



1996年6月 第2卷,第2期

目 录

利用地下的火.....	1
开发撒哈拉地下宝贵的水资源.....	1
委内瑞拉首都用水的补给.....	2
同位素和水.....	5
简讯.....	7
干旱平原盼山泉.....	8

开发撒哈拉地下宝贵的水资源

北非是一个广阔的干旱地区,那里缺水严重影响了一切经济活动和数百万人的健康与幸福。在大多数北非国家,水是用手或各种样式的阿基米德螺旋泵从地下水源的浅水井中取上来的。随着人口的增长和需求的增加,这些浅水源已不能充分满足需要。

一个新的地下水源是由一些位于地下深处的含水岩石区域构成的一个复杂系统。水可用下述办法提取:钻出若干口深数百米的井眼,用泵把水抽到地面。但是世界各地的经验表明,这往往是一种冒险,而且甚至会产生相反的结果:花很多钱钻出的井变干涸;水中含有很多不受欢迎的盐;

利用地下的火

地处太平洋两岸所谓环太平洋火山带上的两个遥遥相对的国家——萨尔瓦多和菲律宾——都在坚持不懈地开发其地热资源以生产电力。处于这个广大的古火山活动环带中的国家,大多数都拥有地热储层——含有比沸水热若干倍的流体的沸腾着的火山口。这种干蒸汽和热水是驱动汽轮机和发电所需的高压的潜在来源。

地热能有许多优点,对要花匮乏的硬通货进口热电厂所需化石燃料的国家来说这些优点尤为明显。它可以使这些国家从一开始就削减进口清单。作为本地能源来源的地热,还能使国家有较大的能源独立性。现在,预先制造的标准组件式系统使人们更容易安装和启动新的地热发电厂。另一个优点是,地热发电厂能够一年到头运行,不象水电厂那样受干旱季节的影响,也不受燃料供应延迟的影响。适当管理的地热储层能无限期地加以利用。

而且大量抽取会引起地面下沉。对地下蓄水层系统的监控和可持续管理,需要做大量复杂的分析工作。



萨尔瓦多水电委员会(CEL)的技术员在从地热井中取样。(来源:J. Gerardo/IAEA)

在目前世人对气候变化和温室气体备受关注时期,地热发电的一个重要好处是,热能可以
(下转第3页)

1995年,IAEA技术合作司开始了一个4年期示范项目,其

(下转第4页)

委内瑞拉首都用水的补给

加拉加斯正面临着复杂的水危机。一方面该市严重缺水,另一方面它充斥着必须移走和排放掉的不需要的水。在某些天里,该市的每个区要暂停若干小时供水;在另一些天里,则全天停止供水。而且,拥挤的郊区连自来水都没有。即使是水管理局也不例外。每天,大众媒介宣布这一天将得到自来水供给的区甚至具

斜坡上。即使在最近几年委内瑞拉北方降水量很少致使水库水位开始下降之前,供水网也很难满足不断增加的水需求。

具有讽刺意味的是,埋在地下的混凝土管道把水从水库引向该市时发生大量漏失。而且,几年前附近的瓜伊尔河“渠道化”时,地下水的自然排水系统受阻。渗

的问题——借助同位素技术,精确地确定加拉加斯市地下蓄水层系统更深部分中的水的数量、流量和质量。主要目的是找到一些新的水源,以便至少解决现在260 000立方米/天水缺口的一部分。可能得到的一个副产物是,正在研究的那些深水提取方法也许能大大降低地下水的水位,从而能停止成本高的、浪费性的泵抽活动。



罐车向加拉加斯各缺水供水。(来源:H. F. Meyer/IAEA)

体医院和学校的名字。最近一则典型新闻报道中悲叹地说,“救助队正在向苏克雷区提供40罐车水(约100万升),该区已有20天未得到水了。”

座落在海拔约1000米的一条浅谷中的加拉加斯市,直到60年代初,一直是从浅地下水获得家用水供应的。为了向这座城市的不足一百万人口供经处理过的水,在50年代和60年代曾在附近较高的地方建造了一些收集雨水的水库。不过,自那以后,该市人口迅速增加,目前已达五百万人,而且居民区也延伸到盆地的

漏涨出的地下水无处可走只能向上流动,现在已经上升到如此接近地面的程度,以致地铁和其他建筑物的地基受到威胁。缺水的居民不能再使用这种地下水,因为它已经达到会被污水和其他污染物所污染的高度。所以,在这座缺水的城市的许多地方,水泵的声音证明人们在不停地抽取地下水,但这样做只是为了把抽出的水排到很远的地方去。

1994年年中以来,IAEA的一个技术合作项目一直在帮助当地人解决缺水问题中涉及地下水

如果要使用这个蓄水层系统,至少是在旱季或当地供水有限的时候,必须确定若干个参数。这个系统中含有多少水?其排泄率和补给率各为多少?其流入量来自何处?该系统各个部分中的水的纯度如何?污染的过程和途径有哪些?常规的水文地质技术不能提供确定的答案。同位素作示踪剂并与地球化学技术相结合,能以相当高的准确性和速度提供确切的答案。

到1995年年底,委内瑞拉水主管部门已完成了对这个蓄水层系统的“绘图”——把这个系统按两个子系统画成在水平方向上明确划分区域的垂直结构——还找出了该蓄水层系统的补给源,并描绘了补给源的特征。似乎是来自一些特定深度的水可以大大减少加拉加斯市饮用水缺口。这个蓄水层系统的另一些区域,可以提供足以满足灌溉、工业和其他方面需要的水。

这个项目正在传播对提取的地下水保持经常的质量控制所需的技术和知识。它将提供技术培

(下转第7页)

以有益于环境保护的方式加以利用。电站的管理者必须确保地热发电厂所在的整个汇水区得到保护,因为这个汇水区是使地热储层保持活跃所需的淡水的唯一来源。所有被提取上来的水可以再注入到该储层,而不是排放到地面上。菲律宾不顾基本建设费用高而仍然选择地热,就是因为地热发电厂能将二氧化碳的预计排放量减少,例如减少到相当于燃煤发电厂的5%—10%。这种选择得到“全球环境机构”的支持,后者最近为帮助在菲律宾新建一座地热发电厂提供了3000万美元(其规章所规定的最大援助金额)。

开发地热能源的技术,人们已应用了近100年。世界第一座地热发电厂建在意大利的拉尔代雷洛,自1904年以来一直在发电。但是,地热能在全世界尚未得到充分利用。虽然已有18个国家利用地热能源,但所生产的电力只占各国总发电量的很小份额。世界上最大地热发电国美国,其地热生产的电力为220多万千瓦。另一些主要的地热发电国包括墨西哥(70多万千瓦)、意大利(50多万千瓦)和日本(20多万千瓦)。开发地热能源遇到的真正障碍是,实际上一直不可能确实弄清的那些为实现可持续的和环境上安全的管理所需的重要数据。这个地热储层中有多少蒸汽和热水?这个地热储层以多大的速率得到补给?补给的水来自何处?每口井的费用约为200万美元,钻井是地热能源开发中费用最高的部分;那么,在哪里下钻最好呢?

同位素水文学技术能够帮助人们很精确和很快地回答这些问题。用作示踪剂的放射性同位素

在地下深处也可被追踪到。稳定同位素能够揭示出入地热储层的水流的方向、路径和流量。这些有效的工具也能表明哪适于钻井和如何最好地把提取出来的水注回到地热储层中,以确保这个资源可持续地利用,以及环境不受废水的破坏。最近的一些IAEA技术合作项目通过传播应用同位素技术所需的知识和提供有关的设备,一直在帮助埃塞俄比亚、希腊、中国、危地马拉、印度尼西亚、墨西哥和尼加拉瓜发展开发地热资源的能力。

萨尔瓦多和菲律宾已在利用地热。IAEA正在对他们的活动给予支持,因为这两个国家在其国民经济发展计划中,对地热能开发作了重大承诺并将其放在高度优先的位置。

菲律宾已成为世界第二大地热发电国。虽然菲律宾的大部分电力仍然靠燃烧进口的油生产,但是地热发电的份额现在已达

24%(103.6万千瓦),并且仍在上升。预计在3年内,正在进行的地热田开发活动将增添68万千瓦地热发电能力。在世纪之交前后,正在勘探中的其他一些潜在地热田可能再提供250万千瓦以上地热发电能力,从而使菲律宾成为世界上最大的地热发电国。

萨尔瓦多也跻身于世界10大地热发电国之列,尽管其地热发电量仅占全国总发电量(90万千瓦)的14%。阿瓦查潘省的地热田自1975年以来一直在开采,现有32口井,发电5.8万千瓦。位于柏林的一个新地热田于1992年开始采热,现有10口井,发电0.5万千瓦。从1992年开始实施经济复兴计划以来,该国电力需求以每年平均9%的速率增长。靠进口的油和天然气生产的电量,约占全国总发电量的40%。水力发电量虽占全国总发电量的46%,但水电的进一步发展受到限制,因为唯一的大河已几乎完全得到开发利用。

国家的计划是,在今后5年内把地热发电量提高一倍。从美洲开发银行新近得到的2.15亿美元贷款中的至少1.8亿美元将用于地热源开发工作,即阿瓦查潘的15口新井和柏林的18口新井的开发以及别处的勘探活动。该国政府期望两年内把化石燃料进口量削减20%(每年节约3280万美元),并将逐渐进一步减少进口量。又将大约有225000个家庭用上电。总的来说,这个示范项目正在帮助该国提高其对远期地热勘探和发电有重要意义的同位素数据和地球化学数据的分析能力。这些增强了的能力,将使萨尔瓦多能够向该地区的其他国家提供分析服务。



来源:J. Gerardo/IAEA



齐心协力。撒哈拉地区浅水井旁常见的景象。(来源:Carnemark/世界银行)

目的是收集基本数据和向9个北非国家即阿尔及利亚、埃及、埃塞俄比亚、利比亚、马里、摩洛哥、尼日尔、塞内加尔和苏丹提供同位素技术,使这些国家能够更好地管理自己的地下水资源。有急迫问题要解决的埃及、埃塞俄比亚、摩洛哥和塞内加尔,加入了这个示范项目第一阶段(1995—1996年)的活动。另外5个国家将参加于1997年开始的第二阶段活动。

●埃及现在使用的水,几乎全部取自尼罗河。尼罗河流域人口已经过多,因此该示范项目着眼于“开拓”撒哈拉周围的边缘地区。在埃及西北部的基纳省和埃斯纳省已经有了一些小村落。那个浅的尼罗河蓄水层能够满足约50 000公顷土地和200万人的需要吗?

●埃塞俄比亚容易发生长期干旱的莫亚莱地区(约45 000平方千米)有300万居民,并且是非

洲最大的牛集中地之一。这个地区下面的蓄水层能够确保人和牛得到稳定的水供应吗?

●在摩洛哥西南部阿特拉斯山脉的南部,有50万人靠来自几条短暂河流的供水,在塔菲拉勒特平原和盖勒米姆平原,冒着毫无收成的风险耕种着15 000公顷土地。周围的蓄水层能否向他们提供充足的、质量好的水呢?

●在非洲大陆西部边远地区,塞内加尔首都达喀尔(人口:200万)的用水70%是靠从海滨地区蓄水层抽取来供应的。该首都水的日需求量为250 000立方米。在干旱期,估计水缺口每日高达100 000立方米。在不引起咸水侵入的限度内,这些蓄水层还能提供多少水呢?

这些正是这个示范项目第一阶段正在通过对当地水的同位素组成的现场研究和分析要解决的主要问题。

对水文学有特殊意义的3种同位素是氘(H-2)、氚(H-3)和氧-18(O-18)。因为这3种同位素比另外两种同位素(分别是H-1和O-16)重,从海洋蒸发产生而形成雨云的水蒸汽比海水含的H-2、H-3和O-18同位素要少。当雨云降雨时,这3种同位素多数首先从雨云中除去;而保持在云中待以后成为落雨的湿气中含有较少的这3种同位素。因此,在同位素组成上,海滨雨不同于内陆雨,也不同于山地雨。

当雨水以不同方式、深度和速度回归海洋时,H-2/H-1和O-18/O-16同位素比率将发生另外一些变化(主要取决于温度)。在这个过程中,水会获得与不同环境紧密相关的标志性同位素“指纹”,于是分析水的样品便能揭示其“年龄”、起源和怎样到达取样地点的。同位素水文学技术测定其他一些基本同位素(即氮、碳、氮、硫和氯)的同位素比率,从而帮助各种研究工作。

在埃及取得的一些初步成果看来是令人鼓舞的。业已查清,尼罗河浅蓄水层正在得到邻近较深处巨大的努比亚砂岩蓄水层的补给。正在进行的研究期望能确定补给速率和补给量。努比亚砂岩蓄水层含有自大约6000年前上一个多雨期以来一直未受到有效补给的“古地下水”的事实,是人

(下转第6页)

同位素和水管理

我们称地球为兰色行星。从空间拍摄的照片显示出一种特有景象,在可见的宇宙中其他任何地方都见不到的这种景象。水是地球上一切生命的基础。地球表面的三分之二是水。专家们算得,这些水的体积近 15 亿立方米。但是,只有约 2% 是淡水,而且几乎所有的淡水都封锁在冰河、冰冠和深地下水储层中。估计只有约 2000 立方千米的淡水可容易地利用,来满足人的需求。这虽然一直足够维持地球上的生命之用,但据粮食与农业组织 (FAO) 估计,全球对水的需求量每 21 年翻一番。由于工业、农业和家庭的污染威胁着有限的供水,水正在变成愈来愈宝贵的资源。

最近的历史表明,一些国家之间在化石燃料资源的占有权和使用权方面曾发生冲突。这种冲突在将来也可能因水短缺而发生,因为世界上许多国家都缺少容易得到的或丰富的水资源来满足其需求。IAEA 在其技术合作活动中愈来愈重视帮助各国(和支持地区合作)利用同位素水文学方法调查和管理水资源。同位素技术向负责管理自然资源的人提供了一种重要的分析工具。机构已经在维也纳建立了一个专门的同位素水文学实验室,用以支持各国在自然资源管理方面的开发活动。通常,技术合作项目通过提供培训、专家咨询和设备来传授经验和知识,从而改善当地基



来源: Carnemark/世界银行

础设施和建立利用示踪同位素研究水资源的能力。

本期《技术合作实况》的内容是关于如何利用同位素技术,有效地和可持续地管理水的开发和保护。对于自然科学的许多领域内的研究工作来说,同位素是极其有用的工具。大多数元素是由不同的同位素构成的。一种元素的不同同位素,其化学性质几乎完全一样,但它们的原子量不同。我们生活中必不可少的水分子主要是由氢-1 和氧-16 这两种同位素构成的。但是,除了这两种含量“丰富”的同位素之外,还有浓度较低而且可变化的“稀少”同位素(氢-2 和氧-18)。借助这两种稀少的同位素,可进行广泛的水文学研究。

同位素水文学已经发展成为一个多学科领域。在地热能开发中,同位素技术有助于人们确定高热流区和各种

流体的起源。钻到 3 千米深度的深井,等于为地热储层装上龙头,以便引出蒸汽运往发电厂。在地下水的污水污染调查研究中,可用硼同位素追踪污染物、测定污染物浓度和确定污染途径。大气中二氧化碳 (CO_2) 和甲烷 (CH_4) 浓度的迅速增高,也许在导致作为“温室效应”一种结果的全球变暖。通过碳同位素的亚原子分析,确定大气中温室气体的变化,从而阐明这种复杂的环境现象,在这方面业已证明同位素技术是一种有效的工具。水的同位素组成能够提供有关过去气候变化的情况,使专家们能够监测和比较全球变暖现象,以及评估几万年前的气候变化。人们还正利用同位素技术帮助解释里海海面上升之类的环境现象。《技术合作实况》下一期将介绍,这些有关的同位素技术在帮助自然资源的环境管理方面的应用。

在过去的 10 年中,IAEA 已经支持了约 160 个技术合作项目,用于技术和知识传授方面的费用累计达 1880 万美元,帮助 63 个国家建立了同位素水文学应用方面的国家基础设施。550 余名学者接受了同位素水文学方面的培训,结果形成了本地开展同位素调查研究和分析工作为自然资源管理服务的专业队伍。本期《技术合作实况》介绍几个将为提高世界不同地区人们的生活质量作出显著贡献的项目。

们深信不疑的。这个蓄水层覆盖数千平方千米的地区,是世界上最大的已知蓄水层。抽取这个蓄水层中的地下水用于这个地区的土地垦殖,不大可能把其中的蓄水用尽。期望这项研究,将确定可以从尼罗河蓄水层抽取多少水,和以什么样的速率抽取水而不产生不希望有的后果。

对摩洛哥来说,这一消息使人忧喜参半。同位素数据已经推翻了早先常规水文学的结论:塔菲拉勒特地区北部的蓄水层正得到补给。同位素数据表明,该蓄水层中的水是古地下水,轻率的开发会把它采干。但是一些同位素分析表明,塔菲拉勒特平原南部和盖米勒姆平原的另外两个蓄水系统已得到最近降雨的补给。5月,为了定量测定地下水的补给和排泄以及可能受到的污染,在塔菲拉勒特盆地(雨水通过这个盆地渗入塔菲拉勒特平原南部蓄水层)南部的不饱和区开始进行若干项同位素研究工作。

在塞内加尔,主管部门希望与技术合作项目相关的活动,将使人们能够抽取足以弥补现有缺口的70%的地下水。这个技术合作项目的重点是:确定在不发生海水侵入蓄水层的威胁的前提下可以提取多少地下水,和为谨慎管理这些资源开发所需的工具。塞内加尔已掌握了在不饱和区调查中使用同位素的技能。这种技能将有助于在摩洛哥开展的调查活动。

埃塞俄比亚莫亚莱地区的研究工作,正在确定蓄水层的补给特性,很可能还将确定蓄水层



来自阿尔及利亚、摩洛哥和塞内加尔的项目学员在达喀尔半岛一农村井旁进行现场化学分析。(来源:K. Froelich/IAEA)

滤入地下的雨水,通常要回到其所来自的海洋。有些雨水被植物摄取,最后散发到大气中。有些雨水进入湖泊,最后蒸发掉。有些雨水进入河流,并很快回到海洋。其余的雨水在地面以下不同深度处慢慢流动。大面积的这种一小股一小股缓慢流动的雨水使许多岩石层充满水。这些充满水的“饱和区”也被称为蓄水层,通常能很快受到新降雨的补给从而保持饱和状态。根据补给速率的不同,可用从浅井到深钻孔的不同方法从“饱和区”中持续地提取水。某些很深的储水层,也许是在数千年以前的史前大降雨期间储积起水的。这些得不到新雨水补给的“古地下水”虽然也向海洋渗透,但渗透速度如此之慢以致于也许要数百万年之后这些“古地下水”才枯竭。同时,它们正在“老化”,并且人们可借助碳-14之类天然发生的放射性同位素确定它们的“年龄”以判断所述蓄水层是不是有限资源。

的补给率。这项基本评估结果对良好的水资源管理是极其重要的,并且不可能用其他方法取得。根据这个项目,用地球物理方法调查了14个钻井场地,并且到目前为止已钻出6口新井。只有在水资源得到良好管理的情况下,发现新的水源才有价值。建立良好的管理办法是这个示范项目的中心任务。

为此,1996年年初从塞内加尔研讨会和摩洛哥讲习班开始,

作为管理工具的计算机模型的开发工作便拉开了序幕。今年年底以前,将完成进一步的培训和以项目取得的成果为基础的软件开发工作。

这种计算机软件模仿美国地质调查局(USGS)的软件和澳大利亚联邦科学和工业研究组织(CSIRO)的软件。一些曾参与USGS和CSIRO软件开发工作的专家,一直帮助指导该项目工作和提供必要的培训服务。

海水淡化进展

由于地球表面的三分之二是体积达 14 亿多立方千米的海水，因此，如果一种经济的海水淡化方法能被论证，则许多缺水居民便会有大量潜在的淡水可以利用。这是机构 1994 年开始的一项可行性研究的工作设想。通过该项研究，已为采用小型和中型核反应堆作为运行其海水淡化厂生产低成本饮用水的可能动力源的北非国家，选定了多种方案。

摩洛哥参加了可行性研究阶段的工作。该国将在 IAEA 和中国的援助下，承担一个示范工厂的项目前联合研究。该工厂将利用中国提供的 10 兆瓦反应堆，每日生产 8000 立方米淡水。参与该项研究的其它一些国家有阿尔及利亚、埃及（也在研究项目设计）、利比亚、沙特阿拉伯和突尼斯。阿根廷、加拿大、约旦、大韩民国、利比亚、美国和阿拉伯原子能机构为该项研究提供了 670 000 美元的财政支持。机构将在 1997 年与联合国工业发展组织、世界卫生组织、世界气象组织和欧洲联盟合作，举行一次有关海水淡化的国际专题讨论会。

圆桌会议掀起马里的昆虫不育技术运动

牲畜的发展在非洲许多地区，受到分布广泛的采采蝇的限制。这种采采蝇能够传染一种被称为家畜锥虫病的嗜睡病（见《牛杀手遇到了对手》，《技术合作实



锥虫病是对马里牲畜越来越严重的威胁。（来源：P. Fouchard/IAEA）

况》，1996 年 3 月）。在巴马科城区周围，牲畜的感染率高达 45%，这促使了马里政府与其发展伙伴举行圆桌会议，讨论如何协调采采蝇和锥虫病管理一体化方案下开展的活动。法国、德国和美国的援助机构对会上介绍的这一地区有关牲畜的发展项目提供了资助。

1996 年 5 月 27—31 日的圆桌会议，讨论了开始进行涉及地方社区的旨在显著减少近 2000 平方千米的地区内的采采蝇虫口的全地区常规灭蝇活动（使用捕集器、网屏和化学处理等手段）的可能性。这是有可能使用昆虫不育技术干预的先决条件。马里政府同意通过社会经济研究，提出有关采采蝇和锥虫病问题的程度的文件。根据这些有希望的讨论结果，机构正在为涉及用标记的不育雄蝇进行的释放和再捕获研究的边界绘图和采采蝇范围确定，进行技术可行性规划。

委内瑞拉首都用水的补给（上接第 2 页）

训；特别是用于水质控制的实验室设备；和帮助精心设计一个数学模型，以便预测水流方式和水位变化，使蓄水层能被可持续地和安全地利用。

这项工作的第一个重大成果是，水主管部门首都水管理局做出建造一些新井的决定。新井的位置和设计是以 IAEA 项目产生的资料为依据的。已经钻出 15 口井，且另有 50 口井将于今年钻成。估计这些井将能够每日提供 112 000 立方米的水，或者约占目前缺水量的 46% 的水。

该城市打算长期继续这项钻井计划，以保证要害设施，例如医院和消防站在紧急情况下将获得水。10 所医院已在配备这种井。

干旱平原盼山泉

位于南美洲太平洋海岸线的阿塔卡马是世界上最早旱的地区,其年降雨量只有1厘米。而与阿塔卡马北部紧挨着的秘鲁境内的一块7500平方千米的海岸平原,虽然也常年无雨,但几个世纪来,却一直支撑着在从安第斯山脉流向太平洋的仅有的两条长流不息的河流两岸的村落和农业。

称为莫克瓜和塔克纳的两个早期村落已扩展为两座城市。它们相距约80千米,离海岸线15—20千米。在这部分海岸平原上,现在居住着约200000人口,他们主要靠附近的铜矿和小型工业维持生活。该地区最北部的伊洛港由于一项条约使它成为邻国玻利维亚的唯一出海口而已发展成为一座城市。起自拉巴斯的繁忙公路贯穿莫克瓜省。

这些居民点不断增长的水需求量,已经超过两条河流的供水能力。该省的水管理部门,现正急切地寻找增加供水的途径,以便至少满足饮用和家庭用水。他们正寄希望于高原:此高原是一块广阔的小区域(面积有几百万公顷,高出海平面3400—4000米,地处秘鲁和玻利维亚境内的安第斯山峰的东部山脉和西部山脉之间),有300—400毫米的年降雨量。这虽然不算多,但一些地质学家一直认为此处应有大到足以满足平原需要的蓄水层。

这个高原的水文学从未被研究过。1995年,IAEA技术合作司开始了一个两年期项目,旨在向该地区提供有关该高原的完整水文学评价和把水输送到海岸地



阿塔卡马严重缺水影响到每个人。
(来源:C. Fjeld/IAEA)

区的方法。迄今,同位素分析的结论是各式各样的。大部分蓄水层规模小,处于被不渗透的阻挡层分隔开来的夹层中,而且大部分只靠附近降雨补给。该处的水文学是极其复杂的。

已经发现,蒸发和蒸散(主要来自植被)是很高的。丛生草类和其它天然植物根扎得不深,所以,如果因为提取的缘故使近地表的水位大大下降的话,将严重影响植物的生命和造成对野生小羊驼、驯服的美洲驼、南美的羊驼和其它动物的浩劫。这还将危害居住在分散村落中以种植已适应苛刻环境要求的作物为生的当地居民的生活与传统。

另一方面,某些蓄水层系统似乎是有希望的,而且根据现有的一些研究成果,已经在钻井。该研究正采用氘和碳-14同位素,来探索高原蓄水层的复杂性,并为开发供精确的水资源管理所用的水流模型提供重要数据。可以利用干河床和向常年河流供水的沟渠,把高原的水输送到干旱的海岸平原。

多年来,机构一直在帮助发展它的对应方即秘鲁核能研究所(IPEN)的基础设施和研究能力。该所已在塔克纳建立了一个分析实验室。通过这个项目,提供了一台原子吸收光谱仪和测井设备以及专家服务和培训。该省的水管理部门和IPEN现在必须制订和实施处理几个具体问题所需的计划。例如,天然输水路线途经一些高海拔地热泉,泉中的沸水很咸,且含有对植物和人有毒的高浓度硼和砷。

可能的解决办法包括:修建约50千米的水渠;建造一座用热水发电、并把水再循环到地热储层的电站;以及建造一座昂贵的水处理工厂去除水污。今年结束的该项目,预计将提供有助于评价这些方案的数据,并把高原的水象山中甘泉一样送到干旱的海岸平原。

《技术合作实况》是由Maximedia为IAEA印制的。所载文章可免费复制。详细资料可与IAEA技术合作司计划协调科(P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria;电话:+43 1 2060 26005;传真:+43 1 2060 29633;电子邮件:foucharp@tropol.iaea.or.at)联系。