

香港傳真

(香港) 桑尼研究有限公司
中國稅務雜誌社綜合研究組

No. 2010-22

2010年5月14日

塔里木盆地光熱土水資源綜合利用構想

鄧英洵、鄧山濤

我國南疆地域寬廣（約 110 萬平方公里），人口約一千萬，光熱、土、礦、油、氣等各種資源非常豐富，但是由於該區沙漠面積高達 79.6 萬平方公里，年降水量僅有幾十毫米，蒸發量卻高達 3500 毫米，嚴重制約了南疆地區經濟社會的發展，人民生活仍處於比較貧困的狀態。簡而言之，“缺水”導致很多可利用要素處於短線約束的窘境，難有用武之地。但是近幾年來，隨著科學技術的快速進展，使人們看到了一舉突破短線約束的曙光，南疆的騰飛已非遙遠之事。

一、核心流程

南疆地區有全國最大的塔克拉瑪幹沙漠，它東西長約一千餘

公里，南北寬約四百多公里，總面積約 34 萬平方公里（5.1 億畝），佔全國沙漠面積的 47.3%。這裡全年日照豐富（平均日照時數三千多小時），是一個利用太陽能資源的最佳地域，但卻多年無人問津。究其原因不外乎原有的太陽能板（真空管型或金屬平板型），在生產成本和使用壽命這兩個基本問題上沒有大的突破，因此很難在沙漠地帶大規模地運用。直到近幾年，太陽能板的材料和製作——陶瓷中空平板型太陽能板——有了根本性的改變，一舉攻克上述兩大難題。

原有太陽能板的生產成本大約是每平方米一千元（真空管型，金屬平板型還要更貴一些），使用壽命十年左右，新太陽能板（陶瓷中空平板）的生產成本大約是每平方米一百元，使用壽命大於 70 年。在 70 年裡，真空管型和金屬平板型太陽能板總共要更換七次，如此每平方米板子的生產成本為七千元，而陶瓷中空板的生產成本是一百元，僅僅是前者的 70 分之一。¹

一般說來，制約南疆發展的因素是缺“水”。但事實並非完全如此，根據初步的分析和概算，南疆沙漠地下的苦鹹水約有八萬億立方米，所以這裡並非“缺水”，而缺的是淡水。²如果能大規模地鋪設陶瓷太陽能板（以下簡稱“陶板”），以廉價電力（陶板熱水發電的成本大約在每度電 0.15~0.2 元）為基礎大規模淡化地下的苦鹹水。有了充足的淡水和電力，一系列農、工、商等產業就能逐步發展起來，人民就可以在這裡安居樂業了。

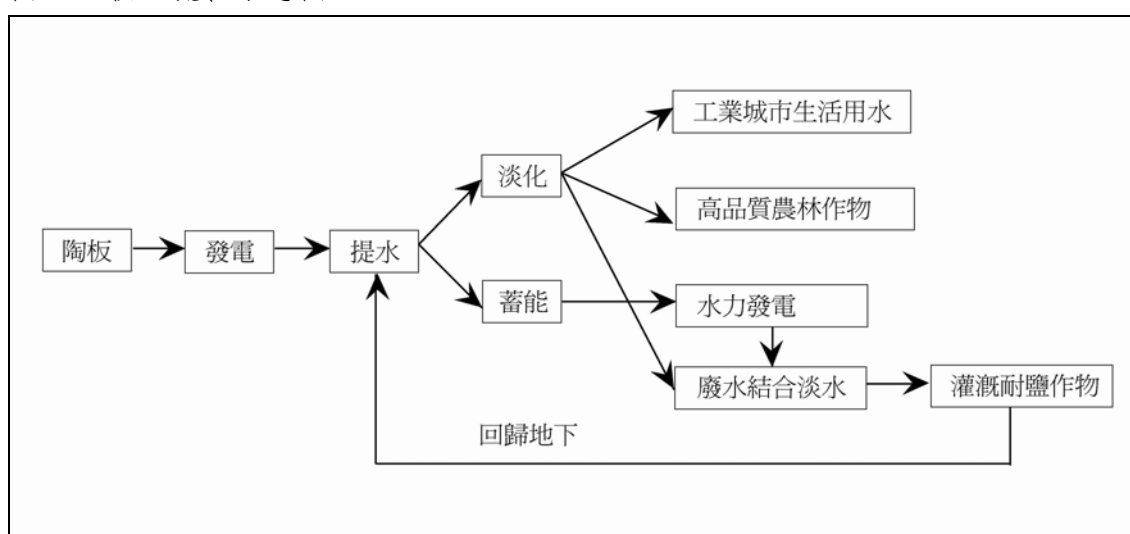
根據初步的研究，可在和田河以東、臺特馬湖以西的地域鋪

¹ 曹樹梁：〈大尺寸黑瓷複合陶瓷太陽能板〉（上、中、下），《調查研究通訊》No.2009~9、No.2009~10、No.2009~11。

² 中國科學院塔克拉瑪幹沙漠綜合科學考察隊：《塔克拉瑪幹沙漠地區水資源評價與利用》，科學出版社 1993 年。

設五萬平方公里的陶板，毛產電力約五萬億度（每平方公里陶板產電力約一億度）。³ 這些電能一部分用於從沙漠下面提取苦鹹水進行淡化；另一部分電能用於抽水蓄能，解決太陽能電力的間歇性和波動性的問題；更多的電能用於本地的工農業生產和向外輸出。這個大系統可分為以下兩個子系統，其核心流程如下：

圖~1：核心流程示意圖



（一）第一部分：淡化苦鹹水

該子系統利用太陽能發電提水至地面，把地下的苦鹹水從 20 度加熱至 80~90 度，然後採取多級閃蒸的方式對苦鹹水進行淡化。所謂閃蒸，是指一定溫度的苦鹹水在壓力突然降低的條件下，部分苦鹹水急驟蒸發的現象。多級閃蒸苦鹹水淡化是將經過加熱的

³ 每平方米面積陽光最強輻射功率約一個千瓦，塔克拉瑪幹沙漠可取為 0.8 個千瓦，陶瓷太陽能板熱水發電效率取為 5%，則其每平方米約 40 瓦。年光照時數取為三千小時，則每平方米陶板年產電力 120 度電，為穩健起見，可取為一百度電，則一平方公里陶板年產電力一億度。

苦鹹水，依次在多個壓力逐漸降低的閃蒸室中進行蒸發，再將蒸氣冷凝而得到淡水。目前此項技術主要用於海水淡化，其優點是淡化水產量最大，技術最成熟，運行安全性高，彈性大，適合於大型和超大型淡化裝置。

塔克拉瑪幹沙漠的地下苦鹹水約在地下二百米處，如設新疆每年需增加淡水供應三百億立方米；每平方米陶板年產淡水三噸（每平方米日產 8.2 公斤），每平方公里陶板年產淡水三百萬噸，則需一萬平方公里陶板發電聯產淡水。如設淡水得率為 50%，則每年需從地下抽取六百億立方米苦鹹水（日抽水 1.64 億立方米），該部分抽水年耗電為（將一方水提高一百米需用電 0.3 度）：

$$600 \text{ 億方} \times 0.6 \text{ 度電 / 方} = 360 \text{ 億度}$$

得到每方淡水需耗電三度，則三百億方淡水年耗電九百億度。

另外，還可得到含鹽度增加一倍的地表苦鹹水三百億方，可用於灌溉耐鹽作物。

（二）第二部分：抽水蓄能

該子系統從地下抽取苦鹹水用來抽水蓄能。這是因為太陽能板在夜晚不能工作，其陰天的工作效率降低；所以陽光充足的時，需將苦鹹水提到一個高於地平面幾百米乃至上千米的水庫，將其存蓄起來；到了夜晚（或陰天）再將這些存水放下去發電，這就彌補了夜間的電力供給問題。由於塔克拉瑪幹大沙漠三面環山，其北、西、南為天山、帕米爾高原、崑崙山和阿爾金山所環繞，所以周圍不乏這種蓄水的山谷地段。

當然，如果存儲的電力達到數千億度乃至上萬億度時，則對

地形的要求將十分苛刻。例如當揚程只有二百米時，可能就需要上百億方的庫容。所幸的是，在阿爾金山一帶，存在著絕佳的抽水蓄能地形；在該山主峰下面（臨近新疆一側）有一個大湖，其容量達上百億立方米。⁴ 另外，其湖面與塔克拉瑪幹沙漠地表的相對高差高達 1700 米左右，則上述庫容量可以支撐的年蓄水發電量將高達十數萬億度。

根據初步的分析，當用太陽能發電 4~5 萬億度時，抽水蓄能的發電能力應不低於一萬億度，如此可做如下推算：將三千億立方米苦鹹水從地下二百米提至地上 1700 米處需用電：

$$3000 \text{ 億方} \times 5.7 \text{ 度 / 方} = 1.71 \text{ 萬億度}$$

在落差為 1700 米時，所發電力（當落差為一百米時，一方水發電 0.21 度）為：

$$3000 \text{ 億方} \times 3.57 \text{ 度 / 方} = 1.071 \text{ 萬億度}$$

乍看起來，三千億立方米這個量值十分鉅大，但由於太陽能發電的負荷平衡只涉及日調節（即白天提水存蓄，晚上放水發電）這樣一個範疇，因此，它所需的只是日調節庫容，其容量為：

$$3000 \text{ 億方} \div 365 \text{ 日} = 8.22 \text{ 億方 / 日}$$

即每日白天從地下抽水 8~9 億方，提至地面以上 1700 米處的水庫，夜晚放水發電回到地面，再滲回地下。沙漠本身對水的滲漏率就高達 40%，如能採取工程措施加大入滲率，則這 8~9 億苦鹹水便可多次循環使用，損失率可能也就在百分之幾的範圍。

⁴ 中國社會科學院經濟文化研究中心主編：《林一山縱論治水興國》，長江出版社 2007 年。

(三) 一級產出及其應用

1、一級產出

(1) 電力淨產出

五萬平方公里陶板年產電力五萬億度，全年淨產電能(單位：億度)：

$$50000 - 360 - 900 - (17100 - 10710) = 42350$$

(2) 淡水三百億方

(3) 地表苦鹹水三百億方

2、基本應用

設未來 50 年，南疆人口由目前的一千萬人增至兩千萬人，如每人生活、商業(含市政等)及工業用水每年四百立方米(其中工業用水二百立方米，生活商業用水二百立方米)，則淡水用量每年 80 億立方米；還有 220 億立方米淡水可用於農牧林業作物(見後文)。

按高度現代化時，人均用電一萬度(全國平均六千度，南疆可更高一些)，則兩千萬人年需用電兩千億度(生活、生產用電)。還有四萬億度電力可供輸出，如輸至北疆、青海、甘肅等地。

地表苦鹹水三百億立方米可用於灌溉高耐鹽作物(見後文)。

二、延伸產業鏈

以下所述僅是一個粗略的構想，旨在提供一種較為直觀的圖景。

(一) 農牧林作物

1、棉花

一千萬畝，畝灌定額 220 立方米（膜下灌），用淡水 22 億立方米。畝產皮棉二百公斤，總產二百萬噸；棉籽畝產四百公斤，總產四百萬噸；其中 160 萬噸棉油（40%），240 萬噸棉粕，可作為高蛋白飼料；棉秸畝產一噸，總產一千萬噸，可製作板材 1500 萬立方米。

2、高檔瓜果

一千萬畝，畝灌定額五百立方米，用淡水 50 億立方米。種植蕃茄、香梨、大棗、甜瓜、葡萄等，總產量應在上千萬噸。

3、高粱（甜高粱或飼草高粱）

兩千萬畝，畝灌定額 250 立方米，用淡水 50 億立方米（可考慮摻一半每升 5~7 克的苦鹹水）。其中一千萬畝作為飼料基地；甜高粱以畝產六千公斤鮮飼料和 250 公斤籽粒計算，可生產甜高粱秸稈粉配合飼料 1870 公斤（每公斤熱值為玉米的 107% 和馬鈴薯乾粉的 138%），這相當於我國 2005 年玉米平均單產 352 公斤的 5.3 倍。一千萬畝甜高粱生產的甜高粱秸稈粉配合飼料，其產量比五千萬畝玉米所產的飼料還要多；可以承載飼養數百萬頭肉牛或奶牛。⁵

另外一千萬畝種植甜高粱生產酒精燃料，可生產 44.5 億升酒精，如用車載醇氫燃料作為動力，相當於 356 萬噸汽柴油。⁶

⁵ 黎大爵：〈甜高粱將是生物質能源的生力軍〉，中國新能源網 2008 年 7 月 3 日。

⁶ 黎大爵：〈甜高粱將是生物質能源的生力軍〉，中國新能源網 2008 年 7 月 3 日。

4、牧草（苜蓿，披鹼草）

一千萬畝，畝灌定額三百立方米，用淡水 30 億立方米。畝產乾草一噸，總產一千萬噸，高蛋白飼料。

5、菊芋

一億畝，可用苦鹹水直接灌溉。2000 年以來，在科技部“863”計劃、新型能源植物新材料創製與研究、海岸帶鹽生植物中試與產業化、灘塗海水灌溉農業示範等項目支持下，國內已培育出一系列適合不同惡劣生長環境的菊芋良種（耐旱、耐寒、耐貧瘠、耐鹽鹼，有“克沙王”之稱）。平均畝產達到 3~5 噸。通過深加工可製成澱粉、菊糖、食品添加劑、生物質能源酒精、二甲基呋喃等重要產品。⁷

如以畝產三噸計算，一億畝菊芋總產三億噸，10~15 噸菊芋製一噸二甲基呋喃（熱值與汽油相當），三億噸菊芋可製 2000~3000 萬噸二甲基呋喃。最新的工藝還可以將其製成生物柴油。⁸

6、海蓬子

五千萬畝，可用苦鹹水直接灌溉；畝產 1.5 噸，總產 7500 萬噸。可加工成鮮菜、速凍保鮮蔬菜、AD 脫水乾燥蔬菜、海蓬子 FD 冷凍乾粉、海蓬子餅乾、掛麵以及由海蓬子種子、油脂、秸稈為原料製成的共軛亞油酸、生物黃酮和秸稈板，即可以形成食品、油脂、飼料、板材、保健品、化妝品等一條完整的產業鏈。海蓬

⁷ 〈菊芋製生物柴油：迎來生物柴油行業重大變革〉，中國新能源網 2009 年 5 月 19 日。

⁸ 〈菊芋製生物柴油：迎來生物柴油行業重大變革〉，中國新能源網 2009 年 5 月 19 日。

子秸稈板是一種很好的高強度耐腐蝕阻燃板材，在美國作為特用板材，用於飛機臨時起降跑道、外牆裝飾。⁹

（二）畜牧業

棉籽提油的餅漬或籽仁可作畜禽的高蛋白飼料，高粱籽粒是高能飼料，高粱稈渣和菊芋的葉莖根塊都是優質青飼料，依託上述數以幾千萬噸的飼料，可以承載數百萬頭肉牛和奶牛的飼養。

一頭牛的糞便可年產沼氣一千立方米，兩百萬頭牛年產沼氣20億立方米，基本可滿足兩千萬人一年燒水做飯的能源需求，或可發電40億度。

（三）農林牧產品深加工

1、棉紡業

兩百萬噸皮棉相當於目前全國棉花總產量的四分之一到三分之一，依此可大力發展棉紡加工業。

2、飼料產業

上千萬噸的甜高粱秸稈粉配合飼料，上千萬噸的高蛋白飼料（含牧草粉、草顆粒、草餅等），依此可大力發展配合飼料加工業，不僅可滿足南疆畜牧業發展的需要，還可有相當部分輸出，甚至出口到中亞。

⁹ 王燕寧：〈四千畝灘塗為他見證——“海瘋子”張春銀與他的海蓬子“海上農場”〉，《科技日報》2007年8月28日。

3、食品飲料加工業

上千萬噸的瓜果，數千萬噸的海蓬子生物量，可以支撐食品飲料加工業的大發展。

4、板材加工業

可形成年產數千萬方的板材加工業。

（四）生物基化工業

1、燃料酒精與高能燃料產業

可形成數百萬噸的燃料酒精產業，2000~3000 萬噸的高能燃料（二甲基呋喃）產業或上千萬噸的生物質柴油產業。

2、工程塑料

數千萬噸的農林牧作物秸稈可通過提取木糖、木糖醇製糠醛，由糠醛可生產上百萬噸的尼龍 66，並聯產上千萬噸的燃料酒精。

（五）鹽化工和氯鹼化工

提取完淡化水的棄水，其中各種礦物質進一步富集，濃度大增，可成為鹽化工和氯鹼化工的基礎原料。

（六）小結

以上所述是對開發兩億畝沙漠所能生產物質財富在量級上的框算，當將其擴展到四億畝沙漠時，其數量還可再翻一番。

三、社會經濟結構

未來 50 年，當南疆逐步實現了上述開發目標，人口達兩千萬時，其城鎮人口比例將達到 90%；10% 的農業人口，勞動力約一百萬人，經營四億畝土地，勞均農田、牧場和林地四百畝，四口之家擁有近一千畝具有高產出的土地，可以實現現代化規模經營。全部人口，人均一萬度生產生活用電。這裡將實現高度現代化。

四、沙漠氣候改造的試驗

朱平生先生在〈塔里木盆地生態恢復工程可行性分析——水資源的大規模開發及更大規模再生〉一文中分析指出：

依託塔里木盆地特殊地形，通過在塔克拉瑪幹沙漠的和田河以西建設約七千平方公里的苦鹹水蒸發場，向沙漠上空年增加蒸發約 110 億立方米地下水資源（目前每年的蒸發量約 220 億立方米），有可能使該區平均濕度由現在 45% 升至 65%，從而形成多次重複降水，使塔克拉瑪幹沙漠絕大部分變成綠洲，改變這裡極度乾旱的沙漠氣候，使之變成半濕潤氣候帶，並對東面的庫姆塔格沙漠和河西走廊等地區的乾旱氣候產生有利的影響。¹⁰

如果這種效應的確存在，則通過前文對農林牧作物的地域配置和灌溉水資源的數量，我們可以在開發利用沙漠的過程中自然實現朱平生先生的目標，而不必建立單純的蒸發場，其間可跟蹤

¹⁰ 朱平生：〈塔里木盆地生態恢復工程可行性分析〉，《世界沙漠研究》2006 年 4 月。

觀察和分析上述農林牧作物灌溉蒸發和生理蒸騰對氣候的影響，而不會失去可能有的機會。

五、總結與展望

通過配置五萬平方公里陶瓷太陽能板（遠景可擴展至七萬平方公里），我們可得到淨產電能 4.2 萬億度，淡水三百億立方米（還可增加數百億立方米）及三百億立方米地表苦鹹水。依託這些基本產出，我們可在塔里木盆地開發出四億畝沙漠作為農田、牧場和林業用地，生產出大量的生物質能，作為發展各種生物質深加工產業的基礎。與此同時，通過農林牧作物的灌溉和作物的生理蒸騰，還有可能兼收改造沙漠氣候之效；如能成功，將更是功在當代、利在千秋之偉業。