

渤海水西调工程续论
On the Westward Transfer Project of the Bohai Sea Waters

霍有光
(西安交通大学社会学与 STS 研究所, 副教授 西安 710049)

自《西调渤海水改造我国北方沙漠生态环境的设想》一文发表(参见《科技导报》1997 年第 3 期)以来,我一直在继续深入思考。此工程能否站得住脚,关键受两个因素制约:一是渤海水西调工程(以下简称“西调”)本身是否有价值?譬如,工程量是否比南水北调工程小?即从经济上考虑施工是否划算?完工后在生态环境上是否具有与南水北调工程一样的更有效的优越性?二是西调本身是否有更优化的方案?譬如,能否通过方案优化,用最小的经济投入,换取长远的、令人鼓舞的效益?等等。也就是说如果前景光明、工程造价相对较低,那么此项工程就越值得。本文就此作进一步的探讨。

一、我国北方沙漠空间分布形态、海拔高度与渤海水西调工程方案优化

我国北方(河西走廊以西)从西向东分布着 7 大沙漠,它们依次是:巴丹吉林沙漠,腾格里沙漠,乌兰布和沙漠,库布齐沙漠,毛乌素沙漠,浑善达克沙地,科尔沁沙地。7 大沙漠总面积为 20.88 万平方公里。其中库布齐沙漠位于毛乌素沙漠之北;乌兰布和沙漠位于毛乌素沙漠西北,库布齐沙漠、乌兰布和沙漠可以看成腾格里沙漠的东北向分支,空间上它们是连续展布的。(表 1)

位于河西走廊以西的我国北方 7 大沙漠,分布在 5 省区境内,沙漠周边往往又与戈壁相连。5 省区总计有沙漠 24.87 万平方公里,戈壁 23.95 万平方公里。以上沙漠的主体分布在内蒙古,其中科尔沁沙地东延的一小部分进入了辽宁境内。(见表 2)如果能对这些沙漠的生态环境进行强有力的改造,那么也会给周边毗连的戈壁带来良好影响。

西调方案能否做到最优化,关键是在充分利用地貌地形的前提下,处理好三个问题:一是所选择的调水线路,其爬越高度(高程)是否尽可能最低;二是调水线路是否尽可能最短;三是调水线路所经地形是否尽可能平坦或平缓。最合理的线路则是兼顾这三者关系的统一。西调工程整个施工的难点,

是设法把渤海水从海平面送上海拔 1 150~1 200 米的高原。因此,通过对各沙漠高程的分析,有助于策划和选择调水线路。

浑善达克沙地是一条呈东西向展布的沙丘覆盖的平原,地貌较为平坦。东西长 650 公里,南北宽 25~100 公里。大部分为固定、半固定沙丘。浑善达克沙地北缘元上都遗址海拔高度为 1 245 米,南缘达来诺尔湖海拔高度为 1 226 米,西北缘朱日和(及温都尔庙)附近海拔高度为 1 150 米,估计在浑善达克沙地建立桑根达来—宝沙岱人造海,其爬越的海拔高程约在 1 230 米左右。

科尔沁沙地海拔较低,沙地呈东西向展布,东西长约 400 公里,南北宽 70~140 公里。自西向东缓缓倾斜,北低南高,整体地势略向北倾。沙丘广布、甸子纵横,地表微波起伏。沙丘高度 3~5 米至 30 米,以中小型沙丘为主,洼地中有沙渍现象。沙地东缘门达附近海拔高度为 114 米,沙地腹心开鲁——东朗一带,海拔高度约 241~251 米。表明向科尔沁沙地调运渤海海水最为容易,只要获得 250 米左右的爬高高程,便可以在科尔沁沙地腹心建立起人造海。

表 1 渤海水西调工程涉及的有关沙漠与面积

沙漠名称	面积(万平方公里)
科尔沁沙地	4.23
浑善达克沙地	2.14
毛乌素沙漠	3.21
腾格里沙漠	4.27
巴丹吉林沙漠	4.43
库布齐沙漠	1.61
乌兰布和沙漠	0.99
合 计	20.88

毛乌素沙漠呈团状展布。东起陕西神木县,南越长城,西至宁夏盐池县,北达鄂尔多斯中部。主要地貌为新月形沙丘链,北东—南西向排列,一般高约 4~6 米及 10~15 米。北部多为固定和半固定沙丘。东部榆林一带地势平坦,65%的地面被固定沙丘、半固定沙丘、

流动沙丘和平缓沙地覆盖。榆林的海拔高度为 1 057 米,榆林西北乌审旗一带海拔高度为 1 294~1 335 米,湖洞察汗淖海拔高度估计为 1 310~1 350 米之间。表明若在毛乌素沙漠东西两侧内部建立湖洞察汗淖人造海、乌审旗人造海,从桑根达来—宝沙岱人造海(海拔约 1 230 米)或黄旗人造海(海拔约 1 200 米)调水,只需获得 100 米左右的爬高扬程即可,显然施工较为容易。

表2 我国北方有关省区沙漠、戈壁分布面积

区省	沙漠面积(万平方公里) (包括沙丘与风蚀地)	戈壁面积 (万平方公里)
辽宁	0.17	0
内蒙	21.3	18.8
陕西	1.1	0
宁夏	0.4	0.25
甘肃	1.9	4.9
合计	24.87	23.95

注：上述数字未包括现代沙漠化土地

库布齐沙漠呈北西向条带状展布,位于内蒙古伊克昭盟北部、黄河南岸。西起巴彦高勒对岸,东至托克托对岸,东西长约 270 公里,南北宽约 15~70 公里。大部分为流动沙丘,边缘有固定和半固定沙丘,一般高约 10 米左右。植被稀疏,散生着沙生植物。西端澄口一带海拔高度为 1 055 米。向巴丹吉林沙漠调水,可顺便向库布齐沙漠的两端引水,建立人造海。同样,向巴丹吉林沙漠调水,途经乌兰布和沙漠(呈北东向长方形展布)边缘,也可以向乌兰

布和沙漠腹心引水。乌兰布和沙漠位于内蒙古巴彦淖尔盟东部阿拉善左旗、澄口县及杭锦后旗境内，东临黄河，西至吉兰泰盐池，南至贺兰山北麓，北接狼山。东西最宽约 110 公里，南北最长约 150 公里。南部多流动型堆状沙丘、新月状沙丘和格状沙丘，中部多垄岗型沙丘，北部多半固定和固定沙丘。总之，经过这两大沙漠边缘的调水线路，其最高高程大约在 1 200 米左右，和先期工程需要获得的高程完全相似。

巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠是西调工程调水线路最远的地区。腾格里沙漠东抵贺兰山,南越长城,西至雅布赖山,海拔 1 200~1 400 米左右,沙丘、盐沼、湖盆交错。新月形沙丘链高 10~30 米。东缘阿拉善左旗海拔高度为 1 561 米,西南缘甘肃武威一带的八十里大沙和四十里大沙(旱麻岗)海拔为 1 500~1 600 米之间,民勤一带的东沙窝和西沙窝海拔在 1 300 米左右,大部分为流动沙丘,部分为固定和半固定沙丘;巴丹吉林沙漠处于阿拉善右旗西部与额济纳旗东部之间,沙漠中心为复合型沙山,一般高 200~300 米,人造海只适宜建立于避开腹心复合型沙山的外侧。若选择库兰图庙和查汗池一带分别建立人造海,估计海拔高程在 1 300~1 500 米左右,只需在已经获得的 1 200 米高程的基础上,再爬高 100~300 米即可,施工强度虽比在库布齐沙漠和毛乌素沙漠建立人造海要大一些,但比建立桑根达来—宝沙岱人造海、黄旗人造海要容易得多。

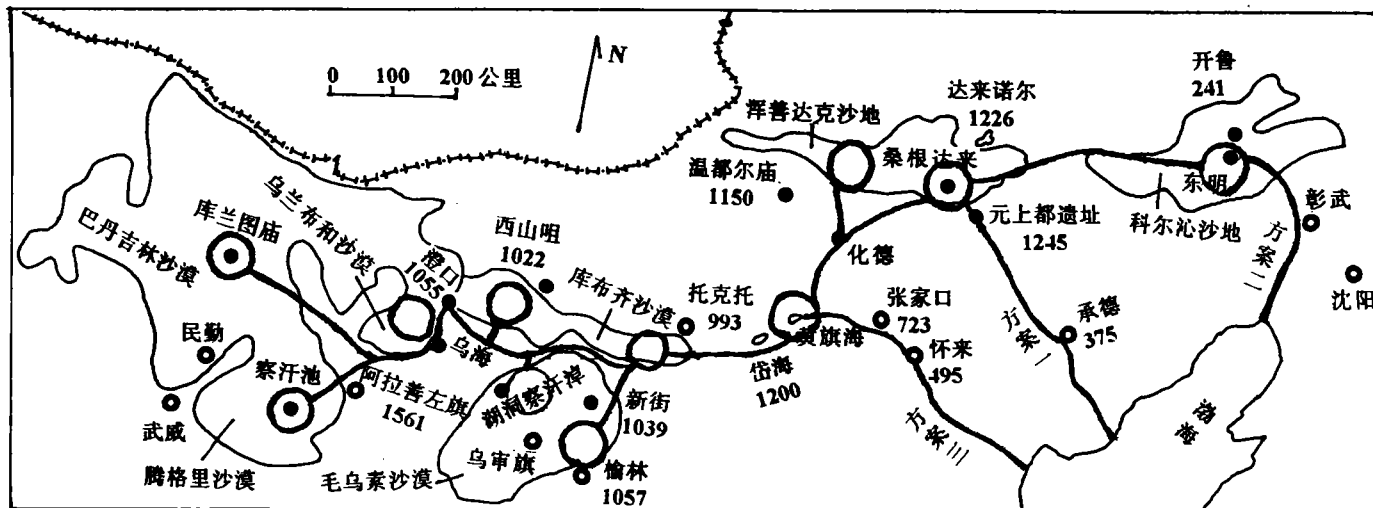


图1 渤海西调工程可选方案、线路及七大沙漠展布形态、海拔高度示意图

综合考察上述情况,西调第一级工程,实质就是要将渤海水提到海拔大约 1 200 米的高度。第一级工程解决了,其它几级(项)工程都不难解决。第一级工程可以有多项方案,为了尽可能降低爬高高程,某些地段可像修铁路一样,采用隧道施工。由于

无法调阅 1:5 万地形图, 现仅根据一般小比例尺地形图分析, 提供某些宏观思路。

方案一(见图 1):《西调渤海水改造我国北方沙漠生态环境的设想》一文已有介绍。主要思路是,尽量迁就和利用滦河北向西向河谷,将渤海水调到浑善

达克沙地的桑根达来—宝沙岱一带形成人造海。调水工程从滦河入海口始,溯源而上,至承德约180公里,输水爬高约375米,平均每公里爬高约2.08米,此段工程较容易。然后,从承德至桑根达来约240公里,输水水位要达到海拔1200米左右,绝对爬高约850米左右,平均每公里爬高约3.54米。两段调水线路总计为420公里。

方案二(见图1):利用辽河平原海拔很低的地利特点,从盘锦市南辽河入海口调水,大致路线为辽中—彰武—东明,全长约300公里,输水绝对爬高为250米左右,平均每公里爬高约0.83米,此段施工较容易。即在科尔沁沙地腹地东明以南的低洼地带,建立人造海。然后,从东明人造海调水,迁就和利用西拉木伦河河谷,向西调水至桑根达来一带,线路全长约450公里,绝对爬高约950米左右,平均每公里爬高约2.11米。两段调水线路总计为750公里。此方案的优点是可以兼顾改造科尔沁沙地,缺点是线路较长。但是,利用西拉木伦河上游河谷向桑根达来调水,比利用滦河上游河谷向桑根达来调水的施工强度要小一些,因为滦河上游河谷(每公里爬高约3.54米)要比西拉木伦河河谷(每公里爬高约2.11米)陡峻,西拉木伦河河谷比较开阔平坦。

方案三(见图1):利用华北平原平均海拔较低的地利特点,以天津塘沽为调水起点,输水直抵内蒙古察右前旗东北部的黄旗海,工程可分为两段:(1)利用海河、永定河、洋河河谷,从塘沽调水至怀来,长约240公里,输水绝对爬高为495米,平均每公里爬高约2.06米;(2)继续利用洋河中上游河谷,调水至黄旗海,即在黄旗海天然低洼地带建立集水配水中心。此段线路长约200公里,输水绝对爬高约700米,平均每公里爬高约3.5米。两段调水线路总计为440公里,此方案的优点是:(1)怀来—黄旗海一段线路,迁就和利用洋河河谷,其地形地貌似比滦河上游河谷要好,爬越的高度也可能降低一些,若比较两者的调水线路长度,怀来—黄旗海段则要短一些;(2)黄旗海处于浑善达克沙地、库布齐沙漠、毛乌素沙漠三者之间,所处的海拔高度也和这三个沙漠的高程相差无几,因此作为集水配水中心和枢纽,有利于就近向三大沙漠调水。

概言之,无论是以桑根达来还是以黄旗海作为第一级集水配水中心和枢纽,只要在这样的建立起人造海,那么其它工程就比较容易了。譬如,以黄旗海作为集水配水中心和枢纽,往北经化德后,调水可分为两支,分别向浑善达克沙地东部(桑根达来)和西部输水;往西,输水管线可沿沙漠边缘镶嵌的平坦的绿洲铺设(可减少施工强度,加快进度,降低造价),沿途先后经过库布齐沙漠、毛乌素沙漠、乌兰布和沙漠、腾格里沙漠,每隔一定的距

离,采用分支管线,分别向这些沙漠输水,能建立许多人造海。

二、渤海水西调工程生态环境上的可行性及与南水北调工程对比

实施西调工程,沙漠中建造人造海,对周边地区表层和地下水(承压水)不会造成严重盐碱化浸染的危险。一般沙漠中的湖泊均为碱水湖,原因是千百年来,这些湖泊一方面不断得到携带微量盐碱物质的水源(如内陆河)补给;另一方面受沙漠干燥气候的影响,湖泊水面长期蒸发,湖泊中所含盐碱物质的浓度会越来越高,成为咸水。如巴丹吉林沙漠孟格布鲁格四周分布有许多盐沼;腾格里沙漠北缘有合屯盐池;毛乌素沙漠乌审召四周分布有众多盐湖,其南缘鄂托克前旗以南的北大池是盐湖,陕西定边县苟池、花马池、滥泥池是著名的池盐产地;浑善达克沙地宝沙岱以北也分布有众多盐湖(沼),等等。仍以定边县为例,腾格里沙漠与黄土高原交界之边缘,在该县构成一条沙漠草滩过滤带,成为人口密集的农业发展区,地平土肥,便于机耕,沙漠盐咸水对此带并未构成威胁,表明处于低处的盐碱水对高处地层发生浸染是有限度的。由于气候关系,定边县主要农作物有糜子、谷子、荞麦、小麦、莜麦、黑麦、玉米等,经济作物有小麻、胡麻、芸芥、黄芥、甜菜等。值得注意的是,该县打农业灌溉机井数千口,地下水未见浸染。说明盐沼湖泊中储蓄的饱和状态的咸水,在地下侧浸染的距离也是有限的。

历史证明,盐湖即便出现在绿洲盆地的中心,也不会对周边农业区造成广泛浸染。譬如,山西中部盆地自东北向西南,依次有大同、忻县、太原、临汾、运城等盆地,以运城盆地的海拔最低。运城市东南与西南,有解池、安邑两大盐池,其中解池面积约40平方公里。数千年来,这两大盐池一直是我国最著名的池盐产地。如《宋史·食货》记载,北宋至道二年(996年),两盐池产盐约4352万斤(每斤合今663克)。然而,尽管解池、安邑盐池含盐浓度很高,但长期以来,对该盐池外围毗邻的临猗、夏县、永济、平陆等县的农田,没有造成盐碱化的威胁。

地质环境表明,7大沙漠周边或受基岩山岭围限,或受黄土高原屏障,而沙漠基底也由基岩构成。因此,渤海水输入沙漠形成人造海后,最终将被围限在沙漠之中。(1)7大沙漠南缘:巴丹吉林沙漠西有马宗山,南有合黎山、龙首山围限;腾格里沙漠南有冷龙岭,东有贺兰山围限;毛乌素沙漠与库布齐沙漠南受白垩系基岩山地、黄土高原围限;浑善达克沙地与科尔沁沙地南受以侏罗系基岩为主体的燕山山系屏障。(2)7大沙漠北缘:巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、库布齐沙漠北受阴山条带状出露的花岗

岩山地屏障;浑善达克沙地、科尔沁沙地北受大兴安岭屏障。(3)7 大沙漠基底:沙漠基底由基岩组成,沙丘与流沙浮在(或覆盖于)基岩之上。如巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、毛乌素沙漠的基底,应由白垩系基岩组成,不难想象,这些沙漠若去掉表层沙石,裸露的基底则是由基岩构成的岩盆。

沙漠中出现人造海有令人鼓舞的生态环境效益与经济效益,也为科学技术带来各种各样的发展和应用机遇。一是可以人造海为依托,四周广植碱生、沙生植物,改良草场,用植被覆盖裸露的沙漠,发展农业和畜牧业。据《科技日报》报道,印度古吉拉特邦的卡奇地区,培育出一种可用海水灌溉的绿色农作物——“萨利库尼亚”,成熟期为 6 个月,籽可提炼出 30% 的食用油,秸秆可作为纸浆和建筑材料的原料。海水灌溉的绿色植物区还吸引了大量的鸟类来这里安家。以色列是面积只有 2 万平方公里的资源小国,土地盐碱化,80% 的土地属干旱、半干旱区。以色列大力开发微咸水灌溉技术,在内格夫沙漠地区应用后效果显著,西红柿、南瓜、西瓜等作物一年可三熟。以色列科学家利用遗传工程还培育出适宜沙漠地区咸水生长的小麦、洋葱、西红柿、西瓜等品种,不仅解决了本国 95% 的粮食需求,而且能向西欧国家出口水果和蔬菜,每年赚回外汇 20 多亿美元。英国科学家正在利用基因技术研究可在盐碱地生长的水稻,有望经过八代繁殖后进入商品化。此外,盐沼本身就有利于周边碱生植物生长,如处于腾格里沙漠南缘的宁夏盐池县,不仅自古就是著名池盐产地,而且有发达的畜牧业,所产白羊皮被列为宁夏“五宝”之一。只要依靠科技进步,沙漠中用海水发展农林种植业、畜牧业就大有作为。二是可发展人造海养殖业,人工繁育适应咸水生活的鱼虾水禽,三是沙漠中光照足、温度高、风力强,有极高的蒸发能力。人造海大量蒸发,可提高空气湿度,促成降水,有利于大区域固沙植被,使流动沙丘逐渐变为半固定、固定沙丘,最终使沙漠变为绿洲。四是遏止沙漠化势头,防止沙尘暴,减少北方空气沙尘污染,保护沙漠周边铁路交通等。

南水北调工程从我国南方将水调到北方,首先要翻越秦岭(尤其在豫西、鄂北、陕西、甘肃、四川、青海境内)。秦岭是横亘我国中部的一条东西向地理屏障,地质上称秦岭—昆仑构造带。它与两侧的断陷盆地比较,有很大的相对高差。秦岭经河南与湖北接壤的地段,沿许昌—南阳—襄樊一线,出现一个北东向缺口,若利用这条第四系通道将湖南、湖北的水调往北方,只能解决河南、河北以东的平原地区的用水问题,对我国西北干旱高原地区,难解燃眉之急。秦岭自此缺口向西,则连续展布,不再有缺口。秦岭经陕西与四川接壤的地段,大致在经度 107 度处(沿陕西周至—四川南江朱家坝一线)

出现“细腰”,此处是秦岭宽度最小的位置,宽约 200 公里。无论从“细腰”处向东还是向西,秦岭的宽度都急剧变大。四川盆地腹地的海拔高度约 300 米,处于关中盆地与四川盆地之间的秦岭、大巴山、米仓山,平均高度在 2 000 米左右,与四川盆地的高差约为 1 700 米上下。青海、甘肃境内的秦岭更宽更高,有著名的阿尼马卿山、西倾山、祁连山、马衔山、迭山、岷山、摩天岭等。可见,南水北调工程若从四川、青海南部调水,工程是非常艰巨的。

西调工程若与南水北调工程比较,具有独特的优越性。一是若实施南水北调工程西线、中线方案,工程都要翻越宽阔高耸的秦岭,总调水路线长,爬越高度大,工程量巨大。渤海深深嵌入中国北方大陆(如塘沽深入约 480 公里),距黄旗海或浑善达克沙漠极近,构成我国得天独厚的地利。西调第一期工程,调水路线短,或穿越太行山与燕山接触部位出现的空隙,或穿越燕山余脉,相对爬越高度较小,施工量亦相对较小,经济上更为划算;二是南水北调工程的总调水量必须考虑长江流域的利益,不能牺牲长江流域可持续发展对淡水的需求。西调工程水源取自大海,海水资源可谓取之不尽,因而不受“可调水量”的限制;三是南水北调工程西、中线方案,主要解决我国北方西部干旱缺水地区的发展问题,鉴于其地理(近沙漠)、人口(低密度)分布特点,工程若分阶段进行,因为路线先需穿越并不缺水的辽阔地带,故很难边施工边发挥效益。若一气施工完成,则调水路线漫长,注定资金投入巨大,工程周期长,且受益的人口相对较少。西调工程可边施工边受益,利于量力而行,第一期调水路线短(最关键的爬高地段长度约 200~240 公里),完工后不仅可改变浑善达克沙漠生态环境,而且会对人口高度密集的京津唐地区带来直接好处。西调工程全部完工后,必将为 7 大沙漠及毗邻的戈壁带来无限生机。沙漠中人造海海面大量蒸发的淡水资源,势必会提高我国西部的降水频率和降水量,由此我国西部干旱地区和黄河流域的缺水问题也会得到大大缓解。

黄河流域的水资源量约为 800 亿立方米(实际可利用的水资源量约 400 亿立方米),由于黄河中上游地区大规模兴建引黄灌溉工程,一方面造成黄河下游枯水断流现象愈演愈烈,每年断流时间已达 150 天左右,断流长度超过 1 000 公里,制约了下游地区国民经济发展的势头;另一方面中上游引黄灌溉,如大柳树水利枢纽工程,也只解决了部分居民的饮水和灌溉问题。最近,国家为缓解山西水资源紧缺,又通过了万家寨引黄工程立项(每年调水 12 亿立方米),中上游与下游争水的矛盾愈演愈烈。显然黄河已无更多的水资源为改造沙漠发挥作用。如果本世纪末至下世纪初,乘着国家经济实力加速增强的东风,实施西调工程,每年向西部沙漠地区输

送 800 亿立方米的海水。那么可提供相当黄河流量的第二水资源。即便每年调水 200 亿立方米,四年累积亦相当黄河一年的水资源。黄河在丰水期,必有(为了下游利益,也应该有)一定的流量汇入大海,与黄河不同的是,调入北方沙漠的海水,随着日积月累,除部分蒸发或消耗外,绝对量会逐年递增。

总之,人造海出现在内蒙、陕西、甘肃、宁夏四省广漠地区,可以说多利而无弊,它将遏制北方沙漠化势头,最终改变沙漠,使之成为固沙治沙、植树种草、海水养殖以及发展农业畜牧业、多种经营、旅游业等多目标并举的人造良性生态环境系统。广漠地区大面积库存用来灌溉的海水,在沙漠高温和多风气候的影响下,势必形成大量的海水蒸发,直接

提高区域湿度,若形成沙区降水,则有利于固沙和植被,若形成非沙区降水,必将提高黄河流域的降水量,可谓“围魏而救赵”,最终将有力地缓解与沙漠毗邻的西部干旱地区的缺水问题。

参考文献

- [1]中国自然地理地图集,地图出版社,1984
 - [2]中华人民共和国分省地图集,中国地图出版社,1987
 - [3]中华人民共和国地质图(1:400万),地质出版社,1973
 - [4]张二朋、牛道韞、霍有光等,中华人民共和国秦岭——大巴山及邻区地质图(1:100万),地质出版社,1992
- (责任编辑 刘先曙)

科技动态

可以封死海底油井的机器人

据英国《新科学家》周刊 1997 年 3 月 1 日报道:

在北海海底,现在有 2 000 多个已经废弃的油井。它们的井管从海底突出,有好几米高,经常挂住过往的拖网渔船的拖网,不仅破坏渔网,还可能危及生命。针对此种危险,荷兰的努得霍克迪文公司已发明了一种海底机器人,可以切掉伸出海底的井管。

这种水下机器人由两部分组成。一部分是长约 10 米的空心圆筒,重量约 37 吨,可以套在直径为 94 厘米的井管上,大多数井管的直径约为 76 厘米。第二部分是一个遥控操作的运载器,由控制电缆系在母船上,母船通过电缆为圆筒提供动力。

当你需要切除海底井管时,就把船开到有废油井的海面上,用吊绳放下空心圆筒,套在废井管上,圆筒中的

液压臂夹紧井管并将其压进海底,然后通过夹紧、放松、再夹紧的操作使井管封死。圆筒内还安有传感器,通过测量井中的压力可以检测井管是否被成功地封死和漏油。

然后,圆筒内的水泵用功率强大的水流冲刷井管周围的泥浆,再用金刚石切削工具切掉突出海底的井管。一旦切掉突出海底的井管后,空心圆筒就携带井管并被拉上海面。然后母船再运动到下一个井口上,继续进行相同的作业。

努得霍克迪文公司目前正在比较浅的水域试验这个机器人。该公司的斯托丁说,这种机器人可以在 1 500 米的深海进行作业,几乎可以切掉世界上所有的海底废弃的油井井管。

(刘先曙)

形形色色的火星漫游车

据英国《新科学家》周刊 1997 年 3 月 1 日报道:

1997 年 2 月,在美国加利福尼亚的圣莫尼卡召开了一次有关“行星机器人和漫游车”的国际讨论会。各国的许多科学家带着他们研制出的火星漫游车聚集到这里,参加学术讨论会和表演他们各自的火星漫游车。

最引人注目的是由美国 NASA 喷气推进实验室研制的火星漫游车“罗基 7 号”,它是一种比较先进的漫游车,现在正乘美国的“火星探路者号”飞船飞向火星的途中。预定在 1997 年 7 月 4 日在火星着陆,然后从着陆器上脱离,在火星从事土壤和大气的检测。“罗基 7 号”从外表看,像是在车轮上放着的金属鞋盒,实际上它内部很复杂。在地球上的操作人员只要给它一个命令,它就能去完成各种土壤和大气的分析任务。

火星车必须在非常冷的火星上工作,因为那里夜晚的温度会降低到 -110°C 。但漫游车携带的太阳能电池

能有效地把火星上微弱的阳光转变成足够用的电力。火星车上的六个车轮有复杂的活动悬挂系统,使它能通过火星上各种复杂的地形,进行漫游考察。在这次国际会议上,“罗基-7 号”在圣莫尼卡海滨旅馆附近的海滩上进行了成功的表演。

除了美国的火星漫游车外,还有比利时研制的昆虫式火星漫游车;美国 NASA 喷气推进实验室研制的微型火星漫游车,它小到可以用一只手托起;另外,还有俄罗斯研制的大小和冰箱差不多的火星车,它由三部分连接而成,每部分有一对形状像啤酒桶一样的钛制车轮。

美国犹他州大学本·艾博特也表演了他制造的 ARC-Ⅱ 型漫游车,它和烤面包器的大小差不多,也有六个车轮,每个轮子都有各自的马达和动力装置。但它的车轮是橡胶做的,可能经不起火星上非常寒冷的气候而破裂。

(刘先曙)