



■中國大亞灣核電站

人類100多萬年進化發展的過程，就是一部不斷向自然索取更多能源的歷史。在現代社會中能源的人均消耗已經成為衡量一個國家生產水平和生活水平的重要標誌之一。科學家們經過多年研究，認為除了煤、石油等隨着開採將逐漸枯竭的燃料以外，還有很多可以利用的能源。比如風能、太陽能、地熱能、潮汐能、生物質能、海水溫差等等。但是，以上這些能源很難在短期內實現大規模的工業生產和應用。

當前，只有核能才是一種可以大規模使用的安全和經濟的工業能源。從20世紀50年代以來，美國、法國、比利時、德國、英國、日本、加拿大等發達國家都建造了大量核電站，核電站發出的電量已佔世界總發電量的16%，其中法國核電站的發電量已佔該國總發電量的75%，在這些國家，核電的發電成本已經低於煤電。國際經驗證明，核電是一種經濟、安全、可靠、清潔的新能源。

核電站是利用原子核內部蘊藏的能量大規模生產電力的新型發電站。它大體上可分為兩部分：一部分是利用核能產生蒸汽的核島，包括核反應堆和一回路系統；另一部分是利用蒸汽發電的常規島，包括汽輪發電機系統。後一部分與普通火電廠大同小異，而前一部分則原理不同。



■美國印第安角核電站

放射性和核輻射與核電廠

核電站對周圍居民造成的輻射比在醫院做一次胸透還小

人類在日常生活中受到各種輻射，包括各種粒子和射線的照射。人類受到的輻射照射有天然的，也有人工的。天然輻射照射也叫本底照射，主要有三個來源：1) 人體內部天然存在的放射性同位素鉀—40；2) 岩石、土壤和水體中存在的放射性同位素，其中以放射性氡的影響為最大；3) 宇宙射線，一般來說，地勢越高，受到宇宙射線的照射越強。人工輻射照射主要來自看電視、抽煙、坐飛機，特別是去醫院體檢或治病。少量的輻射照射對人體是無害的。

核電站對人類輻射環境的影響極小。據統計，人類所受到的輻射照射有75%來自自然界，20%來自醫療診斷，只有0.25%來自核電。核電對於人類輻射環境的影響微乎其微。

人類受到各種輻射照射的大小可用劑量當量（也可簡稱為劑量）來表示，其單位為希沃特（簡稱希）。據統計，世界各地的天然本底劑量平均為2.2毫希／人．年，而核電站對周圍居民造成的輻射劑量還不到天然本底劑量的百分之一，比一次胸透所受的劑量還小。

輻射防護與環境保護

核電廠不排放煤塵，不釋放二氧化碳，ALARA原則降低輻射

核電廠建立完善的輻射防護體系，不斷監測員工所接受的輻射劑量，並在實踐中遵循輻射防護最優化原則也稱ALARA原則。即：在實施某項輻射實踐的過程中，可能有一些方案可供選擇，在對這些方案進行選擇時，應當運用最優化程序，將一切輻射照射保持在可合理達到的盡可能低的水平（As Low As Reasonably Achievable, 縮寫為ALARA）。

- 遵守核安全法規中規定的個人劑量限值
- 將集體劑量保持於合理情況下的最低水平

在環境保護方面，核電廠不排放煤塵，不釋放二氧化碳，實踐證明核能是高效的清潔能源。在相同功率的情況下，核電廠排放到環境中的有害物質比火電廠要少得多。核電站對周圍居民的輻射影響，遠遠低於燃煤電廠和天然輻射，是安全而清潔的能源。

	周圍居民受到 輻射劑量 (毫希/年)	需要燃料 (年)	採礦面積 (畝/年)	二氧化硫 排放量 (萬噸/年)	氮氧化物 排放量 (萬噸/年)	煙灰 (噸/年)	二氧化碳 排放量 (萬噸/年)
100萬千瓦 燃煤發電廠	0.048	300萬 噸煤	1210	2.6	1.4	3500	600
100萬千瓦 核電站	0.018	30噸 核燃料	30-42	0	0	0	0

環境監測方面，核電廠都有着一套完善的監測體系。

- 各戶外監測站不停記錄周圍大氣層中伽馬放射性測量結果。
- 監測站分佈在核電站內5個地點和核電站外約5公里的地點。
- 使用過濾器不斷採集空氣樣本，每日更換濾紙和測量其放射性。
- 每月採集地下水樣本作分析。

多重屏障體系——不讓放射性物質洩漏出去

三道實體屏障——放射性物質無處可遁、乖乖聽話

為了落實縱深防禦原則，核電廠在裂變產物和環境之間設置了三道實體屏障，只要其中有一道屏障是完整的，就不會發生放射性物質外洩的事故。

第一道屏障——嚴格密封的燃料包殼

核裂變產生的放射性物質98%以上滯留在二氧化鈾陶瓷芯塊中，不會釋放出來。而燃料芯塊又密封在鉍合金包殼內，進一步防止放射性物質進入一回路水中。

縱深防禦原則

五道安全防護線縱深防禦——

現代核電站已經非常安全

為確保安全，保護電站工作人員和電站周圍居民的健康，核電廠的設計、建造和運行均遵循「縱深防禦，多重保護和多樣性」的原則，以預防事故發生，限制可能發生事故的後果。

安全系數：

重要工藝參數和設備尺寸都留有充分的裕度，具有相當大的安全系數。

反應堆停堆保護：

反應堆運行一旦出現異常，快速停堆系統立即起作用，安全控制棒靠重力快速降落，反應堆停堆以達成保護目的。

設計冗餘：

關鍵的控制系統和儀器儀表都同時有兩套或兩套以上，一旦一套發生故障，另一套立即自動投入運行。

專設安全設施：

一旦發生事故，完善的專設安全設施自動投入運行，從各方面限制事故的發展。

第一道防線：

精心設計，精心施工，確保核電站的設備精良。建立周密的程序，嚴格的制度和必要的監督，加強對核電站工作人員的教育和培養，使得人人關心安全，人人注意安全，防止發生故障。

第二道防線：

加強運行管理和監督，及時正確處理不正常情況，排除故障。

第三道防線：

必要時啟動由設計提供的安全系統和保護系統，防止設備故障和人為差錯釀成事故。

第四道防線：

啟用核電站安全系統，加強事故中的電站管理，防止事故擴大，保護安全殼廠房。

第五道防線：

萬一發生極不可能發生的事故，並且有放射性外洩，用廠內外應急響應計劃，努力減少事故對居民的影響。有了以上互相依賴、相互支持的多道防線，電站是非常安全的。

國際核電安全管理

10⁻⁵/堆．年——運行中核電站大量釋放放射性的概率

在經受三里島和切爾諾貝利兩起事故的衝擊之後，國際核能界對核安全管理的理念、技術和監管手段都有了革命性的變化。核電機組的設計更加成熟，管理體系已經完備，從業人員的素質大大提高，授權考核更加嚴格，核安全文化也得到一定程度的普及。現有的質量保證體系、監管體系、運行管理體系、經驗反饋與國際交流體系、應急救援體系等，已將再次發生類似事故的可能性降得很低很低。如運行中核電站堆芯融化概率已降低到10⁻⁷/堆．年，大量釋放放射性概率降低到10⁻⁷/堆．年，而新建核電站堆芯融化概率已降低到10⁻⁷/堆．年，大量釋放放射性概率降低到10⁻⁷/堆．年。國際核安全管理的發展及變化主要有：

國際核安全交流與合作

切爾諾貝利事故發生後，世界核營運者協會（WANO）組織於1989年5月在莫斯科誕生，協調和推動各國核電站之間的經驗交流，降低核事件的發生。

核電廠設計安全開發和改進

美國能源部與美國電力研究所聯合推出了新核電廠「用戶要求文件」，提出了進化型和非能動型先進輕水堆概念；歐洲推出類似的「歐洲用戶要求」。

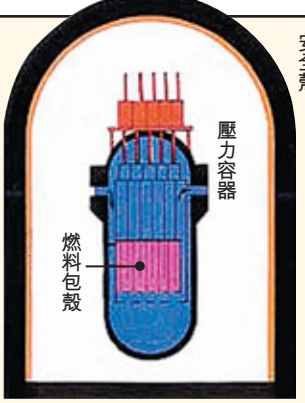
新核安全法規的制定

在新的安全標準總體結構中設立了單一的基本安全原則，把安全要求和安全導則分為兩類，即主題類安全標準和設施類安全標準。2004年3月，國際原子能機構通過了《原子能機構安全標準制定和應用國際行動計劃》，這些行動涉及加強制定過程、採用標準使用情況信息反饋機制以及加強交流等活動。

此外，在核安全文化的普及和提升、核電廠安全問題的研究、核安全監管模式發展、概率安全評價等方面，國際原子能機構一直進行着深入研究、改進。



■日本核電站



安全殼

國際原子能機構核事件分級表（INES）

分級表的基本結構和實例

級別	名稱	廠外影響	廠內影響	對縱深防禦的影響	實例
7	特重大事故	放射性大量釋放 大範圍的居民健康 和環境受到影響			1986年蘇聯切爾諾 貝利核電廠（現屬 烏克蘭）事故
6	重大事故	放射性明顯釋放 可能需要全面執行 應急預案			1957年蘇聯基斯迪 姆後處理廠（現屬 俄羅斯）事故
5	有廠外風險 的事故	放射性有限釋放 公眾受到相當於應 急預案的部分措施	反應堆堆芯和放 射性屏蔽受到嚴重 損壞		1957年英國溫茨凱 爾軍用反應堆事故 1979年美國三哩島 核電廠事故 1987年巴西戈亞尼亞 運輸-137放射源污 染事故
4	无明显廠外 風險的事故	放射性少量釋放 公眾受到相當於規 定限值的照射	反應堆堆芯和放 射性屏蔽明顯損 壞 有工作人員受到 致死劑量的照射		1973年英國溫茨凱 爾後處理廠事故 1980年法國聖洛朗 核電廠事故 1983年阿根廷布宜 諾斯艾利斯臨界裝 置事故
3	重大事件	放射性級少量釋放 公眾受到遠低於規 定限值的照射	污染嚴重擴散 有工作人員發生 急性健康效應	安全屏障幾乎全部 失效	1989年西班牙范德 格斯特核電廠事件
2	事件		污染明顯擴散 有工作人員受到 過量照射	安全措施明顯失效	
1	異常			出現超出規定運行 範圍的異常情況	
0	偏差	从安全角度无需考虑			

《國際原子能機構核事件分級表》（INES）是由國際原子能機構和經濟合作與發展組織核能機構召集國際專家制訂的，目的是交流有關核設施事件的安全意義，用於以協調一致的方式迅速向公眾通報有關輻射事件的安全意義。

分級表的結構如圖所示。對於事件的考慮來自其在以下三個不同方面的影響：對人和環境的影響；對設施的放射屏障和控制的影響；以及對縱深防禦的影響。

核工業規範嚴謹，任何異常事件均會按照分級表作分析及分類。分級表將事件分為7級：1—3級稱之為「事件」；4—7級稱之為「事故」。無安全意義的事件被劃分為「分級表以下/0級」。對於在輻射或核安全方面沒有安全相關性的事件，分級表沒有對它們進行定級。

該分級表作為一個交流工具，它的主要使用意義還在於促進科技界、媒體和公眾之間對事件的安全意義進行交流和了解。目前，國際原子能機構強烈鼓勵所有國家按照以下商定的準則進行事件的相關交流：被定為2級或2級以上的事件；或引起國際公眾興趣的事件。

在核電廠信息報告機制方面，目前國際通常的做法是，核電廠一旦發生運行事件後，應及時報告給核安全監管部門。與國際標準基本保持一致，中國核電廠除建造階段需提交季度報告、運行階段提交月報告的定期報告機制外，一旦發生運行事件後，應24小時內口頭通告國家核安全局和所在地區監督站，3天內遞交書面通告，30天內提交詳細的事件報告。



■法國核電站

安全文化

「安全放在絕對優先地位」——

安全文化是核電站的主流文化

1986年國際原子能機構（IAEA）首次引出「安全文化」一詞。1991年，IAEA出版了「國際核安全諮詢組」報告——《安全文化》，其定義為：「安全文化就是存在於組織和個人中的種種特性和態度的總和，它建立一種超出一切之上的觀念，即核電廠的安全問題由於它的重要性要保證得到應有的重視」。在國際核能界安全文化建設的長期過程中，逐步對安全文化的關鍵要素達成了統一認識。

承諾

組織中的高層對安全和強化安全文化的承諾是實現卓越安全業績的首要 and 至關重要的因素。高層需要對安全的要求清楚地、毫不含糊地放在第一位，組織的安全理念絕對清晰。承諾意味着將組織的安全目標轉化為日常現實的手段，承諾還意味着在安全上真正投入時間和資源。

使用程序

管理制度要求有清晰的書面程序，滿足對核安全所有方面進行控制的目的。程序應該識別並說明主要的風險，易懂好用。在實踐中，要求員工開展每一項工作要做到「使用程序」。

保守決策

如果不把安全放在絕對優先地位，一定會有潛在的後果。保守決策是指面對不確定性時審慎的、穩健的態度。保守決策要求當安全標準受到威脅時，將機組、系統或設備置於相對安全的狀態，即使面臨生產或工期壓力的時候。在實踐中，要求員工在開始一項工作或開始執行一個程序之前，先停下來並評估安全，核實對情況的理解並假設可能發生的最壞情況。

報告文化

具有良好安全文化的組織將失效和未遂事件作為教訓，以避免發生更嚴重的事件。為此，核電廠鼓勵所有員工報告哪怕是微小的疑慮。

挑戰不安全行為和條件

幾乎所有的事件，都始於不安全行為或不可接受的電廠條件，而它們通常是潛在的、未被察覺的或被視為「司空見慣」的，因而被忽視。因此，最大限度減少工作實踐或電廠條件中潛在的缺陷，對於避免發生更嚴重的事件顯得至關重要。核電廠鼓勵電廠員工，無論何時何地，挑戰所遇到的潛在不安全實踐，並識別所存在的缺陷。

學習型組織

學習型組織能夠發掘各層次人員的想法、精力和注意力，持續地強化安全，從而引發更高的承諾和對安全文化改進過程的認同。所有員工都在為改進主動出謀策，並受到鼓勵，得到管理層的明顯鼓勵和全力支持。組織內部同時存在這樣一種機制，使經驗和想法得到傳播。組織鼓勵員工團隊協作，不斷尋求改進，使安全在其工作領域得到強化。