

水力發電 Hydropower

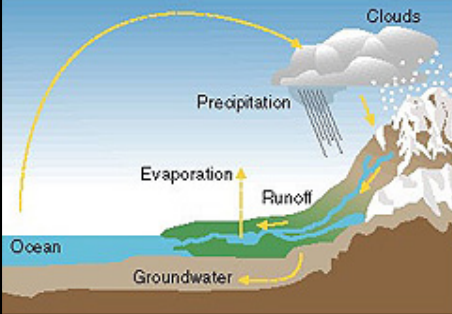



Click on a number.

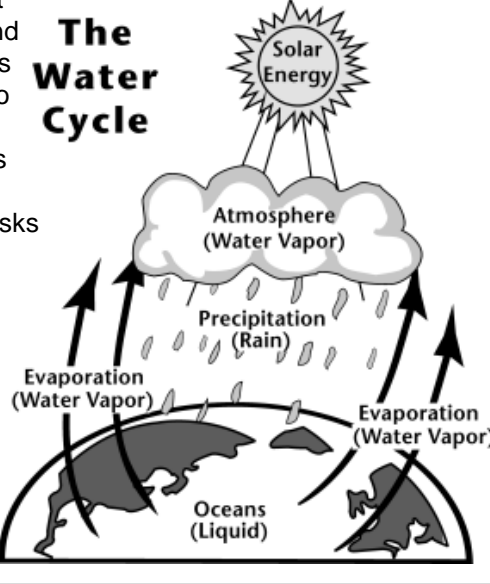
Water (Hydrologic) Cycle -A clean & renewable Energy

Water constantly moves through a vast global cycle, evaporating from lakes and oceans, forming clouds, precipitating as rain or snow, then flowing back down to the ocean.

The energy of this water cycle, which is driven by the sun, can be tapped to produce electricity or for mechanical tasks like grinding grain.



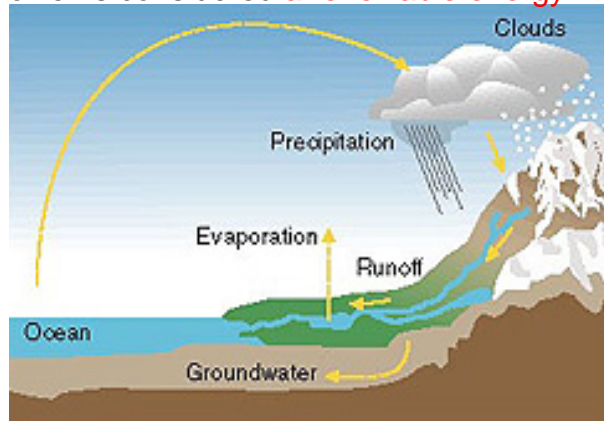
The Water Cycle



Water (Hydrologic) Cycle

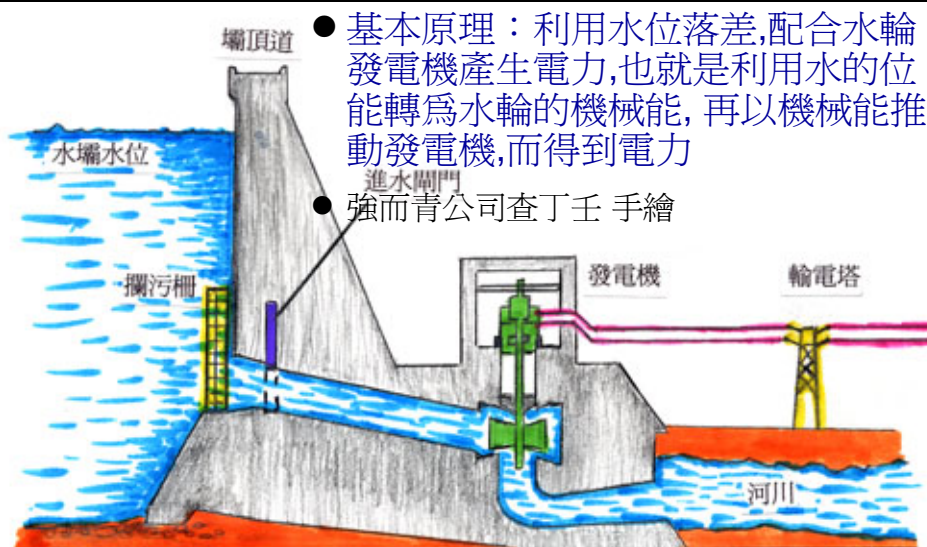
-A clean & renewable Energy

- Hydropower uses a fuel –water- that is **not reduced or used up** in the process.
 - Because the water cycle is an **endless, constantly recharging** system.
- ⇒ Hydropower is considered **a renewable energy**.



水力發電簡圖

..Energy-Animation & Multimedia\Best- Animation for 4 Power Generation Methods-
SaskPower Company.swf



Hydroelectric power (水力發電)

- When flowing water is captured and turned into electricity, it is called **hydroelectric power** or **hydropower**.
- There are several types of hydroelectric facilities; they are all powered by the kinetic energy of flowing water as it moves downstream.
- Turbines and generators convert the energy into electricity, which is then fed into the electrical grid to be used in homes, businesses, and by industry.

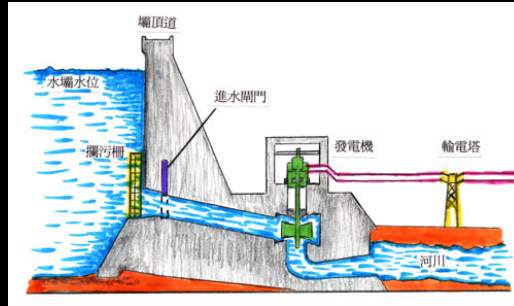
水力發電

- 基本原理：利用水位的落差,配合水輪發電機產生電力,也就是利用水的位能轉為水輪的機械能,再以機械能推動發電機,而得到電力。
- 以水位落差的天然條件,有效的利用流力工程及機械物理等,精密搭配以達到最高的發電量,可供給**廉價又無污染**的電力。
- 1882年美國威斯康辛州最先使用水力發電。
- 水力發電的規模從第三世界鄉間所用幾十瓦的微小型,到大城市供電用幾百萬瓦的大發電廠都有。

水力發電的方式

- 水道式：

取水堰 - 進水口 - 水路 - 沉沙池 - 水路 - 水槽 - 壓力鋼管 - 電廠 - 尾水路



- 水壩式：

水庫 - 進水口 - 壓力鋼管 - 電廠 - 尾水路

- 抽蓄發電式：

上池 - 進水口 - 壓力鋼管 - 抽蓄電廠 - 下池

水力發電

- 一、臺灣水力蘊藏量
- 二、水力發電原理
- 三、水力發電設備之規模
- 四、水輪機之型式
- 五、臺灣水力發電的限制
- 六、水力發電之優缺點



一、臺灣水力蘊藏量

分下列三種：

- (1)理論水力蘊藏量：
臺灣在二十六條主次河川之理論水力蘊藏量計11.3GW。
- (2)慣常水力蘊藏量：
慣常水力依電廠的蘊轉型態可分為川流式、調整池式及水庫式等三種發式。
- (3)抽蓄水力蘊藏量：
抽蓄水力發電要有上池和下池,利用上、下兩池間的落差與水量來發電。



台灣的水力發電--發展有限

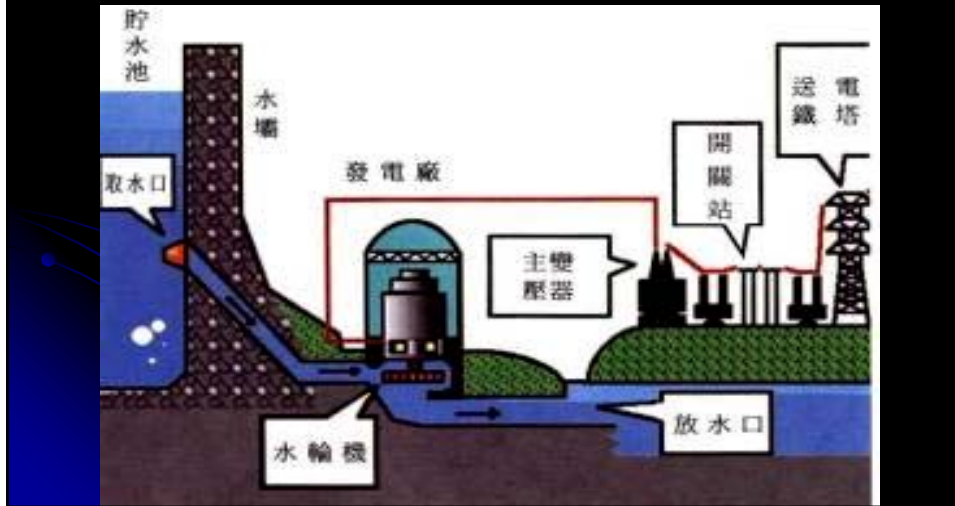
- 水力發電是「再生能源」中的一種。目前在台灣，水力發電約占總發電量的5%，產值約190萬瓩。以台灣的面積而言，這樣的比例並不算低。
- 在水力發電設施方面，由於台灣的水庫開發已達飽和，能開發的地方幾乎都已經開發了。若還要再興建大型的水庫或水力發電廠，一定會侵入國家公園用地或保護區，勢必對環境造成極大的傷害。反之，小型的水力發電設施較不會破壞環境。故此，台灣水力發電應以小型、小規模的開發方向為主。
- 話雖如此，但由於台灣的土地資源並不餘裕，小型水力發電的發展空間卻也有限。誠如我們現今所開發的電廠，亦多屬數千或一萬多瓩規模的水力發電站。畢竟，發電的瓦數越大，對於環境的傷害也就越大。

二、水力發電原理

利用河川、湖泊等位於高處，具有位能的水流至低處，

⇒ 將其中所含之位能轉換成水輪機之動能，

⇒ 再藉水輪機為原動機，推動發電機產生電能。



以水的流動力量推動水輪機為原動機，
進而推動發電機產生電能。

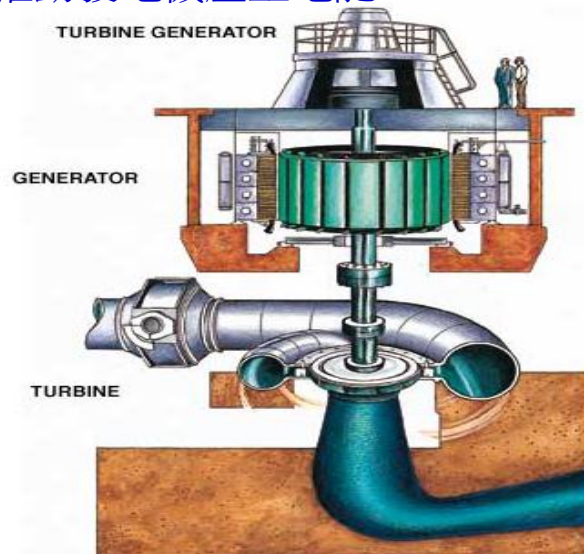


圖 5.26 水輪機之剖面圖

三、水力發電設備之規模

- (1)大型者以大水庫之發電為主，其出力在30MW以上者。
- (2)中型者則在100KW以上30MW以下。
- (3)小型者則屬100KW以內。

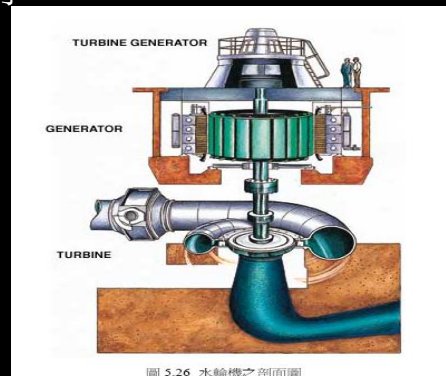
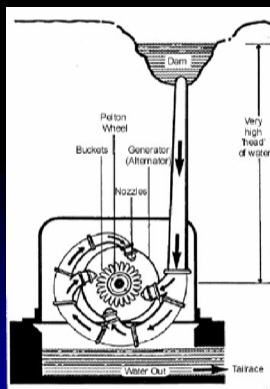


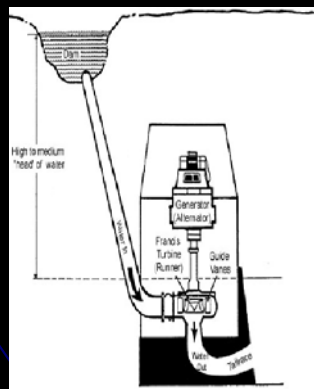
圖 5.26 水輪機之剖面圖

四、水輪機之型式

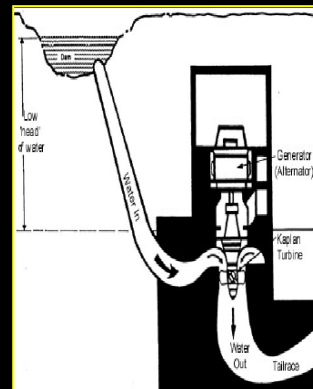
- (1) 伯爾頓輪機(Pelton Turbine)
- (2) 法蘭西斯輪機(Francis Turbine)
- (3) 螺旋片式輪機(Propeller Turbine)



伯爾頓水輪機



法蘭西斯水輪機



法蘭西斯輪機

五. 臺灣水力發電的限制

- (1)計畫地址交通不便，建設成本昂貴。
- (2)河川環保放流量未定，增加投資風險。
- (3)多目標水庫計畫配合發電方案履有爭議，影響水力開發
- (4)國家公園內開發水力電廠受到法令限制。
- (5)系統離峰電力不足，無法繼續開發抽蓄水力發電。



六、水力發電之優缺點

優點:

- 1.可以重複使用且取之不盡
- 2.單位成本低
- 3.水能轉換成電能的效率是90%
- 4.不會造成空氣污染
- 5.可以用來生產氫氣

缺點:

- 1.建築費用相當高
- 2.在河川土築水壩，會破壞河川的生態
- 3.很難找到適合築水壩的地點

Greer's Ferry 水壩

位於Arkansas中北部
Little Red河上



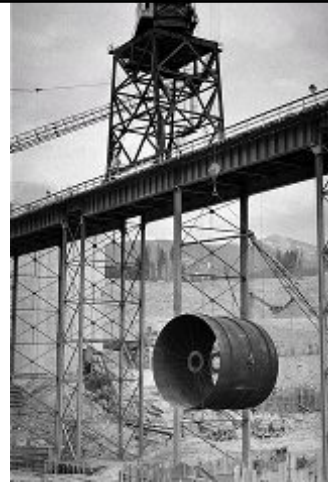
Click on a number.

Link to web site:
<http://www.fwee.org/walk.html>

The diagram illustrates the components of a dam and turbine system. It features a cross-section of a dam with a spillway and a turbine. A circular inset provides a detailed view of the turbine's internal mechanism, showing the water flow and the turbine's rotation. The diagram is numbered 1 through 10, corresponding to the text below.

1. The Penstock (導水管)

- collects water from a lake, reservoir, or river.



2. Turbine (渦輪機、引擎)

- A turbine spins as the force of falling water flows through the penstock.

3. The Powerhouse

- The turbine, generator, & step-up transformer are located in the powerhouse.



4. Turbine Blades

The blades on this type of turbine (Kaplan) can be adjusted to make sure the turbine is as efficient as possible given the amount of water passing through the penstock.

5. Generator (發電機)

The generator produces electricity because of the action created by the spinning shaft turning magnets inside a copper coil.

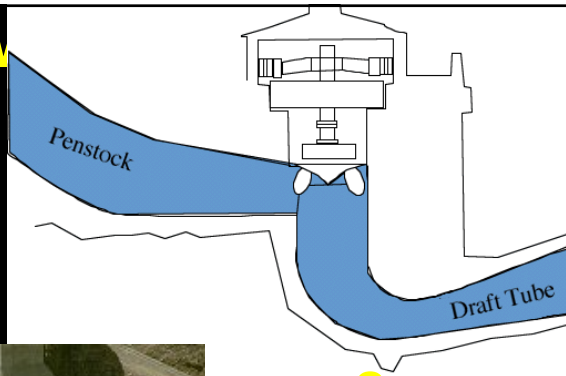


6. Turbine Shaft

Generators connected to the turbine shaft rotate as the turbines move, producing electricity.

7. Water Flow

Water flows back to the river unpolluted and in the same amount that entered through the penstock.



8.

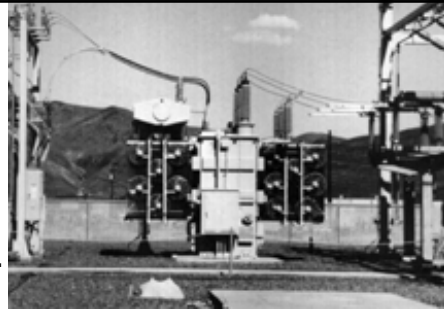
Spillways

(排水口)

- be used to release water not used for energy production over the dam.

9. Step-up Transformers (增壓變壓器)

- increase the voltage of the electricity produced by the generator to levels needed for the journey to our communities.

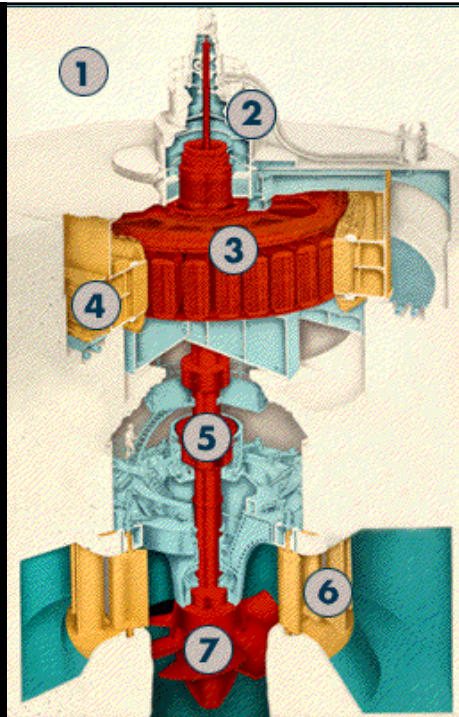


10. Transmission Lines (傳輸線)

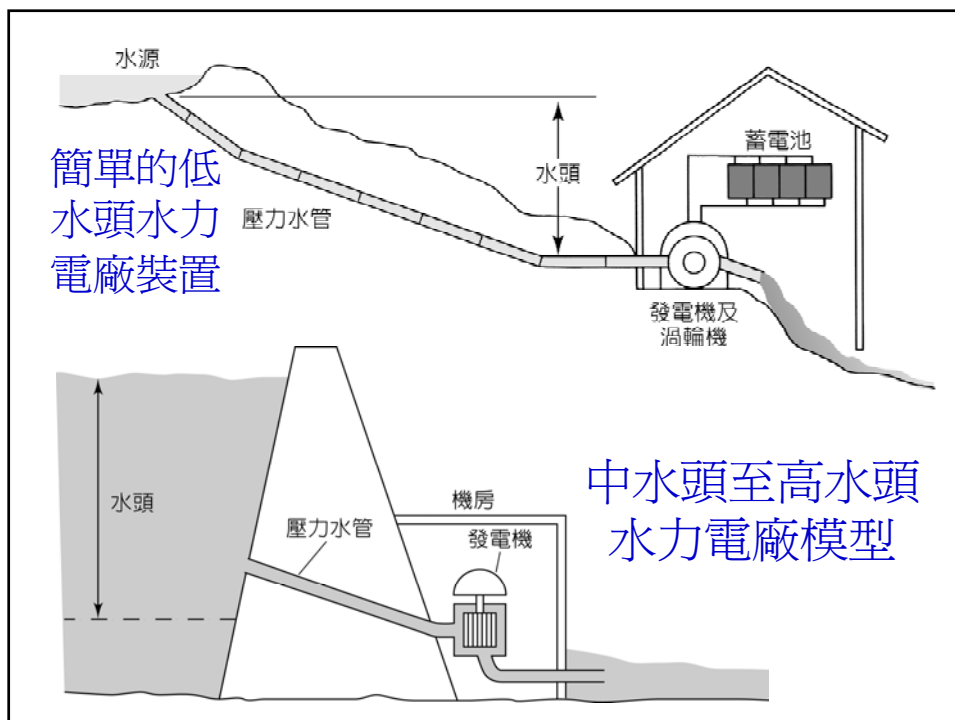
- carry the electricity to substations.

Hydropower Generator

1. Water flows through the dam and turns a large wheel called a turbine. The turbine turns a shaft which rotates a series of magnets past copper coils and a generator to produce electricity. The process produces clean renewable energy.
2. The Kaplan Head is the hydraulic associated with adjustable blades on the turbine. Adjustable blades operate efficiently despite variations in water flow and energy demands.



3. The rotor is a series of magnets. It's the rotating portion of the generator where the magnetic field is created.
4. The stator is the stationary part of the generator made of coils of copper wire. Electricity is produced as the rotors spin past the stationary wiring.
5. The shaft connects the turbine to the rotor section of the generator. All three elements, the turbine, shaft, and rotor turn at the same speed of **90 rpm** (revolutions per minute).
6. The wicket gates are a series of 20 adjustable vanes, resembling vertical blinds. They control the volume of water flowing through the turbine.
7. The 172 ton hydraulic turbine resembles a large water wheel. The turbine converts the energy of falling water into mechanical energy to drive the generator.



水輪機型的構造

- 水輪機是將水之位能轉變為機械的裝置
- 依動作原理可分為三種：
 1. 衝擊式水輪機：
 - ✧ 將水流的壓力水流，轉換為速度水流，以推動水輪機
 - ✧ 並將水流經由噴嘴噴射在水輪周邊的輪葉，以推動水輪機發電。
 - ✧ 一般用在高水頭,小流量的地方。
 2. 法蘭西水輪機及螺旋槳水輪機：
 - 將有壓力的水流在封閉而飽和的渦輪室中作用在整個水輪上，法蘭西水輪機用在中水頭，大流量的地方。
 - 螺旋槳水輪機用在低水頭，並且可以依水流量的大小，來設計螺旋槳的角度。

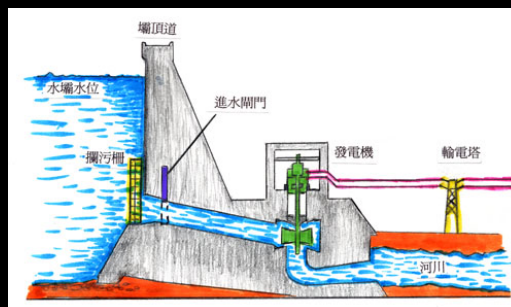
水力發電的方式

- 水道式：

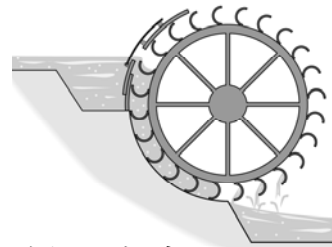
取水堰 - 進水口 - 水路 - 沉沙池 - 水路 - 水槽 - 壓力鋼管 - 電廠 - 尾水路
- 水壩式：

水庫 - 進水口 - 壓力鋼管 - 電廠 - 尾水路
- 抽蓄發電式：

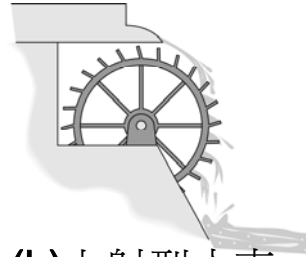
上池 - 進水口 - 壓力鋼管 - 抽蓄電廠 - 下池



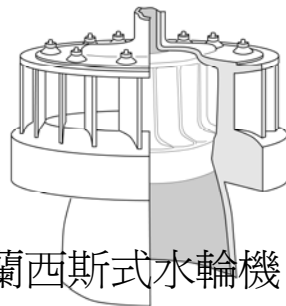
水車或水輪機模型



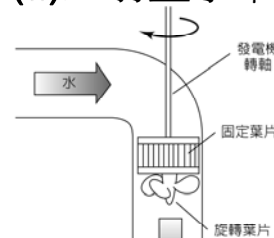
(a) 胸射型水車



(b) 上射型水車

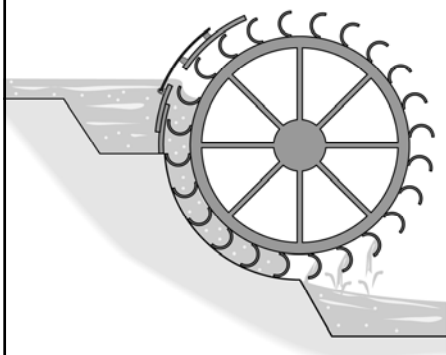


(c) 法蘭西斯式水輪機

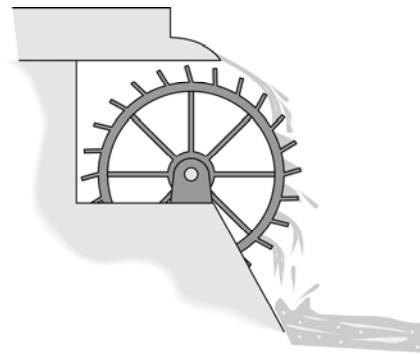


(d) 卡普蘭式(Kaplan)或
推進器式水輪機

螺旋槳水輪機模型



(a) 胸射型水車

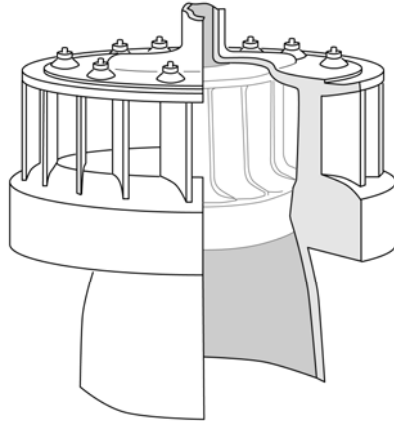


(b) 上射型水車

- 螺旋槳水輪機多用在低水頭。
- 可依水流量的大小，來設計螺旋槳的角度。

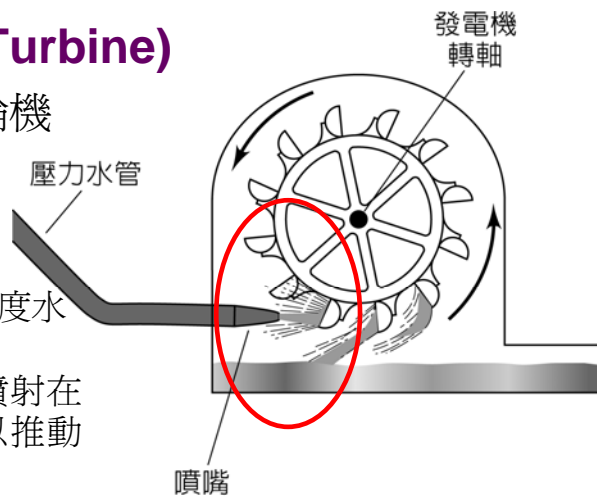
法蘭西斯式水輪機

- ⇒ 將有壓力的水流導入封閉而飽和的渦輪室中，使水流作用在整個水輪上。
- ⇒ 法蘭西水輪機多用在中水頭，大流量的地方。



佩爾吞渦輪機(Turbine)

衝擊式水輪機



- ◇ 將壓力水流轉換為速度水流，以推動水輪機
- ◇ 並將水流經由噴嘴噴射在水輪周邊的輪葉，以推動水輪機發電。
- ◇ 一般多用在高水頭,小流量的地方

佩爾吞渦輪機

加強水噴至渦輪葉片的噴出力，以提高渦輪機的轉速，進而提高水力發電量

水力發電量的決定因子

- 水所產生的功率正比於重力位能損失 (水自來源處掉落) 的比率，
- 重力位能的變化等於水的重量乘以水頭的垂直高度

$$\text{功率} = \frac{\Delta(\text{PE})}{\text{時間}} = \text{重量} \times \frac{\text{垂直掉落距離}}{\text{時間}}$$

水力發電機組

- **水力發電機種類**：
多採用回轉磁場三相交流同步發電機
- **額定電壓**：一般電站水力發電機的電壓
 - ❖ 小型者通常為3,300 V (伏特)
 - ❖ 中型者通常為6,600 V
 - ❖ 大型者有11,000至22,000 V等

小水力發電基本認識-1

1. 大中小型水電站的劃分：

- ✧ 裝機容量小於 25 MW 為小型；
- ✧ 裝機容量 25~250 MW 為中型；
- ✧ 裝機容量大於 250 MW 為大型。

2. 水力發電的基本原理

- ✧ 利用水力(具有水頭)推動水力機械(水輪機)轉動，將水能轉變為機械能。
- ✧ 如果在水輪機上接上另一種機械(發電機)隨著水輪機轉動便可發出電來，此時機械能又轉變為電能。
- ⇒ 將水的位勢能變成機械能，又變成電能的轉換過程。

小水力發電基本認識-2

3. 水力資源的開發方式

- ✧ 水力的開發方式是按照集中落差而選定，大致有三種基本方式：
即堤壩式、引水式和混合式等。
- ✧ 但這三種開發方式還要各適用一定的河段自然條件。

4. 水電站的基本類型

- ✧ 按不同的開發方式修建起來的水電站，其樞紐佈置、建築物組成等也截然不同，
- ✧ 故水電站也隨之而分為堤壩式、引水式和混合式三種基本類型。

小水力發電基本認識-3

- 水利水電樞紐工程及相應農工建築物等級劃分：應按照工程規模、水庫總容積、電站裝機容量的大小劃分等級。
- 流量、徑流總量、多年平均流量：流量是指單位時間內水流通過河流或水工建築物過水斷面的體積，以立方米/秒表示；徑流總量是指在一個水文年內通過河流該斷面水流總量之和，以 10^4m^3 或 10^8m^3 表示；多年平均流量是指河流斷面按已有水文系列計算的多年流量平均值。
- 小型水電站樞紐工程主要組成部分：主要由擋水建築物(壩)、洩洪建築物(溢洪道或閘)、引水建築物(引水渠或隧道，包括調壓井)及電站廠房(包括尾水渠、升壓站)四大部分組成。
- 戶用型小水力發電：
- 非電站式的戶用型小型水力發電從 200W到1000W,一般用於偏遠山區或鄉村別墅。

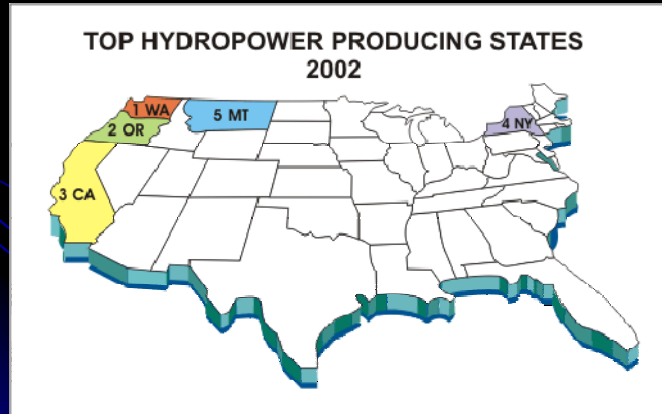
1998年各國水力發電輸出

	發電量 (10^9 kWh)	裝置容量 (10^3 MW)
美 國	350	99
加拿大	330	67
巴 西	289	54
中 國	203	60
俄羅斯	150	44
挪 威	115	27
日 本	90	21
印 度	76	22
瑞 典	73	16



- Of the renewable energy sources that generate electricity, hydropower is the most often used.
- It accounted for 7 percent of U.S. generation and 45 percent of renewable generation in 2003.
- It is one of the oldest sources of energy and was used thousands of years ago to turn a paddle wheel for purposes such as grinding grain.
- The first industrial use of hydropower to generate electricity occurred in 1880, when 16 brush-arc lamps were powered using a water turbine at the Wolverine Chair Factory in Grand Rapids, Michigan.
- The first U.S. hydroelectric power plant opened on the Fox River near Appleton, Wisconsin, on September 30, 1882.
- Until that time, coal was the only fuel used to produce electricity.
- Because the source of hydropower is water, hydroelectric power plants must be located on a water source.
- Therefore, it wasn't until the technology to transmit electricity over long distances was developed that hydropower became widely used.

- Over one-half (56 %) of the total U.S. hydroelectric capacity for electricity generation is concentrated in three States (**Washington, California and Oregon**) with ~31 % in Washington, the location of the Nation's largest hydroelectric facility is the Grand Coulee Dam.
- It is important to note that only a small percentage of all dams in the United States produce electricity. Most dams were constructed solely to provide irrigation and flood control. 美國境內的水壩主要適用於灌溉和防洪用，僅少部分水壩是用於水力發電用。



水力發電廠商

1. 洋流發電 Gulf
2. 河流潮汐洋流發電 UEK
3. 小型農村水力發電 MPRL
4. 小水力發電機 ABS
5. 小水力發電機 PowerPal
6. 小水力發電機 PLATYPUS

水力發電對環境的影響

水庫建造的過程與建成之後，對環境的影響主要包括以下幾個方面：

- (1) 自然方面
- (2) 生物方面
- (3) 物理化學性質方面
- (4) 社會經濟方面

水力發電對自然環境的影響

1. 巨大的水庫可能引起地表的活動，甚至有可能誘發地震。
2. 此外，還會引起流域水文上的改變，如下游水位降低或來自上游的泥沙減少等。
3. 水庫建成後，由於蒸發量大，氣候涼爽且較穩定，降雨量減少。

水力發電對生態的影響

1. 對陸生動物而言，水庫建成後，可能會造成大量的野生動植物被淹沒死亡，甚至全部滅絕。
2. 對水生動物而言，由於上游生態環境的改變，會使魚類受到影響，導致滅絕或種群數量減少。
3. 同時，由於上游水域面積的擴大，使某些生物的棲息地點增加，如釘螺。進而使得一些地區性疾病(如血吸蟲病) 創造了有利的蔓延條件。

水力發電對物理化學性質的影響

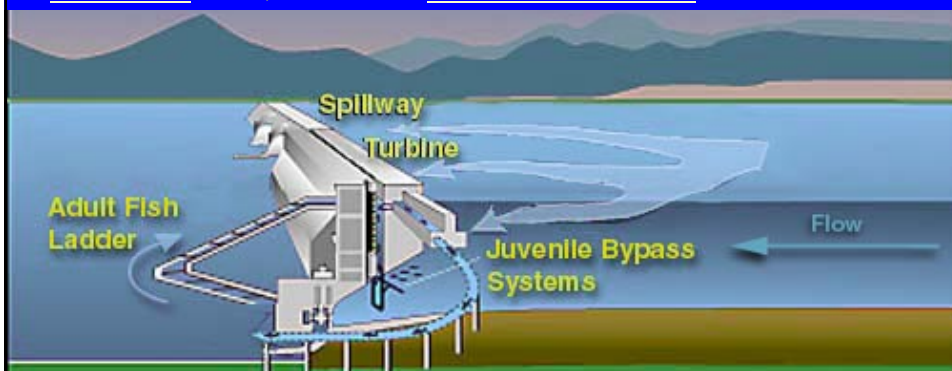
1. 流入和流出水庫的水在顏色和氣味等物理化學性質方面會發生改變。
2. 水庫中各層水的密度、溫度、甚至熔解氧等有所不同。
3. 深層水的水溫低，而且沉積庫底的有機物不能充分氧化而處於厭氧分解，故水體的二氧化碳含量明顯增加。

水力發電對社會經濟的影響

- 修建水庫可以防洪、發電，也可以改善水的供應和管理，增加農田灌溉，但同時亦有不利之處，如
 1. 受淹地區城市搬遷、
 2. 農村移民安置會對社會結構、
 3. 地區經濟發展等產生影響。
 4. 如果整體、全局計畫不周，社會生產和人民生活安排不當，還會引起一系列的社會問題。
 5. 另外，自然景觀和文物古跡的淹沒與破壞，更是文化和經濟上的一大損失。
- 應當事先制定保護規劃和落實保護措施。

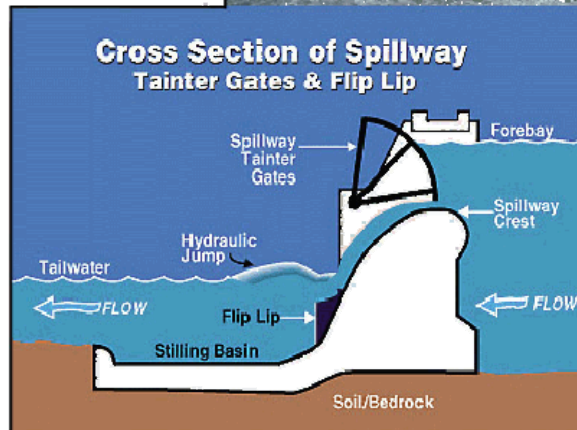
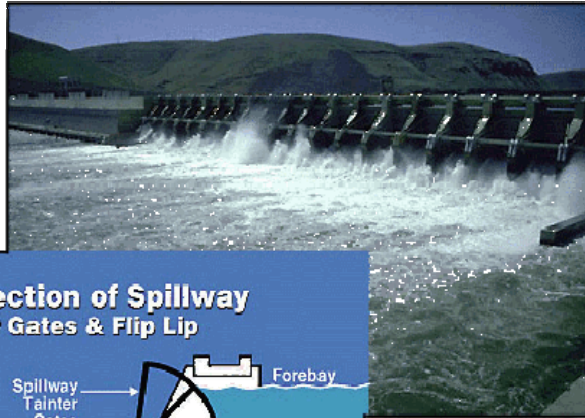
Fish Passage Tour

- Salmon are the most well-known species that migrate up and down Northwest streams and rivers. When young salmon (smolts) migrating downstream encounter a hydroelectric project, they will either pass over a SPILLWAY, through the TURBINE area, or enter a BYPASS SYSTEM.



- Adult salmon migrating upstream will most often use a FISH LADDER as they journey to their spawning grounds.

Migrating smolts can pass over a spillway, fall into the pool of water below, and then continue their journey downstream.



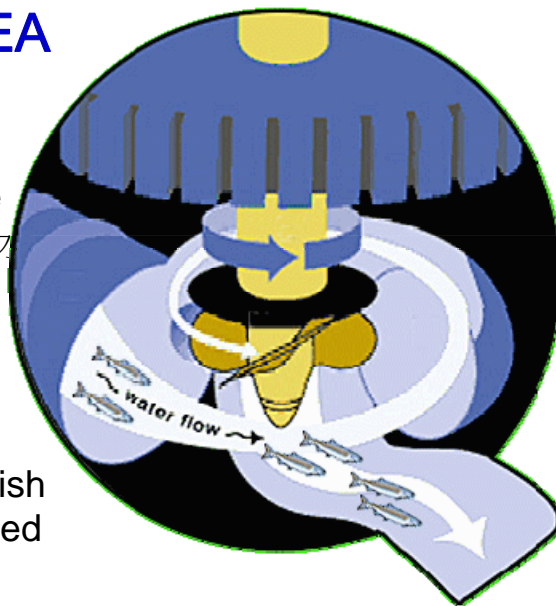
Spill deflectors (or flip lips) are used to reduce the effect of nitrogen supersaturation when fish pass over a spillway.

When this happens, changes in pressure cause gas-bubble disease in fish (which is the equivalent of "the bends" for divers).

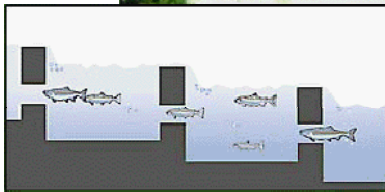
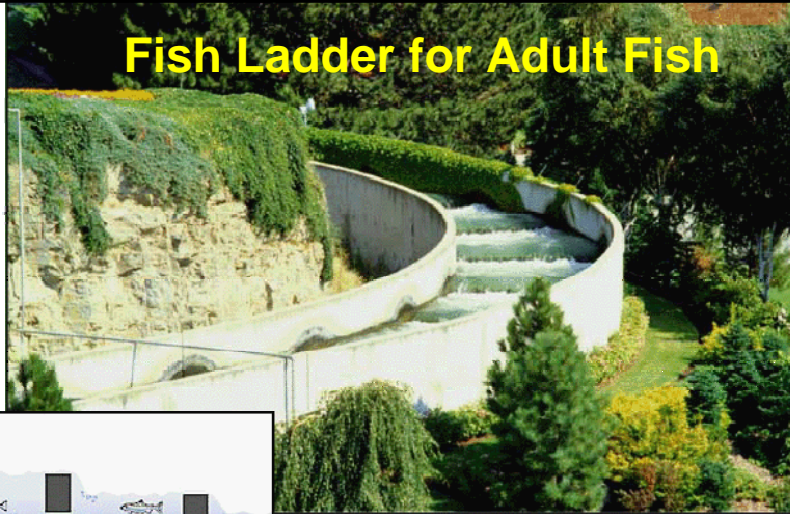
TURBINE AREA

Migrating smolt can pass into the turbine area, and exit via the tail race (泄水道、尾水溝).

A new generation of turbines are being designed to reduce mortality caused by fish being bruised, stressed or disoriented.



Fish Ladder for Adult Fish



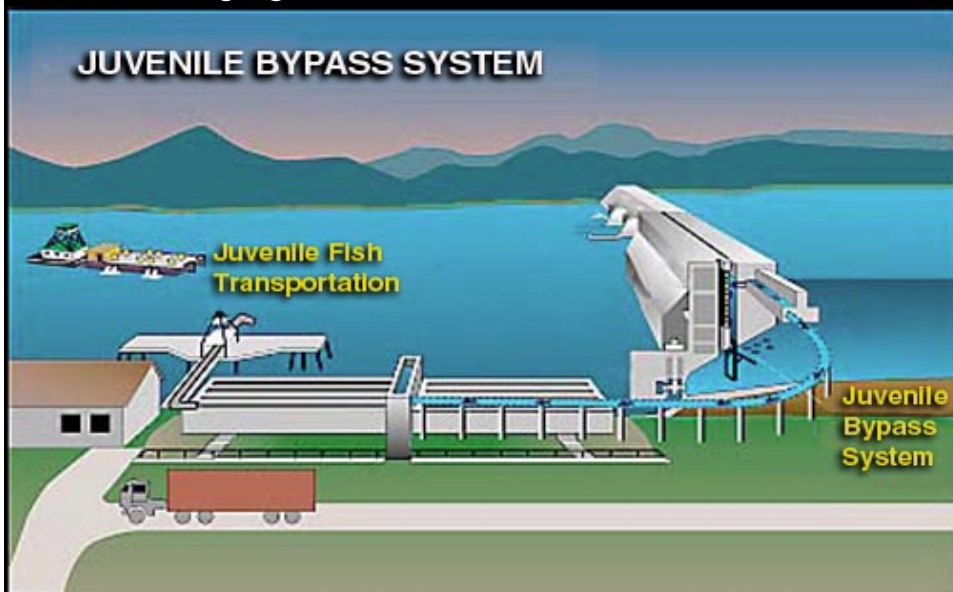
Fish Ladder for Adult Fish

- Adult salmon migrating upstream will most often use a **fish ladder** as they journey to their spawning grounds.

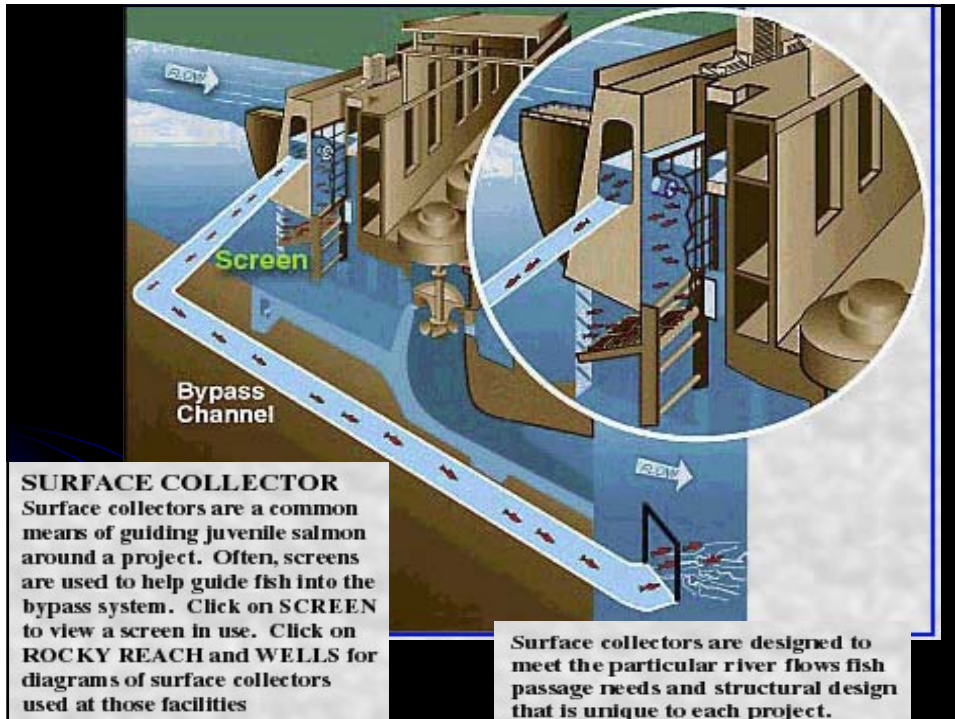
JUVENILE FISH TRANSPORTATION

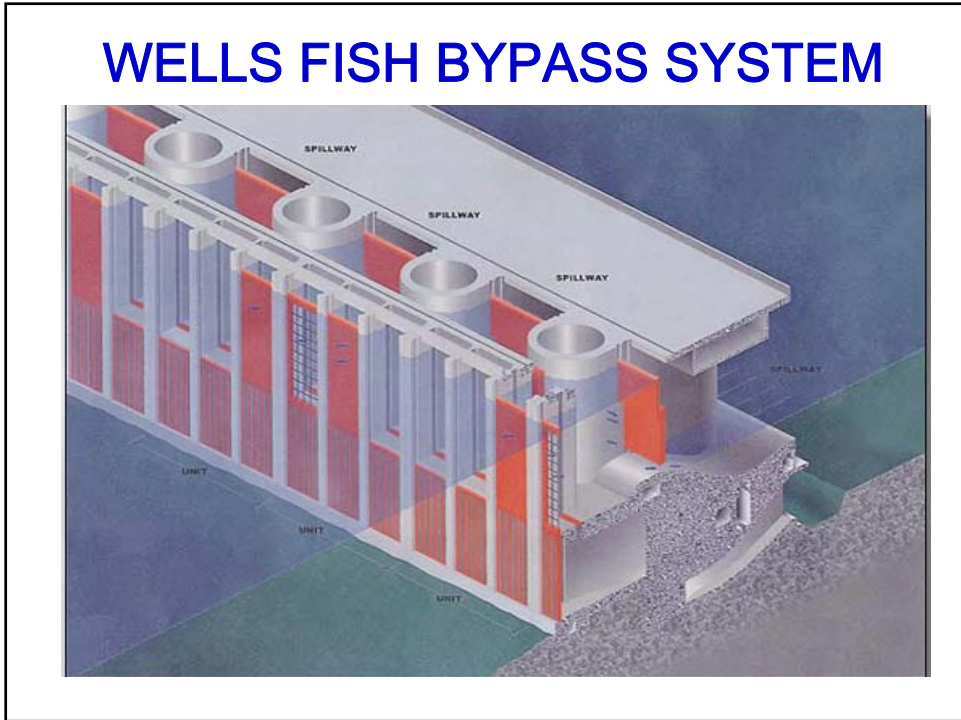
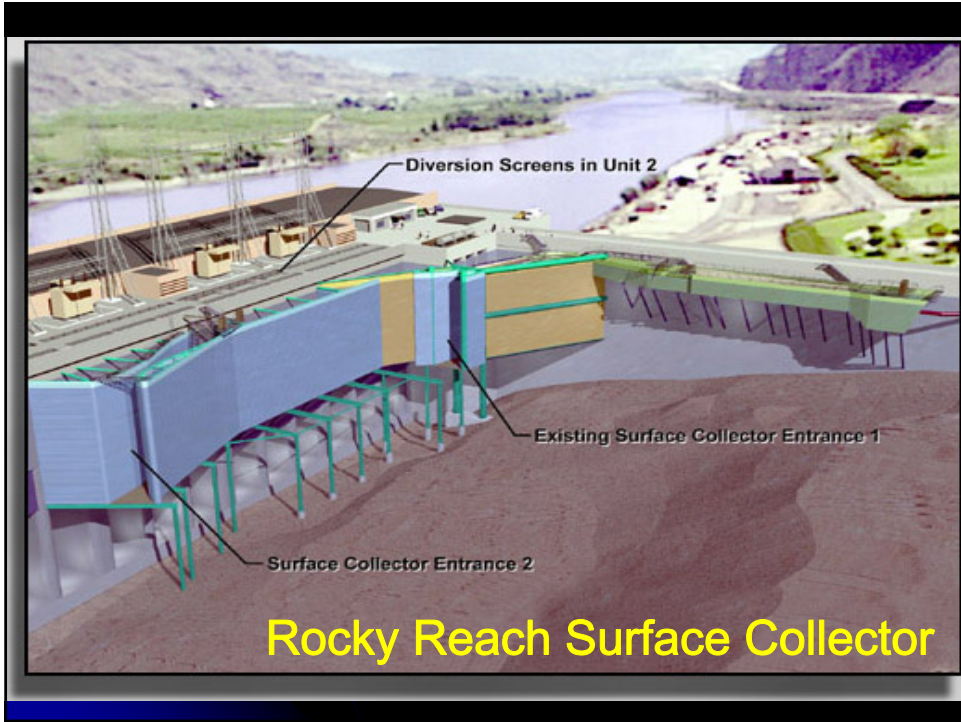
The barging of smolt several miles downstream.

JUVENILE BYPASS SYSTEM



Fish Ladder





**This fish
screen at
Rocky Reach**

was lifted from within
the project's structure
for cleaning and
maintenance.

