



探秘冰川

中央电视台 琐晓红 祝 军

《探秘冰川》第一集



中央电视台科教频道《走近科学》
2014年5月5日

【导视】

雪山顶上听风雨，杜鹃丛中间花期；
跟随科学家的脚步，探寻大自然的奥秘，体验不一样的科学。
《探秘冰川》第一集，《走近科学》即将播出。

【片头】

伴随着阳光南移的脚步，翻越喜马拉雅山远道而来的西南季风开始收敛了锋芒，沿大峡谷长驱直入的暖湿气流悄然转身，在雅鲁藏布江谷地留下一片片金黄。万物蛰伏，而遥远的雪山之巅，却迎来一年一度的复苏。收拾起因燥热而支离的身躯，冰封起消融的水滴，重新进入一个新的生长季节。

【同期】

现在是9月中下旬，季风基本上到了尾声，所以我们真正的拉萨的秋天已经来了，如果是你继续朝前走的话，到羊八井海拔4200米，就有很少一点点树，再到纳木错海拔4700米马上就一棵树也没有了。

【同期】

今年气候反常，雨水多，咱们这儿冰川上的积雪估计也挺深的了，肯定过膝盖了。

【同期】

这次扎当看上去应该比较漂亮。漂亮吗？白的全白了。把一切全盖起来了。

2013年秋，中央电视台科教频道《走近科学》栏目派出摄制组，跟随中科院青藏高原研究所和中科院成都山地灾害与环境研究所的博士们，一起来到雪域高原、横断山区，登上海拔5000多米的雪山冰川，体验他们那种与众不同的日常科研工作。青藏高原念青唐古拉山的扎当冰川是我们此行的第一站。

【同期】

没马这次能爬上去吧？没有马？没问题哈？没马？我说没骑的马？啥时候骑过马啊！？上次不就预备了一匹吗，结果没骑上而已。上次不是给他(预备)的吗？但是(当时)东西多吗，没办法。能骑上马就是最开心的事，骑牦牛呢？牦牛把你直接扔下来，把你弄掉你都不知道……

这是2013年大雪封山前对扎当冰川的最后一次强化监测，张国帅博士带队，博士生陈鹏飞、张其兵、袁圣柳参加。第一天从拉萨出发，沿青藏公路向北220公里，翻越当雄那根拉山口到达纳木错乡，在中科院纳木错多圈层综合观测研究站过夜，并装载帐篷、睡袋、食品和科考仪器。

【同期】

明天早晨几点？吃完早饭就走。吃完早饭，几点吃早饭？8点半。好。连绵的念青唐古拉山脉伸开强壮的臂膀，将“天湖”纳木错紧紧地拥

在怀中。相传纳木错是“草原之神”念青唐古拉的情人，他们相依相靠最终结成伴侣，化作藏北高原上的“神山圣湖”。

作为羌塘古湖遗存的一部分，在最近的40年间，纳木错的面积从1920平方公里扩大到2000平方公里，湖面海拔上升了8米。

中国科学院青藏高原研究所 康世昌 研究员

【采访】

湖岸线已经扩出去，像东岸扩出去上百米，从（20世纪）70年代，西岸扩出去将近一公里。就是说，湖上涨以后，它面积就扩大了。

而另一种变化也在悄然发生着，1990年以来的20多年中，在纳木错每年增加的湖水中，来自念青唐古拉山冰川融水的比例也在逐年上升，近几年已经慢慢达到了50%。

【采访】

有的人说因为降水量增大湖面上涨了，而有的人说，是因为冰川的融化，造成湖泊上涨，但是所有这些东西，对我们科研工作者来说，我们要从根本上去理解。

2005年，中科院在这里建立了综合观测站，围绕纳木错展开全方位的监测研究，特别是在全球气候变暖背景下的冰川变化情况。

【采访】

气候变暖以后，冰川融化，它逐年给湖泊补给的水量还是在增大，但是（对）冰川的这种监测呢，我们还有另一个最根本的原因就是看，冰川对气候的相应。在机理上是怎么样，就是说我们要从它的这种物理模型上，去模拟，去计算，气温升高和降水增大，或者换句话说，气候变化是怎么影响冰川变化的，反过来再说冰川是如何去相应气候变化的。之后我们还要去冰川考察，这时候我们就可以从细节上介绍，比如说冰川的物质平衡啊，运动啊，冰川的这种融水啊，是怎么一回事。

【隔断】

碎石山大白水之间，通往冰川的路上，高原病可以随时侵扰每一个生命。

《探秘冰川》第一集，《走近科学》正在播出。

【字幕】2013年9月21日早晨

通往扎当冰川的路大约只有60公里，但需要花费一天的时间。从纳木错站出发，沿着纳木错湖岸，也就是念青唐古拉山北坡山麓向西南方向行进50公里，到达曲嘎切河进入纳木错湖的河口，然后再沿着曲嘎切河谷上行十几公里，才会到达扎当冰川。冰川和冰川融水侵蚀河谷碎石携带大量



矿物质，让流水变成了乳白色，而曲嘎切的藏语词义就是大白水。

道路的艰难程度出乎我们的意料，尽管驾驶员已经换成了经验丰富的多吉大哥，但是50多公里的路程还是走了将近4个小时。

接近正午的时候，汽车在一个夏季牧场的

牧民居住点停了下来，有几位牧民已经提前在这里等候了。

【采访】中国科学院青藏高原研究所博士 张国帅

现在海拔接近4900米了，这个地方已经是车能达到的最远的一个地方，接下来我们就需要雇佣这些马匹，然后马匹要把我们的一些装备、设备驮上去。然后人呢，从这里就要从车上下来，通过步行，然后走到5500米的地方，在那个冰川末端扎营，这也是今天主要的任务，可能要走5~6个小时，这对大家来说都是一个体力的考验。

然而张国帅遇到的第一个麻烦不是体力而是马，在这个最需要马的时刻，马匹的数量却出现了问题，预定需要8匹马来驮运装备，现在只来了7匹。

【同期】

当地居民听不懂汉语，沟通还是需要多吉翻译，中间多一个环节，交流变得不太方便。

在大雪封山之前，牧民们已经转场到了安全地带，重新预定马匹需要几天的时间。但是在这个普通人说话都需要大口喘气的地方，爱马如命的牧民们也不愿意让自家的马匹超负荷工作，那样可能会给马匹的健康带来永久的伤害。面对这样的局面，负责联络的多吉显得有些郁闷。

【同期】张国帅

马是不够吗？能走动就走，走不动就只有不去，我跟他们只能这样说，别的你没法说了。

【同期】张国帅

咱们9个人，再拿一个吧，那里面有都有，好多种口味儿，中午吃饱点儿，这是自热的。

以补充体力为主的加餐之后，马匹谈判也有了结果：牧民们同意用7匹马分担8匹马的活儿，同时要求适当增加休息次数。科考队依然需要出8匹马的租金，但是没有了备用马匹，行程也很可能会半途而废，牧民们也要承担天黑下山带来的危险。

【同期】张国帅

那个大尖子山看到没有，正对着大尖子山跟这个山还有一个河谷，要从这个河谷的左侧穿过去。

下午两点马队出发了，从马蹄启动的那一刻起，我们《探秘冰川》摄制组，也真正成为了这支冰川队伍的一部分。

【同期】张国帅

从这儿到扎营的地方直线距离也就是七八公里，因为山谷是拐着弯的嘛，然后人走的话差不多要走将近11公里了。

然而，就在队伍前进还不到一公里的时候，提前出发的一名博士生，身体就出现了不适状况。

【同期】

前面一个队员好像已经不行了。

队伍被迫停了下来，需要根据具体情况来决定下一步的行动。

【同期】

哪个？张其兵吗？体力不行了。他要是不行的话，就要救援了，如果救援咱们现在怎么跟外面联系，救援的话，那只能是卫星电话了，有吗？在包里有一个，就是在应急情况下使用的。

【同期】

现在怎么样？这条腿好像不是自己的，动都不想动了，只想在原地躺着。以前都有能力直接冲上去的，自己知道的状态。你现在别说话，心跳确实太高了，多少？140了（每分钟），别说话了，你刚走过，呼吸放均匀，140/77。

测试结果不容乐观，带队的张国帅博士只能拿出卫星电话向在纳木错站居中接应的康世昌老师联系救援。

【同期】张国帅

在我们之前走了将近半个小时，然后又返回来了，他说心脏和那个，心脏和身体受不了，他说决定要回站上。

在海拔5000米的地方，高原反应一旦引发高原病，就可能随时重创每一个生命，这也是当地牧民不愿意冒险让自己的马匹过多驮运物资的原因

之一。

【同期】张国帅

你休息好，赶紧拿过去等车，就在下车的地方等车，就在刚才那个房子那里，然后保证（救援）车能看见你，好。

看着张其兵独自离去的背影，大家心里有股说不清的滋味。

【同期】

北京到兰州，兰州又到拉萨，拉萨又到这儿，懂仪器的只有他一个人，等于说这项观测项目就要放弃了。

卸下马背上那些沉重的仪器，整理一下略显失落的心情，大部队再次出发了。其实对于每一次冰川监测来说，坚持与放弃都是一种理智的选择。

【采访】张国帅

如果他在路上出现一些意外情况的话，我们整个队，这次考察整个就完了，就是说没办法进行了，队员都要停止观测任务，为他一个人，就是说所有人要照顾好一个人，不能出现任何生命危险。

高原上的天气说变就变，考察队冒着雪在河谷湿地上蜿蜒前行，从2009年开始，这条路张国帅已经走了5年，每年最少要走5个来回。

【采访】张国帅

跟当地人雇佣马匹时间一定好，你根本就没有什么回旋的余地。即使天上下刀子也要硬着头皮上这个冰川，所以说好多时候，赶上节假日休息不了倒也没什么，关键就是能碰到一个好的天气，或者运气好点儿，能顺

顺利利上山完成任务，这是我们最大的心愿。至于说过不过节假日，已经早都没那个想法了。

【隔断】

新雪包裹了扎当冰川，也包裹了所有的危险，

风雪平安下山是所有人的心愿。

《探秘冰川》第



一集,《走近科学》正在播出。

【字幕】2013年9月22日清晨

一种低沉的鸣叫声,打破了营地清晨特有的安宁。海拔5500米的冰川末端,几乎是生命的禁区,在这里乌鸦是一个让人欢喜让人愁的朋友,从2005年起它们就陪伴着来到这里的科研人员。

【采访】

冰川上没有什么其他动物,仅能看到乌鸦,当红四你看到乌鸦觉得就是挺高兴的,毕竟有活的东西,在你周围跑来跑去的,但是它一出现,特别是早上一听它的叫声,就感觉特别烦恼。主要是乌鸦特别聪明,经常偷吃我们的一些食品。包括在一些长期扎营的时候,我们有羊肉之类的,我怕坏了,然后就放在水里面,类似于让它们降温冷冻起来,当地的乌鸦就会把上面的石头直接啄掉,然后把那个塑料袋子啄烂,吃里面的羊肉。它一啄食我们就怕一些疾病传染,就不能再吃了。

吃了一顿简单的早餐,队员们背上自己的东西,一步一步向冰川走去。

【采访】张国帅

今年我们5月20日、6月23日、7月21日、8月19日,到现在9月21日各上过一次冰川。我们尽量将时间卡在一个月之内,或者说不会差太多。这样做就是为了观测均匀时段内的冰川变化。

海拔5500米,保护身体的最好办法就是放慢所有的动作。尽管眼前的天气不错,但是队员们的心情似乎并不轻松。

【采访】张国帅

做冰川(上)这些活儿,毕竟存在着一些危险性,特别是早上这个时候,雪面上什么情况都不知道,一切都是个问号,所以说大家都是比较谨慎的。

【采访】张国帅

现在我们所处的地方就是海拔5500米的扎当冰川末端,现在可以看到积雪下面,就是扎当冰川的冰体。我们从2005年到现在一直观测了将近9个年头了。这个冰川从我们观测到现在,冰川末端往后退了将近100多米了,这也是冰川对当地局部气候环境表现出的比较敏感的结果。

扎当是藏语,意思为碎石山,因为河谷两侧的山体表面罕见地覆盖着一层碎石而得名。扎当冰川位于海拔7120米的念青唐古拉山主峰东北坡,面向海拔4700米的纳木错湖。2007年遥感监测扎当冰川最高海拔是5980米,长度1.4公里,面积为两平方公里,属于大陆型沟谷冰川。

【采访】张国帅

扎当冰川特别奇特的一点是，气温一变冰川消融速度的快慢立马就表现得特别明显，一对气温数据就能马上对上。

【同期】

今天从这儿出发向上攀登，从 5500 米要爬到将近 5800 米的地方。

【采访】

太阳没出来，雪还是处于冻结状态，人走在上面还不是太费劲，所以说我们想早点儿上来，一旦到中午太阳一出来，雪一消融，立刻就变得特别软，特别容易陷脚。特别是遇到一些冰裂隙，就会比较危险。

【同期】

雪坑深度是 19 厘米，4 米 20 杆高。

【同期】

这是消融花杆，每隔一段时间来观测一下这个杆子。看看暴露出来多少或者说雪坑增长多少，就可以知道附近冰面是消融了多少还是积累了多少，这就是我们观测冰川物质平衡的手段。从 8 月份到现在，消融了将近两米了，就相当于这个面上，将近两吨多的水已经溜走了。

【同期】

这是代表就是这西边的第二根杆子，这边是 1 号，1、2、3、4……一共 30 根花杆。走吧。

【字幕】海拔 5600 米 测量 7 根花杆后 海拔大约上升了 100 米

【同期】

0~34 厘米粗粒雪，34~37 厘米粗粒冰。

从粗粒雪到粗粒冰，是雪变为冰块漫长进程的第一步。当山顶的积雪一层一层挤压成冰之后，在重力作用下开始向地势较低的地方流动，就形成了冰川，——冰川就是流动的冰河。根据发育的气候条件，科学家把我国境内的冰川分为海洋性冰川、亚大陆性冰川和极大陆性冰川三大类。而地处念青唐古拉山西端北坡的扎当冰川，正处于大陆性冰川和海洋性冰川之间的过渡区域。

【同期】现在是测密度，因为冰的密度基本上都是固定的，雪则是根据时间不同它的消融强度也不一样。这么多雪是多少水当量也是不一样的，需要通过称重的方式把它换算出来。相当于冬季它是积累了，就是积雪积累了，但夏季它是消融的，流走多少水。

【采访】张国帅

现在咱们已经在冰川中部了，这个地方有点儿像在扎当冰川，属于

比较危险的地段，因为它刚好处于冰川拉伸（急剧下降）的部位，我们可以看到旁边就有一些裂隙，而且比较明显，那个地方我们尽量避开或要绕过去。

【同期】

1.5米（长）的铁锹把子已经探到底了，下面还没有见到冰，所以说这是比较危险的。走过去的人已经留了标记，过这儿的话一定要小心一些。

【同期】

都是风吹雪了，我估计要换个地方了，太深了过不去。

【同期】

通常为了躲开一个冰裂隙，我们甚至要多走半个小时，要把这个危险避免一下。

【同期】

太近了，这一段裂隙比较多。

冰川的顶点已经近在咫尺，但雪壳下面暗藏的冰裂隙却混乱到无法躲避，科考队被迫改变策略，集中所有人的力量硬闯这条必经之路。

【同期】

现在每走一步都是很危险的，因为你不知道脚下是什么状况。



【同期】

其实最危险的就是第二个人。第一个人他探路，他知道什么状况，第二个人他踩着前面的脚印，如果说前面一个人探路，探得不是太踏实的话，说不定第二个人就掉下去了。

扎当冰川垭口，海拔 5800 米，也是扎当冰川的小分水岭。垭口后面隐藏着一个冰川堰塞湖和更高层的冰川，正前方可以清晰地看到远处的纳木错湖。

【采访】张国帅

上一次（8 月份）过来的时候，应该是在这个地方，冰面消了将近 70（厘米）吧，说明整个夏季全部冰川都处于这个消融区，所有冰川它都处于退缩消融状态。虽然这个冰川规模不大，但是它对下游这些牧民的生活，包括一些牧草的生长，都是主要的水补给来源。一旦这个冰川完全消失之后，下面的牧区包括一些植被状况就会发生很大的变化。

垭口也是冰川采样的重点区域，所有程序都严格按照国际规范进行，甚至就连工作服和那些存储样品的塑料袋、采样瓶都是国际通用的，这样才能保证我们的监测数据在国际交流中有说服力，特别是那些通过大气传输的污染物数据。

【同期】

这时找到了一个盆子，把里面的冰给取出来了，上面的雪消融之后，流下过程中会造成一些元素，包括污染物的淋融，在下面你如果放一个盆子的话，它相当于把这些都截留了。纳木错观测的就是牧区，完全没有什么工业，但是却发现有从南亚那边由于污染事件大气长距离传输过来一些污染物。我们在扎当冰川就想作一些对比分析，就是说通过 C^{14} 之类的，把这种来源细化。它来自于拉萨还是来自于南亚都弄清楚一些。

【同期】

这边是 12 个，那边是 7 个，19 个，一个两斤，共 38 斤。

中午过后，整个扎当都被风雪包裹起来。记录下最后一组数据，张国帅长舒了一口气，接下来只要把队伍顺利带下山，这次的任务就基本完成了。尽管风雪影响了下山速度，但是也让脚下的雪壳更加坚硬，从而减少了冰裂隙带来的更大危险。

扎当之行虽然只有短短的 3 天，但是当纳木错湖再次真切地出现在眼前时，我们还是突然有了一种重返人间的感动。返回的路上，圣湖在左，神山在右。

《探秘冰川》第二集



中央电视台科教频道《走近科学》
2014年5月6日

【导视】

雪山顶上听风雨，杜鹃丛中问花期；

跟随科学家的脚步，探寻大自然的奥秘，体验不一样的科学。

《探秘冰川》第二集，《走近科学》即将播出。

鲁朗，藏语意为“龙王谷”，也是“叫人不想要”的地方，又因鲁朗林海而闻名于世，成为川藏公路上的一颗明珠。

雅鲁藏布江大峡谷在这里急转西进，沿大峡谷北上的印度洋暖湿气流在大拐弯区域形成涡流，带来大量的水汽和热量，造就了鲁朗草甸、森林、雪山交相辉映的独特自然景观。

2013年9月26日，中央电视台科教频道《走近科学》栏目《探秘冰川》摄制组，告别羌塘草原上的“圣湖”纳木错，跟随科学家的脚步，从拉萨出发，沿川藏公路向东480公里，在一片烟雨朦胧中，来到鲁朗这个“叫人不想要”

的地方。

中科院藏东南高山环境综合观测研究站，像仙境中的城堡，坐落在鲁朗镇北部 6 公里的地方，川藏公路从门前经过。2006 年建站以来，中国科学家以藏东南站为依托，在西到色齐拉山口、东到然乌湖的广大区域，开展了全方位的科学监测和研究，一些独特自然现象的发现，让科学界对生态系统响应气候变化的机理有了新的认识。

【采访】中科院青藏高原研究所 张林 副研究员

在过去一个世纪里，全球的平均温度上升了 0.74（摄氏）度，0.74（摄氏）度相当于海拔 100 多米。那么我们都知道，海拔上升 100 米的话，温度降低大致是在 0.55~0.6（摄氏）度，0.74（摄氏）度的升高，相当于海拔 100 多米的降低，那么也就意味着，过去变化了 0.74（摄氏）度，这个林线是不是得向上爬 100 多米呢？

林线是大自然向人类展示其神秘色彩的一个标记，高大的乔木从山脚沿山坡向上生长，到达某一海拔高度时就会戛然而止，在人们眼前造就一条谜一样的分界线。

藏东南是世界上山地林线分布海拔最高的区域之一，最高的林线海拔可达 4900 米。

【采访】

这个地方海拔大致在 4320 米，在这个地方，重点是围绕两面坡，其中一个为阴坡，也就是我们现在所在的位置，冷杉的林线，以及阳坡方枝柏的林线，以这两个林线的观测场为主。

张林，中科院青藏高原研究所副研究员，在国家自然科学基金和国家“973”计划的支持下，从 2008 年起，开始在色齐拉山开展林线及其过渡环境地带进行相关的研究。

【采访】

那么现在联合国气候变化专门委员会（IPCC）报告里面也指出，利用林线来探测，或者来预测未来的气候变化，对这个生态系统有什么样的变化。但是现在呢，有很大的不确定性，所以现在也是一个研究的热点。

色齐拉山庞大的植物家族，为人类关注的这个热点问题提供了近乎完美的参照，西南花楸就是其中之一。

【同期】

它（树叶）里面的养分，回流到茎啊、根啊等其他的组织里面，回流的这些养分可以供来年叶子生长用。因为高海拔地区存在养分胁迫低温导

致的养分胁迫，所以它（树木）尽可能把这部分养分留在体内，减少对土壤里面养分的需求，那么采这个叶子我回去就可以检测，来证明是不是这样的。

西南花楸是色齐拉森林中的土著居民，作为大家族的一个小分支，它的分布区域在海拔 2600~4300 米，这让科学观测在物种上保持了一致性。

【同期】

凋落的叶子在凋落之前，会把养分转移带到鲜叶里面，那么我们就想去证实，在更高的海拔，它是不是转移得更高一些。

在色齐拉山科学家还有另外一个美丽的朋友，那就是杜鹃花。每年的 4~6 月，色齐拉山都会迎来杜鹃花热烈而奔放的盛开，从海拔 2900 米到海拔 5300 米的山坡上，漫山遍野的杜鹃花，品种多达 25 个，这也为科学研究提供了得天独厚的条件。

【采访】

现在很关键的一个问题，也是一个很有争议的问题，那就是气候变化到底是导致物种发生变化呢，还是导致物种的功能属性发生变化，说不清楚，所以我们在这个地方，尤其是针对杜鹃花，做了很多工作。

肢体扭曲是杜鹃花的一个身世之谜，因此杜鹃灌丛又被叫作矮曲林。在色齐拉山，杜鹃是除冷杉之外的第二大家族。

【同期】

开的花有白的、有红的，今年开花的时候确实很壮观，今年是大年。

【同期】

果实成熟至少也得 1 个月以后了，如果它成熟的话，只要轻轻地一捏，就开裂了，然后里面的种子就可以露出来了。我们一直想做一个种子的，果实里面种子量随海拔梯度的变化而变化，但是这个季节不合适，因为种子成熟，估计得等到 11 月份，难度比较大，11 月份都下雪了，所以就要登雪山了。

张林的工作一般只能坚持到 10 月中旬，10 月中旬一过，实验观测区就进入了大雪连天的日子，那时候上山是一件困难而且危险的事。

【同期】

这上面这个可以。

这是用来观测什么的，用来观测叶片寿命的，它每年会长几片叶子，凋落几片叶子。

这是今年 7 月份长的叶子，就这 5 片儿，然后呢，它下面有 1、2、3，



3片，这3片叶子是去年长的，再往下就有一片叶子，是前年的，再往下只有两片叶子，这是大前年的叶子。这一数就数出1、2、3、4，4年的叶子。也就是说，这片叶子长出来，我可以预计它在4年以后，才开始脱落，所以根据这个挂了很多标牌以后，定期来观测，我就可以估计出它的一个叶片的平均储存寿命。刚才提到它是不是存在养分的胁迫，它的叶寿命越长呢，它这个养分在体内的存留的时间也就越长，这是对养分缺乏状态的一种适应。现在的一些研究结果表明，随着海拔的增加，(叶片)厚度明显增加，叶片的氮含量明显降低，我之前提到过养分胁迫问题，那么叶片的氮含量降低的话，意味着可能越往高处走，养分的这种胁迫越厉害，它没法吸收更多的叶氮含量。对不对？

在一块矮灌丛的空隙之间，张林查看了他们近期移栽上来的幼苗，这是他们正在进行的实验的一部分，就是想验证一下气候变暖背景下，原来在林线以下生长的高大冷杉，现在是否可以在林线以上成活。

【采访】

通过对树轮的研究，发现在过去200年中，这个林线的位置没有明显的波动。

按照我们正常的理解，过去 100 年间全球平均气温上升了 0.74 摄氏度，相应的林线应该向上爬升 100 多米才对，而实际上林线的位置并没有明显的波动，那么，森林内到底发生了什么呢？

【采访】

我们发现这个林线过渡带这个区域呢，它的一些林木的密度增加了。

【同期】

我们现在看到的这个苗儿，你觉得它有多少年？1 年？那可不只是！就这么一个小苗儿，少则有五六年，多则可能有 10 年左右，就这么一点，你想不到吧？但你真正看到，一两年的苗儿时，那苗儿就一定非常小。

【采访】

可能有很多幼苗儿啊，或者小树儿啊，比原来多了，明显密度增加了。所以密度呢，从现在的情况来看，它相当于林线的位置，可能对气候变化更加敏感一些。

【同期】

这个苗儿，看这儿能不能找到，你看像这种苗很小了吧，我们现在按这个叶子的轮生叶行来数的话，都能数出最少 3 年，所以保守估计它也得有五六年，所以你可想而知那更小的苗儿，只有这么大一点。

【采访】

为什么这个林线，在过去气候变暖的背景下，它不动，那么肯定有一个限制因子，要么是温度、水分要么是光照啊等一系列的东西，所以呢，为了来证明到底是什么样的因子限制了林线的变动，那么我们就把这里的一些幼苗儿，挪到林线以上。

【同期】

我们就挖一些这样的幼苗，作一些实验，比如说把这个幼苗，连根儿带土挖了以后，移到更高海拔，比如说这个地方林线是 4320 米，那么我把它移到 4390 米，你说它活不活？

【采访】

根据我们这两年的一些实验结果来看的话，比如说像这个，可能 10 年左右的，我们叫大苗儿了，因为超过 10 年了。我们 2008 年移的幼苗，就发现它在林线之上的地方，仍然存活着，尤其在林内，存活率还比较高，那么我们就认为可能这个阶段不是它的关键限制阶段，所以呢我们这些天，又移一些幼苗儿，你们刚才看到的这个，可能 5 年左右的，这样的小苗，移过去看看会怎么样？

对色齐拉山林线的监测和研究还在继续，这是一份需要耐心和坚守的工作。而在藏东南这个天然的观测场，围绕气候变暖这个人类共同面对的问题，中国科学家还把关注的目光投向了另一个地方——冰川。

【隔断】

帕隆藏布的源头，海洋性冰川的富集区，将给我们带来哪些不一样的感受呢？

《探秘冰川》第二集，《走近科学》正在播出。

帕隆藏布，雅鲁藏布江在大拐弯地区最重要的支流，因为冰川融水的减弱而失去了夏季奔腾咆哮的态势。2013年9月27日，科教频道《走近科学》栏目《探秘冰川》摄制组，跟随中科院青藏高原研究所的杨威博士、王永杰工程师，从藏东南站所在地鲁朗出发，沿帕隆藏布江河谷向东南行进300公里，到达八宿县然乌镇。然乌是帕隆藏布的发源地，从2006年起，杨威博士的一项重要工作，就是在这里同时监测5条大小、朝向各不相同的冰川。

卡堆村，是一个只有13户人家的藏族小村落，监测冰川的8年时间里，杨威已经成为卡堆村的朋友，村里的小伙子们是向导、是帮手，同时也是跟杨威一起“出生入死”的伙伴。

【采访】中国科学院青藏高原研究所博士 杨威

每次来了以后，大家就跟好久不见的朋友一样，非常热情，去村长家也是，喝酥油茶，我们也是非常感谢他们。

杨威的这些工作照，就是卡堆村的洛松平措帮着拍下来的。

而这次杨威的第一项工作就是，要在这个山顶上再加装一个气象监测站。

【同期】

你把这个放这里面就行了，这个放在这里面（工具箱），手套，一人拿一副手套。谁还要水，拉巴有没有水？给你两个，一个够了吗？谁第一名有奖励啊！

【采访】杨威

这个位置是（海拔）4600米，待会儿我们要沿着这条山脊线，爬到5400米安装一台自动气象站，来观测高海拔地区的环境变化，没有路，注意安全！

这次杨威从卡堆村叫来5个小伙子帮忙，其中拉巴顿珠最吃苦耐劳，也是杨威一直重点训练的助手，洛松平措则是跟杨威上山次数最多的一个。

【同期】

要爬多久？大概6个小时吧。6个小时？这么久啊！山太高了！

开始爬山时还有牛羊踩出来的小道可循，平均负重15公斤的小伙子们，几乎是一路小跑地向上冲，杨威博士也一直紧紧地跟随其中。

【采访】

这个地方相对来说还是比较平坦的，路好走一些，

你要相对于旁边那条山脊线，就容易多了。所以我们选择这条路。虽然没有路，但是与别的地方相比较，是个不错的选择。2009年我们选了好多地方，我们当时选了这个山脊，但那个山脊上没法固定，因为我们当时要背两袋水泥，一袋水泥50斤，两袋水泥100斤，还有中七八十斤的大墩子用来固定雨量筒。因为雨量筒要绝对水平，它是称重式的，然后冰川上面也没法固定，因为它消融它来回就倒掉了。后来爬到这个山坡上就发现，这个地方还不错，然后又往上爬，爬、爬、爬居然爬到另外一个冰川的最上面了。

花费了大约两个小时，队伍向上爬升400米后，就地找了个稍微避风一点的地方开始吃午饭，一方面为了补充体力，另一方面也是为了减轻负重，因为接下来才是真正地爬山。

【同期】

60个馒头，萨其马，水、牛肉、还有什么辣椒、面包、啤酒，啤酒是你们自己带的。

就这样坐在一起，有说有笑，吃着冷馒头喝着凉水，没有卡堆村的牧民，也没有中国科学院的博士，有的只是朋友间的快乐。

【采访】杨威

现在海拔高度是5000米，我们已走了一半儿了，爬升了400米，我们还有400米的高程。仍然需要两三个小时。每年上去维护，五六月份一次，9月份一次，都没路啊，现在才算是有路了，我们踩的都有印子了，原来连个印子都没有。那没印儿的时候，你们怎么往上走？没印儿你就往上爬呗，朝着一个方向往前走就是了，平措领着我，平措知道路。



【同期】

第一次是去年吧，是不是？记得吧，反正你跟我上来有两次了吧，三次，你反正都是跟我上来的，今天算上三次了。去年一次，今年六月份一次，今天一次。累不累？不累吧……

【采访】

刚开始你爬 400 米用两个小时，等到接下来的 400 米，你就需要 3 个小时，你越往上爬力气越小。

早晨在山脚时，我们一直以天际线上那个能看到的尖峰为目标，可是真的爬到了尖峰旁边才知道，尖峰后面还隐藏着更大的考验。

【隔断】

山后有山，让爬升更加步履艰难；

山外有山，却展示了一个神奇的冰雪世界。

《探秘冰川》第二集，《走近科学》正在播出。

海拔 5000 米一个过，也就过了小草苔藓生长的最高限，迎面而来的一面看不到头的滚石坡，在 70 多度的滚石坡上前进，即使是那些善于爬山的藏族小伙，也要走几步就停下来喘粗气。大家都各自走着适合自己的那个“之”字，这样每升高一米，就会多走出几米甚至十几米。

脚边开始出现的积雪和远方可以平视的冰川，杨威告诉我们现在已经爬到了雪线之上。

越过那个传说一样的雨量筒，山脊那边一条完整的冰河呈现在眼前。

【同期】



到了。别往前啊，这是雪，刚才谁过这去了，我。你小心点，会滑下去。这是一个绝佳的选择地点，这样我们这个冰川顶上、冰川上、冰川末端都有气象站，从上到下，气象特征都能得到。

这个叫吐鲁冰川。中国冰川编目上面，第10号，从这头编过来，我们旁边这个不是4号嘛，5号、6号、7号、8号、9号、10号。

【同期】

到了。休息一会儿，休息会儿。辛苦喽，辛苦喽！咱们速度挺快的，9点、10点、11点、12点、1点，4个小时，今天没雪，天气也不错，上次6月份这面雪大得很，一直没到大腿根。反应了！高原反应了！你也反应？太阳板在里面吧？

【同期】

杨威 这两个哪个在上面 这个手 高处的这个是。拉巴把工具箱拿过来，工具箱里面有个卡子，稍高一点。

一旦确定了具体位置，气象站安装之快完全出乎我们的预料。

【同期】

砸不下去就算了。

除了一些关键环节需要杨威亲自动手外，其他大部分的工作都是由卡堆村的几个小伙子来完成的，他们看上去完全是一支经验丰富的队伍。

山顶的风很大 杨威脱下自己的防风服 交给了衣服穿得单薄的洛多杰。

【同期】

谁还冷，这里还有衣服啊。

【同期】

跟我们干了好多年了，现在都是熟练的，只要说干什么，他们都能心领神会。

2013年9月28日下午4点，在海拔5400米的山顶，一台全自动气象监测站安装完毕，休息了半个小时之后，卡堆村的小伙子们带着烟尘一路飞奔下山了。

明天他们还要陪同我们一起，踏上远方那条神秘漂亮的冰川。

——帕隆4号！

《探秘冰川》第三集



中央电视台科教频道《走近科学》
2014年5月7日

【导视】

雪山顶上听风雨，杜鹃丛中问花期；
跟随科学家的脚步，探寻大自然的奥秘，体验不一样的科学。
《探秘冰川》第三集，《走近科学》即将播出。

2013年9月29日，藏历水蛇年8月25。每月的初五、十五、二十五都是藏历中的重要日子，当地居民会在这些日子焚烧柏树枝和糌粑，据说产生的烟雾会让山神感到舒适从而降福人间。

前一天，《走近科学》栏目《探秘冰川》摄制组记者，跟随中科院青藏高原研究所的杨威博士，在卡堆村藏族小伙子们的协助下，登上海拔5400米的山顶，拍摄了他们安装自动气象监测站的工作，今天，我们将和他们一起零距离接触美丽的帕隆4号冰川。

这是一个阳光明媚的早晨，起伏的山峦洒满金色。远远望去，帕隆4号冰川俯卧山谷，静谧而安详。

今天的任务是到海拔4600米的地方，整理维护一台气象站，垂直爬升200米。

一条暗河在巨大的冰舌下面喷涌而出，让我们没有想到的是，帕隆4号冰川竟然用这么粗犷的一面与我们相见。

左侧山腰间挂着的两条“悬冰川”，俯身注视着帕隆4号终结的地方。“悬冰川”下，像胡须一样的古冰川遗迹，诉说着几百年前、“明清小冰期”时代脚下冰川曾经的壮观。

如果把念青唐古拉山脉看作一条横亘青藏高原东部的扁担，那么然乌湖上游的帕隆4号冰川和纳木错湖畔的扎当冰川，就正好在扁担的东西两头，中间相隔了近千公里，只是俯瞰印度洋的帕隆冰川已经是典型的海洋性冰川了。

跟上上下下都已经被新雪包裹了的扎当冰川不同，这个季节的帕隆冰川，表面还保持着消融时期的粗糙状态，尖利的冰碴踩在脚下咔嚓咔嚓响，根本不是日常生活中我们熟悉的那种滑滑的冰。

【同期】

不能往那儿走，（下边好走一点）太危险了，往上去，慢慢往上去。

脚下的冰面虽然不滑，但是上面却或明或暗地布满了流水冲刷出来的沟渠，甚至是一些深不见底的落水洞。冰川融水沿着这些落水洞直接流进了冰川下面的暗河，最后在冰川末端喷涌而出。落水洞刚开始形成时，洞口往往比较隐蔽，许多洞口只有在走到跟前时，才能被“猛然发现”，而随着水流长时间地冲刷溶蚀，洞口会慢慢扩大，形成一个更大的危险区。

一台已经倾斜了的综合监测站是今天的工作对象，工作的难度并不大，所以杨威博士只叫来了卡堆村的拉巴顿珠、洛松平措和嘎玛罗布三个助手。

【同期】

一、二，走，看线啊，我来搬住这。好先放下。拉巴咱们三个人和平措，放这吧。用冰镐还得把上面砸平。

拉巴等会儿，这个已经砸好了是吧？没有了。到那边平点儿，你说放在哪个地方？再往前一步，往哪放？那个地方，老王说的也对。

海拔4800米，在这样看似松软的雪壳下面，掩藏的却是身后高山上挤压下来的千年寒冰。

这是个每一秒钟都在发生变化的地方，做支架用的钢管和起固定作用

的锚纤都要插入冰下几米深。

拉巴顿珠背上来的小型蒸汽钻，让坚冰上的钻孔工作显得轻松了许多。

【同期】

它是一个高山气，高山气燃烧，这个相当于一个高压锅，它产生高压气，高压气出来以后，它就融化冰打个孔。

现在需要的就是时间和保证钻孔方向正确了。

【同期】

观测风速、风向、空气温湿度和太阳辐射，这台仪器要求相当水平，但是由于这种海洋性冰川消融比较强烈，冰川表面有一些表碛物质，所以导致它的这种差别消融。

【同期】

这就是差别消融的一种体现，你细细看就会发现这个坑里面，最底部由一层薄薄的这种颗粒物组成的，我们通常叫它粉尘。你要是用手捻一下，基本就是没有颗粒，粉尘很细很细的，因为粉尘的存在，它会吸收太阳辐射，它消融就比较快，消融快以后它就形成一个小坑，旁边这冰雪表面比较洁净，反照率比较高，它吸收太阳辐射就比较弱，这样就导致了一个原来就是平



平的表面，但是由于存在这种粉尘效应，导致这种冰川表面起伏不平，这就是差别消融。7月份的时候，我们就维护了一次，当时已经倾斜倒了一次，这一次9月份过来，把它重新挪到一个相对比较平的地方，再维护一次。

“距离产生美”这句话拿来说冰川最合适了，多年消融留下的黑色足迹让冰川失去了遥望中的洁白。

【采访】

把样品取上以后，到实验室分析，测量它有多少黑炭，黑炭对于反照率有多大影响。反照率进而影响冰川表面吸收的太阳辐射能量，太阳辐射能量进而影响消融，最后影响冰川的前进或者后退。

【同期】

放一下气，炸了呀！

【同期】

又慢了。

【同期】

它就结冰你看看，这样它加热以后它就，它这种气是液态的，要是太冷的话，它还是液态的。

【采访】

冰川本身就是特殊的一个载体，和下面的草地、裸地是不一样的，因为它能量全部，如果有能量全部用来消融，中午最热的时候，就像我们现在在很热，温度起码在六七摄氏度左右，但是，你测冰川表面，冰川表面的温度还是0度，这就是它的一个特殊性。

【同期】

打9米，得把那个接上是吧？等会儿再接吧。

【同期】

这是个冰温探头，我们现在有3个冰温探头，可以测到（冰下）9米深的冰温，还有一个5米的，还有一个两米的，这样我们就测到不同层位的冰川温度了。

【采访】

在人类二氧化碳排放背景下，冰川是怎么退缩的，将来对水资源的影响是什么样的，必须要有实地的数据，然后再加上一些数据演算模拟，才能得到准确的结果。

【同期】

往上拔一下。

【同期】

等会儿我再看一遍。看了一下 2009 年、2013 年同期的数据，数据是相当不错的，相当满意。

【字幕】

这一天，杨威博士带着三名卡堆村藏族小伙，花了 6 个小时，整理维护了一台气象观测站。

【隔断】

走上帕隆冰川，探访帕隆藏布的源头，
自然循环的最后节点在这里呈现。

《探秘冰川》第三集，《走近科学》正在播出。

【字幕】

2013 年 9 月 30 日清晨。

阴天笼罩着整个然乌湖，让人开始担心冰川上是不是已经下起了大雪。

今天杨威博士的冰川工作队显得有些人手不足，卡堆村的一户村民建房需要帮工，所以只来了洛松平措和拉巴顿珠两个人，杨威自己也要扛着一捆塑料管上去。

【采访】中国科学院青藏高原研究所博士 杨威

我们分成两个队，一个队到帕隆 4 号冰川上面去打花杆，测量冰川表面的消融，另一个队伍去测量冰川径流。

水文监测固定在冰碛湖的出水口，帕隆 4 号冰川上下来的流水，从这里流出山谷，经过然乌湖向下汇入帕隆藏布，帕隆藏布是雅鲁藏布江 5 大支流中水量最大的一支。然后这些水跟随雅鲁藏布江冲出大峡谷，回到印度洋老家，从而完成一次耗时漫长的集体旅行。

这里的水文监测每年进行两次，分别在冰川消融剧烈的六七月份和消融末期的九十月份，每次连续 3 天，从上午 10 点到下午 6 点，每小时测量一次。这是一项挑战耐心极限的工作。

【同期】

那老王我们走了，你们慢慢测。

安排好水文监测的事，杨威带着洛松平措和拉巴顿珠，今天他们要在帕隆 4 号冰川的消融区打下 4 根 8 米长的监测花杆。

【同期】

你背上水以后，一根杆子打不完，蒸汽钻里面还有水，蒸汽钻里有水，你如果要从下往上打的话，你就得背着水往上爬，反过来你要从上面往下打，



你背着水就容易些 往下走就不用爬坡了。刚掉下来的。前天我们还没见呢。

一个巨大的冰块脱离了组织 从冰川末端断裂下来 就这个断裂点来说，今天帕隆4号冰川就在我们的眼前，又真实地后退了一米多。同样在今天，我们还会知道这一天到底有多少冰川融水走出了山谷，我们还会跟随科学家一起，到海拔4900米的地方，看看帕龙臧布的源头到底是什么样子。

拉巴顿珠的朴实和善良很让我们感动，负责背负蒸汽钻的他，主张花杆从下游往上游打，这样每打完一次，杨威和洛松平措向上走时，就可以减少两根塑料管的负重，而拉巴顿珠自己则要因此而多背几公斤开水走完全程。

【采访】

冰川变化最直观的是冰川末端的变化，前进后退你一下子就可以看出来，但另一种表现就是这种体积的变化，也就是高度冰面的变化，我们做这个工作，打这个杆子，就是测量冰面的变化，测出它每年薄多少。

帕隆4号冰川 是杨威博士在藏东南地区监测的5条冰川中最大的一条，也是一条典型的海洋性沟谷冰川，面积11.7平方公里，海拔4600~4900米是较为平缓的消融区，4900~5200米是一段陡坡，海拔5200米以上是一个

平滑开阔的积累平台。

【采访】

去年（2012年）打了两排杆子，就是沿着这种冰舌末端，这儿一排，这儿一排，每根杆子我们打了8米，就跟这样一样，但到了今年（2013年），杆子全部消出来以后全倒掉了，也就是说去年（2012年）到现在，已经消了最少有8米，冰薄了8米。

……

【同期】

去年（2012年）我们是没想到今年（2013年），（冰川）有这么强的消融，今年我们再试一下，打一下8米，然后明年（2014年）6月份，再打8米，这样连起来打16米，保证它有连续的数据。

第三根花杆布置的位置，已经超过了昨天维护的气象站，阳光再次被阴云遮挡，气温急剧下降，杨威的羽绒背心穿在了拉巴顿珠身上，冲锋衣也给了洛松平措。蒸汽钻的小锅炉上烤着大饼，能吃到加热的午餐现在绝对是一种超级享受。

【同期】

哎呀，太辣了。大饼管够，辣椒快没了。你们不吃，我们就全吃完了。

拉巴顿珠背着的蒸汽钻还是那么沉重，而杨威和洛松平措的负重都已经减轻到最低。

海拔4900米，陡然拔起的冰河，远远送来一股无形的威压，让人觉得自己随时会被一根羽毛压倒，就连那些融水汇成的溪流，也都悄悄地在冰花下隐藏了行踪，不敢作公然地逃离。

一堵高高的冰墙挡住了去路，第四跟花杆的位置，就设在冰墙的下面。

【同期】

对，放在怀里。放在怀里还没氧气了。对，动一动。

巨大冰墙的缝隙间，一股细流像山泉一样涓涓流出，这是我们在帕隆4号冰川上见到的海拔最高的径流。正是无数条这样的细流从冰川上奔流而下，最终汇聚成奔腾的帕龙臧布。

【字幕】

水文监测显示，2013年9月30日，帕隆4号冰川融水，大约20万立方米，汇入帕隆臧布。

【同期】

（火）太大了。我们3点半就可以下。

【隔断】

气温是否在升高？

帕隆三百九给出直观的答案，

消融已经攻陷高高在上的冰川源头。

《探秘冰川》第三集，《走近科学》正在播出。

2013年10月1日早晨，我们跟随杨威博士，在一片银色的世界中出发了，目标帕隆390号冰川，这是杨威博士监测的5条冰川中，唯一一个面向南方的冰川。

【同期】

咱们一块走啊，上山时候一块走，下山也一块走，等会儿就下雾了，要不然今天就找不到了。

今天是在藏东南跟踪拍摄的最后一天了，杨威博士的任务是到冰川上测量维护4根监测花杆，而我们的目标是登上海拔5400米的冰川积累区，看看在那里雪是怎样变成冰的。

帕隆390号冰川，向我们呈现了一个跟扎当冰川和帕隆4号冰川完全不同的风格。

【采访】

我们今年（2013）6月份在这儿架了一个标志物，当时冰川的位置就在这根杆子的旁边，可以看出一个夏天这个冰川已经退了3米左右，也就是说3个月中退了3米左右。

拉巴顿珠试图用冰镐刨开冰崖，想在里面找到一些融水用来装满蒸汽钻，虽然已经到了中午，但是冰崖后面还是一滴水也没流出来。

【同期】

上去再说，上去化雪吧。这就算是消融期结束了，夏天来一次就是消融期的开始，秋天来一次消融期就结束，这样就把夏季整个的消融量计算出来了。

化雪取水花费了很长时间，打完第一根花杆后，天气状况变得更加恶劣，杨威决定到下一站时大家要系上安全绳。

【同期】

你第一个吗？你能找到大致位置吧，预防万一，上面的裂隙倒是不大，就是害怕万一有，因为夏天变化我们也没来，说不清楚，预防万一，还是穿上绳子为好。

虽然说是为了预防万一，但是杨威还是亲自给每个人都打上专业的绳

结，然后还会认真检查一下是否牢靠。

……

杆子看到喽。

洛松平措几乎是凭着一种感觉，在雾气中准确地找到了去年6月份打下的一根花杆。

【同期】

这个不用打了。量一下。两米62，红色杆子。

【采访】

现在海拔是5330米，通过这个杆子来测量的话，它应该还是属于消融区。21（厘米）是吧？平措，拿铁丝把那个2号牌子挂在这个上面。

【同期】

交给平措，扎一下量一下，（雪）要是厚了，特别厚了告诉我一声。

在新雪覆盖的裂隙间穿行，每一步都需要探查到坚实的冰层后才可以迈出，在这种地方就连一贯大大咧咧的平措也不敢有丝毫的松懈。

【同期】

拉巴要不要帽子，来给你个帽子，把我的帽子给你，用这个就可以。



爬升到海拔 5400 米，我们进入了冰川粒雪盆的中心地带。粒雪盆是雪变成冰的重要区域，也是每一个冰川的发源地。帕隆 390 是一个只有 0.5 平方公里的小冰川，在这个冰川的源头，杨威博士观察到一个事关冰川未来的特别现象。

到明年（2014 年）的话雪就，到六七月份来以后，雪就到这了。

现在我们这个雪坑的高度是 30 公分左右，这明显是新雪，很容易插进去，我们现在下的雪，很松软的雪，然后你看下面一些细粒雪，比较硬了，你听声音就能听出来。密实化以后，就很难用手戳进去，基本这是一个层位，可能这是一场降雪造成的，最下面有一层污化层，表面是很黑的，再往下面就是冰层了，就是以前的冰。如果明年我们这还有一层黑的，这有一层黑的，这就是一年的一个积累量。我们通过这两层就能知道它（冰川）在粒雪盆积累了多少雪。通过我们现在的观察来看，可能今年（2013 年）这个粒雪盆一直在消融，就没有积累，真正积累呢就积累这么一点点，到（海拔）5400 米的话，可能全部还是消融，如果这种情况一直持续下去，这个冰川就慢慢地减薄、减薄、减薄，后退、后退、后退，最后消亡。

2014 年 3 月 24 日，世界气象组织发布年度气候报告称，2013 年是有记录以来全球平均气温第六高的年份，而中国科学家在藏东南地区的工作，为这一结论添加了来自冰川一线的科学证据。

《探秘冰川》第四集



中央电视台科教频道《走近科学》
2014年5月8日

【导视】

雪山顶上听风雨，杜鹃丛中间花期；
跟随科学家的脚步，探寻大自然的奥秘，体验不一样的科学。
《探秘冰川》第四集，《走近科学》即将播出。

【字幕】2013年10月3日9点

这一天，在贡嘎山的原始森林里，我们稍稍偏离了正常的行进路线，跟随刘巧博士走到一个人迹罕至的地方，去回收他早前安置的一架自动照相机。

【同期】

沿着沿线选（地点），沿着侧边线选过来，就看见那个地方没有树木遮挡，视野很好。

【同期】

后边小心点啊,这是个朽木,体重重的的走在上面,说不定还有(危险),从边上绕过去。这木头已经朽了。全是苔藓。可以看到冰川了。

一条黑灰色的巨大冰舌静静地躺在山谷中,这就是传说中的贡嘎山海螺沟冰川了。

【采访】中国科学院成都山地研究所博士 刘巧

冰川舌一共有5公里长,我们能看到的也就3公里左右,上面往右拐还有两公里,然后再往上就是冰瀑布了。你可以看见我们的背后,就是一片原始森林,和冰川对面一样,在同等高度上,也是森林,就是说小冰期的时候,当时冰川就是从这片森林穿过。这也是海螺沟冰川的一大特色吧,冰川与森林共存。

2013年10月1日,中央电视台科教频道《走近科学》栏目《探秘冰川》摄制组,结束了在藏东南高山环境综合观测研究站的拍摄后,飞越横断山脉,来到我国海洋性冰川的另一个富集区——贡嘎山,跟随中科院成都山地灾害与环境研究所的刘巧博士和罗辑研究员,一起探访海螺沟冰川发育和森林成长的奥秘。

【同期】

我的相机就安装在这个地方,是装在一棵树上,相机安在这儿就可以把冰舌的这段给拍上,拍到冰崖的一个大概的变化情况,有一个太阳能板给它供电,每天白天拍,每两个小时拍一次,从早上6点开始,下午6点自动关了,晚上不工作,第二天早上6点它会自动启动。

现在照相机已经连续工作了4个月,记录显示冰舌中部的最快流速大约是每年前进100米,这样的冲击让冰舌末端的冰体变得支离破碎,大量裸露的断崖又进一步加快了冰川的消融速度,这也让准确监测冰川变化的工作越来越艰险。2013年10月2日下午,就是在这条裂缝旁边,一次突发的冰裂塌方吞噬了一个儿童旅游者的生命。

一层厚厚的碎石和泥沙覆盖在海螺沟冰川舌上,这层被称作表碛物的东西,掩盖了太多来自冰面的危险,越过那条具有象征意义的警戒线,就意味着此后每迈出一脚都有可能是不安全的。今天,在冰舌变化最为剧烈的峡谷地带,湖南科技大学的王欣老师,将要试验一个监测冰川变化的新方法。

【采访】湖南科技大学副教授 王欣

自从做冰川工作以后,包括刘巧他们在这里,都是用花杆来测这个高程。我想,如果是花杆不管你布多少点,不管你多么规则化,或者什么点,

它总是有限的，因为这个冰川，严格意义上讲，没有哪两个地方严格意义上完全沉降是相同的，所以这就需要对这个冰的高程变化，需要更密集的一些点，来看它究竟表面沉降是什么样子。

海螺沟冰川拥有全亚洲最大的冰川磨光面，坚硬的花岗岩石壁上重重叠叠的凹槽和擦痕，都是那个曾经的冰雪巨人经过时留下的足迹，震撼人心，也倾诉着一段持续了 30 年之久的刻骨铭心。

【同期】

将近 3 米吧。这个方向就说明当时冰川的主要流动方向。

【采访】

上面有一个比较大的刻槽，它也是在磨光面形成过程中，不断地摩擦扩大形成的。（20 世纪）80 年代，崔之久先生在这个地方考察的时候，就站在这个冰面上，手可以摸到那个刻槽，看，现在已经将近 10 来米了吧，下降了。

【采访】

以前是让冰面冰川给埋住了吧，下沉—消融—下沉以后，现在就露出来了。最早历史上就由上面往下，往下沉这样一个过程，对冰川变化的监测，以往大家都侧重末端的变化，退缩多少，退缩多少米。最近一些年来，大家都比较关注这个厚度，或者减薄。减薄其实冰川也是在退缩，这些从常态上看不出来，但实际上冰的体积，或者是冰川资源这一块，减得很厉害。说我们现在很需要获取，叫作我们国家这一块冰川究竟这个冰量减多少，冰量就代表水资源。

王欣老师这次带来的是一台三维激光扫描仪，通常情况下这种仪器主要应用于地理测绘、城市三维地图扫描和建筑物沉降监测，用于对冰川变化的监测这还是第一次。

【同期】

它这个地名叫磨光面，但是我们编号 1、2、3，往下编吗？你把这个定个位，刘春花，你把它（定位仪）放到这下面去。

【采访】

以往的信息就是高程信息，精度没那么高，最早那些地形图大概是，登高就是 20 米，那么现在这个（三维激光扫描）测了之后，精度就达到了厘米，它现在是厘米级的分辨率，也就是说，高程变化在厘米范围内都能够监测到。所以我们今天利用这个数字高程模型把整个消融区全部走一遍以后，我们可以对比历史上的数据，看看这个冰面究竟沉降多少。

【同期】

那个再直一点，太歪了。开始三个标靶方的时候，就放那个窝窝里面了，有点放窝窝（低）了。咱们明天作业的话，在影像图上咱们先标好，先把路线规划好。没办法，这个必须到现场看了，能到（哪个地方）就哪个地方，这不像在城市里面那种好地方，冰川这行就是这么辛苦，没办法的事情，咱走了一上午就测了一站！我们所讲的这个冰川，可以说是我们所走过的最好走的冰川了。

【同期】

在那边搞一个，现在搞这个，基本上这一面，这个面基本上应该没问题了。

【同期】

整个冰川从这个坡度以上，实际是个变坡的点，就是坡度突然由一个比较缓突然变得比较陡，我们想用三维激光扫描仪把整个变坡的坡度，给扫下来。

【同期】

还挺薄的嘛！到了。可以看到这个冰川消融得很快，上面就是一层水。



我们量的时候一般是把这个放在这里，量冰面到（镐把）下面的距离，就是表碛厚度，9.8 厘米。剥开表碛里头这么好看，这冰挺干净的嘛！看这个冰川内部的纹理结构，可以看到冰川是沿着这个方向流动的。

剥开表层粗糙的冰碛物，下面是坚硬光滑的冰川冰。今天，除了要帮助王欣老师完成三维扫描实验之外，刘巧博士的另一个工作，就是实地测量冰舌表碛的厚度，用来校正卫星遥感数据的偏差。

【同期】

20.5 厘米，表碛挖开之后，冰面上的融水在不断地往外流，说明冰川现在正在消融，说明这个表碛还是没有对冰川起到一定的保护作用。

对于冰川消融来说，表碛覆盖是一个敌友难分的存在。表碛物很薄时，它会帮助冰面吸收更多的太阳能量，加快冰川的消融，而当表碛物达到一定厚度的时候，它就会像棉被一样把冰川包裹起来，阻挡阳光，减缓消融。

【同期】

将近 50 厘米。

【采访】

表碛覆盖是海螺沟冰川的一大特色，从上游到下游，上游表碛覆盖薄，下游末端的位置就越来越厚。

刘巧博士在冰川最末端测量表碛厚度时，我们有幸见到了传说中的海螺沟黑冰。

【采访】

到冰川末端这一带，冰体变得更硬了，看起来是黑的，就是说在运动过程中它受到挤压和压力，动力变质作用冰体结构使其变得更加质密，我们叫它黑冰，和上（游）的有很大差别。看着是黑的，一戳它还是白色的。

海螺沟冰川的出水口以一种夸张的表情出现在我们面前，这是我第一次正面见到它，冰川史上最著名“城门洞”已经失去了昔日的风采。

【采访】

以前这个地方不是有个叫作城门洞的地方，它的冰比较厚出水口那个洞就比较大、比较高，现在冰川变薄了，出水口就没有明显的那个城门洞了，比较小的一个出水口，但是它的位置在，最近几年发现它的位置在不断地左右变化，这也说明了就是冰川两侧消融得非常快。在这种（消融）剧烈的情况下，它（出水口）才会发生这种摆动。

在冰川剧烈消退的身后，留下一条巨大的 U 型山谷，从 150 年前开始，那里爆发的一场“你死我活”的暗战，一直持续到今天。

【隔断】

从“荣辱与共”到“尸横遍野”，
暗战与轮回的岁月，在这里持续百年。
《探秘冰川》第四集，《走近科学》正在播出。

【字幕】 2013 年 10 月 4 日

清晨的阳光刚刚爬上山头，罗辑老师就带着自己的学生，背着一天的食物出发了，一出去就工作一整天，这是他在海螺沟 21 年养成的习惯。

师生们工作的地方，就在冰川退却后留下的 U 型谷地中。海螺沟冰川末端孤军深入森林几千米，一旦示弱后退，自然家园的守卫者就会步步紧跟，收复失地。

【采访】

从这里向下水平距离 2000 米，从这样的小树长成下面的参天大树，植物群落经过发生、发展、成熟，从 19 世纪 60 年代到今天，已经走过了 150 多年，植物种群之间，它的斗争是复杂的、残酷的。

【采访】

到这里冰川退缩已经 15 年了，形成的这种（植物）群落，它的组成有沙棘，柳树，会有冬瓜杨，包括一些草本（植物）。它们在这里共同利用着阳光、水分，大家和睦相处，就像最初的原始社会一样。冬瓜杨和这棵沙棘，它们在这里并肩生长，像亲兄弟一样，但是经过 20 年或者 30 年的演替以后，它们的命运会发生彻底改变。

【同期】

前面那块林子是演替形成 19 年以后的植物群落，经过了 19 年的风风雨雨，沙棘枝繁叶茂，果实累累，感觉上它是这块地上的主宰，但是冬瓜杨已经不像以前的亲兄弟那样并肩成长，它偷偷冒上去，独自地去享受阳光了。

从 19 年的林地开始，一场围绕阳光的争夺战，悄然发生了。

【同期】

在 19 年的林子里头，我们可以看到和当初（15 年）那个林子里，冬瓜杨、柳树、沙棘它们三足鼎立，通过利用那个地方，到现在你看，冬瓜杨、沙棘它们的树冠非常大，遮挡了阳光。小柳树由于缺乏阳光的照射，不能进行充分的光合作用，会逐步死去，而大柳树你看看，它呢，生长



也受到抑制。

而在另一块林地中，罗老师的学生、硕士研究生余佳和唐荣贵，正在为挑选一块合适的新样地，在林子里忙碌着。

【同期】

歪了，歪了。

小唐，哎。

罗老师你来看一下，这块样地怎么样。先拉这边也行，这个林子代表性比较强。

这是一片冰川退缩 55 年之后形成的林地，一个新生代小弟，正在高大的冬瓜杨庇护下默默成长。

【采访】

冬瓜杨迅速长高以后，它的树冠形成巨大的伞盖，遮阴了，而下面的柳树和沙棘，不能进行正常的光合作用，它就逐步退出林地了。沙棘现在已经成了这样了，这个林子中间的沙棘和柳树，90% 已经死亡了。

就在冬瓜杨为自己能够独享阳光而沾沾自喜的时候，一场灭顶之灾也正因为它的称王称霸而悄悄地降临了。

【采访】

它营造这种环境呢，不利于它的种子的生长发育，反而营造了一种有利于冷杉和云杉种子的生长发育（环境），也就是说塑造了它的敌人。

余佳正在细心地做着一件事，她要把一个箩筐里所有的枯枝落叶都带回实验室，分门别类地称取它们的重量，分析里面所含的元素成分。

【采访】中国科学院硕士研究生 余佳

这个工作的目的就是计算每年有多少的凋落物凋落到地面上，变成腐殖质进入到土壤之中，然后再被植物吸收再利用。

腐殖质的增加，意味着土壤成分也会随之慢慢地改变，这种改变在30年后，却让一路争强好胜的冬瓜杨面临着毁灭性的打击。

【同期】

我们现在进入的是冰川退缩后形成的80年的林地，这个冷杉和冬瓜杨，它们也并肩生长，像最初冬瓜杨和沙棘并肩生长一样，其实它们现在的境况，已经完全不一样了，冷杉它现在是年富力强，生命很旺盛，而冬瓜杨呢，它已经走到生命的尽头了，冬瓜杨从50年的林地到80年的林地，它享受了30年的霸主地位，现在是家族没落的边际，树皮已经大量地掉落，这一片枯死的冬瓜杨已经有很多很多。

蘑菇的出现是一个划时代的标志，表明了这里的土壤已经由裸地时期的碱性转变成了酸性，尽管冬瓜杨已经排除了异己，但是因为完全不适应酸性土壤，它还是要在这一片退出历史的舞台。

【采访】

经过150年植物群落的演替，现在形成了以冷杉和云杉为主的森林。在这里我们还可以看到，这150年来，演替所进行的相当于古战场的一种痕迹，倒着的，当然是称雄一时的冬瓜杨，而先期被挤出群落的沙棘和柳树，上面已经附着了青苔，它们已经死亡很久了。

一个持续了150年的完整的植物演替序列的形成，是海螺沟奉献世界科学的一个独一无二的礼物。

【隔断】

一峰之隔，两个世界，

大小贡巴冰川给我们带来一个晶莹剔透的冰雪世界。

《探秘冰川》第四集，《走近科学》正在播出。

贡嘎山就像一个高大的屏障，横卧在青藏高原的东部边缘，海拔7556米的主峰，是我国7000米以上山峰中位置最靠东边的一个。

来自太平洋的东南季风和来自印度洋西南季风，在这里随着山势快速抬升，给雪线之上的贡嘎山带来最多 3000 毫米的降水。在那些云雾笼罩的山峰上面，留下一片洁白的世界，作为川西大雪山的一部分，贡嘎山的藏语意为“白色冰山”，素有“蜀山之王”的美称。

海螺沟冰川是我国科学家最早开展科学监测和研究的海洋性冰川，也是贡嘎山主峰周围 74 条冰川中最大的一条，全长 13 公里，面积 25 平方公里。海螺沟冰川拥有亚洲最大的冰瀑布，高度达到 1080 米，来自背后的压力让这个冰雪巨人很难保持应有的淡定，稍微一点风吹草动，就会引发一连串的冰崩和雪崩。冰川的前进和消融在这里被毫不掩饰地展现出来。

【采访】刘巧

在东坡主要受到东南季风的影响比较明显，季风就很难翻越这个 7000 多米的山体到达西边，所以我们推测西坡可能会受到西风带的影响。

【字幕】2013 年 10 月 5 日

2013 年 10 月 5 日，我们用了一整天的时间翻越贡嘎山，从东坡来到西坡，期待着那里的贡巴冰川能给我们带来一种跟海螺沟冰川不同的感受。

从睡梦中醒来的贡嘎山主峰，在朝阳的映照下显现出冰雕玉琢的本色。

我们从半山腰中的贡嘎寺启程，向着山谷中的贡巴冰川进发，远远望去，冰川末端竟然有灌木丛在向上爬生。

【采访】刘巧

我们在东坡观察海螺沟冰川就是，末端有一个冰崖，然后出水口也在不断地改变，末端的位置一直处于后退的状态，然后在西坡，1930 年奥地利（学者）考察时候的照片，对比现在的照片，冰川的形态基本上是没怎么变化的。

贡嘎山西坡的贡巴冰川还没有列入正式的科学监测范围，刘巧也是第一次来这里，他的任务是实地考察两个卫星遥感图上的冰面湖，王欣老师要来看看他的三维扫描是否可以用于西坡的冰面湖监测上。

【采访】刘巧

东坡海螺沟冰川它的末端位置现在在（海拔）2900 米左右，现在这个地方的末端位置就在（海拔）3800 米左右，它的消融区整个海拔就比东坡的要高，所以它就消融得更加慢一些。

一条小冰期时候的侧碛垅把山谷分成两部分，里面是表碛严密包裹的冰川，一条巨大的横向裂隙，几乎把整个冰舌拦腰斩断，沿着裂隙这个突破口，正在形成几个连续的融塘，它们都有可能继续扩大为冰面湖。

【采访】王欣

这个地方海拔是4049米，站的这个地方海拔比较高，实际冰面还低，这个应该是小冰期的一个冰碛垅，小冰期的时候冰面可能在这个地方。

冰川融水从侧碛垅下面的缝隙中横向流出，在侧碛垅外

汇成河流，向下进入雅砻江，流向太平洋。

小冰期侧碛垅的尽头，贡巴冰川在这里分成大贡巴冰川和小贡巴冰川，一种童话世界的感觉，让我们再次想起贡嘎——“白色冰山”的藏语来历。

雪峰环抱之中，原来大小贡巴冰川携手共进的地方，现在静静地躺着几洼蓝色的池水，它们就是刘巧要实地考察的那几个冰面湖。从遗留的痕迹看，湖面现在的水位要比鼎盛时期低了很多，也许经过多次这样的蓄积与溃决的反复之后，大小贡巴冰川就会真的在这里彻底决裂。

而刘巧要做的就是，拿着高精度定位仪围着每个冰面湖走一圈，以此来跟卫星遥感图像作对比验证。

刘巧

因为遥感影像（对）蓝色的误差是15米，这个误差在3米以下，所以可以用这个精确测算它（冰面湖）的面积，提高遥感影像的解译精度。

贡巴冰川是我们这次《探秘冰川》活动的最后一站，在前后20多天的采访中，我们见证了中国科学家在冰川上的艰辛工作，在全球气候变化的争论中，中国科学家用实际行动，承担起了自己的责任。

【字幕】

“如果不是我们，那应该是谁？
如果不是现在，那应该是何时？
如果不是这里，那应该是哪里？”

