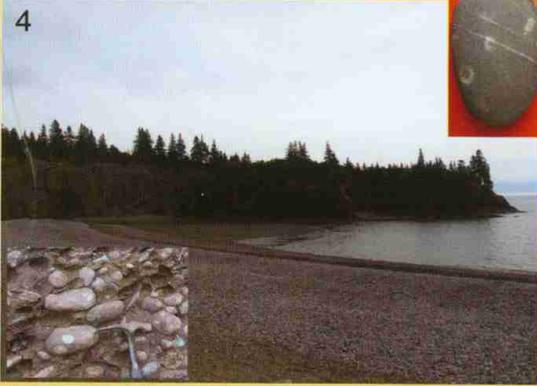
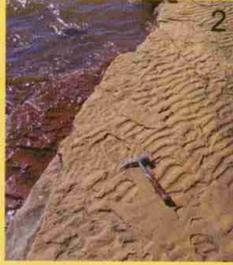
随后我们来到挖出恐龙的Wasson Bluff海滩。有个恐龙产自风成砂岩与岩屑堆混杂的堆积中。由于岩屑堆是在悬崖基部形成,说不定这个恐龙是从悬崖上摔下来而埋在沙堆中。在这些当年的沙子中间可以见到当初的巨大的滚石,与周围很不协调。在玄武岩之上紧挨着有薄薄一层泥岩,几乎由化石组成,触目都是亮晶晶的鱼鳞,里面能够找出许多种类的生物化石。在海滩工作得时刻注意潮水涨落,我们有一次由于挖化石太投入了,赶上涨潮,把路淹没了,只得赶紧淌水而归。

如果再不走,整个地方很快就会被淹没,那就危险了。这里大多数岩石都与河流湖泊有关,但是少数却是风吹而成的沙丘形成的岩石(封三图10)。这些岩石组成的颗粒大小很均匀,磨圆度好,风化后比相邻的河流成因砂岩颜色更鲜艳,是海滨亮丽的风景。

最后我们离开新斯科舍,来到新布伦兹维克著名的芬迪小道。这一带景色非常优美,树木下面是成片金黄的蕨类,不知为何无数的花大姐四处飞舞。此处海岸线也是芬迪盆地的边界,是一个断层带,峭壁主要是前寒武的古老基底。少数红红的石头却是盆地里沉积的最古老的二叠系岩石。这与Fox Rock中有洞穴的峭壁是同一套岩石,不过这里是最底部,那里是最上部。

又在圣约翰市休整了一夜,第二天大家就驱车返回纽约。缅因州有个外号叫“龙虾之州”,我们当然不愿错过美味的龙虾,中午就在Freeport就餐。本来前几年龙虾产量下降,人们还担心是否会持续下去,还好在车上听新闻今年在南部捕获量大大增加了。才几日,该变色的树叶全变了,比来时更艳丽了些。此处旅行虽然只有短短八天,收获却很大,这也是我第一次到加拿大这个枫叶的国度。有机会一定再来此处,一是寻找化石,二是真正能够观赏海洋哺乳动物以及迁徙的候鸟。

(中科院古脊椎所)



加拿大新斯科舍地质景观

刘俊 供稿