

檔編號10/6004/001/BEI/O/R/001

期號：B3



可再生能源國際專家  
Sustainable Engineering Worldwide

中國大唐集團新能源股份有限公司

大唐新能源風電場資產組合

獨立技術報告

二零一零年八月

## 執行摘要

峰能有限公司（簡稱「峰能」）受中國大唐集團新能源股份有限公司（簡稱「大唐新能源」，客戶）之委託，為大唐新能源旗下的中國風電場資產組合（簡稱「資產組合」）編寫一份獨立的專業技術報告。該資產組合包括處於運營、建設和開發階段的陸上風電場和一個處在運行階段的海上風電場。

該資產組合中共有55個已運營的風電場，累計裝機容量達2,717.0兆瓦。此外，峰能獲悉大唐新能源的在建項目的容量總計達1,462.4兆瓦，儲備項目的容量總計達50.7吉瓦。

峰能對資產組合中具代表性的十個陸上風電場（其中八個處於運營階段，兩個處於施工階段）以及一個海上風電場進行詳細評估。陸上風電場位於山東、甘肅、吉林和內蒙古，海上風電場位於上海市。

峰能認為，從風資源分佈、風力發電機技術、風電場規模和大唐新能源佔風電場的股權百分比方面來說，上述風電場的選擇能代表其資產組合。

此獨立的技術盡職調查報告參照二零一零年七月二十八日發佈的中期報告而撰寫，該中期報告描述了峰能開展工作的範圍和所採用的方法。

本報告以二零一零年六月十七日至二零一零年八月十三日期間獲得的信息為依據。

## 項目公司概述

峰能對大唐新能源開發、建設和運營風電場項目的技術能力進行了評估。

儘管大唐新能源近期才成立，但是該公司在風電場開發、建設和運營方面有大量的資源和專業知識。這些專業知識來自於大唐新能源成立之前的大唐集團的附屬公司，各附屬公司都在中國不同的區域內從事類似的風電場開發、建設和運營活動。

大唐新能源採用的開發過程符合行業標準，且選定的風電場位置均在國家發改委規劃的風電場開發區內。與國內開發風電場的通用模式比較，每個風電場開發過程的時間安排被視為合理。

建設期間採用的合同結構被認為符合行業標準且合理。根據對運營和建設中的風電場的詳細審查來看，大唐新能源在建設期間顯示出有效控制成本和施工進度的能力。

質保期之後的運行與維護（運行維護）由大唐新能源的一家附屬公司來執行，在採用此方法詳細評估相關運營風電場期間，未發現有任何問題。

由於目前正在建造的風電場容量充裕，且絕大部分將在二零一零年底前投入商業運作，峰能相信到二零一零年底前大唐新能源將實現4,000兆瓦的累計裝機容量目標。

大唐新能源於二零零五年在風電場開發方面已有長足的進步，且考慮到大唐新能源已顯示出接近1.5吉瓦／年的風電場建設速率，故很可能實現二零一零年底前4,000兆瓦及二零一一年底前5,500兆瓦的累計裝機容量目標。

### 資產組合概述

資產組合中的風電場採用多種國內及國際馳名的風力發電機技術，且這些風電場分佈在不同的地理區域。該等資產組合的特色將減低有關區域集中或風力發電機型號單一的風險。

大唐新能源大部分的風電場是由大唐集團旗下各附屬公司開發的，這些附屬公司隨後合併形成了大唐新能源。各附屬公司在場址的選擇和開發方式上基本保持一致。

### 風資源

資產組合中大部分風電場位於風能密度高的區域。大唐新能源主張其今後的場地選擇和開發策略都集中在此類地區。

### 資產組合中的主要風力發電機

資產組合採用了行業領先的中國和歐洲製造商生產的經認證的風力發電機（質量保證均符合或高於中國行業的基準）。所採用的均為歐洲和中國成熟的風力發電機設計，其中包括從歐洲引進而在中國生產中應用的設計。峰能已對資產組合中主要風力發電機機型的業績記錄、認證、質量控制流程以及擔保期限進行了審查，未顯示存在任何重大技術風險。

在沿用成熟技術方面的一個例外情況是東海大橋1期工程，因為在此項目中使用的華銳風力發電機是中國第一批用於海上的風機。通過對風力發電機設計的獨立分析和認證以及適當的質量保證標準的實施，可以緩解與該開創性項目相關的技術風險。通過實施華銳提供的性能擔保條款可進一步降低風險。

在本報告對中國風力發電機製造商年生產能力的評估中發現，近些年來這些製造商均已極大地提高了其生產能力。峰能相信，中國製造商能滿足不斷擴大的中國市場的需求，而大唐新能源能通過保持技術多樣化來保證資產組合中的質量和性能。

### 發電量預測審查

峰能已完成對九個運營風電場及兩個在建風電場的發電量預測的技術審查。

從總體上來說，可行性研究報告對發電量預測較為保守，原因是可行性研究報告中對損失的假設通常都高於在實踐中可能觀察到的。若區域內電網限電問題得到解決，且資產組合中的風電場繼續表現超乎預期，那麼很可能整個資產組合所產生的電量將高於可行性研究報告中預計的電量。

### 可利用率和發電量的審查

峰能已對九個運營風電場的歷史發電量進行了詳細審查，以評估其性能，並為未來的發電量預測提供參考。

實際的和預計的可利用率對於運營的陸上風電場來說是合理的。在可獲得可利用率信息期間，風電場的可利用率達到風機製造商保證的可利用率。

### 風力發電機佈局和風電場合適性

總體而言，所評估的風力發電機與其要求的運營環境相匹配，這表明大唐採用了旨在確保風力發電機達到風力發電機製造商規定的設計使用年限的風力發電機篩選標準。

### 運行與維護

大唐新能源的運行維護策略被視為合理。大唐新能源在質保期內獲得的經驗和培訓顯示，當風力發電機製造商的質保期結束後，大唐新能源的維護團隊將有能力承擔起風力發電機的維修工作。

所有風電場都設有一個備件倉庫，存放小部分的零部件和耗材。對於製造商來說，赤峰市的大黑山聯合庫房是為附近的風電場存儲重要的風力發電機備件的有效方式。峰能獲悉這種方案也會被應用在其他地區，此外峰能也獲悉大唐新能源已採用了風力發電機的狀態和性能監測技術，並在所評估的風電場中積極應用這些技術。

成立大唐新能源北京檢修分公司來管理資產組合的所有維修工作是一項適當的策略。此做法能有助降低維護成本，優化風電場表現，也能讓大唐新能源的員工互相分享知識和經驗。

### 項目成本

大唐新能源計算原始概算的方法在國內被廣泛使用，且備受中國風電行業認可。峰能認為這種方法是合理的。八個被評估的運營風電場的修編概算與原始概算相比，變化在±5%範圍之內，這充分證明大唐新能源對項目成本的判斷十分準確。

所有由大唐新能源提供的最終成本都在修編概算範圍之內，這表明大唐新能源的預算切合實際，且成本控制嚴格。峰能認為，評估的六個運營風電場的最終成本與中國陸上風電場的成本一致。

### 施工進度表

峰能對玉門昌馬第一風電場和楊樹溝風電場的施工進度表進行審查，發現風電場的大部分工作都按進度表進行，甚至先於進度表。因此，儘管與歐洲風電場相比，該施工进度表有些緊湊，然而由於中國的承包商有能力調動和組織充足的人力資源，故這些進度表還是可以實現的。

根據現場收集到的信息，峰能相信大唐新能源有能力設計和交付切實的施工进度表。

### 電氣設計和SCADA系統

11個風電場的電氣設計已進行詳細評估，包括對電纜線路、變壓器和變電站的設計進行詳細審查。對於每個評估的風電場而言，這些設計都是合理及適當的。

每個評估的風電場所採用或計劃採用的SCADA系統也進行了簡單的審查，而該SCADA系統的穩定性和性能均被視為符合需求。

### 併網

所有關於11個評估的風電場的併網狀況的有效信息都進行了詳細審查，這些信息包括主變壓器容量、無功功率、併網連接點和電壓水平。

峰能認為電纜線路和變壓器的規格型號適用於各個評估的風電場，且有足夠輸出能力去承載所有產生的發電量。然而，在實地考察期間發現部分風電場存在電網限電問題。

峰能從業內了解到，在新疆、甘肅、河北、吉林、江蘇、內蒙古東部和內蒙古西部地區的電網將會有重大的改善，預期最終將減少這些區域的電網限電情況。

對於新電網接入規範中的無功功率和低電壓穿越要求是否將在中國所有地區實行，目前尚未明確。預期未來新風電場將須遵守新電網接入規範，惟具體時間尚未明確。峰能相信，倘未來所有風電場均須遵守新電網接入規範，大唐新能源具備技術能力遵守該規範。此外，峰能獲悉大唐新能源已制定了開發和建設更多「電網友好型」風電場的策略來降低電網限電的風險。

目錄

<b>1</b>	<b>簡介</b> . . . . .	[●]
1.1	報告綜述 . . . . .	[●]
1.2	報告結構 . . . . .	[●]
<b>2</b>	<b>獨立技術專家的能力</b> . . . . .	[●]
2.1	峰能的獨立性 . . . . .	[●]
2.2	峰能的資歷和業績 . . . . .	[●]
2.3	核心團隊成員 . . . . .	[●]
<b>3</b>	<b>方法論</b> . . . . .	[●]
3.1	技術評估的目標 . . . . .	[●]
3.2	代表性風電場的選擇 . . . . .	[●]
3.3	技術評估過程 . . . . .	[●]
<b>4</b>	<b>資產組合概述</b> . . . . .	[●]
4.1	項目公司概述 . . . . .	[●]
4.2	資產組合中的運營風電場概述 . . . . .	[●]
4.3	風資源評估 . . . . .	[●]
4.4	資產組合中的主要風力發電機 . . . . .	[●]
<b>5</b>	<b>所選風電場的技術評估</b> . . . . .	[●]
5.1	實地考察主要評論 . . . . .	[●]
5.2	發電量預測審查 . . . . .	[●]
5.3	可利用率和發電量審查 . . . . .	[●]
5.4	風力發電機佈局和風電場合適性 . . . . .	[●]
5.5	運行與維護安排 . . . . .	[●]
5.6	項目成本 . . . . .	[●]
5.7	施工進度表 . . . . .	[●]
5.8	電氣設計和SCADA系統 . . . . .	[●]
5.9	併網 . . . . .	[●]

表格清單

表1：團隊成員	〔●〕
表2：資產組合總結（二零一零年六月三十日）	〔●〕
表3：為評估而選定的場地	〔●〕
表4：二零一零年六月三十日的省級開發目標	〔●〕
表5：截至二零一零年六月三十日風電場的功率	〔●〕
表6：風力發電機製造商在中國和全球所佔的市場份額	〔●〕
表7：華銳的參考列表	〔●〕
表8：型式認證和質量保證評估	〔●〕
表9：華銳的質量擔保期限和可利用率比較	〔●〕
表10：維斯塔斯的業績記錄	〔●〕
表11：型式認證和質量保證評估	〔●〕
表12：維斯塔斯的質量擔保期限和可利用率比較	〔●〕
表13：明陽的業績記錄	〔●〕
表14：型式認證和質量保證評估	〔●〕
表15：明陽的質量擔保期限和可利用率比較	〔●〕
表16：金風的業績記錄	〔●〕
表17：型式認證和質量保證評估	〔●〕
表18：金風的質量擔保期限和可利用率比較	〔●〕
表19：東方的業績記錄	〔●〕
表20：型式認證和質量保證評估	〔●〕
表21：東方的質量擔保期限和可利用率比較	〔●〕
表22：歌美颯的業績記錄	〔●〕
表23：型式認證和質量保證評估	〔●〕
表24：歌美颯的質量擔保期限和可利用率比較	〔●〕

表25：可行性研究報告中發電量預測的潛在偏差來源.....	〔●〕
表26：資產組合發電量 .....	〔●〕
表27：運營風電場的可利用率 .....	〔●〕
表28：電網限電折減詳情.....	〔●〕
表29：IEC 61400-1 (2005)風力發電機等級的基本參數 .....	〔●〕
表30：風電場適用性 .....	〔●〕
表31：質保期狀況.....	〔●〕
表32：玉門昌馬第一風電場施工進度表.....	〔●〕
表33：楊樹溝和長汗溝風電場施工進度表 .....	〔●〕

圖表

圖1：大唐新能源公司結構 .....	〔●〕
圖2：中國的陸上風資源.....	〔●〕
圖3：11處評估現場的風能密度 .....	〔●〕

術語表

BoP	風電場配套設施
Capex	資本支出
CCS	中國船級社
CGC	北京鑒衡認證
COD	商業運行日期
EPC	工程採購合同
EY	發電量
FSR	可行性研究報告
GL	德國勞氏船級社
Hz	赫茲
IEC	國際電工技術委員會
kW	千瓦
LVRT	低電壓穿越
MSR	微觀選址報告
MW	兆瓦
NCAR	美國國家大氣研究中心
NDRC	國家發改委
O&M	運行維護
Opex	運行成本
QA	質量保證
RMB	人民幣
RD	轉子直徑

SCADA	數據採集與監視控制
SE	峰能有限公司
SVC	靜止無功補償裝置
TA	技術顧問
TQ	技術問題
WAsP	風力圖集分析與應用計劃
WTG	風力發電機

## 1 簡介

### 1.1 報告綜述

峰能有限公司（簡稱「峰能」）受中國大唐集團新能源股份有限公司（簡稱「大唐新能源」，客戶）之委託，為大唐新能源旗下的中國風電場資產組合（簡稱「資產組合」）編寫一份獨立的專業技術報告。該資產組合包括處於運營、建設和開發階段的陸上風電場和一個處在運行階段的海上風電場。

該資產組合中共有55個已運營的風電場，累計裝機容量達2,717.0兆瓦。此外，峰能獲悉大唐新能源的在建項目總容量達到1,462.4兆瓦，儲備項目的總容量達到50.7吉瓦。

峰能對資產組合中具代表性的十個陸上風電場和一個海上風電場進行詳細的審查。這些陸上風電場分佈在山東、甘肅、吉林和內蒙古省，海上風電場位於上海市。

峰能認為，從風資源分佈、風力發電機技術、風電場規模和大唐新能源佔風電場的股權百分比方面來說，上述風電場的選擇能代表其資產組合。

此獨立的技術盡職調查報告是參照二零一零年七月二十八日發佈的中期報告而編寫，該中期報告描述了峰能開展工作的範圍和所採用的方法。

本報告以二零一零年六月十七日至二零一零年八月十三日期間獲得的信息為依據。

### 1.2 報告結構

在此報告中，峰能主要提供以下方面的意見：

- 對大唐新能源的審查；
- 對選定的11個風電場的評估方法所作的說明；
- 資產組合概述，包括對於風資源方面的意見；
- 對資產組合中主要風力發電機的審查；
- 對實地考察中重要發現的總結；
- 對設計院編寫的可行性研究報告中發電量預測部分進行審查；

- 對運營數據的審查；
- 對運行和維護安排的審查；
- 對項目成本的審查；
- 對項目進度表的審查；
- 對電氣基礎設施設計和SCADA系統的審查；以及
- 對併網安排的審查。

峰能的審查結論載於本報告各個相關章節的最後部分，並總結在執行摘要中。

峰能的目標是從技術的適應性和設備性能的角度評估資產組合樣本的狀況，從而使得本次的評估結果更廣泛適用於整個資產組合。峰能還評估了大唐新能源開發和運行項目的能力，並對大唐新能源項目範圍內的輸電和配電系統能力進行討論。

## 2 獨立技術專家的能力

### 2.1 峰能的獨立性

本報告是由峰能的專業人士編寫。在第2.3節中概述了參與編寫本報告的團隊。

客戶為編寫本報告向峰能支付了技術評估費用。峰能確定，不論是峰能的總監還是編寫報告的任何人員，概無於以下方面擁有利益：

- 大唐新能源；
- 資產組合；或
- [●]。

本報告已發給客戶，而客戶及其顧問已做出的評論，僅為確認報告中的事實內容。

## 2.2 峰能的資歷和業績

峰能是一家業內領先、獨立且跨領域的可再生能源工程諮詢公司。公司有能力和項目在項目的每個階段提供服務，從初期選址、可行性研究和設計到施工期間的項目管理，以及運行維護。峰能超過100位顧問的團隊在英國乃至國際間都有着豐富的經驗，為橫跨五大洲的30多個國家提供諮詢服務。目前峰能的團隊已經在國際間評估了超過50吉瓦的可再生能源發電項目，而且這個數字還在迅速增長。

峰能至今已執行了800多個項目。公司在綜合管理系統下運行，並嚴格遵循ISO 9001（質量）、ISO 14001（環境）和OHSAS 18001（健康和 safety）最高標準的嚴格要求。

峰能近期部分相關經驗包括：

### **機密風電場資產組合技術盡職調查審查，中國（二零一零年）**

峰能近期代表一家投資銀行，完成了對甘肅省200兆瓦的風電場項目組合的技術盡職調查審閱。技術盡職調查審閱包含能量輸出評估、合同審閱、風力發電機技術審閱和財政模式審閱，這樣可以幫助客戶找出潛在的技術風險，並採取緩解措施來降低風險。為了支持此審閱，公司實地視察了現場和風力發電機工廠。

### **中國滙豐銀行貸方工程師，白城風電場（50兆瓦）（二零零九年－現在）**

峰能受託對用於中國一項新陸上風電場項目的新風力發電機型號進行審閱，以使貸方能對風力發電機型號本身以及風力發電機供應和維修安排中提供的合同保護具有充分信心。儘管已有另一份獨立的貸方工程師報告，滙豐銀行還是直接與峰能接洽，並要求公司對涵蓋了風力發電機供應和維修以及長期維修預算和有效性等假設的合同重新進行審閱。峰能也對具體場地位置上風力發電機的妥善性發表了觀點，並建議在項目施工期間進行一系列的持續檢查。峰能隨後被選為施工階段貸方的技術顧問。

### **機密資產組合審查，中國（二零零九年）**

峰能近期完成了對中國風電場項目組合的兩份獨立審閱。兩份審閱都包含風能產量評估，對開發商往績記錄和能力，主要項目協議，項目資金和運營成本的審閱，以及對幾個不同的中國國內風力發電機供應商的評估。峰能在北京的員工進行了多次實地考察，並召開了管理會議，作為這些任務的一部份。

### **對中國黑龍江省的風電場（150兆瓦）和風力發電機技術的機密審查（二零零九年）**

峰能受聘在中國黑龍江省進行一項全新的陸上風電場的保密盡職調查工作。客戶為總部設在海外的投資公司，聘請峰能中國團隊的工程師作為這項目的貸方工程師。

峰能的工作包括實地考察風電場及風力發電機廠，審查風力發電機供應及維護合同，就風力發電機的適用性及潛在風險作出了判斷分析，並為客戶提供了一系列持續性的觀測報告。

### **中國內蒙古宏騰能源在內蒙古多個風電場的業主工程師和技術顧問 (50兆瓦 – 4,000兆瓦) (二零零五年 – 現在)**

峰能利用英國和峰能在北京辦事處的技術專家，在一系列獨立風能項目上為宏騰能源提供技術顧問和業主工程服務。項目中強了宏騰能源在接下來的14年內完成4000兆瓦的風電場項目的計劃。峰能顧問提供了技術支持和戰略管理建議，協助重要的中國風電場項目組合的可行性研究，設計、開發、施工和運營。

### **2.3 核心團隊成員**

峰能為本次項目精心組織的技術顧問團隊的個人職責和相關經驗總結如下。

#### **項目總監，Simon Luby (格拉斯哥)**

項目總監Simon Luby為本次項目的主要負責人。作為項目總監，Simon Luby豐富的項目經驗對本項目提供了很大幫助。Simon近兩三年開始協助中國團隊進行一系列的盡職調查工作，同時領導着峰能全球大型海陸風電項目的借貸方工程師團隊。無論於峰能任職期間或於二零零七年加入公司之前，Simon均曾為大型國際基建基金會完成過諸多可再生能源盡職調查任務。此外，他還在Borkum West II, Lynn & Inner Dowsing和Thanet海上風電項目中領導了我們的貸方工程師團隊完成大規模全面盡職調查工作。自二零零七年九月加入峰能以來，他已領導開展50多項重要的貸方工程師和收購盡職調查任務。在二零零三年初至二零零七年九月加入峰能之前，Simon為Mott MacDonald負責絕大多數的風電盡場職調查任務，在為Mott MacDonald工作期間，Simon為Thanet和Thornton Bank領導了所有貸方工程師團隊，並擔任了Q7的代表，其中三個項目團隊是由Mott MacDonald和峰能的員工共同構成的。

Simon在代表貸方和投資者領導並開展可再生能源項目的盡職調查方面具備了豐富的經驗，尤其精通設計和合同審查。他十四年的職業生涯中的一半以上時間都在開展並領導能源項目的大型盡職調查任務。

#### **項目經理，Ian Irvine (格拉斯哥／北京)**

本任務的項目經理是Ian Irvine。Ian在蘇格蘭能源科技公司的可再生能源集團中擔任了7年的管理工作，之後創立了峰能諮詢有限公司，他已經在可再生能源行業內工作了25餘年。他的專業知識涵蓋了項目開發與分析的所有方面，包括在發電量分析和風力發電機設計方面的專業知識。Ian直接參與過多個規模從幾千瓦到幾千兆瓦的項目，在這些項目中，他為開發商和融資者在有關風力發電機和項目設計、發電量計算、長期維修與項目成本方面提供了專業建議。

作為峰能在華附屬公司的董事兼技術總監，Ian親歷親為參與了峰能在中國的所有盡職調查工作。在二零零七年到二零零九年間，他在兩個受僱於中國政府的大型海上風電研究項目（由世界銀行和歐盟部分資助支持）中起着核心作用。

表1列舉了執行任務的其他團隊成員。這些人員獲得峰能超過100位經驗豐富的可再生能源和工程技術專家的全力支持。

表1：團隊成員

職責	顧問專家
現場統籌及項目審查	吳迪
技術審查	Molly Iliffe
客戶聯絡	朱丹
海上風電場審查	張大為
發電量及可利用率評估	陳艷艷
發電量及可利用率評估	Shona Quinn
發電量及可利用率評估	李岩
運行維護策略評估	黨田峰
電氣、SCADA及電網審查	柴瑞龍
電氣、SCADA及電網審查	Gavin Montgomery
風力發電機技術評估	柴瑞龍和張大為

### 3 方法論

#### 3.1 技術評估的目標

在此項目中，峰能的職責是編寫一份關於資產組合的獨立專業技術報告。在第1.2節中概述了本報告涵蓋的各方面的內容。簡而言之，峰能將從技術角度來評估運營和施工中的風電場樣本（該樣本被視為能代表資產組合），以就大唐新能源的資產狀況、業績以及主要設備的適應性作出獨立評估，當中還重點提及區域性電網問題。第3.3節則概述技術評估的過程。

本報告中使用的信息從多方獲得：

- 大唐新能源就回應峰能編寫的技術問題清單而提供的信息；
- 於實地考察及其他面議期間由風電場工作人員提供的信息；
- 風力發電機製造商提供的信息；
- 公共可用的信息；及
- 峰能在風電行業的經驗。

務請注意，報告中可討論的細節程度很大部分取決於大唐新能源提供的信息。

在評估外部來源信息時採用了峰能在中國乃至全球風力發電領域的知識和經驗。

### 3.2 代表性風電場的選擇

資產組合包括運營、施工和開發的陸上風電場，以及一個處於運行階段的海上風電場。

表2中概述了截止二零一零年六月三十日的資產組合的構成部分。從表2可以看出，截止二零一零年六月三十日，共有55個運營風電場，累計裝機容量為2,717.0兆瓦。此外，有二十二個施工中風電場，累計額定容量為1,462.4兆瓦。峰能獲悉大唐新能源擁有50.7吉瓦的施工和開發儲備項目。

表2：資產組合總結（二零一零年六月三十日）

階段	場地數目	裝機／額定 容量（兆瓦）
施工.....	22	1,462.4
運營.....	55	2,717.0

對大唐新能源的整個資產組合進行評估是不必要或不切實際的，因此，峰能採用的方法是物色資產組合中能反映整個資產組合特色的風電場樣本來進行評估。峰能對所選定的風電場進行了實地考察，以確認其是否按照最佳的行業慣例來開發、施工和運營。

由於處於施工階段的風電場內仍保留着開發階段安裝的測風塔，因此峰能通過實地考察這些風電場能合理評估該項目的開發階段有否遵循最佳的行業慣例。

視察和評估的約10-11個風電場佔整個資產組合15%，這個數量被視為合理且能代表整個資產組合。處於運營階段的風電場與處在施工階段的風電場的比例大約是80/20，因此從資產組合中選擇了九個運營的風電場和兩個處於施工階段的風電場。代表性風電場的選擇考慮了以下內容：

- 資產組合中的風電場所處的環境狀況（風資源、風特徵、氣溫、濕度和特殊成分）；
- 資產組合中採用的技術範圍、風電場規模、大唐新能源股權百分比及風機的使用年限；及
- 資產組合中應用的開發、施工及運營的實踐和策略。

此外，實地考察的後勤工作也予以適當考慮。

表3列出了為評估而選定的場地，而相應的細節由大唐新能源提供。

表3：為評估而選定的場地

項目名稱	省份	城市/場地	商業運行日期	規模(兆瓦)	風力發電機 機型	風力發電機 數量	二零零九年 滿負荷 小時數
達里風電場4期	內蒙古	達里	二零零七年 十二月二十三日	49.5	華銳 FL1500/70	33	2,344
東山風電場2期	內蒙古	東山	二零零七年 十二月二十七日	50	維斯塔斯 V80-2000	25	2,587
多倫大西山風電場2期	內蒙古	多倫	二零零八年 十二月十九日	30	廣東明陽 MY1500se	20	2,205
賽罕壩1期	內蒙古	賽罕壩	二零零五年 八月十二日	30.6	維斯塔斯 V52-850	36	2,633
白銀興泉	甘肅	白銀興泉	二零零八年 十月十八日	45	華銳 FL1500/70	30	1,974
雙遼風電場2期	吉林	雙遼	二零零八年 十二月二十三日	49.5	金風 77-1500	33	2,111
洮南風電場1期	吉林	洮南(白城市附近)	二零零五年 十一月二十九日	49.3	歌美颯 G58-850	58	2,032
東營風電場1期	山東	東營	二零零八年 十二月二十三日	49.5	東方 FD70B-1500	33	2,074
東海大橋海上風電場 第一分段	上海	上海	運行中	102	華銳 SL3000/90	34	不適用
<b>運營風電場的總容量(兆瓦)</b>				<b>455.4</b>			
楊樹溝風電場	內蒙古	楊樹溝	施工中	49.5	金風 77-1500	33	施工中
玉門昌馬第一風電場	甘肅	昌馬	施工中	201	華銳 SL1500/82	134	施工中
<b>施工階段風電場的總容量(兆瓦)</b>				<b>250.5</b>			

在兩個處於施工階段的場地內，楊樹溝風電場屬於早期施工階段，玉門昌馬第一風電場屬於後期施工階段，這使峰能可以對整個施工期的工程進行評估。

東海大橋第一分段作為海上風電項目，有利於峰能更好地理解大唐新能源在海上風電場開發方面的能力和策略。

### 3.3 技術評估過程

如第3.2節所述，選定待評估的風電場之後，峰能準備了一份詳細的技術問題清單，該清單已發送給大唐新能源。技術問題清單中包含了問題清單，以及與峰能工作範圍相關的數據需求。

處理完技術問題清單之後，峰能對十一個選定的風電場進行了詳細的實地考察，考察期間盡可能的評估了資產狀況，並對現場的工作人員進行了訪談。第5.1節對該過程進行了更加詳細的論述。此外技術問題清單也被分發至各個風電場，因為峰能技術評估所需的大部分信息都需要在特定場地或區域辦事處獲取，而不完全集中在大唐新能源。

峰能在獲得信息後，又通過技術問題清單提出了更多詳細的問題。峰能隨後在其位於北京和格拉斯哥的辦事處對該信息進行了桌面審閱。第2.3節中詳細介紹了進行此次技術評估的核心團隊。

基於這11個風電場樣本的詳細技術評估所得的結論，可以延伸應用於整個資產組合。

## 4 資產組合概述

### 4.1 項目公司概述

峰能已經對客戶開發、建設和運營風電場項目的技術能力進行了評估。

峰能的評估是根據以下為審查提供的文件資料而開展的：

- 「公司概述英文版」和「股份公司基本情況」

此外，峰能還運用了實地考察取得的信息和與客戶會面所討論的結果。

#### 4.1.1 業績記錄和資源

大唐新能源是中國大唐集團公司（大唐集團）的全資附屬公司，該公司擁有大唐集團大部分的風電資產。

大唐集團是中國五家最大的電力公司之一。大唐集團於二零零四年創立了一家位於赤峰市的全資附屬公司，名為大唐赤峰賽罕壩風力發電有限責任公司，以開發、建設和運營該區域內的風電場。大唐赤峰賽罕壩風力發電有限責任公司於二零零九年三月十九日更名為中國大唐集團新能源有限責任公司，以全面開發中國內蒙古赤峰地區的風電資源。該公司於二零一零年七月九日根據中國公司法從中國大唐集團新能源有限責任公司重組改制設立為股份有限公司。目前，大唐新能源的工作人員已經遷移至其他省份並創立類似的附屬公司。

從以上可以看出，儘管大唐新能源是一家相對較新的公司，但由於該公司是由二零零四年就已開始運營且富經驗的附屬公司合併而成，因而它在風電場開發方面具備大量的經驗。截至二零零九年底，構成現在大唐新能源的附屬公司已在中國裝置了超過2,600兆瓦的風電能源。

根據大唐新能源提供的信息、實地考察以及與客戶訪談的成果，確認了大唐新能源的能力，並在以下分節中作出總結。

##### 4.1.1.1 風電場開發

大唐新能源的開發和規劃部門負責管理所有處於開發階段的風電場的進展。資產組合

中大部分風電場是由大唐新能源開發的。只有少部分風電場是從其他公司收購的。峰能獲悉，目前有274名工作人員在此部門工作。

#### 4.1.1.2 設備採購

設備採購由大唐新能源的施工管理部門負責。峰能已對大唐新能源的招標程序和招標文件進行審查，認為其符合中國行業標準。

#### 4.1.1.3 施工建設

大唐新能源有能力規劃管理風電場的施工階段，且通常由大唐新能源負責此職責而不是將其轉移給第三方。施工管理部門負責風電場的建設。截至二零二零年六月三十日，處於施工階段的風電場有22個，峰能對這些風電場中的兩個進行了實地考察。

風電場內的風力發電機和其他重要設備的採購過程由施工管理部門負責。採購過程通過公開招標的方式來進行。

據悉，大唐新能源為風電場的建設採用了平衡分包合同和工程採購合同兩種策略。其中大約1/4至1/3的合同都屬於工程採購合同。工程採購合同和平衡分包合同已廣泛應用於世界各地的風電建設項目中，且採用這些策略而獲得成功的例子也不勝枚舉。

大唐新能源指定了項目經理和技術團隊，包括內部電氣工程師和土木工程師，以便在現場監督整個施工過程。如第5.6和5.7節所述，大唐新能源的附屬公司可以制定切實可行且符合行業標準的施工預算和施工進度表。這表明大唐新能源有能力交付工程採購合同和平衡分包合同。

#### 4.1.1.4 項目管理

項目管理由大唐新能源的開發和規劃、施工管理和安全生產部門負責。

如第5.6和5.7節所述，構成大唐新能源的附屬公司能有效控制所實地考察的風電場的施工預算和進度表。

#### 4.1.1.5 運行與維護

大唐新能源的運行與維護（運行維護）策略符合中國的行業標準。在質保期內運行維護工作由風力發電機供應商來執行，質保期之後則由大唐新能源內部接管運行維護工作。大唐新能源已成立一家附屬公司，專門負責運行維護工作。峰能建議建立質量保障部門，以監督風電場資產的表現。第5章對以上內容進行了更加詳細的討論。

圖1顯示了由大唐新能源提供的大唐新能源公司內部結構。

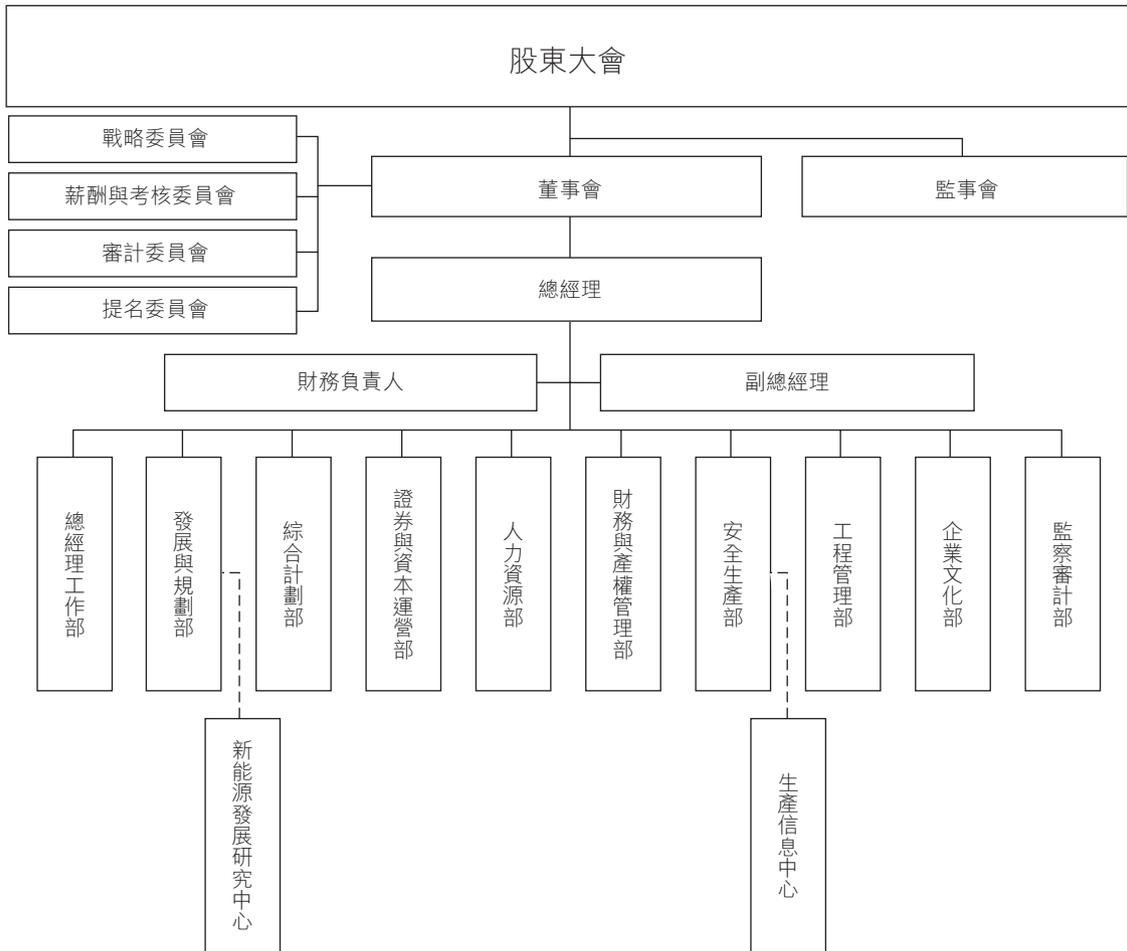


圖1：大唐新能源公司結構

峰能獲悉，安全生產部門是負責運營資產的主要部門。

#### 4.1.2 風電場的開發方式

根據大唐新能源提供的信息，公司的風電場開發集中在以下三個主要的風能開發區：

- 「北部開發區」— 主要包括在內蒙古和東北三省的项目；
- 「中西部開發區」— 主要包括在河北、山西、陝西、寧夏、甘肅和新疆的项目；及

- 「東南部開發區」— 包括在山東、江蘇、上海、江西和福建的項目。

峰能獲得一份詳細的流程圖，圖中顯示大唐新能源在項目整個開發階段採用的工作流程。峰能從圖中看出開發階段包含五個主要步驟，分別是：

1. 制定風電場項目計劃，這將花費約一個月的時間；
2. 開展風資源評估，這將花費約十五個月的時間；
3. 完成可行性研究，這將花費約四個月的時間；
4. 獲得支持文件資料，這將花費約四個月的時間；及
5. 獲得項目許可，這將花費約三至五個月的時間。

大唐新能源預計，從項目開始至開發完成大約需28個月的時間。峰能深知，為了獲得國家發改委的開發許可證，必須完成這五個步驟。峰能認為，為完成每一個步驟所需的時間限度是合理的，尤其是風資源評估的時間限度，原因是風資源分析必須以至少一個連續年份的風力數據為依據。

通過訪問大唐新能源的管理團隊，峰能認為大唐新能源的選址和開發過程遵循了中國的標準慣例。目前，大唐新能源計劃在國家發展和改革委員會確定的七個風電場開發區內開發大部分儲備項目。根據峰能的經驗，在這些區域進行開發能帶來很多好處，尤其是併網限制的風險會較小，原因是政府在這些地區進行了大規模投資，並對電氣基礎設施進行了改善計劃。

#### **4.1.3 儲備項目的開發**

峰能獲大唐新能源提供短期、中期和長期省級開發目標，表4對此進行了總結，而短期、中期和長期的定義如下：

- **短期：**已獲得國家發改委或省級發改委批准，但尚未開工建設的項目，預計在二零一零年六月三十日之後六至九個月內實行。
- **中期：**大唐新能源已完成所有風力測量工作，且正在申請國家發改委或省級發改委審批。這些項目可在二零一零年六月三十日之後的一到三年內開始施工。
- **長期：**大唐新能源已與當地的政府簽訂開發協議，開展風資源測量工作。這些項目最有可能將在接下來的五至十年內開展。

截至二零一零年六月三十日，大唐新能源在建風電場數目為22個，預計總裝機容量為1,462.4兆瓦，其中絕大部分將在二零一零年完工。因此，峰能相信大唐新能源將在二零一零年底前實現風電場累計裝機容量達4,000兆瓦的目標。

表4：二零一零年六月三十日的省級開發目標

省份	短期 (兆瓦)	中期 (兆瓦)	長期 (兆瓦)	總計 (兆瓦)
內蒙古	49.5	1,899.5	13,600.0	15,549.0
黑龍江	0	742.5	4,409.0	5,151.5
河北	0	99.5	3,540.0	3,639.5
寧夏	0	150	2,700.0	2,850.0
青海	0	6.0	2,000.0	2,006.0
山東	148.5	150.0	1,150.0	1,448.5
江蘇	0	0	1,180.0	1,180.0
遼寧	0	250.0	1,650.0	1,900.0
山西	99.0	100.0	800.0	999.0
陝西	0	100	850.0	950.0
新疆	0	0	500	500
甘肅	0	0	1,500.0	1,500.0
雲南	0	338	0	338
吉林	0	105	695.0	800.0
重慶	0	0	300.0	300.0
海南	0	200	0	200
福建	0	30.0	70.0	100
廣東	0	50.0	100.0	150.0
安徽	0	0	50	50
廣西	0	100.0	0	100.0
北京	100.0	0	0	100.0
<b>總計</b>	<b>297</b>	<b>5,627</b>	<b>44,783.5</b>	<b>50,707.5</b>

由於大唐新能源將在二零一零年新增超過1,400兆瓦的容量，再考慮到表4所示的短、中、長期儲備項目容量，大唐新能源擁有足夠的儲備項目以實現二零一零年底前4,000兆瓦及二零一一年年底前5,500兆瓦的累計裝機容量目標。

為了實現大唐新能源表4所列的目標，峰能獲悉今年大唐新能源已僱用600多名新員工。就建設風電場所需的主要設備而言，峰能了解到大唐新能源已與華銳、維斯塔斯和歌美颯等風機製造商建立起了長期的合作關係，並將進一步尋求機遇以提升購買力。

#### 4.1.4 項目公司概述的結論

峰能對大唐新能源開發、建設和運營風電場項目的技術能力進行了評估。

儘管大唐新能源近期才成立，但是該公司在風電場開發、建設和運營方面有大量的資源和專業知識。這些專業知識來自於大唐新能源成立之前的大唐集團的附屬公司，各附屬公司都在中國不同的區域內從事類似的風電場開發、建設和運營活動。

大唐新能源採用的開發過程符合行業標準，且選定的風電場位置均在國家發改委規劃的風電場開發區內。每個風電場開發階段的擬定工期均為合理的。

建設期間採用的合同結構被認為符合行業標準且合理。根據對運營風電場的詳細審查來看，大唐新能源在建設期間顯示出有效控制成本和施工進度的能力，而整個資產組合也能按照這樣的控制水平進行。

質保期之後的運行維護由大唐新能源的一家附屬公司來執行，在採用此方法評估實地考察的風電場期間，未有發現任何問題。

由於目前正在建造的風電場容量充裕，且將在二零一零年底前投入商業運作，峰能相信到二零一零年底前大唐新能源將實現4,000兆瓦的累計裝機容量目標。

大唐新能源的風電場發展於二零零五年已具備優勢，且考慮到大唐新能源已顯示出接近1.5吉瓦／年的風電場建設速率，故很可能實現二零一一年底前5,500兆瓦的累計裝機容量目標。

#### 4.2 資產組合中的運營風電場概述

大唐新能源為峰能提供了一份關於資產組合中運營風電場的清單，該清單顯示大唐新能源的資產組合採用一系列國內和國際知名的風力發電機品牌，且分佈在不同的地理區域。該資產組合的特色預期將減低有關區域集中或風力發電機機型單一的風險。

在大唐新能源成立之前，大唐集團的附屬公司收購過少數風電場。然而，資產組合中的大部分風電場都是由合併成大唐新能源的附屬公司開發的。各附屬公司所採用的選址和開發方式基本保持一致。

### 4.3 風資源評估

峰能對資產組合中運營風電場所在省份的風資源進行了詳細審查。圖2從有效風能密度（瓦／平方米）的角度顯示中國風資源的分佈狀況。

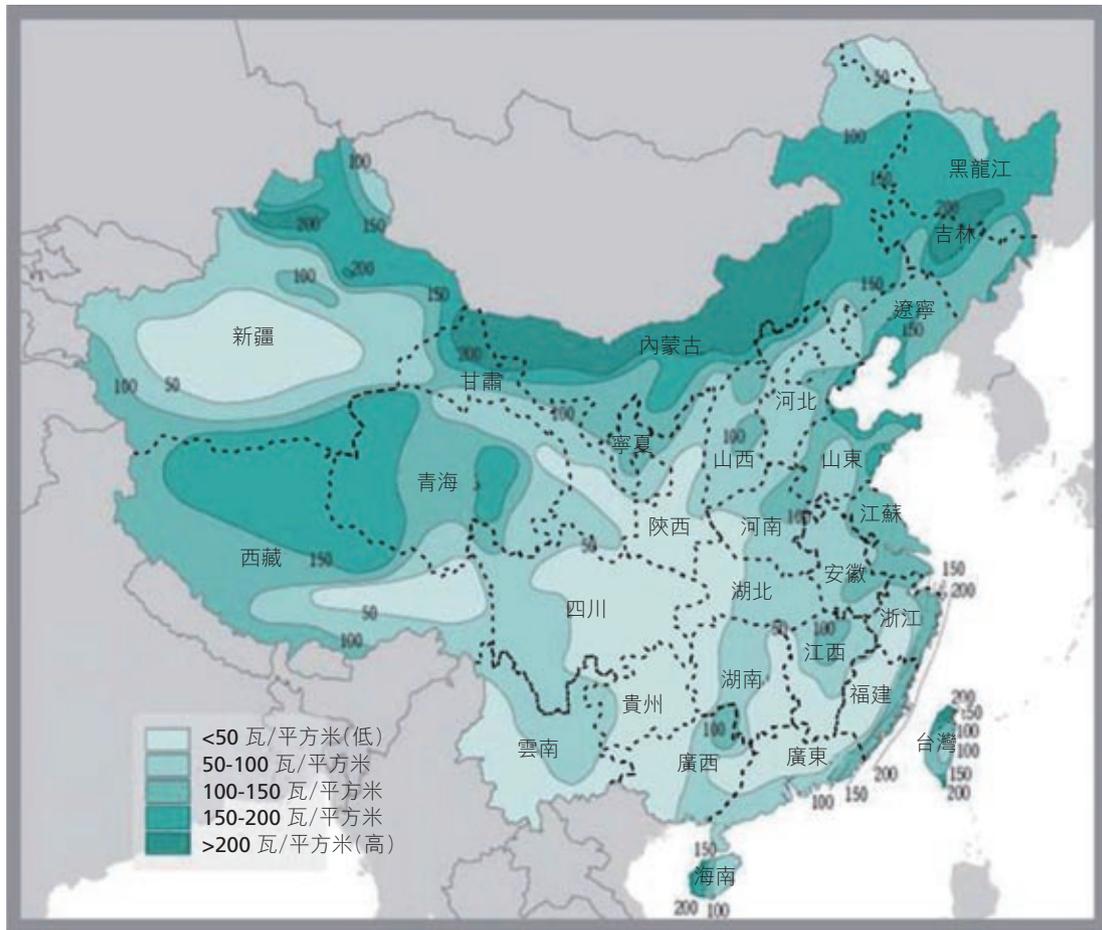


圖2：中國的陸上風資源<sup>3</sup>

從圖2可以看出，中國北方的風資源最豐富，尤其是在內蒙古、黑龍江、甘肅和吉林省。在這些區域內，年風能密度可超過200瓦／平方米。

峰能已獲悉大唐新能源的資產組合中的運行裝機容量以及處在施工階段的風電場的最終裝機容量，表5列出有關風電場。

如果我們將表5與圖2顯示的風資源分佈圖進行比較，可以發現表5所列的風電場分佈在風能密度範圍較廣的省份。然而，資產組合中的大部分裝機容量位於內蒙古，而黑龍江、吉林、山東和甘肅省也佔據了一定的比例。因此，資產組合中90%以上的容量都位於風能密度高的省份。

<sup>3</sup> 來源：BCSE/CREIA (2006)，「與中國開展可再生能源業務」第33頁。網址[http://www.frankhaugwitz.info/doks/general/2006\\_09\\_China\\_RE\\_Business\\_Guide\\_Australia\\_CREIA.pdf](http://www.frankhaugwitz.info/doks/general/2006_09_China_RE_Business_Guide_Australia_CREIA.pdf)。二零一零年七月三十一日評估。

表5：截至二零一零年六月三十日的風電場裝機容量

省份	運行裝機容量 (兆瓦)	在建 風電場的最終 裝機容量 (兆瓦)	運行裝機容量 佔資產組合的 百分比 (%)
內蒙古	1,618.1	347.3	59.6
吉林	347.6	250.5	12.8
山東	198.0	148.5	7.3
黑龍江	202.5	139.5	7.5
甘肅	143.8	250.0	5.3
河北	49.5	-	1.8
遼寧	30.0	99	1.1
河南	25.5	79.8	0.9
上海	102.0	-	3.7
山西	-	49.5	0.0
寧夏	-	49.5	0.0
雲南	-	48.8	0.0
<b>總計</b>	<b>2,717.0</b>	<b>1,462.4</b>	<b>100%</b>

圖3顯示已開展詳細評估的11個風電場的位置。從圖3可以看出，風電場一般位於風能密度高的區域。只有白銀市景泰興泉風電場位於風能密度在50-100瓦／平方米之間的區域，其他風電場都位於風能密度高於100瓦／平方米的區域。

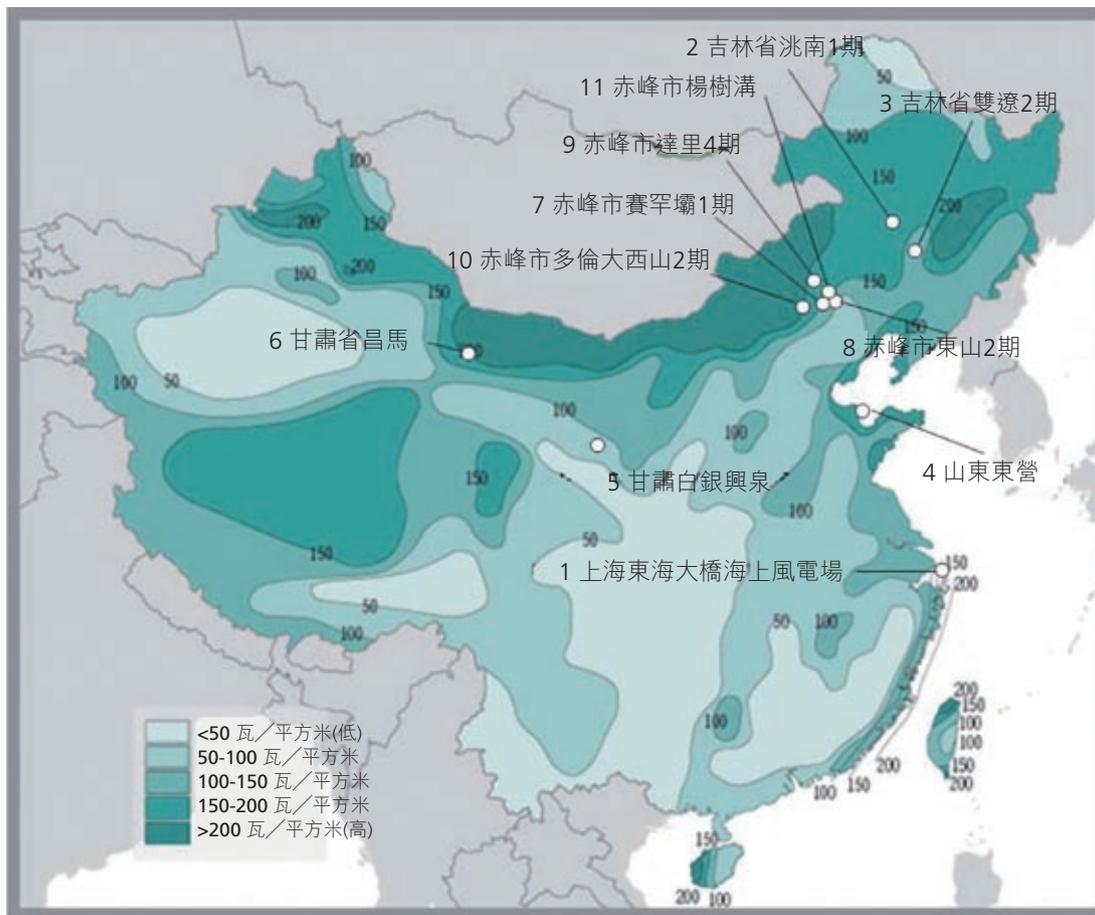


圖3：11處評估現場的風能密度

#### 4.4 資產組合中的主要風力發電機

##### 4.4.1 資產組合中的主要風力發電機概述

資產組合中的風電場採用活躍於中國市場上的國內和國際頂尖製造商製造的風力發電機，包括華銳、金風、東方、明陽、維斯塔斯和歌美颯。在隨後的章節中，第4.4.2節會更加詳細地論述這些製造商。

表3列舉了經詳細評估的風電場所採用的風力發電機類型和數量，而這些風電場採用由國內和國際製造商所製造的多種風力發電機。如第3.2節所述，選擇風電場的一個標準是要提供一個具代表性的風力發電機類型樣本。

##### 4.4.2 風力發電機製造商在中國及全球所佔的市場份額

在過去幾年裡，國內風力發電機製造商所佔的市場份額有所增長，而國外公司所佔的市場份額則有所下降。表6顯示了主要風力發電機製造商在中國及全球所佔的市場份額。

表6：風力發電機製造商在中國和全球所佔的市場份額

排名(2009)			市場份額(%)						
			全球 <sup>4</sup>		中國 <sup>5</sup>				
中國	全球	製造商	2009	2009	2008	2007	2006	2005	2004
1	3	華銳	9.2	25.3	22.5	20.6	1.5	-	-
2	5	金風	7.2	19.7	18.1	25.1	33.3	26.4	20.0
3	7	東方	6.5	14.7	16.9	6.7	5.6	1.2	-
5	15	明陽	1.5	5.4	2.8	0.1	-	-	-
6	1	維斯塔斯	12.5	4.4	9.6	11.2	23.6	14.6	2.0
10	6	歌美颯	6.7	2.0	8.1	17.0	15.9	35.7	36.0

未顯示數值表示該製造商未開始運營。

這些數值未描述累積的歷史市場份額。

在下面的章節中將對評估的風電場所採用的風力發電機製造商予以論述。

<sup>4</sup> BTM World Market Update 2009，二零一零年三月

<sup>5</sup> 中國風電場裝機容量統計資料，由中國風能協會公佈。

### 4.4.3 華銳

#### 4.4.3.1 製造商概述

華銳風電科技(集團)股份有限公司是中華人民共和國的登記公司，並根據中華人民共和國法律運營。DHI • DCW是華銳的其中一名股東，持有20%股份。

峰能從華銳獲悉，自華銳成立以來，華銳一直致力於研究及開發兆瓦級風力發電機系統。根據從德國Fuhrlander引進的1.5兆瓦風力發電機技術，華銳已根據中國不同風資源狀況和環境狀況開發了1.5兆瓦系列風力發電機組。華銳還與Windtec<sup>6</sup>建立戰略合作關係並簽訂聯合開發協議，以開發3兆瓦和5兆瓦的陸上／海上風力發電機。

華銳的3兆瓦海上風電機組，為上海東海大橋風電場提供了全部34台風電機組，並已經投入運行。

隨着目前中國風電市場的快速發展，華銳策略的成功反映在其迅速增長的市場份額上。從表6可以看出，就風力發電機年裝機容量而言，華銳已成為全球第三大風力發電機製造商。華銳目前是中國最大的風力發電機供貨商。截至二零零九年年底累計裝機容量的市場份額已達到25.3%。表7總結了華銳的概況和成就。

表7：華銳的參考列表

設計經驗和產品範圍	裝機容量和市場份額
成立：二零零六年	SL1500: 3,441兆瓦(二零零九年)
產品範圍：兩種機型	SL3000: 69兆瓦(二零零九年)
額定功率：1.5兆瓦及3兆瓦	累計容量：3,510兆瓦(二零零九年)
海上產品：3兆瓦	中國市場份額：25.3%(二零零九年)
	全球市場份額：9.2%(二零零九年)

#### 4.4.3.2 製造商的生產能力與經驗

華銳在中國擁有多家工廠，是中國現時最大的風力發電機製造商。峰能從華銳得悉，華銳的策略是專注風力發電機的開發、生產和營銷，在海上風力發電方面致力保持其領先性，在全球各地建設零部件供應鏈，向國內和海外客戶提供成熟及已經認證的部件，以便進行最優化產品質量控制和供應鏈管理，提供最優質服務。

峰能認為，華銳的主要部件已取得相關證書，華銳的供應鏈能夠滿足不斷增長的市場需求。

華銳公佈了與AMSC Windtec共同設計的5兆瓦風力發電機模型，峰能獲悉該樣機預計在二零一零年底完成。

<sup>6</sup> AMSC Windtech是一家領先的工程技術公司，該公司致力於為風力發電機應用方案開發電氣和機械系統。AMSC Windtec GmbH是美國超導公司(AMSC)旗下的全資附屬公司。

4.4.3.3 質量保證

有多個用於風力發電機設計和質量保證的標準和指南，最常用的是德國勞氏船級社 (GL)風力發電機組認證規範和國際電工技術委員會(IEC)標準。有多個機構執行風力發電機設計、製造過程、運行與維護過程的認證和特定場址項目認證，以確定是否符合以上標準。最常見的機構有：

- 挪威船級社(DNV)；
- 德國勞氏船級社風能集團(GL)；及
- TÜV CERT。

中國也有多個用於風力發電機設計的標準和指南，其中使用範圍最廣的包括：

- JB/T 10400-2001風力發電機系統設計要求；
- GB 18451.1-2001風力發電機系統安全要求；及
- 中國船級社(CCS)風力發電機指南。

就中國而言，執行風力發電機型式認證和特定場址項目認證的主要機構是：

- 中國北京鑒衡認證中心

需注意，型式認證只與風力發電機有關，並未考慮風力發電機運行的特定場地環境。

表8列舉了SL1500的型式認證和質量保證認證。

表8：型式認證和質量保證評估

風力發電機型號	GL風力發電認證	IEC標準	專業機構認證	極值 (3秒) 陣風 (米/秒)：	
				TI <sub>15</sub> (%)：	質量保證認證
華銳SL1500 RD 70 HH65 . . . . .	65米的塔架載荷 計算(GL)	等級II <sub>A</sub> – 65米 的塔架	北京鑒衡 – 設計認證	59.5米/秒IEC 等級II <sub>A</sub> TI <sub>15</sub> =16	ISO 9001: 2000
華銳SL1500 RD 77 HH 70 . . . . .	70米的塔架載荷 計算(GL)	等級II <sub>A</sub> – 70米 的塔架	GL – 設計認證	59.5米/秒IEC 等級II <sub>A</sub> TI <sub>15</sub> =16	ISO 9001: 2000

關於質量保證，華銳已獲得ISO 9001認證用於生產其SL1500型風力發電機，其認證範圍涵蓋設計、開發、生產、安裝和維修。獲得該認證十分關鍵，因為在風力發電機行業存在的許多問題都歸因於製造環節的質量問題。

#### 4.4.3.4 風力發電機的擔保可利用率

在風力發電機行業內，製造商提供質量保證是慣例。然而，不同的合同之間的質量擔保期限、涵蓋範圍和補償費用或方法也有所不同。表9總結了資產組合中華銳風力發電機的質量擔保期限和可利用率，可以看出這些均符合中國行業基準。

表9：華銳的質量擔保期限和可利用率比較

	中國 行業基準	白銀市 景泰興泉	玉門昌馬 第一風電場	達里4期	東海大橋 第一分段
擔保期限(年) . . . . .	2	2	2	2	5
風電場平均可利用率 . . . . .	95%	95%	95%	95%	95%
功率曲線擔保 . . . . .	95%	95%	95%	95%	95%

#### 4.4.4 維斯塔斯

##### 4.4.4.1 製造商概述

維斯塔斯是風力發電機行業內的巨頭，在設計以及向全球市場提供風力發電機方面有着悠久的歷史。

維斯塔斯於二零零四年與NEG Micon合併，使得新合併的公司成為全球最大的風力發電機製造商。二零零九年維斯塔斯已佔有全球市場12.8%<sup>7</sup>的份額，這進一步鞏固了維斯塔斯在風力發電機行業內的地位。維斯塔斯和NEG Micon現在是一家整體公司，擁有共同的設計、研發、製造、銷售和服務設施。維斯塔斯總部位於丹麥的Randers。

維斯塔斯一直秉承的業務策略是，開發最先進的風力發電機，獲取市場份額。表10總結了維斯塔斯的概況和成就。

表10：維斯塔斯的業績記錄

設計經驗和業績記錄	市場份額
成立：一九八六年	V52-850千瓦：已裝機3,424
員工：>20,000	V80-2兆瓦：已裝機2,723
產品範圍：9種機型	累計裝機容量：38,303兆瓦
額定功率：850千瓦、1.65兆瓦、1.8兆瓦、 2兆瓦及3兆瓦	全球市場份額：12.5%（二零零九年）
海上產品：3兆瓦	

<sup>7</sup> BTM World Market Update 2009，二零一零年三月

#### 4.4.4.2 製造商的能力與生產能力

維斯塔斯在全球設有製造基地。維斯塔斯於二零零七年在亞洲新開了多個生產基地，也就是中國天津的機艙工廠和發電機工廠。除此之外，公司還在天津擴建了其葉片廠。

二零一零年維斯塔斯計劃在中國新開四個生產基地，這使得維斯塔斯在中國的生產基地數目增加到10個。

#### 4.4.4.3 型式認證和質量保證

表11列舉了資產組合中有關維斯塔斯風力發電機的型式認證和質量保證認證。

表11：型式認證和質量保證評估

風力發電機型號	GL風力發電認證	IEC標準	極值(3秒)	質量保證認證
			陣風(米/秒): TI <sub>15</sub> (%):	
維斯塔斯V80 2兆瓦 . . . . .	60米、67米、78米的 塔架載荷計算(GL)	等級I <sub>A</sub> – 60米、67米、 78米、100米的塔架	IEC等級I <sub>A</sub>	ISO 9001, ISO 9002
維斯塔斯V52-850 . . . . .	塔架載荷計算(GL)	等級I <sub>A</sub> – 40米、44米、 49米、55米、60米、 65米的塔架  等級II <sub>A</sub> – 55米、60米、 65米、74米的塔架	IEC等級I <sub>A</sub>	ISO 9001, ISO 9002

關於質量保證，維斯塔斯生產的所有以上風力發電機都已獲得ISO 9001、9002認證，其認證範圍涵蓋設計、開發、生產、安裝和維修。總體而言，我們認為維斯塔斯屬於優質且低風險的供應商，其市場份額穩定，且該等項目的認證在中國供應鏈質量方面給予了我們信心。

#### 4.4.4.4 風力發電機的擔保可利用率比較

表12總結了資產組合中採用維斯塔斯風力發電機的兩個大唐新能源風電場的質量擔保期限和可利用率，這些均符合中國行業基準。

表12：維斯塔斯的質量擔保期限和可利用率比較

	中國行業基準	賽罕壩1期	東山2期
擔保期限(年) . . . . .	2	2	2
風電場平均可利用率 . . . . .	95%	第一年>90% 第二年>95%	95%
功率曲線擔保 . . . . .	95%	95%	95%

#### 4.4.5 明陽

##### 4.4.5.1 製造商概述

廣東明陽風電產業集團有限公司(明陽)成立於二零零六年六月，由意大利索法芙(Sopaf)及、美國凱來(Clarity)公司參股。它是明陽電氣集團股份有限公司的一家附屬公司。二零零九年八月，明陽與Ris風能實驗室合作，在丹麥羅斯基勒成立了國際研發中心。該研發中心率先支持明陽的3兆瓦海上超緊湊型風力機平台。自二零零七年進入市場以來，明陽逐漸獲得了中國風力發電機銷售市場的較大份額，截至二零零九年已獲得5.4%的市場份額。

明陽主要供應兩種1.5兆瓦的風力發電機型號，同時也供應3兆瓦的風力發電機型號。表13總結了明陽的概況和成就。

表13：明陽的業績記錄

設計經驗和業績記錄	市場份額
成立：二零零六年	MY1500se累計裝機容量：1,020兆瓦
產品範圍：兩種機型	(截至二零零九年底)
額定功率：1.5兆瓦及3兆瓦	全球市場份額：4.1% (二零零九年)
海上產品：SCD 3兆瓦	

##### 4.4.5.2 製造商的能力與生產能力

自二零零六年成立以來，明陽不斷擴大其製造工廠規模。目前所有工廠都在中國。明陽在山西、吉林、天津和江蘇都有生產基地。

##### 4.4.5.3 型式認證和質量保證

表14列舉了有關明陽風力發電機的型式認證和質量保證認證。

表14：型式認證和質量保證評估

風力發電機型號	GL風力發電認證	IEC標準	極值(3秒)		質量保證認證
			北京 鑒衡認證	陣風(米/秒) TI <sub>15</sub> (%)	
明陽MY1500se HH 65 . . . . .	GL C - 設計	等級II <sub>A</sub> - 65米的塔架	設計認證	IEC等級II <sub>A</sub>	ISO 9001:2000

峰能公司已獲得明陽風力發電機符合C - 設計(風力發電機樣機)的GL聲明和北京鑒衡認證的設計認證。就質量保證而言，可以看到明陽已獲得ISO 9001認證來生產其MY1500se系列風力發電機，其認證範圍涵蓋設計、裝配和銷售。

#### 4.4.5.4 風力發電機的擔保可利用率比較

表15總結了資產組合中採用明陽風力發電機的多倫大西山2期項目的質量擔保期限和可利用率。但是，峰能未獲提供必要的信息。

表15：明陽的質量擔保期限和可利用率比較

	中國行業基準	多倫大西山2期
擔保期限（年） . . . . .	2	2
單台風力發電機的可利用率 . . . . .	90%	無可用的合同附件
風電場平均可利用率 . . . . .	95%	無可用的合同附件
功率曲線擔保 . . . . .	95%	無可用的合同附件

#### 4.4.6 金風

##### 4.4.6.1 製造商概述

從一九九八年至二零零七年，金風一直是中國最大的風力發電機供應商。一九九八年，新疆新風科工貿有限責任公司開始開發600千瓦的風力發電機。繼二零零一年更名為新疆金風科技股份有限公司以後，金風陸續開發了額定功率更高的風力發電機。截至二零零三年，金風已成為中國最大的風力發電機開發商和製造商。二零零六年，金風佔據了中國33%的市場份額，國內排名第一，全球排名第十。

二零零八年一月，金風收購了German Vensys Energy AG公司。二零零九年十二月，金風在新疆安裝了第一個獨立自主研發的3兆瓦風力發電機。

金風可以供應容量從600千瓦至3兆瓦的陸上和海上風力發電機。公司目前在中國市場上排名第二，僅次於華銳。表16總結了金風的概況和成就。

表16：金風的業績記錄

設計經驗和業績記錄	市場份額
成立：一九九八年	累計裝機容量：5,275兆瓦
產品範圍：4種機型	全球市場份額：7.2%
額定功率：0.6 – 3兆瓦	

##### 4.4.6.2 製造商的能力與生產能力

金風實行的策略是，在中國風力資源豐富的地區建設風力發電機生產基地，以便簡化製造工廠所在地與風電場之間的運輸。二零零九年底，金風已有兩個重要的製造基地，分別位於新疆和北京，另外還有五個風力發電機裝配廠，分別位於包頭、內蒙古、甘肅酒泉、西安、寧夏和河北承德。金風還在德國建立了製造基地。

#### 4.4.6.3 型式認證和質量保證

表17列舉了有關金風風力發電機型式認證和質量保證認證。

**表17：型式認證和質量保證評估**

風力發電機型號	GL風力發電認證	IEC標準	北京 鑒衡認證	極值 (3秒)	質量保證認證
				陣風 (米/ 秒) TI <sub>15</sub> (%) :	
金風82-1500 HH 70 . . . . .			載荷 設計 認證	IEC等級III	ISO 9001:2000

關於質量保證，可以看出金風的82-1500 HH70風力發電機已獲得ISO 9001認證，其認證範圍涵蓋了設計、開發、生產、安裝和維修。

#### 4.4.4.6 風力發電機的擔保可利用率比較

表18總結了資產組合中採用金風風力發電機的雙遼2期的質量擔保期限和可利用率，可以看出這些與中國行業基準相符。

**表18：金風的質量擔保期限和可利用率比較**

	中國行業基準	雙遼2期
擔保期限 (年) . . . . .	2	5
單台風力發電機的可利用率 . . . . .	90%	90%
風電場平均可利用率 . . . . .	95%	95%
功率曲線擔保 . . . . .	95%	95%

#### 4.4.7 東方

##### 4.4.7.1 製造商概述

東方電氣集團有限公司成立於一九八四年，是中國熱電、水力和核能發電行業內的重要企業。二零零四年十一月，東方電氣集團、東方氣輪機有限公司與世界領先的風力設備設計和製造公司－德國Repower簽訂了兩種針對不同風況的1,500千瓦風力發電機的技术轉讓協議。

在Repower 70和77機型的基礎上，東方為中國北部海拔較高的地區開發了與之相適應的低溫型風力發電機。

有了1,500千瓦風力發電機製造和維修技術方面的經驗，東方開始聯合歐洲設計者共同開發1兆瓦、2兆瓦和2.5兆瓦的風力發電機。東方已完成2兆瓦和2.5兆瓦風力發電機的設計，並將於二零一零年開始生產製造。

此外，預期將在二零一零年完成開發5兆瓦的海上直驅型風力發電機。東方已準備好對該樣機進行海上測試，且已對大規模開發海上風能技術的市場展開調查。

目前，東方有以下類型的風力發電機：DF70、DF77、DF82、DF90及DF100。表19總結了東方的概況和成就。

表19：東方的業績記錄

設計經驗和業績記錄	市場份額
成立：一九八四年	累計裝機容量：3,765兆瓦
產品範圍：4種機型	全球市場份額：6.5%（二零零九年）
額定功率：1兆瓦、2.5兆瓦	
海上產品：5兆瓦	

#### 4.4.7.2 製造商的能力和生產能力

二零零九年底，東方年生產量達到1,600台風力發電機。為了滿足國內風力發電市場的迅速發展要求，東方逐漸擴大了其在內蒙古通遼市、甘肅省酒泉市和河北省張家口市的風電設備的產能。東方預計，二零一零年底，其年裝配能力將達到2,000台風力發電機。

#### 4.4.7.3 型式認證和質量保證

表20列舉了資產組合中有關東方風力發電機的型式認證和質量保證認證。

表20：型式認證和質量保證評估

風力發電機型號	GL風力發電認證	IEC標準	北京 鑒衡認證	極值 (3秒)	質量保證認證
				陣風 (米/秒)	
				TI <sub>15</sub> (%) :	
東方FD70B-1500HH 70/80 .....		等級II <sub>A</sub> – 65米的塔架	設計認證	IEC等級II <sub>A</sub>	ISO 9001:2000

關於質量保證，可以看出東方FD70B-1500 HH70/80的風力發電機已獲得ISO 9001認證，其認證範圍涵蓋設計、開發、生產、安裝和維修。

#### 4.4.7.4 風力發電機的擔保可利用率比較

表21總結了資產組合中採用東方風力發電機的東營1期項目的質量擔保期限和可利用率，可以看出這些均高於中國行業基準。

表21：東方的質量擔保期限和可利用率比較

	中國行業基準	東營1期
擔保期限 (年) .....	2	5
單台風力發電機的可利用率 .....	90%	不適用
		1-2年 >95% 3-5年
風電場平均可利用率 .....	95%	>97%
功率曲線擔保 .....	95%	95%

#### 4.4.8 歌美颯

##### 4.4.8.1 製造商概述

歌美颯風電公司是一家西班牙公司。歌美颯的風力發電機製造廠成立於一九九四年，在風力發電機製造行業已有逾十六年的經驗。除了製造風力發電機之外，歌美颯自一九九五年以來一直致力於開發和建設風電場。

二零零九年，歌美颯成為世界第六大風力發電機製造商，佔有6.74%的市場份額。二零零七年，歌美颯供應了3,047兆瓦容量的風力發電機設備，二零零八年為3,373兆瓦，二零零九年為2,546兆瓦<sup>8</sup>。與其他歐洲領先的製造商一樣，其市場份額由於新興的中國製造商的加入而有所降低。

從表22可以看出，歌美颯在風力發電行業內有着悠久的歷史，它生產多種類型的850千瓦和2兆瓦風力發電機。

表22：歌美颯的業績記錄

設計經驗和業績記錄	市場份額
成立：一九七六年	G5X-850千瓦：>7,000
員工：>6,300	累計裝機容量：18,000兆瓦
產品範圍：5種機型	全球市場份額：6.7%（二零零九年）
額定功率：850千瓦、2兆瓦、4.5兆瓦	
海上產品：無	

##### 4.4.8.2 製造商的能力與生產能力

歌美颯自身具備設計和技術開發能力，它設計並製造了葉片及根部連接件，同時還為葉片和塔架製造模具，此外，還進行風力發電機的裝配。歌美颯利用其他公司來製造風力發電機的其他主要部件，如變速箱、發電機和變頻器。

歌美颯大部分風力發電機的生產是在幾個西班牙的工廠內進行。近些年來，歌美颯已在中國擴大生產能力。自二零零五年在中國成立第一家生產工廠以來，歌美颯又建立了三個生產工廠，二零零八年第一季度在天津開設了一家工廠。隨着吉林省第五個製造工廠的建成，歌美颯在中國的年生產能力將達到1,500兆瓦<sup>9</sup>。

歌美颯在西班牙、中國和美國的機艙裝配廠的年生產總量達3,935兆瓦<sup>10</sup>，其葉片製造廠的總產量達3,316兆瓦。

<sup>8</sup> BTM Consult 2009

<sup>9</sup> 歌美颯於二零一零年五月十日的新聞公告

<sup>10</sup> 歌美颯網站，風機製造和裝配過程。

#### 4.4.8.3 型式認證和質量保證

表23列舉了資產組合中有關歌美颯風力發電機的型式認證和質量保證認證。

**表23：型式認證和質量保證評估**

風力發電機型號	GL風力發電認證	IEC標準	北京鑒衡認證	極值(3秒)	質量保證認證
				陣風(米/秒)	
				T <sub>15</sub> (%) :	
G58-850, HH55m.....	型式認證	等級III <sub>0</sub>		IEC等級III <sub>0</sub>	ISO 9001:2000

歌美颯擁有完善的認證，包括型式認證、噪音、功率曲線測量和功率質量測量。關於質量保證，可以看出歌美颯的G58-850 HH55m風力發電機已獲得ISO 9001認證，其認證範圍涵蓋設計、開發、生產、安裝和維修。

#### 4.4.8.4 風力發電機的擔保可利用率比較

表24總結了資產組合中採用歌美颯風力發電機的吉林洮南風電場項目的質量擔保期限和可利用率，這些都符合中國行業基準。

**表24：歌美颯的質量擔保期限和可利用率比較**

	中國行業基準	洮南風電場1期
擔保期限(年).....	2	2
單台風力發電機的可利用率.....	90%	不適用
風電場平均可利用率.....	95%	95%
功率曲線擔保.....	95%	95%

#### 4.4.9 關於資產組合中主要風力發電機的結論

資產組合採用了行業領先的中國和歐洲製造商生產的經認證的風力發電機(質量保證均符合或高於中國行業的基準)。所採用的均為歐洲和中國成熟的風力發電機設計，其中包括從歐洲引進而在中國生產中應用的設計。峰能已對資產組合中主要風力發電機機型的業績記錄、認證、質量控制流程以及擔保期限進行了審查，未顯示存在任何重大技術風險。

在沿用成熟技術方面的一個例外情況是東海大橋1期工程，因為在此項目中使用到的華銳風力發電機是中國第一批用於海上的風機。通過對風力發電機設計的獨立分析和認證以及適當的質量保證標準的實施，可以緩解與該開創性項目相關的技術風險。通過實施華銳提供的性能擔保條款可進一步降低風險。

在本報告對中國風力發電機製造商年生產能力的評估中發現，近些年來這些製造商均已極大地提高了其生產能力。峰能相信，中國製造商能滿足不斷擴大的中國市場的需求，而大唐新能源能通過保持技術多樣化來保證資產組合中的質量和性能。

## 5 所選風電場的技術評估

### 5.1 實地考察主要評論

峰能顧問對11處風電場場址進行了實地考察，對風電場中不能進行遠程評估的項目進行了審查。具體而言，峰能評估了以下事項：

- 對在建的兩個風電場，評估了其測風塔的位置和塔上儀器配置。
- 評估了風電場地形、粗糙度、森林覆蓋和障礙物分佈等方面的特徵。這有利於判斷場址位置和物理因素對風機設計和建設問題的潛在影響。
- 針對運營的風電場，對其選定的風力發電機、變電站、變壓器和民用基礎設施進行檢查，同時採訪了施工監理和維修團隊。

本報告相關部分對實地考察的結果展開了討論。以下是所有11處風電場實地考察的總結：

- 現場工作人員積極配合，在訪談過程中提供了大量有用信息。通常，實地考察之後會對當地附屬公司或辦事處進行訪問，附屬公司會提供相關的文件資料，以供審查。
- 通過詳細評估收集的資料，峰能認為在可進行檢查的風電場場址內的資產狀況良好。風力發電機、變電站、變壓器和民用基礎設施都保持良好的狀態。
- 峰能獲悉，有兩個運營風電場已超過風機製造商規定的質保期，即賽罕壩1期和洮南1期，但並未出現任何明顯的維修問題。
- 風力發電機質保期內少數運營風電場遇到了技術問題。
- 經過與現場工作人員的交談，發現處於施工階段的兩個風電場，即玉門昌馬第一風電場和楊樹溝風電場，其實際施工進度比預期提前，且在預算範圍內。
- 風電場所在區域一般比較平坦，周圍沒有複雜的地形或森林覆蓋。

## 5.2 發電量預測審查

### 5.2.1 概述

以下部分提供有關峰能實地考察的九個運營風電場的發電量預測的詳細審查。

可行性研究報告中詳細描述了資產組合中風電場的發電量預測。所有可行性研究報告均採用了符合中國標準的方法和程序。這些標準很大程度上與國際標準一致。以下列舉了中國主要的標準：

- DL/T 5067-96，風力發電項目可行性研究報告編製規程；
- GB/T 18710-2002，風電場風能資源評估方法；及
- GB/T 18709-2002，風電場風能資源測量方法。

峰能已完成對九個運營風電場、兩個在建風電場的發電量預測的技術審查。在此過程中，峰能對每個風電場的可行性研究報告和相關發電量信息進行了技術審查。

### 5.2.2 所有可行性研究報告的審查

在審查過運營風電場的可行性研究報告後，峰能對所有可行性研究報告的總結如下：

- 在中國，測風塔上通常使用NRG風速計，也可以使用更高質量的風速計。但是，大唐新能源現在使用的風速計對於發電量預測和簡單地形內的風況分析來說已足夠。峰能未能確認測風塔安裝和儀器配置是否遵循中國標準，原因是沒有可供審查的測風塔安裝報告。
- 一些已安裝的測風塔高度低於風力發電機的輪總高度，這種情況並不理想，且在推算風速和輪總高度時會增加不確定性。從理想的狀況來看，測風塔的高度至少應為輪總高度的75%或更高。通過現場評估發現：東海大橋（海上）第一分段，測風塔高度佔輪總高度的29%；白銀市景泰興泉，佔輪總高度的57%；達里4期，佔輪總高度的62%；賽罕壩1期和洮南1期，佔輪總高度的73%；東山2期，佔輪總高度的86%。

- 峰能認為，對於可行性研究報告中描述的大部分測風塔，風速和風向測量的質量比較合理，儘管個別測風塔的風速和風向數據測量的質量並不理想。
- 所有測風塔的主要問題是大唐新能源一直未能提供儀器配置的校准證書或者安裝維修記錄，只有這些證書或者記錄才能表明測風塔是否經歷了任何故障停機或者發生了影響數據質量的重大問題。
- 附近的氣象站經常用作風電場長期風速訂正的參考站。然而，可行性研究報告表明，大部分氣象站近年來的測量風速都有下降趨勢，這主要是由於都市化進程導致氣象站周圍環境發生了改變，包括新建了較高的建築物，從而影響了風速的測量。
- 從參考氣象站獲得的長期平均風速通常較低（提到的所有參考氣象站風速不到3.2米／秒）。採用較低的平均風速作為參考數據會導致與風電場風速的相關關係不成比例。
- 可行性研究報告採用風力圖集分析與應用計劃（WAsP）風流體模型，通過測風塔高度長期風資源外推得到風電場區域內輪總高度處的風資源分佈狀況。WAsP是由Risø DTU風能部門開發的符合行業標準的軟件。WAsP軟件是為歐洲較簡單的地形而設計的，對於模擬中國較簡單的地形來說，該軟件是適用的。
- 峰能認為，可行性研究報告中採用的一系列折減估計是合理且完善的。可行性研究報告已對風機效率、風機利用率、電網停工期和其他相關方面的折減進行了評估，但是沒有包括電網限電。峰能對一些折減的應用及計算總折減的方法持不同觀點，總體而言，峰能認為可行性研究報告中採用的總折減在許多情況下都是比較保守的。

### 5.2.3 發電量審查

通過對九個運營風電場和兩個在建風電場的發電量審查，峰能得到的主要結論如下：

- 不論測量時間和地點，可行性研究報告均得出結論，認為測量的風速可以代表長期的風速特徵（僅一個風電場例外）。峰能認為這不太可能，且反映出可用的參考數據的局限性。在可行的情況下，對長期風速進行核查，並根據美國國家大氣研究中心（NCAR）的重新分析項目數據<sup>11</sup>對同期風速和長期風速數據進行調整。儘管這樣分析並不理想，但峰能認為，NCAR的分析數據通常可靠，在沒有更優質的測量數據的情況下這些數據可以作為備用數據集。
- 在峰能對一些運營風電場進行實地考察期間，風電場的工作人員提出了電網限電折減問題。
- 許多可行性研究報告中推測的風機可利用率、功率曲線性能折減都可能比實踐中預期的要高。此外，可行性研究報告通常採用加和的方法計算風電場總折減，而不是相乘的方法（數學上正確的方法）。因此，若不考慮電網限電折減，可行性研究報告中可能高估了一些風場的總折減。
- 總體而言，與實際運營數據相比，可行性研究報告中的觀測數據、測風塔安裝、參考數據和折減估計的質量將導致更高的發電量預測不穩定性。本報告第5.3.1節中，峰能使用了運營數據（在可用情況下），這為實現預期的長期資產組合發電量增添了信心。

<sup>11</sup> Kalnay E. et al (1996)。NCEP/NCAR40年重新分析項目。Bull. A. Meteor. Soc. 1996. 77：第437-477頁。

表25列出個別運營風電場的上述參數。

表25：可行性研究報告中發電量預測的潛在偏差來源

#### 東海大橋海上風電場第一分段（102兆瓦）

長期平均風速（米／秒）	90米高度，8.40
總折減（不包括尾流折減）（%）	21.7
等效滿負荷小時數（小時／年）	2,624
發電量（吉瓦時／年）	267.6
容量系數（%）	30.0

- 根據峰能在中國海上風資源評估方面的經驗，90米輪總高度處的風速估計值8.4米／秒可能略高於實際值。
- **應用的總折減率：**峰能認為可行性研究報告中採用的總折減率可能高於實際折減率（排除任何電網限電折減）。

#### 洮南風電場1期（49.3兆瓦）

長期平均風速（米／秒）	55米高度，6.92
總折減（不包括尾流折減）（%）	14
等效滿負荷小時數（小時／年）	2,100
發電量（吉瓦時／年）	103.2
容量系數（%）	23.9

- **長期風速修正：**使用再分析數據進行檢查，發現預測的風速6.92米／秒略低於實際值。
- **應用的總折減率：**在可行性研究報告中，未考慮電網限電。在中國，可行性研究預測中不考慮電網限電折減是很常見的。峰能認為可行性研究報告中採用的總折減率略低於實際值。根據風電場工作人員提供的信息，從二零零九年一月至二零一零年六月期間的電網限電折減為11.8%。因此，淨發電量可能低於預測值。

#### 雙遼風電場2期（49.5兆瓦）

長期平均風速（米／秒）	70米高度，6.71
總折減（不包括尾流折減）（%）	33.2
等效滿負荷小時數（小時／年）	2,171
發電量（吉瓦時／年）	107.5
容量系數（%）	24.8

- **長期風速修正：**使用再分析數據進行檢查，發現預測的風速6.71米／秒是合理的。
- **應用的總折減率：**根據風電場工作人員提供的信息，從二零零九年四月至二零一零年六月期間的電網限電折減為14.1%，且在可行性研究報告中未考慮這種折減。峰能認為可行性研究報告中採用的總折減率將高於實際值。

### 東營風電場1期（49.5兆瓦）

長期平均風速（米／秒）	70米高度，7.00
總折減（不包括尾流折減）（%）	22.3
等效滿負荷小時數（小時／年）	1,951
發電量（吉瓦時／年）	96.6
容量系數（%）	22.3

- **長期風速修正：**使用再分析數據進行檢查，發現預測的風速7.0米／秒可能高於實際風速。
- **應用的總折減率：**峰能認為可行性研究報告中採用的總折減率將高於實際值。
- **風電場佈局：**編寫東營1期風電場項目的可行性研究報告時，其佈局設計在海堤以西。在實地考察期間，發現有十個風力發電機位於海堤東部的潮間帶。海岸的風資源通常比較豐富。因此，風電場的總產量可能超過可行性研究報告中的預測值。

### 白銀市景泰興泉風電場（45兆瓦）

長期平均風速（米／秒）	40米高度，6.25
總折減（不包括尾流折減）（%）	29.9
等效滿負荷小時數（小時／年）	1,871
發電量（吉瓦時／年）	84.2
容量系數（%）	21.4

- **長期風速修正：**使用再分析數據進行檢查，發現預測的風速6.25米／秒略低於實際風速。
- **應用的總折減率失：**峰能認為可行性研究報告中採用的總折減率略低於實際值。

### 賽罕壩風電場1期（30.6兆瓦）

長期平均風速（米／秒）	40米高度，9.40
總折減（不包括尾流折減）（%）	30.4
等效滿負荷小時數（小時／年）	2,361
發電量（吉瓦時／年）	72.2
容量系數（%）	27.0

- **長期風速修正：**使用再分析的數據進行檢查，發現預測的風速9.4米／秒略低於實際風速。

- **實際安裝的風力發電機：**可行性研究報告沒有呈列採用實際風力發電機類型（V52-850，輪總高度為55米）進行的發電量預測。以上給出的等效滿負荷小時數與容量系數是根據可行性研究報告中的數據對此風力發電機作出的估計。
- **應用的總折減率：**根據大唐新能源提供的運營信息，從二零零九年一月至二零一零年六月期間的電網限電折減為12.9%。峰能認為可行性研究報告中採用的總折減率可能高於實際值。

#### 東山風電場2期（50兆瓦）

長期平均風速（米／秒）	60米高度，10.20
總折減（不包括尾流折減）（%）	29
等效滿負荷小時數（小時／年）	2,560
發電量（吉瓦時／年）	128.0
容量系數（%）	29.2

- **長期風速修正：**使用再分析數據進行檢查，發現預測的風速10.2米／秒略高於實際值。
- **實際安裝的風力發電機：**可行性研究報告沒有呈列採用實際風力發電機類型（V80-2000，輪總高度為70米）進行的發電量預測。以上給出的等效滿負荷小時數與容量系數是根據可行性研究報告中的數據對此風力發電機作出的估計。
- **應用的總折減率：**根據大唐新能源提供的運營信息，從二零零九年一月至二零一零年六月期間的電網限電折減為36.1%。單這一項折減就大大超過了可行性研究報告中推測的總折減率。預計該風電場不能按照可行性研究報告中的預測來運行，如果電網限電折減依舊較大的話，可能在很大程度上使得風電場運行數據較差。

#### 達里風電場4期（49.5兆瓦）

長期平均風速（米／秒）	40米高度，7.80
總折減（不包括尾流折減）（%）	23
等效滿負荷小時數（小時／年）	2,493
發電量（吉瓦時／年）	123.4
容量系數（%）	28.5

- **長期風速修正：**使用再分析數據進行檢查，發現預測的風速7.8米／秒略低於實際值。
- **實際安裝的風機：**可行性研究報告沒有呈現採用實際風力發電機類型（FL1500/77，輪總高度為65米）進行的發電量預測。以上給出的等效滿負荷小時數與容量系數是根據可行性研究報告中的數據對此風力發電機作出的估計。
- **應用的總折減率：**根據大唐新能源提供的運營信息，從二零零九年一月至二零一零年六月期間的電網限電折減為9.6%。儘管峰能對於可行性研究報告中應用的一些折減率持不同意見，但認為其發電量預測值是合理的。

### 多倫大西山風電場2期 (30兆瓦)

長期平均風速 (米／秒) . . . . .	70米高度，8.80
總折減 (不包括尾流折減) (%) . . . . .	33
等效滿負荷小時數 (小時／年) . . . . .	2,300
發電量 (吉瓦時／年) . . . . .	69
容量系數(%) . . . . .	26.3

- **長期風速修正**：使用再分析數據進行檢查，發現預測的風速8.8米／秒略高於實際值。
- **實際安裝的風力發電機**：可行性研究報告沒有呈列採用實際風力發電機類型 (MY1500se，輪總高度為65米) 進行的發電量預測。以上給出的等效滿負荷小時數與容量系數是根據可行性研究報告中的數據對此風力發電機作出的估計。
- **應用的總折減率失**：峰能認為可研報告中採用的總折減率可能低於實際值，實際發電量可能低於預測值。

### 玉門昌馬風電場 (201兆瓦)

長期平均風速 (米／秒) . . . . .	50米高度，7.25
總折減 (不包括尾流折減) (%) . . . . .	24.0
等效滿負荷小時數 (小時／年) . . . . .	2,321
發電量 (吉瓦時／年) . . . . .	466.6
容量系數(%) . . . . .	26.5

- **長期風速修正**：使用再分析數據進行檢查，發現預測的風速7.25米／秒低於實際值。
- **應用的總折減率**：峰能認為可行性研究報告和微觀選址報告中採用的總折減率高於實際值，在沒有電網限電的情況下，實際發電量可能高於預測值。

### 楊樹溝風電場 (49.5兆瓦)

長期平均風速 (米／秒) . . . . .	65米高度，7.76
總折減 (不包括尾流折減) (%) . . . . .	33.3
等效滿負荷小時數 (小時／年) . . . . .	2,296
發電量 (吉瓦時／年) . . . . .	113.7
容量系數(%) . . . . .	26.0

- **長期風速修正**：使用再分析數據進行檢查，發現預測的風速7.76米／秒可能略高於實際值。

- **實際安裝的風力發電機：**可行性研究報告沒有呈列採用實際風力發電機類型（GW1500/77，輪總高度為65米）進行的發電量預測。以上給出的等效滿負荷小時數與容量系數是根據可行性研究報告中的數據對此風力發電機作出的估計。
- **應用的總折減率：**峰能認為可行性研究報告中採用的總折減率可能高於實際值，在沒有電網限電的情況下，實際發電量可能高於預測值。

#### 5.2.4 發電量審查的結論

以上部分提供了對九個運營風電場和兩個在建風電場發電量預測的審查。

雖然在風資源評估及預測發電量過程中還有需要改進的地方，但總括來說，結果是具有參考價值的。在不考慮電網限電折減的情況下，實際的風場發電量很可能將較可行性研究報告中預計的大。

### 5.3 可利用率和發電量審查

峰能已對九個運營風電場的歷史發電量進行了詳細審查，以評估其性能，並為未來的發電量預測提供參考。

對運營風電場的歷史發電量已參照現有的風資源及發電量的表現進行檢查。

#### 5.3.1 風電場發電量審查

處於運營階段的九個風電場的實際發電量數據已與預算值進行了比較。

表26呈現了由大唐新能源提供的實際和預算的發電量。峰能獲悉，實際的發電量指的是運營期內的年平均值。

在八個運營風電場中，有三個風電場的實際發電量低於預算，其餘五個則高於預算。風電場的運營差異可能是因為長期平均風速與運營期間風速之間的差異所致，也可能是因為風機可利用率和性能低於或超過預期值。在以下部分中將對運營期間的風速展開調查。資產組合的表現略優於預算，顯示出技術和地理多樣化資產組合的優勢。

表26：資產組合發電量

風電場	試運行時期	運營數據涵蓋時期	風電場發電量 (吉瓦時/年)		比率：實際 值/預算值
			實際值	預算值 <sup>1</sup>	
東海大橋第一分段...	二零零九年三月至 二零一零年六月	不適用 <sup>2</sup>	不適用	267.6	不適用
洮南1期.....	二零零五年十一月至 二零零六年三月	二零零七年一月至 二零零九年十二月	104.4	103.2	101.2%
雙遼2期.....	二零零八年十二月至 二零零九年四月	二零零九年四月至 二零零九年十二月	104.5 <sup>3</sup>	107.5	97.2%
東營1期.....	二零零八年十二月至 二零一零年三月 <sup>6</sup>	二零一零年三月至 二零一零年六月	102.7 <sup>3</sup>	96.6	106.3%
白銀市景泰興泉....	不詳至 二零零九年一月	二零零九年一月至 二零零九年十二月	88.8	84.7	104.8%
賽罕壩1期.....	二零零五年八月至 二零零五年十二月	二零零六年一月至 二零零九年十二月	80.8	73.4	110.1%
東山2期.....	二零零八年一月至 二零零九年一月	二零零九年一月至 二零零九年十二月	128.9	128.0	100.7%
達里4期.....	二零零八年七月至 二零零八年十二月	二零零九年一月至 二零零九年十二月	115.2	122.4	94.1%
多倫大西山2期.....	二零零八年十二月至今	不適用 <sup>4</sup>	66.15 <sup>3</sup>	70.0	94.6%
<b>資產組合<sup>5</sup>.....</b>			<b>103.6</b>	<b>102.4</b>	<b>101.3%</b>

注意：

1. 大唐新能源提供了預算發電量，對於某些風電場而言，這些預算值與可行性研究報告中的預測值略有差異，這是因微觀選址後風電場佈局的變化或者風力發電機類型的變化所致。
2. 投產時間短，因此無該信息統計。
3. 雙遼風電項目2期、東營風電項目1期和多倫大西山風電項目2期中的發電量源於運營風機的滿載時間。等效滿負荷小時數數據是從大唐新能源獲得的，目前還未能對其進行驗證。
4. 在多倫大西山2期風電場項目實地考察期間，發現有六台風力發電機仍處於試運行階段。
5. 資產組合中發電量指的是可用風場的平均發電量，排除雙遼風電項目2期和東營風電項目1期，因為其運營時間不到一年。
6. 峰能從大唐新能源了解到，試運行期較長的原因在於在試運行過程中風電場在附屬公司之間進行了轉移。

### 5.3.2 風力發電機可利用率

峰能根據大唐新能源提供的信息對每個風電場的可利用率進行了評估。此處的可利用率數值代表的是風力發電機合同中的風機可利用率，並未考慮因其他問題（如第5.3.3節中討論的電網限電）而導致的故障停機時間。需注意的是，所提供的可利用率時期可能與表26中呈現的發電量審查時期不一致。

將實際可利用率與可行性研究報告中的預算值進行比較，以便確定風機性能是否超過預算值。該分析是以大唐新能源提供的月度可利用率數值為依據。

與運營前期相比，風電場前幾個月的風機可利用率一般較差。在二零零九年一月之前，沒有提供任何關於資產組合中風電場的數據。因此，預計現有的風機可利用率可以合理地代表未來的可利用率（多倫大西山風電項目2期除外，因為六個風機還處在試運行階段）。峰能使用提供的發電量數據來評估每個風電場的運營趨勢，並預測長期的可利用率。

表27列舉了由大唐新能源提供的實際可利用率和峰能預測的可利用率。峰能獲悉，實際平均可利用率指的是可用數據的所有月份的可利用率加權平均值。

表27：運營風電場的可利用率

風電場	數據獲得時段 <sup>1</sup>	實際可利用率	擔保的可利用率 <sup>2</sup>	預測的長期可利用率
東海大橋第一分段 . . . . .	不適用 <sup>3</sup>	不適用 <sup>3</sup>	95.0%	不適用 <sup>3</sup>
洮南1期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	97.8%	95.0%	96.4%
雙遼2期 . . . . .	二零零九年四月至 二零一零年六月	96.4%	95.0%	96.0%
東營1期 . . . . .	二零一零年三月至 二零一零年六月	98.2%	95.0%	96.4%
白銀市景泰興泉 . . . . .	二零零九年一月至 二零零九年十二月	98.0%	95.0%	96.4%
賽罕壩1期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	95.8%	95.0%	95.0%
東山2期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	98.0%	95.0%	96.4%
達里4期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	96.0%	95.0%	95.6%
多倫大西山2期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	不適用 <sup>3</sup>	未知	95.0%

注意：

1. 每個風電場的實際可利用率乃根據所提供的月度可利用率數據中計算。需注意，該信息由大唐新能源提供，在審查過程中，不可能對其進行驗證。
2. 沒有獲得多倫大西山風電項目2期的風機擔保可利用率和運營階段可利用率數據，因為風電場中有6台風力發電機仍處於試運行階段。
3. 投產時間短，因此無該信息統計。

實際和預測的可利用率對於陸上運營風電場而言是合理的，且於運營階段都達到擔保的可利用率，惟多倫大西山風電項目2期除外，因其仍處於試運行中。

### 5.3.3 電網限電

吉林和內蒙古地區的大部分風電場都遇到了電網限電問題。這種狀況有望得到改善，原因是政府將在接下來的五年內會實施電網加強計劃。

因電網限電而導致的風電場發電量損耗是由大唐新能源提供的，表28對此進行了詳細說明。

表28：電網限電折減詳情

風電場	數據可用時段 <sup>1</sup>	於數據 可用時段 實際總產量 (吉瓦時)	於數據 可用時段 電網限電 折減 (吉瓦時)
東海大橋第一分段 . . . . .	不適用 <sup>1</sup>	不適用 <sup>1</sup>	不適用 <sup>1</sup>
洮南1期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	148.9	20.3
雙遼2期 . . . . .	二零零九年四月至 二零零九年十二月； 二零一零年四月至 二零一零年六月	120.7	8.2
東營1期 . . . . .	二零一零年三月至 二零一零年六月	38.7	0
白銀市景泰興泉 . . . . .	二零零九年一月至 二零零九年六月； 二零一零年一月至 二零一零年六月	102.2	0
賽罕壩1期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	117.3	17.6
東山2期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	180.4	104.3
達里4期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	165.9	18.3
多倫大西山2期 . . . . .	二零零九年一月至 二零一零年六月	95.3	7.4

注意：

1. 投產時間短，因此無該信息統計。

### 5.3.4 可利用率和發電量評估的總結

峰能已對八個運營風電場的歷史發電量進行了詳細審查，以評估其性能，並為未來的發電量預測提供參考。

峰能對提供的月度報表和運營數據進行了分析，以便比較預算和實際的發電量。在八個運營風電場中，三個風電場歷史運營數據低於預算，五個高於預算。從總體上來說，資產組合的表現優於預算，顯示出了多樣化資產組合的優勢。

實際的和預計的可利用率對於運營的陸上風電場來說是合理的。除多倫大西山風電項目2期仍處於試運行階段外，其餘風電場在運營階段都達到了擔保的可利用率。

大部分風機的可利用率大於95%，達到了中國國內製造商的風力發電機合同中保證的可利用率的基準。在使用國內風力發電機的風電場中還存在一些可利用率的問題，但這是普遍存在的問題，並不僅僅出現在該資產組合中。多樣化的風力發電機製造商和風力發電機類型降低了資產組合中任何一種特定風機類型出現故障的機率，進一步顯示了資產組合的優勢。

峰能從行業公告<sup>12</sup>中了解到，在新疆、甘肅、河北、吉林、江蘇、內蒙古東部和內蒙古西部地區的電網將大大改善，預期將減少這些區域內的電網限電情況。

<sup>12</sup> 國家電網於二零一零年五月三十一日公佈的七個千萬千瓦風電基地輸電規劃及國網公司風電場和光伏電站接入系統管理意見。

#### 5.4 風力發電機佈局和風電場合適性

根據造成風力發電機疲勞和極度負荷的風況條件，國際風力發電機設計標準 IEC61400-1 中具體列明風機的等級。其中特別考慮了風切變、湍流強度、50 年陣風風速和長期平均風速因素。正確了解一個風電場的風況非常重要，未能了解風況將會導致風力發電機性能不佳或導致其運行壽命縮短。風力發電機一般需經過 IEC61400-1 風力發電機系統—第 1 部分設計要求(2005) 的認證，表 29 中具體列出了風力發電機的分級標準。

表 29：IEC 61400-1 (2005) 風力發電機等級的基本參數

參數	IEC 等級 I	IEC 等級 II	IEC 等級 III
參考風速 (米/秒) . . . . .	50	42.5	37.5
每年平均風速 (米/秒) . . . . .	10	8.5	7.5
50 年陣風 (米/秒) . . . . .	70	59.5	52.5
湍流強度達 15 米/秒			
IEC 等級 A . . . . .		16%	
IEC 等級 B . . . . .		14%	
IEC 等級 C . . . . .		12%	

極大風速可能會加速及或加重風力發電機的故障。根據待開發風電場的這些風況參數特點，可以使開發商選擇正確的風力發電機類型。湍流是引起風力發電機疲勞負荷的主要原因。在 IEC61400-1 手冊中，風切變指數的典型設計值為 0.2。在考慮風力發電機疲勞負荷時，風切變很重要，當風電場區域風切變指數大於 0.2 時必須與風力發電機製造商聯繫並討論。

大多數的可行性研究報告在風場測風塔位置評估了這三項風況參數。但是可行性研究報告中沒有考慮到風力發電機尾流引起的湍流強度，這種情況在中國是普遍存在的。風機尾流會明顯增強風力發電機下風方向位置的湍流強度並增加風機的疲勞負荷。該情況對周圍低湍流集中位置影響更大，因為尾流傳播的距離更遠。需要注意的是，可行性研究報告中並沒有考慮由於風力發電機尾流引起的湍流強度，即使這種湍流是很明顯的。考慮到相對寬敞的風力發電機間距和大多數風電場的低湍流強度，峰能認為在考察的 11 處風電場中湍流強度不太可能造成風力發電機的過度疲勞負荷。

可行性研究報告中的風場佈局是綜合考慮風電場特徵、限制、布線和尾流折減最小化等因素後得到的。大多數風場的風機間隔和佈局設計是合理的。一般來說，可行性研究報告的風機佈局和微觀選址後實際優化的佈局會有所差別。由於佈局差別而對發電量造成的影響一般很小。

表30中總結了峰能對每個風電場所選風力發電機的適用性評估。表30中的符號可以說明風電場條件是否符合風力發電機的設計閾值。表的下方描述了這些符號的意義。

東山風電項目2期中測風塔位置及測風塔高度的年平均風速較風力發電機的設計閾值10.0米／秒超出0.2米／秒。由於可行性研究報告中沒有對風況條件做出評估，峰能根據目前得到的信息無法確定該風力發電機的適用性。

在多倫大西山風電項目2期的測風塔位置，70米高度的年平均風速預測值為8.8米／秒，該數值超過了IEC等級II的風力發電機設計閾值，即8.5米／秒。但是，考慮到湍流強度低(8.5%)以及輪總高度較低(65米)，所以從風力發電機負荷的角度來看，應該可以在多倫大西山風電項目2期中使用IEC等級II的風力發電機。

東營風電項目1期的極大風速預測比風力發電機設計閾值超出0.5米／秒。因此當50年極大風速超過風力發電機運行閾值時，將會存在一定的風險。

表30：風電場適用性

風電場	東海大橋 第一分段 (海上)				白銀市		赤峰		多倫大
	洮南1期	雙遼2期	東營1期	景泰興泉	賽罕壩1期	東山2期	達里4期	西山2期	
風力發電機類型 . . . .	華銳 SL3000	歌美颯 G58-850	金風 GW82-1500	東方 FD77A-1500	華銳 SL1500/77	維斯塔斯 V52-850	維斯塔斯 V80-2000	華銳 FL1500/70	明陽 MY1500se
IEC等級 . . . . .	IEC IA	IEC IIIB	IEC IIIC	-	IEC IIA	IEC IA	IEC IA	IEC IIB	IEC IIC
年平均風速 . . . . .	√	√	√	-	√	√	∅	√	∅
50年3秒陣風 . . . . .	-	-	-	∅	-	-	-	-	-
50年10分鐘 最大風速 . . . . .	√	-	√	-	√	-	-	-	√
湍流強度 (15米／秒) . . . . .	√	-	√	-	√	-	-	-	√
風切變 . . . . .	√	√	∅	-	√	√	-	-	√
極端溫度 . . . . .	√	√	0	-	0	-	0	√	√
風機佈局 . . . . .	√	√	√	√	√	-	-	-	-
整體評價 . . . . .	√		√		√				√

- √ 適合 — 風電場條件適合風力發電機設計閾值。
- 無信息 — 沒有評估或沒有得到風力發電機的設計閾值。
- 發電量折減 — 在發電量預測中考慮了極端溫度對風機的影響。
- ⊖ 超出IEC設計閾值 — 風電場條件超出IEC設計閾值，可能會引起風力發電機的疲勞載荷。
- ∅ 超出風力發電機設計閾值 — 風電場條件超出風力發電機設計參數，可能引致風力發電機故障或降低風力發電機壽命。

注意：有三個風電場沒有進行風況評估：賽罕壩1期，東山2期和達里4期。

對部分風電場沒有進行整體適用性評估，原因是缺少50年3秒陣風、15米／秒的湍流強度及／或風切變信息。

#### **5.4.1 風力發電機佈局和風電場合適性的總結**

一般來說，無法獲得極大風速風險的信息，原因是在中國沒有進行該類分析的慣例。缺乏此項分析將導致整體評估時不能得出肯定結果。

雖然有些風電場的運行受到風力發電機設計閾值的限制，但是總體來看所評估的風場中使用的大多數風力發電機都能符合運行環境要求。

大多數風力發電機在運行中的良好適用性表明大唐新能源在挑選風力發電機時參照了風力發電機設計標準，以保證風力發電機能夠達到規定的設計壽命。

#### **5.5 運行與維護安排**

一個富有經驗的運行與維護（運行維護）團隊和卓有成效的運行維護策略是增長利潤和延長風電場壽命的關鍵。大唐新能源的運行維護策略和規定從以下來源獲得：

- 實地考察，峰能顧問與現場工作人員討論運行維護安排。
- 同大唐新能源相關人員會面，討論現在的運行維護安排和未來的運行維護戰略。

##### **5.5.1 運行維護策略**

風力發電機的質保期，除了雙遼2期和東海大橋第一分段為五年之外，其他項目一般為兩至三年。在質保期內，大唐新能源主要依靠風力發電機廠商來承擔定期和不定期的保養工作。大唐新能源的維護團隊和風力發電機廠商的團隊一起工作，並接受適當的培訓，這使大唐新能源能夠在風力發電機質保期後接管風電場的運行維護工作。

在風力發電機質保期內，大唐新能源負責風電場配套設施的維護工作，例如公路和排水設施的保養。

大唐新能源成立了一家專門負責運行維護工作的附屬公司。該公司在以下第5.5.4節中會有進一步論述。在赤峰，峰能顧問實地考察過的風電場已經與該附屬公司簽署了運行維護協議，涵蓋了風力發電機和風電場配套設施的維護工作。

### 5.5.2 風力發電機質保期內的運行維護

表31對11個風電場的運行維護現狀作出總結。從表31來看，大多數風電場的質保期為兩年。目前有兩個風電場的質保期已過：賽罕壩1期和洮南1期。大唐新能源負責這兩個風場的運行維護工作。

有七個風電場仍在風力發電機質保期內，風力發電機製造商負責這些風電場的維護工作。餘下的兩個風電場，即楊樹溝和玉門昌馬第一風電場，目前正在施工中。

表31：質保期狀況

風電場	風力發電機	質保期截止日 <sup>1</sup>	質保期 (年)	運行維護 提供方
達里4期	華銳	二零一零年十二月十六日	2	華銳
東山2期	維斯塔斯	二零零九年十二月二十八日至 二零一一年一月十三日	2	維斯塔斯
多倫大西山2期	明陽	未開始保修	2	明陽
賽罕壩1期	維斯塔斯	二零零七年八月十二日至 二零零七年十二月二十三日	2	大唐新能源
白銀市景泰興泉	華銳	二零一一年一月十三日	2	華銳
雙遼2期	金風	二零一三年十二月二十三日至 二零一四年四月一日	5	金風
洮南1期	歌美颯	二零零八年七月九日	2	大唐新能源
東營1期	東方	二零一一年一月十四日至 二零一二年三月二十九日	2	東方
東海大橋(海上) 第一分段	華銳	未開始保修	5	華銳
楊樹溝	施工中			
玉門昌馬第一風電場	施工中			

<sup>1</sup> 一個日期表示所有風力發電機的質保同時過期，兩個日期分別代表第一個和最後一個風力發電機的質保過期日。

中國陸上風電場的行業標準質保期一般為兩年。雖然對於經驗證的風力發電機來說，在沒有特別不利的場地條件（如並非複雜地形）的情況下，兩年的質保期是合理的；但對於一些採用新技術且環境複雜的風場來說，質保期長一些會更合適。總體來說，大唐新能源的策略是在有需要時付出額外費用以獲得更長的質保期，因此資產組合中的風機質保期除雙遼2期和東海大橋第一分段是五年外，其他風電場的質保期都在兩年到三年之間。

峰能在討論中了解到，大唐新能源目前正與維斯塔斯協商準備支付合理費用，以將以後合同的質保期從兩年延長到三年。峰能認為更長的質保期對那些在收入穩定性、糾正維修成本和風電場壽命上存在疑問的風電場更有好處。

在風力發電機的供貨合同中明確地說明了供應商在質保期內的義務。風力發電機供應商負責進行定期及不定期檢查，以保證達到協定的可利用率和功率曲線性能。合同中規定的可利用率保證水平是中國的行業標準。

在對風電場的實地考察期間，峰能發現風力發電機上存在着幾個重大問題。多倫大西山2期風電場的風力發電機出現控制系統的問題，且六台風力發電機尚未通過風力發電機供貨合同中要求的240小時試運行。這導致項目進展比原計劃延遲了逾一年半的時間。大唐新能源高度重視此問題，並表示有信心嚴肅處理並解決該問題。

在達里4期項目中，該場址風力發電機的主要零件必須進行更換。這可能與製造質量有關，因為問題零件是在相同時期和相同地點生產的，而使用同一生產線同期生產的相同零件的其他風電場亦遇上同一問題。風力發電機製造商同意延長質保期，並承擔維修費用，峰能認為該問題已得到圓滿解決。

洮南1期項目中出現了葉片破裂的問題，而相關方已經採取積極措施來解決此問題，並正進行質保期內零部件更換程序。

應注意的是，上述這些風電場的問題都是在質保期內出現的，因此，由風力發電機製造商負責更換故障零件。資產組合中使用的風力發電機型號相對較廣，減少了與任何特定風力發電機型號有關的問題，並突出了資產組合的優勢。

在仔細審查完這11個風電場的風力發電機合同後，我們認為風力發電機供應商在質保期內安排的培訓課程是全面和具體的。培訓課程通常包括運行、維護和維修，並涵蓋了可能會在風電場出現的大多數問題。根據現場的觀察和與相關人員的討論，峰能認為大唐新能源團隊在現場和技術培訓期間獲得的運行維護經驗，使之能夠在風力發電機保修期過後接管風力發電機的運行維護工作。

### **5.5.3 質保期後的運行維護**

如上文所討論的，大唐新能源的運行維護策略是在接受風機製造商的培訓後，在風力發電機的質保期過後接管所有的運行維護工作。峰能認為大唐新能源團隊在風力發電機質保期內獲得的運行維護經驗，使其能夠在質保期後進行有效的風力發電機維護工作。

每個風電場都設有一個倉庫存放常規備件和消耗品。風力發電機的一些核心部件，如變速箱、發電機和葉片等，則沒有存放在倉庫內，而是在有需要時向風力發電機供應商訂購。

在赤峰地區的大黑山風電場附近有一些過了質保期的風電場裝有維斯塔斯風力發電機。為了方便零配件的供應，大唐新能源建造了一個大黑山聯合庫房，以供維斯塔斯存放備件。聯合庫房內存放有V52和V80風力發電機需要的重要常規備件，包括變速箱和發電機。但是，倉庫備件清單裡沒有葉片。如需葉片的話，需要從維斯塔斯工廠直接採購。峰能認為大黑山聯合庫房使備件的供應更為有效便捷。峰能了解到大唐新能源已經準備將此聯合庫房的方案推廣到其他地區。

質保期已過的兩個風電場即賽罕壩1期和洮南1期，在實地考察和與大唐新能源相關人員的討論中均沒有發現任何問題。

如第4.4節中討論的風力發電機技術，有些國內的風力發電機製造商在風力發電機的可靠性上出現過問題，而歐洲的製造商生產的風力發電機則被證實一般為較可靠。大唐新能源已經意識到這些問題，並知悉所使用的風機技術可能導致某些風電場的維護要求被相應提高。

#### **5.5.4 附屬公司的運行維護策略**

為更好地管理資產組合中所有風電場的運行維護工作，大唐新能源成立了一家附屬公司，名為大唐新能源北京檢修分公司（北京檢修），該公司於二零零九年十一月五日成立。峰能獲悉該公司擁有132名員工。

北京檢修的主要工作是質保期後的檢查、定檢和故障檢修。其目的是使北京檢修能夠接管所有已過質保期的風電場的風力發電機維護工作。關於資產組合中餘下的風電場，北京檢修將在質保期後將接管風力發電機的維護工作。北京檢修將同時負責所有風電場的變電站維護工作。

北京檢修負責培訓維修技術員。維修技術員參加了維斯塔斯的技術培訓課程，內容包括操作、維修和安全培訓，並獲得「風機維護工程師」證書。該證書不僅使員工能夠在質保期後高質量地完成維護工作，還意味着他們可以獲維斯塔斯聘用為質保期內的風電場服務，這使他們可以從有經驗的維斯塔斯主管身上獲得第一手的維修經驗。

目前，北京檢修與內蒙古和遼寧的13個風電場簽訂了運行維護合同。合同上明確說明了雙方的責任和義務，並清晰界定了定檢的範圍。此外，合同上註明了可利用率目標，以及相關的獎勵和懲罰措施。

北京檢修下設的研究中心目前正在進行風力發電機控制系統的研究，以期望能在未來提供相關的技術支持。北京檢修表示目前正在研究如何優化風機性能。

根據北京檢修在內蒙古和遼寧的經驗，相信該公司具有豐富的經驗和能力在未來接管資產組合中所有風電場的維護工作。

#### **5.5.5 運行維護的總結**

大唐新能源的運行維護策略被視之為合理。在質保期內獲得的經驗和培訓，使大唐的維護團隊能夠在質保期過後接管風力發電機的維護工作。

所有風電場上都設有一個備件倉庫，存放小部分的零部件和耗材。赤峰市的大黑山聯合庫房能夠使製造商在風電場附近存儲主要的零部件。峰能獲悉該方案將被推廣到其他地區。

成立大唐新能源北京檢修分公司來管理資產組合的所有維修工作是一項適當的策略。此做法能有助降低維護成本，優化風電場表現，也能讓大唐新能源的員工互相分享知識和經驗。

#### **5.6 項目成本**

大唐新能源風電場項目的資本支出(Capex)預算在風電場開發和施工階段有不同的名稱。在開發階段，可行性報告中界定的原始預算，稱之為「概算」。該預算在本報告中稱為「原始概算」。主合同確認後（不必獲批准），原始預算將進行修改以產生新的預算，稱為「修編概算」。該預算在本報告中稱為「修編概算」。最後，在風電場試運行一年或兩年後，審核公司將編製風電場的最終成本，稱為「決算」。決算在本報告中稱為「最終成本」。

在本節中，峰能審查了概算計算的方法，根據行業標準對比原始概算和修編概算的合理性，以及最終成本的合理性。峰能還比較了原始概算和最終成本，審查大唐新能源的成本控制能力。評估工作是根據下列文件為基礎：

- 可行性研究報告(FSR)，其中包含原始概算；
- 修編概算(RBR)，其中包含修編概算；及
- 竣工決算(FSA)，其中包括最終成本。

### 5.6.1 概算方法審查

峰能詳細地審查了可行性研究報告中的原始概算，認為原始概算是按照國家標準進行計算，即《風電場工程可行性研究報告設計概算編製辦法及計算標準》<sup>13</sup>和《風電場工程概算定額》<sup>14</sup>。這兩份文件代表了標準的概算計算方法，並提供了最大允許的建設和安裝費用。但是，文件中沒有說明設備（如風力發電機）的可允許費用。

修編概算將在施工階段公佈。主施工合同的價格在該階段公佈，而原始概算將根據招標文件中的價格進行修改。

最後，風電場竣工後的一年或兩年內，大唐新能源將聘用審核公司來計算風電場相關的實際資本開支，以確定竣工決算。

峰能認為該過程是合理的。

玉門昌馬第一風電場和楊樹溝風電場都在施工階段，因此沒有修編概算和最終成本。由於大唐新能源的風電場運營時間一般未滿兩年，而在風電場運營一年或兩年後才會具有最終成本，因此只有六個風電場擁有最終成本供審查。

峰能在審查完原始概算、修編概算和最終成本後，有以下意見：

- 大唐新能源在八個運營的風電場中的修編概算與原始概算相比，變化範圍在±5%以內，因此峰能對大唐新能源評估項目成本的能力有信心。
- 大唐新能源提供的六個風電場的最終成本都在修編概算的範圍內，這表明預算實際，以及大唐新能源對成本的嚴格控制。

峰能注意到，每兆瓦裝機最終成本最高的風電場是賽罕壩1期。峰能詳細地審查了賽罕壩1期的成本明細表，認為該成本是合理的。成本較高的主要理由是，1期中包括變電站的所有成本，而風電場的五期項目將共同使用該變電站。

每兆瓦裝機成本最低的風電場是達里4期風電項目，成本較低的原因是風力發電機的價格相對較低。

13 (FD 001) (風電場工程可行性研究報告設計概算編製辦法及計算標準) 水電水利規劃設計總院二零零七年。

14 (FD 004) (風電場工程概算定額) 水電水利規劃設計總院二零零七年。本報告中標題的英語翻譯為官方譯文的。

東營1期的原始概算比資產組合中的其他風電場都高。峰能實地考察時，發現該地點位於沿海，潮間地區安裝了10台風力發電機。因此，該地點有較多的地基、潮汐保護和排水費用。因此峰能認為東營風電場1期的高概算是合理的。

雖然海上風電場修編概算和最終成本尚未公佈，但該原始概算比中國陸上風電場的一般成本高出兩倍。從其他國家的經驗來看，海上風電場的成本比陸上成本要高很多，而東海大橋的陸上／海上成本比率與歐洲同業一致。因此，峰能認為，海上風電場的原始概算較高不是問題。

峰能注意到原始概算和修編概算之間的差距分別是賽罕壩1期的42.24%及洮南1期的14.12%。峰能還發現，這兩個風電場是資產組合中使用最久的風電場，在二零零四年開始施工。因此，造成這些明顯差距的主要原因可能是缺乏經驗。此外，大唐新能源選擇在這兩個風電場安裝進口的維斯塔斯和歌美颯風力發電機，風力發電機的高額成本也是導致預算差距的另外一個原因。另外，如前面提到的，變電站的全部成本都計算在賽罕壩1期的最終成本之內。假如扣除變電站的成本，原始和修編概算的差距在14.87%，該差距與洮南1期相似。

關於六個已經得出最終成本的風電場，該成本要比修編概算低。達里4期的最終成本和修編概算的之間的差距最大，為15.23%。此外，雙遼2期的差距為12.54%，東山2期的差距為9.31%。竣工決算上說明了這些明顯差距的原因是風力發電機的退稅，該退稅金額沒有包括在修編概算中。

### **5.6.2 項目成本的總結**

大唐新能源採用國內通用的方法來計算原始概算，該方法備受中國風電行業認可。峰能認為該方法是合理的。此外，八個評估的運營風電場的修編概算與原始概算的變化在±5%範圍之內，這充分證明大唐新能源對項目成本的判斷十分準確。

大唐新能源就六個風電場提供的最終成本都在修編概算範圍內，這表明大唐新能源的預算切合實際，且成本控制嚴格。

### **5.7 施工進度表**

峰能已經對兩個建設中的風電場，即玉門昌馬第一風電場和楊樹溝風電場的施工進度表進行了仔細的審查。在本節中，峰能將評估這兩個風電場的施工進度，以確保施工階段重點項目的時間安排充裕。

此外，峰能將根據項目進度表討論所評估運營風電場的施工進度。

### 5.7.1 施工進度表

施工進度表的評估將依據以下文件：

- 昌馬1期風電場里程碑計劃；
- 昌馬1期風電場施工進度表；
- 大唐新能源楊樹溝風電場計劃進度表；及
- 大唐新能源楊樹溝風電場施工進度表。

### 5.7.2 玉門昌馬第一風電場項目

玉門昌馬第一風電場是位於甘肅省內的一個特許權項目，由134個華銳1500風力發電機組成，最終總裝機容量將達201兆瓦。施工預計在21個月之內完成，從二零零九年四月開始施工，到二零一零年十二月完成。峰能已經審查了施工期間的四個主要工作的時間分配，如表32所示：

表32: 玉門昌馬第一風電場施工進度表

施工項目	施工時間分配
變電站建設.....	5個月（自零九年四月八日至零九年八月三十日）
風力發電機基座混凝土澆築.....	8個月（自零九年四月二十八日至零九年十二月三十一日）
風力發電機吊裝.....	6個月（自一零年五月一日至一零年十月三十日）
風力發電機試運行.....	4個月（自一零年九月一日至一零年十二月三十一日）

由表32可見，風力發電機基座混凝土澆築的總時間分配大約是8個月，相當於每台風力發電機的完工時間不到1.9天。風力發電機吊裝的總施工時間分配是6個月，這相當於每台風力發電機的完工時間不到1.4天。風力發電機試運行的時間分配是4個月，相當於每台風力發電機進入試運行階段的時間不到0.9天。

根據峰能的經驗，中國風電場的建設期普遍比歐洲風電場要短很多，峰能認為施工進度表分配的總施工時間及各項重點項目施工順序均屬合理。風力發電機吊裝和風力發電機基礎混凝土澆築所分配的時間比歐洲項目通常所分配的時間更短。然而，這些時間分配對於中國項目來說，並非不合理。峰能認為，中國項目步伐更快主要歸功於更廉價的勞動力成本，以及承包商能夠靈活調動和組織人力資源的能力。根據峰能的經驗，為了加快完工時間，超過1,000人參與此類項目的建設並非罕事。

峰能審查了截到目前為止的項目進展，發現一些重點環節比施工進度表的計劃提前完成。例如風力發電機吊裝，於二零零九年十一月動工，到二零一零年六月完成，而非如計劃中那樣於二零一零年五月一日開始施工，到二零一零年十月三十日完工。在玉門昌馬第一風電場的實地考察期間發現，施工建設正順利進行，與進度表時間一致，甚至可能提前完成。峰能從工地現場工作人員處獲悉，就項目進度表而言，施工期間還未遇到任何問題。

### 5.7.3 楊樹溝風電場項目

項目進度表審查的第二個建設中風電場是楊樹溝風電場，位於內蒙古境內。楊樹溝風電場預計由33台金風1,500千瓦的風力發電機組成，總裝機容量將達49.5兆瓦。赤峰楊樹溝風電場將和鄰近的長汗溝風電場同時施工。長汗溝風電場將由25個上海電氣2,000千瓦的風力發電機組成，總裝機容量也是49.5兆瓦。兩個風電場的建設將被視為一個99兆瓦工程。此工程預計在6.3個月內完工。每個項目的時間分配如表33所示：

表33：楊樹溝和長汗溝風電場施工進度表

施工項目	施工時間分配
變電站建設.....	4.3個月（自一零年五月九日到一零年九月十八日）
風力發電機基座混凝土澆築.....	3.3個月（自一零年五月二十三日和一零年九月四日）
風力發電機吊裝.....	2.7個月（自一零年七月十一日到一零年十月二日）
風力發電機試運行.....	1.5個月（自一零年八月十五日到一零年十二月二日）

由表33可見，風力發電機基座混凝土澆築的總時間分配大約是3.3個月，相當於每台風力發電機的完工時間不到1.7天。風力發電機吊裝的總施工時間分配是2.7個月，這相當於每台風力發電機的完工時間不到1.4天。風力發電機試運行大約是1.5月，相當於每台風力發電機的試運行時間不到0.8天。

峰能認為此項目的施工進度表相對樂觀，因為此項目的完成需要比玉門昌馬更高效的施工效率。然而，應該指出的是，施工將於一年中天氣最適宜的時間段進行，並且豐富的勞動力資源亦可顯著加快施工進度。

在二零一零年七月一日對楊樹溝的實地考察期間，峰能顧問發現施工隊已經完成變電站基礎建設，並開始安裝主變壓器，此進度與進度表一致。峰能顧問從風電場工程負責人處獲悉，13台風力發電機基座的混凝土澆築已經完工，先於進度表規劃。

峰能已經審查大唐新能源提供的施工進度表，發現唯一一項沒有與施工進度表一致的工作是風力發電機配送，比進度表晚了大約一周時間。

### 5.7.4 運營風電場

峰能顧問獲悉，除多倫大西山2期之外，運營風電場均在有關進度表所規劃的時間內完工。多倫大西山2期的六台明陽風力發電機還未通過風力發電機供應合同規定的240小時持續運行測試。根據項目進度表，所有風力發電機計劃於二零零九年一月投入運營，由此可見，這個進度已推遲了逾一年半的時間。

峰能已從大唐新能源獲悉，使用多種國內風力發電機，而非僅局限於三大品牌的原因是為了在資產組合中採用多種品牌的風力發電機從而減低相關風險。

在多倫大西山2期的案例中，峰能從大唐新能源了解到，該問題已得到積極應對，並且大唐新能源的管理層對此給予了高度重視。峰能了解到，大唐新能源已聯繫了風力發電機供應商，並敦促其準備足夠的備件以處理故障。此積極行動讓峰能相信，大唐新能源能夠在高層管理層的支持下，積極尋求解決問題的方法。峰能從大唐新能源了解到，資產組合中的其他風電場還未發生過類似問題，因此可將這個問題視為一個特例。

#### **5.7.5 關於施工進度表的結論**

峰能對玉門昌馬第一風電場和楊樹溝風電場的施工進度表進行審查，發現風電場的大部分工作都按進度表進行，甚至先於進度表。因此，儘管與歐洲風電場及部分中國風電場相比，該施工進度表有些緊湊，但是若能持續供給充足的資源，這些進度還是可以實現的。

根據從現場收集到的信息，峰能認為大唐新能源在完成施工進度方面具有足夠的項目管理能力。

### **5.8 電氣設計和SCADA系統**

峰能已在大唐新能源所提供的信息基礎上，對風電場電氣設計進行仔細審查，並已對電纜回路、變壓器和變電站設計的適宜性進行審查。另外，峰能對用於每個風電場的數據採集與監視控制(SCADA)系統都已進行概要審查。審查的結論如下。

#### **5.8.1 東海大橋第一分段**

如第3.2節對所選風電場評估的說明一樣，位於上海東海岸的上海東海大橋風電場，是海上風電場的示範項目。總計34台華銳SL3000風力發電機已經安裝完畢投入運行，此項目的總裝機容量達102兆瓦。

##### **5.8.1.1 電氣設計審查**

東海大橋海上風電項目第一分段的設計包括兩台120兆伏安的主變壓器，其容量足以將電力傳輸到220千伏／110千伏的海洋變電站。此設計包括兩條110千伏輸電回路，每條回路均配有一台變壓器，在其中一條輸電回路發生故障時，另一條可繼續維持電力輸送。

每台風力發電機都有相應的變壓器，位於其底部塔架內部。整個項目有四條獨立的35千伏的輸電回路，每條回路由8至9組變壓器組成，並通過35千伏海底電纜(FYJQF41G+OFC-26/35-3×300)連接到風電場變電站。可行性研究報告表明，當海洋變電站的110千伏的母線發生短路時，其系統短路電流瞬時值將為25千安培。110千伏的電路斷路器和35千伏的電路斷路器的保護值是合理的。

可行性研究報告表明，當110千伏的母線發生短路時，在變電站110千伏一側，風電場傳輸系統短路電流水平為26.42千安培；在35千伏一側，系統短路電流水平為19.85千安培；在風力發電機變壓器的35千伏一側，其為10.54千安培；在風力發電機的0.69千伏一側，其為42.08千安培。110千伏和35千伏的電路斷路器適當的保護值足以應對可能發生的短路故障。

經過初步評估，風電場的電氣設計被視之為合理。

#### 5.8.1.2 SCADA系統的審查

風電場的SCADA系統由華銳提供，系統由一台本地控制服務器和一台遠程控制服務器組成。本地控制服務器位於風電場變電站監測中心，由一台戴爾Power Edge 1900服務器和一台戴爾Precision Workstation 390組成。遠程控制系統由一台戴爾Precision Workstation 390和一台戴爾620筆記本電腦組成。項目所採用的SCADA系統的穩定性和性能被視之為合理。

大唐新能源和華銳正通過狀態監控密切監測風力發電機的性能。目前還未發現任何重大問題且未發生硬件更換情況。

### 5.8.2 洮南1期

洮南風電場1期位於吉林省洮南市北部。二零零五年十一月二十九日，項目實現商業運營。風電場總裝機容量為49.3兆瓦，由58台歌美颯G58-850千瓦的風力發電機組成。

#### 5.8.2.1 電氣設計審查

洮南風電項目1期使用兩台31.5兆伏安的主變壓器，其容量足以將該項目電能輸出到220千伏的白城變電站。

每台風力發電機通過兩條平行的1千伏低壓地下電纜（YJV22-4×185平方毫米）連接到其相應的變壓器。整個項目共有十條獨立的10千伏回路。每條回路由5至6個變壓器組成，並通過10千伏地下電纜連接到變電站。風力發電機回路通過電纜（YJV22-3×35平方毫米、YJV22-3×70平方毫米、YJV22-3×95平方毫米、YJV22-3×120平方毫米、YJV22-3×150平方毫米）連接。第六台風力發電機通過中壓地下電纜（YJV22-3×185平方毫米）連接到66千伏變電站的10千伏母線上。峰能經過仔細審查，認為電纜規格是合理的。

可行性研究報告表明，當66千伏母線發生短路時，風電場傳輸系統在變電站10千伏側的短路電流水平為20.82千安培，0.69千伏側的短路電流水平為30.36千安培。66千伏和10千伏所採用的斷路器針對此故障設置合理。

根據詳細的技術審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

#### 5.8.2.2 SCADA系統的審查

風電場的SCADA系統由歌美颯提供，系統由一台本地控制服務器和一台遠程控制服務器組成。此設備的性能是合理的。風力發電機和控制中心的通訊通過光纖進行傳輸。遠程控制服務器與變電站SCADA服務器的接口，通過現場互聯網路由器連接起來。項目所採用的SCADA系統的穩定性及其性能被認為是合理的。

### 5.8.3 雙遼2期

此項目位於吉林省雙遼市北部，距市中心約51公里。二零零八年十二月二十三日，雙遼風電場2期投入商業運營。風電場由33台金風82/1500風力發電機組成，總裝機容量為49.5兆瓦。

### 5.8.3.1 電氣設計審查

雙遼風電場2期的設計使用兩台31.5兆伏安的主變壓器，其容量足以將風電場發出的電能傳輸到220千伏的雙遼變電站。

每台風力發電機通過三條平行的1千伏低壓地下電纜（YJV22-1×240平方毫米）連接到其相應的變壓器。風電場有兩個主變壓器（SFZ11-31500/66/10千伏），一條單回線路將被連接到其66千伏側。整個項目有七條獨立的10千伏回路，每條回路由4至5個風力發電機變壓器組成。此變壓器和導線的規格能夠承載風力發電機的總輸出功率。

可行性研究報告表明，當66千伏母線發生短路時，風電場傳輸系統的短路電流水平在66千伏側為24.13千安培，10千伏側為26.71千安培，0.69千伏側為98.32千安培。66千伏和10千伏的電路斷路器保護值足以應對可能發生的短路故障。

經過詳細的技術審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

### 5.8.3.2 SCADA系統的審查

風電場的SCADA系統由金風提供，系統由一台本地控制服務器和一台遠程控制服務器組成。風力發電機和控制中心的通訊通過光纖進行傳輸。遠程控制服務器和變電站SCADA服務器的接口，通過現場互聯網絡由器連接起來。SCADA系統的穩定性和性能被視之為合理。

## 5.8.4 東營1期

此項目位於山東省距東營市中心約30公里的沿海地區。二零零八年十二月二十三日，東營風電場實現商業運營。風電場由33台東方FD70B-1500風力發電機組成，總裝機容量為49.5兆瓦。

### 5.8.4.1 電氣設計審查

東營風電場1期的設計使用一台50兆伏安的主變壓器，其容量足以將電能傳輸到220千伏／110千伏的濱海變電站。

每台風力發電機通過低壓地下電纜（4xYJV 0.6/1-1×240平方毫米）連接到其相應的變壓器的0.69千伏側。整個項目有三條獨立的35千伏輸電回路，每條回路由10到12個變壓器組成，通過35千伏的架空輸電回路連接到風電場的變電站。每條回路中，容量為1600千伏安的變壓器，通過中壓地下電纜（YJQ22-26135-3×50）連接到離其最近的35千伏架空輸電回路。35千伏架空回路（JL/LB20A-150/25）終端為變電站外牆。再由地下電纜（YJQ22-26/35-3×185）將其連接到風電場110千伏／35千伏變電站中壓開關裝置。導線有足夠容量承載風力發電機的總輸出功率。

可行性研究報告表明，在東營風電場變電站的滿負荷運營情況下，風電場傳輸系統的短路電流水平為17.05千安培。110千伏和35千伏的電路斷路器保護值設置合理。

經過詳細的技術審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

#### 5.8.4.2 SCADA系統的審查

風電場的SCADA系統由東方提供，系統由一台本地控制服務器和一台遠程控制服務器組成。風力發電機和控制中心的通訊通過光纖進行傳輸。遠程控制服務器的變電站SCADA服務器的接口，通過現場互聯網路由器連接起來。SCADA系統的穩定性和性能被視之為合理。

### 5.8.5 白銀市景泰興泉

此項目位於甘肅省白銀市興泉區北部，離市中心約1公里。二零零八年底，白銀興泉風電場實現商業運營。風電場由30台華銳1500/77風力發電機組成，總裝機容量45兆瓦。

#### 5.8.5.1 電氣設計審查

景泰興泉風電場的設計使用兩台50兆伏安的主變壓器，其容量足以將風電場發出的電能傳輸到110千伏的環東變電站。

每台風力發電機通過四條平行的1千伏額定低壓地下電纜（VV22-3×240+1×120平方毫米）連接到其相應的變壓器。整個項目有八條獨立的10千伏回路，每條回路由3至4組變壓器組成，通過10千伏的架空輸電回路連接到風電場變電站。每條回路中，容量為1600千伏安的變壓器，通過10千伏中壓地下電纜（YJV22-10-3×50平方毫米）連接到離其最近的10千伏架空輸電回路上。10千伏架空回路（LGJ-185平方毫米）終端為變電站外牆。再由地下電纜（YJV22-10-3×240平方毫米）將其連接到風電場110千伏／10千伏變電站中壓開關裝置。電纜的規格合理。

可行性研究報告表明，風電場傳輸系統和110千伏／10千伏變電站的設計是為了滿足二零二零年的最大容量預測。當110千伏母線發生短路時，系統短路電流水平為5.92千安培。110千伏和10千伏電路斷路器的保護值設置合理。

經過詳細的技術審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

#### 5.8.5.2 SCADA系統的審查

風電場的SCADA系統由華銳提供。本地控制服務器由一台戴爾Power Edge 1900服務器和一台戴爾Precision Workstation 390組成。風力發電機和控制中心的通訊通過光纖進行傳輸。SCADA系統的穩定性和性能被視之為合理。

### 5.8.6 玉門昌馬第一風電場

此項目位於甘肅省酒泉區玉門市西北部，離市中心約8至17公里。玉門昌馬第一風電場由134台華銳1500/82風力發電機組成，總裝機容量達201兆瓦。

#### 5.8.6.1 電氣設計審查

玉門昌馬第一風電場的設計使用一台240兆伏安的變壓器，其容量足以將風電場發出的電能傳輸到330千伏／330千伏的玉門鎮變電站。

每台風力發電機通過四條平行的1千伏低壓地下電纜（YJV22-3×240+1×120平方毫米）連接到其相應的變壓器。整個項目有12條獨立的35千伏回路，每條回路由10到12個變壓器組成，通過35千伏架空輸電回路連接到風電場變電站。每條回路中，容量為1600千伏安的變壓器，通過35千伏中壓地下電纜（YJV22-3×50平方毫米）連接到離其最近的35千伏架空輸電回路。35千伏架空輸電回路（LGJ-185平方毫米）終端為變電站外牆，再由地下電纜（YJV22-10-3×185平方毫米）將其連接到330千伏／35千伏變電站中壓開關裝置。輸電線路有足夠容量承載風力發電機的總輸出功率。

可行性研究報告表明，在35千伏側，風電場傳輸系統的短路電流水平為36.5千安培，在0.69千伏側，為35.8千安培。電氣設備的短路電流水平按40千安培考慮。330千伏和35千伏的電路斷路器的故障值設置合理。

經過詳細的技術審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

#### 5.8.6.2 SCADA系統的審查

風電場的SCADA系統由華銳提供，系統由一本地控制服務器和一台遠程控制服務器組成。風力發電機和控制中心的通訊通過光纖進行傳輸。就穩定性和性能而言，系統的配置是合理的。

大唐新能源和華銳已與Alstom簽訂了風力發電機狀態監測系統協議。狀態監測的重點是使控制體系和維護策略最優化。從實地考察了解到，風力發電機狀態監測系統可以分析風力發電機震動數據，用於預防性維護。擁有最高端的風電場運行維護技術是大唐新能源的一個積極的特徵。

### 5.8.7 賽罕壩1期

此項目位於內蒙古克什克騰旗芝瑞鎮南部。二零零五年八月十二日，賽罕壩風電場1期實現商業運營。風電場由36台維斯塔斯V52 850千瓦的風力發電機組成，總裝機容量為30.6兆瓦。

#### 5.8.7.1 電氣設計審查

賽罕壩風電場1期的設計使用一台50兆伏安的主變壓器，其容量足以將電傳輸到220千伏的烏丹變電站。

每台風力發電機通過低壓地下電纜連接到其相應的變壓器0.69千伏側。變壓器的容量為900千伏安，被連接到最近的35千伏架空輸電回路（LGJ-240/50）。整個項目通過兩條35千伏回路連接到風電場220千伏／35千伏變電站中壓開關裝置。電纜的規格合理。

可行性研究報告表明，當220千伏母線發生短路時，系統短路電流水平為8.8千安培。220千伏和35千伏的電路斷路器保護值設定合理。

經過詳細的技術審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

#### 5.8.7.2 SCADA系統的審查

維斯塔斯圖像控制與監視系統(VGCS)由維斯塔斯提供，系統由一本地控制服務器和一台遠程控制服務器組成。風力發電機與控制中心的VGCS系統通訊是通過屏蔽雙絞線進行傳輸，而並非通過光纖，其對閃電的影響更為敏感。遠程控制服務器與變電站SCADA系統服務器的接口，通過現場互聯網路由器連接起來。SCADA系統的穩定性和性能被視之為合理。

#### 5.8.8 東山2期

此項目位於赤峰市西北110公里處。二零零七年十二月二十七日，東山風電場2期實現商業運營。風電場由25台維斯塔斯V80 2兆瓦的風力發電機組成，總裝機容量為50兆瓦。

##### 5.8.8.1 電氣設計審查

東山風電項目2期的設計使用一台50兆伏安的變壓器，其容量足以將電傳輸到220千伏／220千伏的賽罕壩變電站。

每台風力發電機通過低壓地下電纜(YJV22-3×300+1×150平方毫米) 連接到其相應的變壓器0.69千伏側。整個項目有兩條獨立的35千伏回路，一條回路由11台900千伏變壓器組成，另一條回路由14台900千伏變壓器組成。這些風力發電機變壓器通過中壓地下電纜(YJV22-3×300+1×150平方毫米) 連接到風電場66千伏／10千伏變電站中壓開關裝置，地下電纜能承載此電壓。

可行性研究報告表明，在66千伏變電站，短路電流為5.37千安培，在10千伏母線側為21.73千安培。66千伏和10千伏的電路斷路器保護值設置合理。

經過詳細的技術審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

##### 5.8.8.2 SCADA系統的審查

用於風電場控制和監控的VestasOnline™商業SCADA系統由維斯塔斯提供。風力發電機與控制中心的通訊是通過屏蔽雙絞線實現，而非通過光纖進行。遠程控制服務器變電站SCADA系統服務器的接口，通過現場互聯網路由器連接起來。SCADA系統的穩定性和性能是合理的。

#### 5.8.9 達里4期

此項目位於內蒙古克什克騰旗西北部的達里諾爾。二零零七年十二月二十三日，達里風電場4期實現商業運營。風電場由33台華銳FL1500/70風力發電機組成，總裝機容量為49.5兆瓦。

##### 5.8.9.1 電氣設計審查

達里風電項目4期的設計使用一台120兆伏安的變壓器，其容量足以將電傳輸到220千伏／220千伏的熱水變電站。

每台風力發電機通過低壓地下電纜連接到其相應的變壓器0.69千伏側。整個項目有兩條獨立的35千伏回路，每條回路分別由18和16台1600千伏安變壓器組成。這兩條回

路均通過35千伏架空輸電回路(LGJ-240/30)連接到風電場220千伏／35千伏變電站中壓開關裝置。傳輸系統的容量足以承載這些裝置的總輸出功率。

經過詳細的技術審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

#### 5.8.9.2 SCADA系統的審查

風力發電機的SCADA系統由華銳提供。風力發電機與控制中心的通訊是通過光纖實現的。遠程控制服務器變電站SCADA系統服務器的接口，通過現場互聯網路由器連接起來。此設備的穩定性和性能被視之為合理。

#### 5.8.10 多倫大西山2期

此項目位於內蒙古錫林郭勒多倫縣西部10公里處。二零零八年十二月十九日，多倫大西山風電場2期實現商業運營。風電場由20台明陽1500se風力發電機組成，總裝機容量為30兆瓦。

##### 5.8.10.1 電氣設計審查

多倫大西山2期所用的63兆伏安變壓器與其1期所用的一樣（由36台維斯塔斯V52 850千瓦的風力發電機組成，總裝機容量30.6兆瓦）。此變壓器容量足以將電傳輸到110千伏／110千伏的多倫變電站。

每台風力發電機通過四條平行的低壓地下電纜(YJV22-3×240+1×120平方毫米)連接到其相應的變壓器0.69千伏側。整個項目有兩條獨立的35千伏回路，每條回路均由10個變壓器組成，並通過35千伏架空輸電回路連接到風電場變電站。每條回路中，容量為1600千伏安的變壓器通過35千伏中壓地下電纜(YJV22-3×50平方毫米)連接到離其最近的35千伏架空回路。35千伏架空輸電回路(LGJ-185平方毫米)終端為變電站外牆，再通過35千伏地下電纜(YJV22-10-3×150平方毫米)將其連接到110千伏／35千伏變電站中壓開關裝置。傳輸系統容量足以承載這些裝置的總輸出功率。

可行性研究報告表明，當110千伏和35千伏母線發生短路時，系統短路電流水平為16千安培。110千伏和35千伏的電路斷路器保護值設定合理。

經過詳細的技術審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

##### 5.8.10.2 SCADA系統的審查

風力發電機的SCADA系統由明陽提供，控制中心由一台本地服務器IBM Xserver 4365組成。此外，風電場控制中心還有兩台戴爾Optiplex 330的工作站和兩台戴爾Optiplex 330的遠控工作站。風力發電機與控制中心的通訊是通過光纖實現的。遠程控制服務器與變電站SCADA系統服務器的接口，通過現場互聯網路由器連接起來。此設備的穩定性和性能被視之為合理。

#### 5.8.11 楊樹溝

此項目位於內蒙古翁牛特旗西部的億合公鎮，距離赤峰市約85公里。楊樹溝風電場總裝機容量為49.5兆瓦，由33台金風82/1500風力發電機組成。

#### 5.8.11.1 電氣設計審查

楊樹溝風電場的設計使用一台100兆伏安的主變壓器，其容量足以將電傳輸到220千伏的赤峰西郊變電站。

每台風力發電機通過三條平行的1千伏額定低壓地下電纜(YJV22-3×300)連接到其相應的變壓器0.69千伏側。整個項目有三條獨立的35千伏回路，每條回路均由11台變壓器組成，通過35千伏架空輸電回路連接到風電場變電站。每條回路中的1600千伏安變壓器通過35千伏架空輸電回路(LGJ-185平方毫米)連接到離其最近的35千伏塔架。在回路終端，通過35千伏地下電纜(YJV22-3×240平方毫米)連接到220千伏／35千伏變電站中壓開關裝置。

峰能已進行詳細的審查，電纜規格被視之為合理。

可行性研究報告表明，當220千伏母線發生短路時，系統短路電流將為40千安培，當35千伏母線短路時，系統短路電流將為31.5千安培。220千伏和35千伏的電路斷路器保護值設定被視之為合理。

經過概要詳細的審查，風電場的電氣設計被視之為合理。

#### 5.8.11.2 SCADA系統的審查

風力發電機的SCADA系統由金風提供，系統由一台本地控制服務器和一台遠程控制服務器組成。風力發電機與控制中心的通訊是通過光纖實現的。遠程控制服務器與變電站SCADA系統服務器的接口，通過現場互聯網路由器連接起來。此設備的性能被視之為合理。

### 5.8.12 電氣設計和SCADA系統的結論

11個風電場的電氣設計已進行詳細的審查，包括對電纜線路、變壓器和變電站的設計進行詳細的審查。對於每個風電場而言這些設計都是合理和適當的。

每個具代表性的風電場所採用的SCADA系統都已進行了概要審查，而該SCADA系統的穩定性及其性能都被視為符合要求。

## 5.9 併網

峰能對考察的11個風場的併網佈局進行了詳細的審查。本次審查是建立在大唐新能源所提供的信息基礎上，特別是基於以下文件：

- 可行性研究報告(FSRs)；
- 併網研究報告；
- 併網協議；
- 購電協議；
- 風電場互聯系統接線圖；

- 峰能技術問題的反饋；及
- 實地考察檢查單。

要注意的是併網評估不包含任何獨立的模擬或計算。

### 5.9.1 可行性研究報告

中國的設計院承擔風電場的綜合設計工作。在11個風電場的可行性研究報告中所述的以下八所設計院承擔了本次設計工作。每所設計院可以視作獨立的第三方，他們與大唐新能源沒有直接聯繫。

- 西北勘測設計研究院是一所國家甲級設計院，直屬於中國水電工程顧問集團公司，為水力發電工程和民用工程提供設計、監理和諮詢服務。
- 中國水利水電建設工程諮詢公司，隸屬於中國水電工程顧問集團公司，為水力發電工程提供設計、監理和諮詢服務。
- 北京計鵬信息諮詢有限公司是一家專業型和外向型國有控股公司，其見長於可再生能源領域，包括風力發電工程服務、能源信息審查及支持清潔發展機制項目。
- 山東電力工程諮詢院，它為電力網絡以及煤炭和風力發電項目提供設計、調查和諮詢服務。
- 北京國電華北力工程有限公司，它為電力網絡以及煤炭和風力發電項目提供設計、調查和諮詢服務。
- 遼寧電力勘測設計院，它為中國各個地區（主要為遼寧地區）提供電力系統的設計服務。
- 北京國莊國際經濟技術諮詢有限公司，它為各種可再生能源項目（主要是風力發電項目）提供諮詢服務。
- 上海勘測設計研究院是國家甲級設計院，具有較強的專業技術和先進的技術設備，它為水力發電、煤炭和風力發電項目提供設計、監理和諮詢服務。

由中國設計院出具的可行性研究報告探討了本評估中的一些關鍵問題，具體包括如下：

- 風電場是否可以連接到電網；
- 電網系統要如何升級更新以承載風電場的發電量；及
- 對風電場各關鍵系統如風力發電機、風力發電機變壓器、變電站主變壓器、電氣開關設備和送電回路的特定要求。

可行性研究報告在併網設計的充足性及風電場能夠輸出所有發電量到電網方面給了峰能很大的信心。但正如在5.3.3章節討論的，一些經考察的風電場還是有限電情況。

### 5.9.2 中國風電場的併網

兩大國有電網集團管理中國所有的電力傳輸網絡：

- 中國國家電網公司；及
- 中國南方電網公司。

風速是可變且很難預測的，風電場的發電量也是一樣。風力發電的這些特性影響着電網的穩定性，並且對電網調度是極大的挑戰。在電力網絡中，風力發電所佔的比例越高，這些問題就越明顯。

為了解決這些問題，風電場的併網必須滿足電網安全操作要求。二零零九年二月中國國家電網公司頒佈了新風電場電網接入規範<sup>15</sup>。在電網接入規範中，要求風電場的操作頻率在48赫茲到51赫茲之間。對風力發電機也提出了其具有低電壓穿越能力的要求，當電網的電壓下降到額定電壓的20%時，要求風力發電機還可以繼續運行625毫秒。當電網電壓在額定值的±10%內變化時，風力發電機要可以繼續保持運行。根據規範要求，風力發電機須具有可控的功率因數且不低於-0.98~+0.90，其無功功率的容量是額定功率的-20%到+20%。

新電網接入規範作為一個參考標準而於二零零九年二月發佈。這不是一個國家標準，並不要求在全國各地實施。然而，很多當地電網公司在新電網接入規範發佈後，公佈了各自對風電場低電壓穿越的要求，以使運營及新風電場接入當地電網的要求。

在新電網接入規範中所提到的新的技術要求將在中國逐步成為強制性條文，惟具體時間尚未明確。在目前這個階段，尚未確定將來是否所有運營風電場也必須達到新電網接入規範的要求。

<sup>15</sup> www.sgcc.com.cn\風電場接入電網技術規定（修訂版），於二零零九年二月刊發。

電網限電在中國仍然是一個問題。峰能從行業公告<sup>16</sup>中了解，在新疆、甘肅、河北、吉林、江蘇、內蒙古東部和內蒙古西部地區的輸電網絡將會得到改善，最終預期這些地區電網限電的情況將有所緩解。

### 5.9.3 各風電場的併網

#### 5.9.3.1 東海大橋第一分段

在每台風力發電機的底部塔架有一個35千伏／0.69千伏、容量為3,200千伏安的變壓器。一共有四條獨立的35千伏送電回路，每條回路由8至9個風力發電機變壓器組成，通過35千伏海底電纜，已連接到110千伏／35千伏的風電場岸上變電站，通過兩條110千伏回路再從該處連接到220千伏／110千伏的海洋變電站。

東海大橋風海上風電項目第一分段位於臨港新城附近。臨港新城是一個新的城鎮，規劃發展成為一個海上集裝箱樞紐港口和亞非航空樞紐。當臨港新城建成的時候，該地區的電力負荷預計將達到3,000兆瓦~4,000兆瓦。為了滿足初期建設臨港新城期間的電力需求，兩條110千伏輸電回路將使東海大橋第一分段的變電站與220千伏海洋變電站相連接。風電場的發電量將會被輸送到220千伏輸電網絡。東海大橋第一分段的發電量應該不會影響到這個級別電網的穩定性。

在上海、江蘇、浙江等經濟發達的東部沿海地區的電力需求是非常高的。與許多陸上風電場相比，在這一地區的風電場的優勢是電源接近於電力消費區並且不會有限電現象發生。

當建造風電場的時候，並沒有無功補償和低電壓穿越要求。然而，可行性研究報告表明，將來新電網接入規範要求也許會應用於該風電場。為此，在風電場運行過程中，如果風電場要求功率因數達到1.0，那麼以下兩種方法都可以使用。首先，風力發電機自身的無功補償可以用於補償輸電網，因為風力發電機有一個-0.90~+0.90的可控功率因數。其次，可在風電場變電站安裝動態無功補償裝置，因為在變電站已經預留了備用房間，在有需要時可以連接這些裝置。

這個項目使用華銳SL3000風力發電機，能在電壓變化為額定值±10%的範圍內保持運行。這與新電網接入規範要求是相一致的。峰能就有關於華銳SL3000風力發電機的頻率範圍提供進一步的證明文件，並闡明設於上海東大橋的華銳SL3000海上風力發電機將能在49赫茲到51赫茲內運作，達到新電網接入規範要求。

#### 5.9.3.2 洮南1期

這個項目包含了58台850千瓦的風力發電機，總裝機容量49.3兆瓦。每台風力發電機有一個10.5千伏／0.69千伏的變壓器。共有十條獨立的回路每組由5到6風力發電機變壓器連接到到66千伏／10千伏變電站組成，然後再連接到220千伏的白城變電站。

<sup>16</sup> 國家電網於二零一零年五月三十一日公佈的七個千萬千瓦風電基地輸電規劃及國網公司風電場和光伏電站接入系統管理意見

待風電場擁有人和設計院的最終落實，洮南風電場項目1期的66千伏／10千伏的變電站將會通過38公里LGJ-240/30 66千伏架空線連接到220千伏／66千伏的白城變電站。240平方毫米的架空線對於63兆伏安的輸出電量是合理的。風電場變電站容量是100兆瓦，所以風電場2期計劃的50兆瓦可以很容易連接進來。

在風電場實地考察時，與現場人員討論了電網限電問題。該項目的限電主要由於白城地區的電網已經超負荷。由於電網限電，從二零一零年一月至六月的六個月中，平均每月大約有2吉瓦時的電力損失。這相當於風電場年發電量的10%。在二零一五年新的500千伏輸電線路建成，預期這種情況會得到改善。

這個項目使用歌美颯G58-850千瓦的風力發電機，其頻率範圍在47赫茲到52赫茲之間，電壓變化在額定值的±10%範圍內是可以繼續保持運行的。這些都符合新電網接入規範的要求。其無功補償能力也滿足了新電網接入規範要求。

#### 5.9.3.3 雙遼2期

這個項目包含了33台1.5兆瓦的風力發電機，總裝機容量為49.5兆瓦。每台風力發電機將會有一個10.5千伏／0.69千伏、1,600千伏安的變壓器。總共將使用七條獨立的10千伏輸電回路，每條回路將通過10千伏架空線連接到66千伏的變電站。

通過一條48.5公里的LGJ-240 66千伏架空回路，雙遼2期變電站將會連接到220千伏／66千伏的變電站。240平方毫米架空線對於63兆伏安的輸電能力來說是合理的。

在實地考察風電場的時候討論了電網限電問題。二零零九年發生的電網限電較為嚴重，總損失電量3.81吉瓦時。從二零一零年一月至六月已經損失16.67吉瓦時，相當於二零零九年風電場年發電量的3.5%及二零一零年首六個月預測發電量的31%。風電場經營者明白並且建議吉林雙遼風電場2期的電網限電平均將為12~15%。當二零一五年500千伏吉林電網建成的時候，這種情況會得到改善。

雙遼2期使用金風82/1500風力發電機，能夠在電壓變化為額定值±10%的範圍內進行運轉。此特性符合新電網接入規範的要求。這些風力發電機是永磁直驅的風力發電機，功率轉換器有很高的電能質量且與中國的電網具有良好的兼容性，這是因為其先進的無功調節能力和強大的電壓保障能力。此外，變頻器的先進控制策略和特制的剎車裝置使得機器有相當強大的低電壓穿越能力。因此當網絡出現故障時，它也可以保持運轉。

風電場的無功補償能力同時滿足了新電網接入規範的要求。

#### 5.9.3.4 東營1期

這個項目是由33台1.5兆瓦的風力發電機組成，總裝機容量為49.5兆瓦。每個風力發電機將有一個35千伏／0.69千伏變壓器。一共有三條35千伏的獨立輸電回路，每條由10到12個變壓器組成，將通過35千伏架空線連接到一個110千伏／35千伏的變電站，通過35千伏地下電纜線從架空線終端連接到主變壓器。

通過20.6公里的LGJ-240架空線，110千伏單回線路將使東營變電站1期連接到220千伏／110千伏濱海變電站。240平方毫米架空線對於50兆伏安的輸電能力來說是合理的。風電場變電站的設計電容量為100兆瓦，以配合計劃的50兆瓦風電場2期。另一個110千伏單回線路使風電場2期連接到220千伏／110千伏濱海變電站。

東營電網位於山東電網的北部，主要供應區為東營市和勝利油田生產區。在實地考察期間，峰能通過現場工作人員了解到東營風電項目1期的電量消耗主要來自於當地負荷。目前為止沒有電網限電情況發生。

風電場無功補償能力滿足了新電網接入規範的要求。

#### 5.9.3.5 白銀市景泰興泉

這個項目由30台1.5兆瓦的風力發電機組成，總裝機容量為45兆瓦。每台風力發電機有一個10.5千伏／0.69千伏的變壓器。共有八條獨立的10千伏回路，每條回路包括3到4個風力發電機變壓器，通過10千伏的架空線連接到110千伏／10千伏變電站的外牆，然後通過10千伏地下電纜連接到一個50兆伏安的主變壓器。

通過一條16公里的LGJ-240架空線，110千伏單回線路將使白銀市景泰興泉風電場項目的變電站連接到環東變電站。240平方毫米架空線對於50兆伏安的輸電能力來說是合理的。

環東變電站連接到景泰110千伏網絡，並且已經建設成為一個輻射狀供電網絡。峰能從實地考察了解到，景泰風電場生產的電可以被當地的用電負荷直接消納。從商業運行開始至今，風電場沒有發生過電網限電的情況。

這個項目使用華銳1500/77風力發電機，在48赫茲到52赫茲頻率範圍內，電壓變化為額定值±10%的範圍內是可以繼續保持運行的。這個特性符合新電網接入規範的要求且無功補償能力也滿足了新電網接入規範的要求。

#### 5.9.3.6 玉門昌馬第一風電場

這個項目由134台1.5兆瓦的風力發電機組成，總裝機容量為201兆瓦。每個風力發電機有一個35千伏／0.69千伏變壓器。總共有十二條35千伏的獨立回路，每條回路包含11到12個風力發電機變壓器，通過一條35千伏架空線已經連接到昌馬西部的330千伏／35千伏變電站外牆，通過一條35千伏地下電纜再從該處接到一個240兆伏安的主變壓器。

這個項目與其他兩個201兆瓦風電場共同接入一個330千伏變電站。三個獨立的330/35千伏、240兆伏安變壓器將安裝在昌馬西部的330千伏變電站內，每個201兆瓦風電場分別接入一個主變壓器。一條10公里的單回330千伏架空線(LGJ-2x300)將變電站連接到玉門鎮330千伏／35千伏變電站，然後接入到西北電網。對於3x240兆伏安的輸電能力，2x300平方毫米架空回路是合理的。

玉門昌馬第一風電項目位於河西電網區。為了滿足當地5,160兆瓦風力發電量的要求，河西電網用雙回路750千伏輸電線建造了安西750千伏變電站及酒泉750千伏變電站。接着，將建造一些新的330千伏變電站，包括一個將與玉門昌馬第一風電項目相連接的玉門鎮330千伏變電站。值得注意的是，任何在甘肅河西地區產生的風電場發電量都需要輸出到西北電網，因為當地的消耗量太有限。在實地考察時得到口頭確認，二零零九年發生了嚴重的電網限電，減少的輸出電量是當地風電場年發電量的約50%。750千伏電網建設預計在二零一零年十月底完成，建成之後，將緩解當地的電網限電情況。

這個項目使用華銳1500/82風力發電機，在48赫茲到52赫茲頻率範圍內，電壓變化為額定值±10%的範圍內是可以繼續保持運行的。這與新電網接入規範相一致。風電場的無功補償能力滿足了新電網接入規範的要求。

#### 5.9.3.7 賽罕壩1期

這個項目是由36台0.85兆瓦的風力發電機組成，總裝機容量為30.6兆瓦。每台風力發電機有一個35千伏／0.69千伏變壓器。兩條獨立的35千伏回路，每條路由18個變壓器組成，通過一個35千伏架空線可以連接到一個220千伏／35千伏變電站，然後從該處接到東北輸電網絡。

賽罕壩1期位於西部赤峰電網區，是東北電網的一部分。該地區電網結構比較弱。

一條120公里的220千伏單回路架空線(鋁制線路6063G-Φ130/116)連接變電站到烏丹220千伏變電站，電力輸入到東北電網。實際到達傳輸網的電量遠低於這個風電場的輸出量。然而，這並不是大唐新能源要考慮的問題。因為在傳輸過程中電力的損失已經確定是電網公司的責任。

峰能在風電場進行實地考察時了解到，在二零零九年一月到二零一零年六月有電網限電情況，總損失電量大約為104.3吉瓦時。

這個項目使用維斯塔斯V52 850千瓦的風力發電機，在47赫茲到51赫茲頻率範圍內，電壓變化為額定值的±10%的範圍內是可以繼續保持運行的。這與新電網接入規範的要求相一致。風電場的無功補償能力滿足了新電網接入規範要求。

#### 5.9.3.8 東山2期

這個項目是由25個2兆瓦的風力發電機組成，總裝機容量為50兆瓦。一條220千伏輸電回路將會被連接到220千伏／220千伏賽罕壩變電站，220千伏回路將會連接到東北電網。

東山風電項目2期和賽罕壩風電項目1期之間的距離大概是22公里。通過一條220千伏線路，赤峰賽罕壩風電場變電站將會被連接到烏丹變電站。峰能在對風電場進行實地考察中了解到，從二零零九年一月到二零一零年六月，在東山2期發生了電網限電，總損失時間約2,085小時。

這個項目使用維斯塔斯V52 850千瓦的風力發電機，在47赫茲到51赫茲頻率範圍內，電壓變化為額定值±10%的範圍內是可以運行的。這個特性符合新電網接入規範的要求。

風電場的無功補償能力滿足了新電網接入規範的要求。

#### 5.9.3.9 達里4期

這個項目由33台1.5兆瓦的風力發電機組成，總裝機容量為49.5兆瓦。每個風力發電機有一個35千伏／0.69千伏變壓器，通過兩條回線路連接到220千伏變電站主變壓器，然後220千伏線路將會連接到東北電網。

通過一條107公里的220千伏單回架空線路，將會使達里風電場變電站連接到熱水變電站。峰能在進行實地考察時了解到，從二零零九年一月到二零一零年六月，在達里風電項目4期發生了電網限電，總共約損失370小時。

風電場的無功補償能力滿足了新電網接入規範的要求。

這個項目使用華銳FL1500/70風力發電機，在48赫茲到52赫茲頻率範圍內，電壓變化為額定值±10%範圍內是可操作的。這個特性符合新電網接入規範的要求。

#### 5.9.3.10 多倫大西山第2期

這個項目由20個1.5兆瓦的風力發電機組成，總裝機容量為30兆瓦。每台風力發電機配有一台35千伏／0.69千伏的變壓器。總共兩條獨立的35千伏回路，將通過35千伏架空線連接到一個110千伏的變電所。

多倫大西山風電項目2期位於內蒙古錫林郭勒輸電網絡。一條110千伏架空線路將連接107公里之外的達里風電場變電站和熱水變電站。

雙饋風力發電機用於多倫大西山2期。在多倫大西山2期變電站建造無功補償裝置，每條總線的容量是2×6,000千伏安。最後的無功補償容量將會根據電力系統設計的相關文件來決定。

峰能在風電場實地考察期間了解到，二零零九年一月至五月發生了電網限電，在這五個月中，總電量損失大約2,003,814千瓦時。

這個項目使用明陽1500se風力發電機，48.75赫茲到51.25赫茲的頻率範圍內，電壓變化為額定值±10%範圍內保持運行是可接受的。

#### 5.9.3.11 楊樹溝

楊樹溝風電項目目前正在建設中。這個項目由33個1.5兆瓦的風力發電機組成，總裝機容量為49.5兆瓦。每台風力發電機均配有一台35千伏／0.69千伏、1,600千伏安變壓器。一共有三條獨立35千伏回路，每條回路均由11台變壓器組成，將通過35千伏架空線連接到赤峰西郊220千伏的變電站。

通過一個220千伏75公里的LGJ-2×240架空線，楊樹溝變電站會連接到赤峰西郊220千伏的變電站。對於100兆伏安的輸出電量來說，240平方毫米架空線是合理的。

這個項目使用金風82/1500風力發電機，電壓的變化為額定值±10%範圍內是可以繼續保持運行的。這符合新電網接入規範的要求。峰能就有關於金風82/1500風力發電機的頻率範圍提供進一步的證明文件，並闡明設於楊樹溝的金風82/1500風力發電機將能在47.5赫茲到51.5赫茲內運作，達到新電網接入規範的要求。

無功補償裝置安裝在楊樹溝的35千伏變電所。補償能力是20,000千伏安以確保在輸出端變電站的功率因數達到0.98。最後的無功補償容量將會根據電力系統設計的相關文件來決定。

#### 5.9.4 併網的結論

所有關於十一個具代表性風電場的併網狀況的可用信息都進行了詳細審查，這些信息包括主變壓器容量、無功功率、電網連接點和電壓水平。

峰能認為電纜線路和變壓器的規格型號適合於每個風電場，且有足夠輸出能力去承載所有產生的發電量。然而，在實地考察時一些風電場存在的電網限電問題受到討論。峰能從行業公告<sup>17</sup>中了解到，在新疆、甘肅、河北、吉林、江蘇、內蒙古東部和內蒙古西部地區的電網將有實質性的改進，預期這將減少這些區域的電網限電情況。

新電網接入規範中的無功功率和低電壓穿越要求是否會在中國所有地區實行，目前尚未明確。大唐新能源具備技術能力達到這些可能實行的要求。

<sup>17</sup> 國家電網於二零一零年五月三十一日公佈的七個千萬千瓦風電基地輸電規劃及國網公司風電場和光伏電站接入系統管理意見

峰能通過了解風電場變電站的無功補償裝置，預計可以滿足新電網接入規範關於無功功率的需求。只是需要一點空間來放置設備，及需要一些時間來連接設備。購買和安裝這些設備的成本將取決於所需設備的大小和類型。

低電壓穿越的要求需要每個風電場的風力發電機製造商來解決。為實現這個功能可以在風力發電機輸出端加裝變流器。低電壓穿越是一個常見電網的要求，峰能認為通過大型國際化製造商可以實現這一點。

峰能建議大唐新能源建造越來越多的「電網友好型」風電場。大唐新能源基本上已經完成了第一個「電網友好型」風電場所有五期的工作，即東山風電場。東山風電場由東山1期、2期、玻力克1期、2期及大碾子山1期組成，位於內蒙古赤峰市西北110公里。東山1期由58台維斯塔斯V52 0.85兆瓦的風力發電機組成，而東山2期、玻力克1期、2期、以及大碾子山1期中共有100台維斯塔斯V80 2.0兆瓦的風力發電機已投產（每期有25台風力發電機）。峰能獲悉，東山2期、玻力克1期、2期及大碾子山1期的所有風力發電機均具有低電壓穿越能力。東山1期最後的低電壓穿越部件將於短期內交付及安裝。