

世 界 科 普 经 典 集 萃

新兴能源

主编：梁金豹



中国戏剧出版社

世界科普经典集萃·科技篇

新兴能源

主编：梁金豹

中国戏剧出版社

图书在版编目(CIP)数据

世界科普经典集萃/梁金豹主编. —北京:中国戏剧出版社, 2004. 3

ISBN 7-104-01935-9

I. 世... II. 梁... III. ①科学幻想小说—作品集—世界—近代②科学幻想小说—作品集—世界—现代
IV. I14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 025979 号

世界科普经典集萃

梁金豹 主编

中国戏剧出版社出版

(北京市海淀区北三环西路大钟寺南村甲 81 号)

(邮政编码:100086)

新华书店总店北京发行所 经销

河北省三河市印务公司 印刷

4500 千字 850 × 1168 毫米 1/32 开本 337.5 印张

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

印数:1-1000 册

ISBN 7-104-01935-9/I·777

全套定价:675.00 元(三十六册)

目 录

MLL

燃料电池	(1)
生物的经济能源	(4)
电化学能源	(6)
燃实电池	(9)
能源物质的战争	(18)
前苏联第四大“煤仓”	(20)
核爆炸的和平应用	(23)
海洋能源	(28)
海水温差发电	(33)
地热能源	(37)
太阳能热管	(40)
磁流体发电	(42)
太阳能热电站	(44)
地热能	(47)
风力能源	(50)
垃圾发电	(54)
“种”石油	(58)
煤层气	(60)
气水合纤维素	(61)
“吃”树的动物和能源危机	(65)
能源之母	(69)
打破原子	(72)
中子	(77)
核能利用	(80)

“水变油”	(87)
“北极光”的启示	(91)
核能的未来	(94)
爱因斯坦的公式	(96)
超新星	(99)
寻找出路	(107)
核安全分析	(116)
三里岛事故	(122)
切尔诺贝利	(125)
核工业初创	(143)
挫折与徘徊	(149)
核能再创业	(152)
核电的政策	(155)
战略与决策	(157)
物理过程	(162)
爆炸原理	(167)
发展过程	(172)
事故举例	(182)
核弹按钮	(185)
震惊世界的“星球大战”计划	(188)
展望 21 世纪的太空竞争	(195)
神秘的化学雨武器	(199)
化学武器：能否寿终正寝	(200)
现代战争的新式武器	(203)

燃料电池

英国的电化学家格罗夫（1811 ~ 1896）的职业是律师（他于1835年毕业于牛津大学），由于他的身体很坏他不愿意干律师工作，却爱上了宁静的实验室，当起了实验家来了。由于他在1839年发明了“格罗夫电池”，所以他被选为伦敦皇家学会的会员。格罗夫是能量守恒定律的狂热拥护者（因此在各种书中都说他是英国的物理学家），在伦敦工学院当过教授。到他壮年时，他的健康恢复得相当好，所以他又干起律师职业来了。1871年他被任命为法官，又过了一年，他被授予“爵士”的爵位。

现在，从事科学需要经过长时间的学习，需要昂贵的仪器设备，需要集体的努力及许多其他条件，因此我们很难想像出现格罗夫那样的人物，很难想像一个职业律师，竟然能利用空闲时间成功地在科学舞台上活动一番，甚至还做出了重要的贡献。

是的，就是这样。格罗夫白天出席法庭，当辩护人，到了晚上就把律师的长袍一脱，把闲暇时间都用到他喜爱的学科——电化学上。而且他的研究工作是如此成功，以至今天的人们不知道有个叫格罗夫的法官，只知道有个叫格罗夫的电化学家。

在1839年1月号的“哲学杂志”中，格罗夫发表了这样一个实验：把两片铂片浸到一个盛放稀硫酸溶液的容器中，让硫酸大约淹没铂片高度的一半，当把这两片铂片与电流计联接起来，并向一片周围的溶液吹氢气，向一片周围的溶液里吹氧气时，电流计的指针就发生偏转。第一个燃料电池——氢——氧电池就这样产生了。

看来，格罗夫是无意中做出这个发现的。因为他原来的目的是将水（准确点儿说，是将硫酸溶液）分解成氢和氧。

将水分解的过程也可以向相反的方向进行，同时形成电流，这一事实对于格罗夫来说，只是一个附带发现的现象。对它的报告，

也好像是做为“补遗”处理的，放到了正文的后面，他本人以及他的同代人并没有立即意识到，科学中已经发生了一件意义重大的事件。

在此之前，人们也知道能产生电流的电化学电池。但那些电池“燃烧”的都是相当贵重的金属，如锌、铅、镍等。要是电化学电池能“燃烧”氢，那该有多廉价啊，要是能“烧”天然气，尤其是能“烧”煤，那就更好了。燃料电池应该“燃烧”这些东西，因为人类从古代起，就习惯了烧枯树枝和劈柴。

可是要知道，格罗夫发明的电池，似乎恰好能实现这种可能性。在格罗夫电池中，燃料（氢）燃烧（与氧化合）成了最终产物——水。这个事件中最惊人的一点是，当燃烧普通燃料时，人类得到的不是热，而是直接得到电流。这对于人类还是第一次。

然而格罗夫的实验在当时并没有使科学家们产生深刻的印象，因为电池产生的电流太小了。这种东西看上去不过就是实验室里的玩意儿，仅此而已。它很新奇，很有趣，但却没有实际用途！

现在我们来谈谈，在燃料电池里有什么以及它是怎么燃烧的。……火电站里的大蒸气锅炉有10层楼那样高，火焰在它的炉膛里凶猛地翻腾着。那么火焰是什么呢？燃烧过程的物理实质是什么？

燃料，如旅游野营时点篝火用的木材以及煤、石油、天然气等，基本上是由碳组成的。当燃烧时碳原子失去了电子。而氧原子（它们是氧化剂，是燃烧过程的必需成分）却获得了这些电子。于是在氧化过程中，碳原子及氧原子结合成了燃烧的产物——二氧化碳分子。

我们把所有这些过程都说得非常简单，但它们进行起来却非常猛烈。即是说，参加燃烧的物质分子及原子都获得了很高的速度，这就意味着它们的温度剧烈提高了，于是它们开始发光，这就是火焰。

在燃烧时，电子的交换是混乱地、无秩序地进行的。过程中出

现的全部化学都能变成了价值不足的（就继续转变的效率而有）热能，这非常像电路的短路现象，当发生短路时电能变成了热能，同时导线也熔化了。

燃烧是原子间电子的交换，可是电流也是电子的运动啊，只不过是有序运动而已！这令人产生这样一个奇异的念头：能否把燃烧过程安排得让人直接得到电流呢？就是说，控制住电子的运动，不让带电荷的离子在混乱的冲撞中失去自己的电能，不让它变成热？就是说，是否有可能进行“冷”燃烧，进行有组织的、有序的燃烧呢？原来，这些事都能办到。

我们回忆一下格罗夫的实验。他在氧气里烧掉了氢（燃料不是非得碳不可，氧化剂也不是非得氧不可）。我们念中学时就知道这个过程。两体积的氢气与一体积的氧气的混合气体叫做爆鸣气，当用火或火花点燃它时，这种混合气体就发生爆炸。

这是氢的正常燃烧过程，它的反应产物是水。

它的意思是，两个氢分子与一个氧分子化合时，生成两个分子的水。它是放热反应的例子，即化学能转变成热能。在需要时，可以将这热量转变成电流，当然要伴随着相当部分的损失。但能否把事情颠倒过来，使得在反应过程中生成电流，即电子（我们用符号来表示电子）呢？

科学回答说，能。为此要把以下3相聚在一起，即气相的氢，液相的离子源（它是电解质，是碱的水溶液）和一块固相的金属[它接受在反应（2）中形成的电子]。反应（2）及与其相类似的反应是在3相的结合处，即3相的界面上发生的，研究这种过程的专门学科就叫电化学。

难道要用这么繁琐，这么笨拙的办法来得到电子吗？可能是的。然而，为了得到所需的東西——电流，这个过程还得复杂点儿才行。要知道，为了使反应（2）长时间进行下去，必须在金属——电解质——气体的分界面上不断补充离子，不断取走电子。这

就是说，还需要第二个电极，需要闭合回路。

我们向第二个电极（专门为此用途挑选出来的）供给氧气或空气，使得它那上发生如下的反应：

很明显，反应（2）及反应（3）的总结果是产生反应（1），这是很容易验证的。我们仿佛又回到普通的燃烧过程上。但在格罗夫最先创造出的这种装置，即在氢——氧燃料电池那里面进行着反应（2）及反应（3）中，反应的化学能已经不再转变成难以利用的热，而是直接变成了在导线中流动的电子的能量。

当把“格罗夫气体电池”的外电路接通时，电灯能发亮，电池里面的电子维持着燃烧。这些电子是在氢电极上放出来的，是在氧电极上被结合的。

电化学燃烧的吸引人之处，不仅在于它的燃烧温度低，甚至能在室温下进行，即它是所谓“冷”燃烧。它的主要优点是，这个燃烧进行得非常有效，实际上无损失，这对于它在技术上的应用是非常重要的。

生物的经济能源

杰出的前苏联电化学家弗鲁姆金院士在莫斯科创建了前苏联科学院的电化学研究所，该所的主要研究课题之一就是燃料电池。弗鲁姆金院士曾与记者进行过一次谈话。当说到传统能源的缺点时，院士为它描绘出这样一幅生动的图画：

“请你设想有一位渴得难受的人，他终于走到了水边，舀起了满满一杯水。可是……可是把杯子端到嘴边时只剩下 $1/3$ 了！人类的能源状态恰像这样，因为在一杯装得满满的能量中，它只能将其中的一小部分用到有用的事情上，在人类辛辛苦苦从地下开采出来的燃料中，有 $2/3$ 的化学能白白浪费掉了……”

但“冷”燃烧就不这样。它与普通的燃烧不同，不受卡诺公

式的限制，它的有用功系数甚至可能超过 100%！

这个秘密很简单：从周围环境中得到一些能量，把它补充到进行“冷”燃烧的燃料化学能中，就可以使有用功系数超过 100%，但这是例外情况。通常的情况是，当发生“冷”燃烧时，几乎全部化学能都直接转变成十分便于利用的电能。第一个证明这一点的人，是德国科学家奈恩斯特。

1893 年，奈恩斯特得出了一个理论公式（后人称为奈恩斯特公式），可以根据它来确定电化学电池的电力数值。在外表上，这个公式像卡诺公式一样简单，然而它的简单性仅仅停留在表面上。

我们打算在这里推导和讨论奈恩斯特公式，我们关心的是，奈恩斯特从他的公式中得出了什么结论。就在 1893 年，奈恩斯特算出了伏打电池的电动势值以及当碳与氧发生电化学反应时所放出的电能数值，得出的结果令人震惊。奈恩斯特证明，如果用电化学方法（应读做：在燃料电池中！）将碳的化学能转变为电能，那么理论上的最大有用功系数可达到 99.75%，它几乎有 100% 了！这就是燃料电池的许多优点中最重要的一个。燃料电池中的能量几乎无损失，这是它与蒸气机及其他热机的不同之处。

有趣的是，生物体也是以与此十分相似的方式来解决能源问题的。在生物体中也像在燃料电池中一样，在极温和的条件下（室温、常压、水环境），化学能可以以极高的有用功系数转变成机械能（肌肉收缩、心脏搏动、细菌鞭毛的运动）、渗透功内分泌腺的分泌小肠的吸收）、电能（神经细胞的电冲动、某些鱼的发电器官）、光能（萤火虫的发光）以及其他种种形式的能，而避免了效益很低的直接利用热阶段。

最惊人的是，所有这些转变都一定含有氢与氧进行“冷”燃烧这一环节。生物化学家们确认，在每个活细胞中，都仿佛安装着一个生物化学氢——氧燃烧电池。我们不在此处探讨生物化学上的细节，只指出氢燃料是从哪儿进入人的机体内的（至于氧化，它

就是空气中的氧了。它通过气管和肺被吸入血液，与血红蛋白结合，然后被血红蛋白带到全身各处的组织）。

氢的来源是食物，就是脂肪、碳水化合物和蛋白质。在胃、小肠和细胞中，食物最终断裂成最基本的结构物质——脂肪酸、糖、氨基酸等，它们接着在细胞中分解成水、二氧化碳与原子态氢。

就是这个原子态氢，在“冷”燃烧过程中与氧结合，从而形成了生命有机体能源的基础。而在这个反应中放出的电子，则触发了在生物有机体内进行的全部过程。

电化学能源

在前苏联，燃料电池早就不是什么新东西了。在前苏联国民经济成就展览会的展品台上，观众早就可以看见电化学发电机。这是对燃料电池的称呼。如果我们把各种必不可少的辅助设备如散热、分出反应产物的辅助设备与燃料电池看成一个整体，那么就可以这样称谓燃料电池。电化学发电机是在前全苏电流科学研究所里，在前苏联科学院通讯院士李多林柯领导下制造出来的。诚然，起初时这项工作的要点是制造出功率不大的自动电源，例如为电视转播机制造氢—空气型电化学发电机（功率15瓦，工作时间2000小时）。因此，前苏联的电化学专家才以巨大的兴趣，于1979年9月召开他们的年会。当时在莫斯科正召开着前全苏科学大会，它的议题非同寻常，是电化学能源！

燃料电池的命运中充满了令人啼笑皆非的事情。可以说，是天外奇遇使燃料电池重返人间的。在地球外及深水下等条件非同寻常的地方，也需要非同寻常的电源。于是，在普通供电手段受不了的地方，就让燃料电池去大显身手。

燃料电池也好像只适用于特殊场合及特殊技术，而它们得以应用的关键，就是它们的需要数量不大。正是因为如此，学者们在

1979年的莫斯科前全苏科学大会上大谈特谈电化学能源，才使人们感到非常惊奇。

值得注意的是，前苏联的电化学专家们是在莫斯科能源研究所的院内召开会议的。这个研究所在培养电化学能源专家方面有很好的经验，开会地点的选择，仿佛巩固了电化学专家与能源专家之间的联盟。

在莫斯科能源研究所的会议上，科学家们拿出了许多例证，说明电化学发电机在怎样逐渐深入进我们的日常生活领域。比如说，这些装置为前苏联科学院在黑海中的水下房屋“黑海”号供电。但会议上令人印象最深刻的东西，还是前苏联科学家及工程师、前苏联科学院的研究员们研制出的、以燃料电池为动力的电动汽车。

乍看起来，它很像一辆普通的小汽车。尾部好像有一根普通的排气管在喷出烟来。但那不是有毒的排气，而是无害的水蒸气。第二点令人惊异的地方是，这辆车一点儿声音也没有，既不噗噗嗤嗤，也不光当光当响，像猫头鹰一样默不作声。

如果你向汽车里面看，也许不禁要找找普通的蓄电池在什么地方（因为它是电动汽车啊）。但你却找不到。里面只有像家用洗衣机那样大的“箱子”，这就是燃料电池电化学发电机，电流从那里通向发电机。

在这种电动汽车里，用不着往燃料电池中加注燃料和氧化剂。氢气瓶代替了油箱，而氧化剂就是通过特殊方法净化了的大气。换氢气瓶时只要几分钟时间就够了，而给蓄电池充电却要几小时。另外，乘蓄电池汽车也跑不了多远。最有希望的镍—锌蓄电池，才能让汽车开出130千米。1980年时，燃料电池电动汽车顺利地通过了公路试验。计算指出，在目前，用这种汽车运货的费用，只比用汽油的汽车贵40%。

电化学发电机在铁路部门有很广阔的前途。比如说，给自动信号系统的自动装置供电。在前苏联，小型及中型（从1千瓦到100

千瓦) 电化学发电机的研制工作正在顺利地进行着, 而大型装置的研制工作才刚刚起步。但莫斯科能源研究所的会议指出, 前苏联已经具备了研制大型电化学发电装置的一切先决条件。在电催化剂、强电静质理论以及为迅速发展电化学能源所需的其他基础性学科中, 前苏联都取得了毋庸置疑的成就。

那么我们要问, 难道人们已经需要电化学能源了吗? 如果确是这样, 那么在什么领域里需要呢? 为什么需要呢?

每一门科学都有自己的幻想。电化学的幻想是制造出完善的燃料电池, 并以它们为基础, 建立起自己的电化学能源工业。我们用大坝横断河流, 又建立起强大的原子电站。可是在总的能源平衡中, 水的位能或原子的裂解能仍然只占百分之几。

燃烧天然燃料产生的能源当然被叫做“大能源”了。但与大能源同时, 还存在着所谓“小能源”。为了向无线电收发装置, 飞机上的各种仪表和自动装置供电, 需要特殊的电源。它们是数十种电池及蓄电池, 都是真正的电化学装置。

手电筒里要用于电池, 宇宙飞船上要用燃料电池, 电化学电源的应用范围就有如此之广。全世界各种电池的年产量近 100 亿支。总功率可与全世界发电站的总功率相比。看吧, 这就是所谓“小能源”。诚然, 前不久在电化学能源中还没有庞然大物, 没有大功率装置, 但读者们很快就会看到这种东西问世。

然而在电化学能源中并非一切都很简单。比如说, 在手电筒用的干电池中, 做燃料的东西都是锌、锰、铅一类的“舶来品”。为了制取这些物质, 要对天然矿物进行复杂的、长时间的加工, 这又得消耗大量的电能。例如制取 1 吨锌需要用电 3500 度。很明显, 不管电池的有用功系数多么高, 也抵消不了在制取燃料时的电能消耗。

电池的另一个缺点是工作时间短。电池里放的活性物质——燃料和氧化剂都有限。这些东西一旦消耗光, 电池就不能用了, 就得

换新电池。但热机却可以不间断地工作，因为它的燃料和氧化剂是连续供给的。

要是按照热机工作的方法——连续添加燃料及氧化剂的方法来制造电池的话。那又怎么样呢？如果能做到这一点，那么新研制成的电池既有很高的有用功系数，又能大大延长工作时间。具体地说，这也是研制燃料电池的基本思想。优秀的电化学专家们，尤其是奥斯特瓦尔德，早在 20 世纪初就看出了这种电池的优越性。

可是，这颗能源“新星”在明亮地闪烁了一下后很快就熄灭了。原因有很多。我们在上一章里已经讲过了。只在当研制燃料电池成了宇宙计划的一个组成部分后，这种装置才被派上用场。为了研制它，花了许多钱，动员了许多科学家和工程师，只有这样干，才能指望在这个困难的课题中取得成就。但目前燃料电池的造价太高了，所以在 60 年代时对它的热情，在 70 年代时变成了谨慎的乐观，后来干脆变成了悲观和消极。

燃料电池确是早就被人认识了。但在以前当有机燃料便宜得出奇时，燃料电池的高效能优越性表现得并不突出。可是在 60 年代便宜的东西，在 70 年代已经贵起来。能源危机改变了人的观点，研制燃料电池再次获得了现实的意义，因为这是节约有机燃料的现实途径。于是，燃料电池得到了进入“大能源”行列的“通行证”。

燃 实 电 池

“条条道路通城市，——19 世纪末的比利时诗人艾米尔·维尔哈思曾这样写道。

城市是现代文明的集中点，是现代文明的“气压计”和“脉搏”。人类文明的成就和缺欠，在城市中表现得特别突出，显而易见。

城市是热岛，它的平均气温比城外要高 10 来度。这里的空气与城外不一样，太阳的光亮也不一样，降雨也常常多一些。

城市的树木可真是成问题。日本东京空气的强烈污染迫使市政当局对绿化植物采取了“紧急救援”计划。例如，所有树龄在 15 年以上的树木都要登记上册。以对它们进行专门管理。原来，这些年轻的“老人”已经需特殊护理了。

可是在城市中不仅树木不容易生存，甚至人也难以活下去。东京街头上戴防毒面具的警察，伦敦及洛杉矶城上空的毒雾，这些景象已经被许多人描绘过了。在城市中，怎样把生态上的洁净与不断增长的能源需求调和起来呢？人们又一次想起了燃料电池。因为电化学发电机有一个重要的优点——生态洁净。它们几乎只向大气排放出二氧化碳和水，因此它们可以被直接用有最需要的地方——大城市及工业中心里。

燃料电池真像是为城市而诞生的。它们没有噪声，因为在燃料电池中化学能直接转变成电能，避免了与机械运动有关的各个阶段。另外，燃料电池的温度很低，实际上不需要水。与传统的发电站相比，它的占地面积要少得多。而在过分拥挤的城市中，土地问题是极尖锐的。据估计，功率为 20 兆瓦的燃料电池电站，只要一块面积为 15×25 平方米的地皮就够了。如果我们想一想燃料电池是怎样造的，我们就能明白为什么它的体积那么小。

在科学文献材料中对燃料电池是这样描述的：在一个盛电解质（酸或碱）水溶液的的容器中插进两个叫做电极的金属棒，例如白金棒。把气态燃料，例如氢气，送到一个电极（阳极）上，在另一个电极（阴极）周围吹入氧化剂，通常是氧气或空气（它要便宜些）。现在如果把两个电极用导线联起来，导线里就有电流通过。

电化学家们对燃料电池大致就是这样描写的。可是工艺学家们总想节省空间和原材料，追求单位重量（或体积）的功率大，所

以对燃料电池的构思不一样。

他们将会说，燃料电池就像一块腊肠面包。两块多孔的电极起面包片的作用。电极搞成多孔的，是为了增加它的内表面，从而增大电流。夹的那段腊肠，则由渗透了电解质溶液的一片东西来代替。它也是多孔的，很像一片吸墨纸，就是比它薄些。但工艺专家们又补充说，一块电化学“腊肠面包”装不了多少电能。它们需要一迭这样的面包，需要由许多块燃料电池组成的“多层馅饼”。

一块燃料电池的厚度为几个毫米，功率有数百瓦。如果用几千、几万片这样的电池迭合成几米高的电池组，就能达到几百千瓦的功率。如果我们打算认真地搞电化学能源，那么只要在一块不大的地面上堆积起几百座“积层电池”塔，就能使功率达到1兆瓦。它将是电化学发电站了（否则该怎样称呼它呢），是电化学能源体系中许多结构单元中的一个单元。

这种能源的重要优点还在于，它们是根据“模数制”的原则建立的。每一个“模”，即一迭或一组燃料电池，可以为任意大小，因此功率也可以为任意大小，这样就能满足任何性质要求。每一个家庭都可以安设自家用的锅炉，但绝不能建一所发电站（就像将来未必会出现现代原子反应堆的汽车一样）。这是指城市中的传统能源而言的，并不是指电化学发电站。现在科学家们正在设计功率不大的（25—200千瓦）自动化电化学发电机。它以天然气为燃料，这是每家厨房里都有的。这种发电机可用来向个别的小块地区，甚至向较大的住房供电。在它供电的同时，还能得到它放出的热。这样，在消耗同样多的燃料时，一个家庭不仅能得到电，还能取暖。

但是也可以建设大功率的（5—25兆瓦）电化学发电站，只是它们要在城里干的工作不同。城市的节律是“涨潮——退潮”。在高峰时间里，地铁及公共汽车拥挤不堪。城市就像一个庞大的野兽，它晚上睡觉（需要的能量少），早晨醒来后，就表现出自己的

全部力量（需要一切可以弄到的能量）。

城市的能源装置只得紧一阵慢一阵地工作，因此正如我们看见的那样，工作起来谈不上节约。火力发电站利用燃料的效率与电网载荷有很大关系。如果在满负荷的 40% 工作时，每发 1 度电就需要 11723.6×10^3 焦（J）了。但电化学发电机却与负荷无关，它每发一度电需要热量 $9504.5 \times 10^3 - 9755.7 \times 10^3$ 炉焦（J）（这是燃料电池的又一个优点，我们已经数出它有多少条优点啦）。

不难理解，如果在公共供电系统中利用燃料电池，那将得到怎样的好处。首先，燃料电池将做为辅助发电设备，在用电高峰时投入使用。根据城市的节律，将火力发电站与燃料电池结合起来，是一种非常合适的做法。这时，普通的火力发电站将在最经济的工作条件下发电，即满负荷运行，发出的电量相当于城市的平均用电量。而燃料电池将承受高峰时的过负荷。

人们早就想把大能源体系中的负荷拉平，在“低潮”时将能量蓄存起来，“高潮”时再把它放出去，例如已经计算过，如果建设总功率为 200 - 400 兆瓦的蓄能站，每年就可节省 5000 万吨石油！

怎样实现这个想法呢？人们已经提出过许多办法了。可以将空气压缩，比如把空气储藏在地下的岩洞里，然后再利用运动气流的机械能。另一个办法是建设蓄水装置，当电力过剩时将水抽向高处的蓄水池，用电高峰时再把这些水放出来发电。

在前苏联，已经在莫斯科城下离扎戈罗斯克不远的地方修建着第一座蓄水综合发电站。在离一条小水库尼雅河河口两千米的地方修一座水库，春天时，那里面将蓄水 3700 万立方米。在比它高 100 米的地方修建一个差不多与它库容相等的贮水池。夜间时，多余的电力将驱动水泵从下面的水库里把 2200 万立方米的水抽到上面的水库。

这两座水库之间有 6 条直径 7.5 米的导水管相联接。白天时打