

北京十三陵揚水発電所建設事業

評価報告：2001 年 3 月

現地調査：2000 年 8 月

1. 事業概要と円借款による協力



サイト地図：北京市郊外



北京十三陵揚水発電所

(1) 背景：

本事業計画当時の中国の発電設備容量は、1988 年末時点で 1 億 1,550 万 kW に達しており、特に 80 年代には平均して毎年 600 万 kW 以上の電源が完成しており、国際的に見ると発電設備規模は米国、ソ連、日本に次いで世界第 4 位であった。電源構成は石炭を主とする火力が約 7 割を占め、残りが水力であった。一方、1988 年の発電電力量は 5,541 億 kWh であったが、供給電力量の伸びをみると、70 年代には年平均 10% 近い伸びを示していたが 80 年代に入り約 6.4% と鈍化しており、開放政策による経済発展に伴い急増する電力需要増に供給量が追いついていなかった。

十三陵揚水発電所の電力供給対象地区である京津唐地区(北京～天津～唐山)は、首都北京市及び天津市等の大都市を擁しており、中国国内で最も電力需要の高い地域の一つである。これら大都市は開放政策下の経済発展を反映して産業用・民生用共に電力需要が増大しており、特に日中の需要が急増し、ピーク負荷の伸びが著しく、昼夜間の負荷格差が拡大していた。この差は 2000 年には 5,229MW まで拡大すると見込まれていた。一方、電力供給については、1985 年以来急増するピーク電力需要に十分な対応ができない状況にあり(1989 年冬季の日中ピーク需要 6,360MW に対し供給可能出力は 6,450MW 程度)、計画停電あるいは供給側で一方的に負荷遮断(停電)させることによって需要超過を抑えている状況であった。このような負荷格差の拡大に対応するには、需要に合わせて効率的電力供給を行う調整用電源が必要であり、負荷追従性に優れた水力発電の建設が望ましいものの、当該地域は包蔵水力に乏しいため、大容量化が容易で負荷追従性に優れている揚水式発電¹がピーク用電源として採択された。

(2) 目的：

¹ 標高差のある二つの調整池によって、深夜・休日などの軽負荷時に余剰電力をもって揚水し、日中の重負荷時に発電するもの。

北京市北方約 40km に、最大出力 80 万 kW の揚水発電所を建設することにより、北京市、天津市等を含む京津唐地区の電力供給量を増大させると共に、急増するピーク負荷に対して効率的な電力供給の実現を図るもの。

(3) 事業範囲：

北京市北方約 40km にある十三陵貯水池を下池とし、その東方約 2km の山頂付近に上池を築造し、最大取水量約 380 万 m³、有効落差 430m を利用する最大 80 万 kW の揚水発電所を建設するもの。円借款の対象は、本事業実施のために必要な資機材及び役務の調達に係る外貨分全額である。

(4) 借入人/実施機関：

中華人民共和国対外経済貿易部²⁾ 中華人民共和国能源部³⁾

(5) 借款契約概要：

円借款承諾額／実行額	13,000 百万円／12,926 百万円
交換公文締結／借款契約調印	1991 年 3 月／1991 年 3 月
借款契約条件	金利 2.5%、返済 30 年(うち据置 10 年)、 一般アンタイド
貸付完了	1998 年 4 月

2. 評価結果

(1) 計画の妥当性：

京津唐地区の増大する電力需要、特に急増するピーク負荷に対応する必要性が高まっていたところ、ピーク需要に効率的に対応可能な揚水発電所を建設する本事業計画は妥当であったと考えられる。また、評価時点においても同地区の昼夜間の負荷格差は大きく（表 1 参照）、計画当初の妥当性は維持されていると言える。

(2) 実施の効率性：

① スコープ

本事業は概ね計画通りに実施されており、特段の問題は見当たらない。

② 事業費

内貨分が計画の約 3 倍となった結果、総事業費は 1.2 倍のコスト・オーバーランとなった。

③ 工期

計画では 89 年 1 月着工、工事期間 96 ヶ月であったが、実際の工期は 102 ヶ月となった。地質調査の遅延等の要因により準備工事の段階で遅れが生じたものの、実施機関、コンサルタントおよび機器サプライヤーの工期短縮努力により、大幅な遅延を免れた。

④ 実施体制

²⁾ 現在の対外貿易経済合作部。なお、99 年以降中国向け円借款の受入窓口は中華人民共和国政府（財政部）に変更している。

³⁾ 現在の国家電力公司。

事業実施にあたった能源部（現在の国家電力公司）は、円借款で支援した「天生橋水力発電事業」、「五強溪建設事業」等、大規模水力発電事業に携わった経験もあり、特段の支障無く事業を完成させた。本事業で雇用された外国コンサルタントも経験豊富であり、サプライヤーも24時間体制で機器据付けにあたる等、実施機関によるパフォーマンスの評価は高かった。

(3) 効果：

①京津唐地区の電力需要への貢献度

北京十三陵揚水発電所の所在地である京津唐地区の電力需給状況は表1の通りである。

表1 京津唐地区の電力需給状況

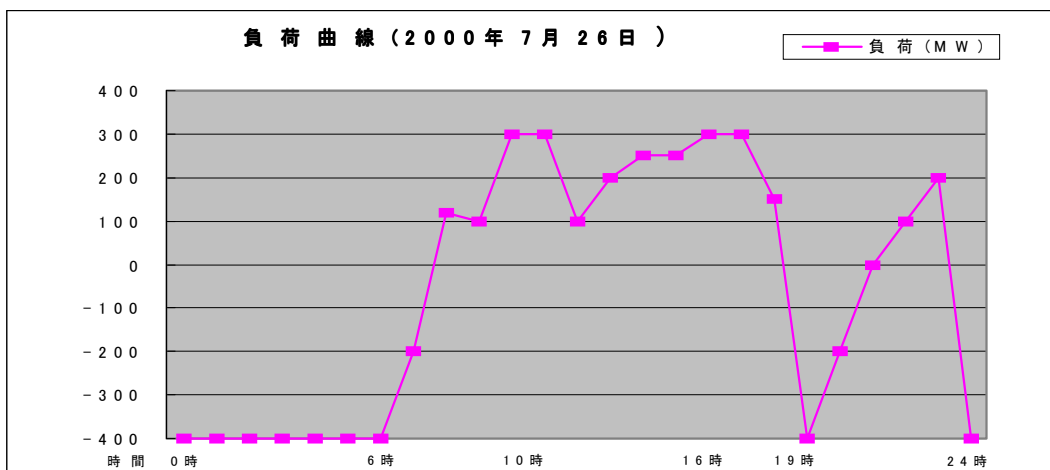
(単位：MW)

	1989年冬	1997年冬	1998年冬	1999年冬	2000年冬
(京津唐地区需要状況)					
日中ピーク需要	6,360	11,561	12,194	13,876	14,000
夜間最低需要	4,330	5,679	6,558	7,817	8,800
昼夜間の負荷格差	2,030	5,882	5,636	6,059	5,200
(京津唐地区の電源構成)					
設備容量	7,600	14,057	14,733	16,788	16,390
(うち火力発電)	7,450	12,629	13,245	15,275	14,985
(うち水力発電)	150	1,428	1,488	1,513	1,405
供給可能出力	6,450程度	N. A.	12,194	13,876	15,300
(うち火力発電)	6,300程度	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
(うち水力発電)	150程度	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.

(出所) 1989年はアプレイザル時収集資料。1997年以降の数値は華北電力管理局作成資料。

アプレイザル当時（1989年）、京津唐地区の電力設備容量は7,600MWでその殆どを火力発電が占めていたが、本事業が完成した1997年の同地区の電源構成をみると、地区全体の設備容量14,057MWのうち、本事業を含む水力発電が10%（1,428MW）を担うようになった。このうち、北京十三陵揚水発電所（設備容量800MW）は57%と大きなシェアを占めていることから、京津唐地区における効率的な電力供給の実現に一定の貢献をしているものと考えられる。

また、北京十三陵発電所の主要任務であるピーク対応の例を示すと次図に見られる様な対応をしている。次図の一例によると、本発電所は夜間に揚水し（次図の負荷がマイナス部分）、昼間のピーク需要時に発電しており（次図の負荷がプラス部分）、ピーク需要に対応した電力供給を行っていることが示されている。



京津唐地区における冬季の日中ピーク需要と夜間最低需要との格差は、2000年の場合5,200MWであるが、十三陵発電所の発電能力は800MWであることから見ると理論上はほぼ15%の対応可能なシェアを有している事になる。なお、実施機関によると、十三陵発電所はピーク対応の他、事故対応(スタンドバイ)および周波数調整にも重要な役割を果たしているということであった。

②発電量

十三陵発電所は既述の通り、その主要任務がピーク対応、周波数調整、事故対応であり、常時運転することが求められるものではないが、参考に同発電所の運転実績は表2の通りである。発電量は完成の翌年1998年以降700GWh前後で推移しており、アプレイザルにおける計画目標の1,183.25GWhに対し、平均6割弱の実績となっている。なお、本事業はピーク対応発電であるため、本運転実績はあくまでも運用状況の参考値であり、発電量のみで本事業の効果を評価することはできない。

表2 北京十三陵揚水発電所運転実績

項目	計画目標値	完成時(97年)	1998年	1999年	2000年	2001年(見込)
送電端電力量 (GWh)*	1,183.25	584.06	687.73	685.54	746.24	730.00

(出所) 実施機関資料より作成。

(注)*送電端電力量－発電所内電力消費量

③財務的内部収益率 (FIRR)

便益を売電収入、費用を建設資金と運営維持管理費として、プロジェクトライフ30年、売電単価0.25元/kWhという設定のもとに、アプレイザル時に計算した財務的内部収益率は10.3%であった。本評価では、現行の売電単価0.7179元/kWhを用いて、2002年以降現在の便益、費用レベルが維持されるという前提で収益率を再計算すると4.3%となった。FIRRが当初見込みより低くなった理由は、発電電力量の計画値との乖離(既述の通り平均6割弱)である。なお、揚水発電は、電力系統の状態により揚水のコストを最小とするような系統運用(経済運用)がなされるほか、電力需給状況の変動により供給力確保対応あるいは供給力余剰対応のために運用されることが一般的であり、FIRRのみをもつ

て事業効果を評価することは難しい。

(4) インパクト：

本事業の環境影響に関し、水質（有害物含有量）については年2回のモニタリングが中国水電水利科学研究院電力環境影響研究センターに依頼をして実施されており、その結果は国家環境基準を満たしており、問題は無いとのことである。

また、住民移転については、移転対象者（38名）は90年9月までに北京市内へ移転し、住宅を建設供与することで問題なく実施された。用地取得に関しては、地質条件による上池面積拡大により掘削後の土砂置き場が計画面積より多く必要となったため、取得面積が増加した。

(5) 持続性・自立発展性：

アプレイザル時点では操業・運営、維持管理は華北電業管理局⁴が行うこととなっていたが、建設終了後はその下部機構として北京十三陵蓄能電廠が創設され、これがその任にあっている（同廠は100%国有資本の企業）。北京十三陵蓄能電廠の職員総数は70名、関連機構(81名)を入れると総勢151名(2001年2月7日現在)である。このうち、専門学校卒以上の職員が約7割を占める。また、年齢別でみると35歳以下が6割強、平均年齢39.8歳と比較的若い組織であるが、2000年には延べ121名に対し、各種専門分野の研修、資格取得研修を行っており、その延べ研修時間は5,992時間となっている。

年間維持管理費はおよそ200百万元であり、必要予算は確保されている。定期点検は現在までのところ年1回14日間行っている（規則上は2回/年で7日/回とのこと）。

以上のような状況から、本事業の維持管理体制、技術、予算の面で現在のところ特段の問題は見当たらず、ピーク対応を主要業務とする役割の持続性及び自立発展性に関しては、引き続きこれが維持されていくものと考えられる。

表3 売電収入および維持管理費の推移 (単位：百万元)

区 分	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年(見込)
売電収入	419.33	493.75	492.18	535.90	524.10
維持管理費	206.91	216.04	217.68	230.50	201.46

(出所) 実施機関資料より作成。

⁴ 現在のところ、華北電業管理局は中国華北電力集团公司の名称も有しているが、将来、「中国華北電力集团公司」に統一される予定である。

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①事業範囲		基本的な変更無し
・上池	アスファルト表面遮水壁型ロックフィルダム(堤高 120.0m x 堤頂長 463.9m) 総貯水容量 400 万 m ³	445 万 m ³
・下池	鉄筋コンクリート内部遮水型ロックフィルダム(堤高 29m x 堤頂長 627m) 総貯水容量 8,100 万 m ³	7,977 万 m ³
・発電所	地下式、設備容量 800MW(200MW x 4 台)	同左
・水路等	導水路、サージタンク、水圧管路、放水路	同左
・送電線	220KV 2 回線、6km(本発電所から昌平変電所まで)	同左
②工期	1989 年 1 月～96 年 12 月 (96 ヶ月)	1989 年 1 月～97 年 6 月 (102 ヶ月)
③事業費		
外貨	13,000 百万円	12,926 百万円
内貨	951.57 百万円	2,885.02 百万円
合計	45,734 百万円	56,197 百万円
うち円借款分	13,000 百万円	12,926 百万円
換算レート	1 元=34.4 円	1 元=15.2098 円