

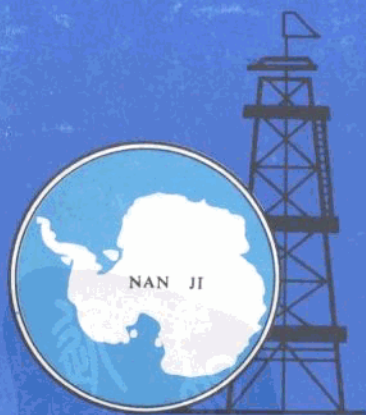
冰层机械钻探技术

[俄] Н. Е. 博宾 Н. И. 瓦西里耶夫 Б. Б. 库德里亚绍夫

Г. К. 斯捷潘诺夫 П. Г. 塔拉莱 著

鄢泰宁 杨凯华 译

汤凤林 校



中国地质大学出版社

序

据全国地质图书馆的有关书籍记载,南极洲冰盖的冰心钻探始于 30 年代,先是美国、日本,后来智利、澳大利亚和前苏联等国家从事这项研究,并陆续开展了钻探工作。以前苏联钻的钻孔最多,工作量最大,最深的钻孔达 2 545 m。但前一个时期的研究工作领域、内容都还比较狭窄。

自进入 80 年代,厄尔尼诺现象在全球出现,危害范围越来越广,一个研究全球性气候变化的热潮在全世界兴起。以我国为例,先后实施过黄土高原季候风计划,青藏高原一带冰川、冻土层的一系列取心(取样)计划,最高海拔取冰心高度达 7 000 m,堪称世界之最。在南极的中国长城站已在广泛领域开展了冰心、冰雪取样工作,但设备、技术都很落后。

特别值得一提的是,自 1990 年开始执行了一项宏伟的格陵兰国际冰心钻探研究计划(GRIP),由法、德、英、比、意、冰岛、丹麦和瑞士等国的 40 多位科学家共同研究,欧洲科学基金会提供了 800 万美元的经费。钻探的目的是要钻透经过 20 万个冬季所积压起来的雪而形成的厚冰层,寻找能揭示过去 20 万年期间气候变化的密封气泡和埋没的各种冰晶体,据以考证北半球气候变化。

1992 年 7 月 12 日,钻孔深度在 3 029 m 钻穿了冰层达到了岩盘。这是全世界最深的一口冰盖取心的科学钻孔。

对冰心自上而下的分析研究,找到了前苏联切尔诺贝利核电站 1986 年爆炸飘散出来的核微尘;1952 年美国第一次氢弹爆炸形成的粒子尘;1815 年印度尼西亚坦博拉火山大爆

炸的火山灰等。冰心中竟然还发现了公元 79 年意大利维苏威火山喷发时产生的酸雨的痕迹并分析出了它的成分(那次爆发曾毁灭了庞培城)。科学家们曾形象地说:这 3 000 多米冰心简直是大自然赐予人类的一整套 20 万年来的气候变化的“录音带”,足以建立 20 万年的一套气候模型。

这一套冰心里还发现了大量的孢子花粉、微体生物、珊瑚化石等等。

这套冰心的科研成果远不只这些,研究工作还在继续。它将大大地推动对极地、冰川、冻土等科研领域向更深层次进展。

前苏联(现俄罗斯)是个科技大国,在许多科研领域都走在许多国家的前面。在南极考察、冰层钻探方面积累了丰富的、宝贵的先进经验,值得我们学习。适逢我国国家科委提出“上天,入地,下海,登极”这一发展我国科学技术的八字方针之时,俄罗斯自然科学院院士库德里亚绍夫教授亲自来华作了技术报告,并赠送了他和他的同事们的专著《冰层机械钻探技术》。现在,我们仅以这本专著的中译本作为对他的感谢。我们还要深切感谢鄢泰宁、杨凯华、汤凤林三位教授的辛勤劳动。

中国工程院院士
原地矿部高级顾问

刘 广 志

1998. 3. 22

目 录

前 言	(1)
第一章 冰层钻探技术和钻探工艺的现状	(3)
1.1 冰层钢绳冲击钻进	(3)
1.2 有杆回转钻进	(4)
1.2.1 非强制排除孔底冰屑的钻进	(4)
1.2.2 压缩空气洗孔有杆回转钻进	(7)
1.2.3 螺旋钻进	(11)
1.2.4 液体冲洗的钻进	(12)
1.3 用承载电缆的电动机械钻具钻进	(13)
1.3.1 往孔内注入液体进行孔底循环的钻进	(13)
1.3.2 螺旋钻具	(26)
第二章 机械钻进中冰层破碎过程的规律性	(38)
2.1 冰的物理力学性质	(38)
2.2 冰层破碎的基本机理	(41)
2.3 冰层机械钻进过程的试验台研究	(44)
2.4 冰层取心钻进用钻头的研究	(46)
2.5 净化孔底的方法	(51)
第三章 承载电缆钻具钻进	(59)
3.1 承载电缆钻具钻进的工艺特点	(59)
3.2 K9MC-112 型承载电缆电动机械钻具	(67)
3.3 K9MC-112 型钻具的试验结果	(72)
第四章 有杆钻进	(76)
4.1 雪层钻进	(76)

4.2 冰层钻进.....	(78)
结束语	(81)
后 记	(83)
参考文献	(85)

前 言

主要集中在极地部分和山区的大量的冰,对地球气候条件和人类生活活动有很大影响。由于地球原料资源的消耗,提高了人们对冰层覆盖下之矿产储量的兴趣。研究现代大陆冰川和所有类型的冰川,对一系列科学,如地理学、冰川学、古气候学、地质学、地球物理学、地球化学、微生物学等,都有重要意义。

科学研究是在长期综合计划,即国际南极冰川计划(МАГП)、极地试验计划(ПОЛЭК - ЮГ)、全球大气作用研究计划(ПНГАП)等范围内进行的。集中了近 3 000 万 m^3 的冰、大陆中心部分厚度超过 4.5 km 的南极引起了人们的特殊兴趣。对南极进行有计划的综合研究已经 30 多年了,参加此项研究的有苏联、美国、日本、法国、新西兰、阿根廷、巴西、智利、民主德国、波兰、印度等国。

全部取心钻进是研究极地部分冰层结构、构造、物质成分和变化的最重要和最有效的方法。利用这种方法可以对很深部位的冰进行晶体形态研究,对孔内进行地球物理观测,研究氧、碳及各种包体(地尘、宇宙尘、火山灰、细菌、植物孢子等)的同位素含量。在冰川和冰川下面的岩石中打钻,对国民经济也有着很大的意义,在冰川盖层覆盖的矿床中进行地质勘探和后续开采工作就是一例。

南极条件的特殊性,诸如非常遥远、完全没有道路、非常

恶劣的气候,影响了研究工作的开展,并对钻探设备、钻探工艺、钻探工作的组织和钻探人员提出了特殊的要求。多年来世界上只有三个钻孔的深度略超过 2 000 m: 在南极别尔德(Берд)站(美国)打的一个钻孔——2 164 m, 东方站(苏联)打的一个钻孔——2 202 m 和在格陵兰戴-3(Дай-3)站打的一个钻孔——2 037 m。这个事实说明冰中钻探是非常困难的。

冰层钻探或用热力法,或用机械方法进行。苏联直到不久以前是把主要注意力放在研究与使用电热钻进(消融)的技术和工艺上的,这种钻进现在可以认为被完全掌握了*。主要是由于列宁格勒矿业学院的积极工作,我国对这一领域在世界上居领先地位^[11,12]。到目前为止,苏联专业人员几乎没有使用国外比较喜欢的机械钻进。

列宁格勒矿业学院在冰层钻进方面的科学研究工作是 1967 年开始的。后来研制出了热力钻进用钻具和电缆承载的电力机械钻具。然而,由于一系列组织方面的原因致使冰层机械钻进方法的研究中断了,直到 1982 年此项工作才得以恢复。此外,在列宁格勒矿业学院和“北方海洋地质”地质生产联合体签订的合同范围内,1981~1987 年对大陆架冰川取心机械钻进技术(有杆)和钻进工艺进行了研究,目的在于采取底部岩化层的样品。

本教学参考书总结了国内外冰层机械钻探的经验,讨论并介绍了列宁格勒矿业学院近年来完成的一些研究成果。

* 苏联发明证书 399600, 国际发明分类号 E21B25/00, 冰中打钻用电动钻具 / Б. Б. 库德里亚绍夫, Б. Ф. 费先科, Г. К. 斯捷潘诺夫(苏联), №1746758/22-3, 73 年 10 月 3 日公布, 发明公报 №39。

第一章 冰层钻探技术和 钻探工艺的现状

根据冰层钻探任务和钻探条件的不同,机械钻进方法可以分为下列类型:钢绳冲击钻进、有杆回转钻进(非强制排除孔底冰屑钻进、空气洗孔钻进、液体冲洗钻进和螺杆钻进)、用电缆承载的电力机械钻具进行的钻进(采用孔底冲洗液循环和螺杆钻具进行的钻进)。

1.1 冰层钢绳冲击钻进

第一次用钢绳冲击钻进方法对冰层进行机械钻进的试验是 Л. 阿加西茨 (Агасиц) 于 1841 年在下阿尔 (Нижне-Аарский) 冰川 (阿尔卑斯山脉) 开始的。试验时打了一个深 46 m 的钻孔,而且 23 m 以上的升降工序是用手拉钢绳进行的,然后在钻孔上方建立了木制钻架。1842 年 Л. 阿加西茨钻到了 65 m。当时的设备效率是很低的,所以直到本世纪 60 年代中期以后冰川钻进时没有再采用这种方法。

60 年代初,苏联科学院地理研究所设计制造出了一台钻进深度可达 200 m 的钢绳冲击钻进设备。该设备由 6 个基本部件组成:打入套筒、绞车、曲柄连杆机构、钻具、向孔底自动钻进装置和冷却导向装置。带有可卸式导向靴的打入套筒乃是一根薄壁钢管,其中装有一个重量为 40 kg、用钢绳吊挂的

冲击重物。重物的位移用两个铁砧限位。套筒的冰心容纳腔体长度为 2 m。为了避免打入套筒被卡住,下部导向靴做成可卸式的,并可顺利地装到钻具外壳上。打入套筒的外径为 85 mm。起重量为 1 t 的绞车,用功率为 5.5 kW 的二冲程汽油机带动。设备的总重量为 600 kg。运输时,此设备容易拆成重量不超过 60 kg、长度不大于 3 m 的部件。设备是 1963 年在冰川基地地区的厄尔布鲁士峰(北高加索)开始试验的,在这里打了 6 个深度为 28~40 m 的钻孔。1965 年在卡拉巴特卡克(Карабаткак)冰川(泰尔斯凯山(苏))打了一个深度为 49 m 的钻孔。1966 年和 1967 年夏季,用这台设备在别津基(Безенги)冰川和马鲁赫(Марух)冰川(高加索)打了 10 个深度为 30~150 m 的钻孔。回次开始时的钻进速度为 8.5 m/h,到回次结束时为 7.0 m/h。打一个 45~50 m 深度的钻孔用了 6~7 小时。平均回次进尺为 1.0 m。

钢绳冲击钻进的主要缺点是不能得到高质量的冰心样品。例如,在高加索的冰川钻进时,冰心乃是由冰屑压成的冰块,其中通常含有 2~3 个尺寸为 3~5 cm 的冰样,不能用于描述和研究。

1.2 有杆回转钻进

1.2.1 非强制排除孔底冰屑的钻进

1948~1951 年,法国极地考察队在 П. 维克多(Виктор)领导下在格陵兰进行过考察。1950 年夏季,在格陵兰冰川盖层的西部和中心部分打了几个深度为 125 m 的钻孔。

南极第一批深孔是 1949~1952 年由挪威—英国—瑞典科学考察队队员打的。钻孔是在位于新什瓦宾兰德(Нью-швабенланд)大陆架冰川边界 3 km 的莫德赫姆(Модхейм)站用加拿大成批生产的钻探设备打的。组装起来的设备重量为 2 t。1950 年冬季打了一个深度为 63 m 的钻孔。在此深度由于冰屑堵塞岩心管而发生钻杆折断事故,致使 48 m 钻杆留在孔内。钻孔打得非常不能令人满意,回次进尺没有超过 1 m。1951 年 4 月,使用新改进的钻头打了一个深度为 100 m 的钻孔,雪冰带厚度为 70 m。

1950 年在巴尔涅斯(Барнес)顶部(加拿大巴芬岛)利用 X-ray 钻探设备进行了机械钻进冻结岩石和冰层的工作。该设备的重量为 90 kg。为了破碎冰层,岩心管的底端做成齿状,岩心管上端也做成类似的齿状,以便在钻具卡在孔内时解卡用。为了提升和采集冰心,岩心管内做成了呈螺旋排列的切口。岩心管外径为 38 mm,长度为 1 m。在试验过程中,于冰层中打了几个浅孔。在对钻具做了一些改进后,1953 年在同一岛上的片尼(Пенни)顶部进行了试验工作。

1957~1958 年,在第二次苏联南极考察(САЗ)期间,利用国产手把给进 KAM-500 钻机和标准钻杆柱进行了钻探工作。孔是“干”钻的,没有强制排除孔底冰屑。第一个钻孔是在“和平”观测站地区打的,通过了厚度为 64.5 m 的冰川盖层边部的整个冰层,然后用钻粒钻进方法打下伏硬岩,使孔深达到了 66.7 m。在冰层钻进过程中,试验了 16 种结构的碎岩工具和不同的钻具回转速度。但是没有获取质量令人满意的冰心,因为冰心破碎成了厚度为 0.05~0.15 m 的碎块和透镜状薄片。开始的 0.2~0.3 m 容易通过,此后钻进速度急剧下

降。为了继续钻进,钻具重量不够,因此利用手把给进机构对孔底补充加压。平均回次进尺为 0.8~1.2 m。

第二个钻孔是在“和平”站以南 7 km 处打的。从 220 m 深度开始,试验用煤油冲洗进行钻进,但试验没有成功。从孔内抽出煤油后,钻孔打到了 371 m,主要孔径为 112 mm。钻孔扩径后,套管柱下到了 355 m 的深度。

1958 年 1 月,在“和平”站以南 45 km 处打了深度为 210 m 的第三个钻孔。这个钻孔仅用四天就打完了。

50 年代后半段,苏联科学院地理研究所在 E. H. 齐金(Цыкин)的领导下研制出了手动钻进深度达 30 m 的冰上钻孔用成套钻具。这套钻具中包括有结构新颖的取心钻具(所谓钻进用套筒)、带有杆式锁件或铰接接头的轻合金钻杆、轻便绞车和折叠式三脚钻塔。

取心钻具乃是表面上带有纵向切口的圆柱形套筒,其下端有两个切削齿。其中一个齿是直齿而且比较高,用以破碎冰层并形成孔壁,而另一个齿向内弯曲,把冰屑导入套筒内并防止冰屑在提升时脱落。取心钻具上部装有杆式锁件,以便与钻柱连接。该研究所设计出了钻进深度可达 30 m、15 m 和 8 m 的三种尺寸类型的取心钻具,其长度分别为 1.0 m、0.75 m、0.5 m,外径分别为 58 mm、52 mm 和 46 mm,切削齿的间距为 3 mm。带有铰接接头的轻合金钻杆不要求使用钻塔,从而减少了拧卸钻柱所需的时间。铰接接头可不打开锁件,容许钻柱弯曲成 120°,并可摆放从孔内提出的钻杆。由四个人组成的钻探机组人员在极地乌拉尔,在冰的温度为 -2°C 条件下,用 9 个小时打了一个 25 m 的钻孔。在 0°C~-3°C 的冰中打钻是困难的,因为冰屑粘到取心钻具上,回次进尺不超过

0.25~0.3 m。在冷冰中平均回次进尺为 0.5~0.6 m,而且冰的碎块可以充满 1 m 长的取心钻具的整个体积。

1957~1959 年夏季,在中央冰川、图尤克苏(Туюксу́йский)冰川和伊格雷·图尤克苏(Иглы Туюксу)冰川(外伊犁山脉,天山),利用 БЛ-40、БЛ-52、БЛ-72 冰钻进行了手动回转“干”钻,该冰钻的刃部是用 E. H. 齐金法磨锐的。在中央图尤克苏冰川下部打的最深的钻孔,达到了底部冰碛层。

从 1955 年到 1960 年,苏联科学院地理研究所的专家们,为了研究苏联和保加利亚高山冰川和极地冰川的温度情况,用“干式钻进法”总共打了 97 个路线孔和 20 个固定孔(参见表 1)。

表 1 苏联科学院地理所在国际地球物理年期间
完成的钻探工作量

年 份	工 作 地 区	钻 孔 个 数	
		路线孔	固定孔
1955 年~1959 年	法兰士约瑟夫地群岛	17	3
1958 年~1959 年	新 地 岛	14	2
1958 年~1960 年	极地乌拉尔	19	4
1957 年~1958 年	皮林山(保加利亚)	3	1
1956 年~1957 年	泰尔斯凯山,天山	19	5
1957 年~1959 年	外伊犁山脉,天山	25	5

1.2.2 压缩空气洗孔有杆回转钻进

用压缩空气洗孔回转钻进冰川的研究工作几乎是苏联冰

川工作者与美国军队雪、冰、永冻层科学研究实验室(USA SIPRE)工作人员同时开始进行的。美国工作人员为了改进研究用的钻探技术,在国际地球物理年实施了深部回转钻进格陵兰冰川盖层的计划。1956年和1957年夏季,美国研究人员在位于格陵兰西北部、图尔(Тул)站以东 320 km 的赛特-2 (Сайт-2) 钻探试验基地打了两个深度为 305 m 和 401 m 的钻孔。钻孔是用带有专门附属设备的标准钻探设备打的。为了排除冰屑,使用了压缩空气。第一个孔的冰心采取率为 50% 多一点,第二个孔只是在 300 m 深度以上为连续取心。从 300 m 以下深度只取出了两个 6 m 的冰心样品,而且后一个样品是从 400 m 深处取出的(没有可能继续钻进)。直径 100 mm 的冰心常常破碎成长度为 0.15~0.45 m 的碎块。

1957 年 12 月~1958 年 1 月,美国专家在别尔德站打了一个深度为 308 m 的钻孔。为使钻具给进均匀,他们设计出了能承受部分钻具重量的专门液压装置。压缩空气是以 4.2×10^5 Pa 的压力压入孔内的。空气的冷却是用热交换器系统和空气涡轮进行的。钻进上部雪冰层时,空气循环未能令人满意,常常导致冰屑堵塞。在 46 m 深时雪冰密度达到了 750 kg/m^3 ,空气循环正常了,几乎从整个剖面都取出了直径 101.6 mm 的冰心。

1958 年 10~12 月,美国专家在小美洲(Литтл-Америка) Y 站(南极,罗萨大陆架冰川)进行了钻探工作。钻孔穿过了整个冰川并在 256 m 深处入海。

1956 年 10 月,苏联研究人员和美国极地工作者同时在“和平”观测站地区进行了钻探工作。钻孔是用 ГП-1 螺旋差动给进钻机,通过空气洗孔、不取心打成的。打了两个直径为

60 mm、深度为 23.5 m 和 86.5 m 的钻孔。后一个钻孔打入了下伏岩石。冰中钻进是以钻具每转最大给进量 0.33 mm 和第二转速(480 min^{-1})进行的。这种规程使钻进速度达到了 9.5 m/h。当时使用的是移动式 ПКС-6 压风机,产生的压缩空气压力达到了 $4.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ (表压)。

1957~1959 年在丘尔列尼萨(Чурлениса)冰川(法兰士约瑟夫地群岛)上打了几个深度为 20~82 m 的取心钻孔。钻进时使用的是装在 ЗИЛ-151 汽车底盘上的 СБУ-150-ЗИВ 国产车装钻探设备。孔底冰屑是用工作压力达 $4 \times 10^5 \text{ Pa}$ (表压)时风量为 $0.8 \sim 1.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 的 ВКЗ-5 固定式一级压风机压入孔内的空气排除的。钻进在纯冰中进行,并且是在进入下伏岩石 1.5~2.0 m 后停止的。钻孔直径为 93 mm 和 112 mm。

提取冰屑是用长 4 m,属于取心钻具组成部分的冰屑管进行的。直径 89 mm 的钻头上有 6 个切削具,最优孔底载荷为 3.0~3.5 kN。

钻进时可看到冷凝液在孔壁上下落并形成引起卡钻的冰包。为了排除这种复杂情况,操作人员经孔口向孔内撒放 3~5 kg 食盐。经过 2~10 小时,食盐将冰包溶化。最优回次进尺为 1.0~1.5 m。冰心通常破碎成长度为 0.02~0.80 m 的碎块。

冰心的提断是在干钻后,即不排冰屑钻进 0.05~0.50 m 后进行的。回次长度在 1 m 以内时,冰心采取率为 85%。回次长度为 1.0~1.2 m 和 1.2 m 以上的冰心采取率分别为 75% 和 64%。整个钻探工作量的平均冰心采取率没有超过 70%~80%。钻具转速为 72、113 和 180 min^{-1} ,其冰层平均机械钻速分别为 15、20 和 27 m/h。

在法兰士约瑟夫地群岛进行研究工作期间,进行了空气反循环洗孔钻进试验。然而,结果是否定的,因为空气气流与冰屑一起被吸了进去,当冰心沿岩心管上升到接头后堵塞了空气的循环。

1961年,意大利全国原子能委员会(CNEN)、欧洲原子能协会(Евроатом)和比利时全国极地研究中心(CNRPB)共同努力,在罗伊·鲍杜英(Рой Бодуин)基地(南极,基斯特公主大陆架冰川)进行了钻探工作。钻探时使用的是(在坚硬岩石中钻进深度300 m以内钻孔用的)标准地质勘探设备。瑞典克芮里乌斯公司生产的XCH/60型钻探设备配套有7 m钻塔和功率为15 HP^①的电动机。他们使用了阿特拉斯·科普科公司的VT4Dd的压缩机,压力 7×10^5 Pa时的最大风量为4 m³/min。第一个钻孔由于失去循环导致回次一开始就堵塞而在17 m深处停钻。新孔用SIPRE螺杆钻具打到43.7 m深度,其冰带密度为850 kg/m³。套管柱下到43.7 m后,用空气洗孔继续钻进。使用3 m岩心管和改进的Wydia齿状钻头打到了115.7 m深度。在此深度由于地表设备发生故障,岩心管被卡住,整个钻杆柱都留在了孔内。取上的冰心直径一般为48 mm,然而在79.3 m深度以下的冰心采取率平均仅为55%。此孔段的冰心破碎成了高度达0.1 m的透镜状薄片。冰心块数多和采取率低,这可用所钻冰层的机械强度小和钻柱下部振动大来解释。

1970年美国制定了南极东部冰川盖层的深钻计划,这个计划包括打一批空气反循环的千米钻孔,拟于1977年实施。

① HP(hp)即英马力,1hp=745.7 W。

钻进准备用专门设计的带有可卸式岩心容纳管的成套取心钻具进行。在这套取心钻具中,钻柱由塑料玻璃管和钢锁接头组成。

为了实现空气反循环,计划使用真空泵。真空泵通过活动水龙头把含有钻屑的空气从钻杆中吸上来。计划的空气反循环钻进直径为 178 mm。在此孔段,准备下由直径 162 mm 塑料玻璃管制成的套管柱。计划用极地柴油(DFA)循环继续钻进到下伏岩石,以防止钻孔缩径。由于财政原因,此项计划未能实现。

1.2.3 螺旋钻进

钻进浅孔(0.8~1.2 m 以内)时,直径 25~180 mm 的手动螺旋冰钻得到了广泛的应用。利用某些结构的螺旋冰钻,可以打出深度达 30 m 的钻孔。为此,随着螺旋钻具钻入冰中,可用轻合金钻杆接长钻具。与此钻具类似的 SIPRE 螺旋钻具,是由研究雪、冰、永冻层的科学研究所(美国)研究出来的。这种钻具乃是长 1.0 m 的螺旋钻具,钻孔直径和所得冰心直径分别为 110 mm 和 76 mm。利用折叠式三脚架和手动绞车进行升降工序。

SIPRE 螺旋钻具是在埃勒斯米尔(Злемир)岛(加拿大)大陆架冰川钻进深度 24 m 钻孔以及后来在 T-3 冰岛钻进深度 32 m 钻孔时试用的。回次进尺没有超过 0.85 m,机械钻速达到了 14 m/h。后来在 1963~1964 年南极夏季期间,在第 9 次苏联南极考察“和平”站—“东方”站时,苏法考察队工作人员利用这种钻具打了 7 个深度为 7~16 m 的钻孔。1961 年,在罗伊·鲍杜英基地(南极)利用钻杆吊挂、用克芮里乌斯钻

探设备(动力机功率为 11 kW)驱动的 SIPRE 螺旋钻具钻进雪冰带,钻到了 43.7 m 深度。取上的冰心质量好,冰心采取率为 100%,然而回次进尺从雪冰层中的 0.4~0.5 m 降到了密度为 850 kg/m^3 冰带中的 0.2~0.3 m。

80 年代初,涅勃拉斯卡·林科林(Небраска-Линкольн)大学(美国)极地研究部研制出了用于冰中钻进深度达 50 m 钻孔的轻便 PICO 手动螺旋,其结构与 SIPRE 螺旋类似。

在苏联第二次南极考察期间,“和平”观测站使用了安装在 ЗИС-151 汽车底盘上的 УШБ-1 螺旋钻探设备。

在 1957 年 2 月~1958 年 1 月期间,一共打了 98 个钻孔,总工作量为 1 632 m。其中一个钻孔(在距“和平”站 50 km 处)打到了 102 m。钻孔是不取心钻进的,钻头转速为 $70 \sim 180 \text{ min}^{-1}$ 。钻进是高速进行的,天气好时一天可以打 2 个 50 m 钻孔。

目前苏联有大量国内外工业生产的、用于钻进水库冰层的钻冰机组。用这种机组打的钻孔直径为 300~400 mm,孔深不超过 2 m。

1.2.4 液体冲洗的钻进

1885~1909 年,А. 勃柳姆克(Блюмке)和 Г. 盖斯(Гесс)在欣捷列斯费尔(Хинтерейсфернер)冰川(埃特查利,阿尔卑斯山脉)进行了详细的冰川研究。为了测量冰川的厚度和温度的分布,打了 11 个深度为 66.5~224 m 的钻孔。设备(包括 280 m 钻杆)重量达到了 4 t。机台上用了 8 个工人。平均钻速为 6~9 m/h。使用水做冲洗介质,水在整个工作期间没有冻结。

在利用钻探研究冰川的现阶段,1957 年在苏联第二次南