

經濟部



行政院所屬各機關因公出國人員報告書  
(出國類別：研習會)

『大壩安全運轉與維護』  
國際研習會

服務機關：經濟部水利署南區水資源局  
出國人職稱：正工程司  
姓名：邱啟芳  
出國地區：美國  
出國期間：民國92年9月15日～民國92年9月25日  
報告日期：民國93年1月10日

95/CO9300435

系統識別號:C09300435

公務出國報告提要

頁數:69含附件:否

報告名稱:

2003年大壩安全運轉與維護研討會

主辦機關:

經濟部水利署

聯絡人/電話:

/

出國人員:

邱啓芳 經濟部水利署 南區水資源局 正工程司

出國類別: 其他

出國地區: 美國

出國期間: 民國 92 年 09 月 15 日 -民國 92 年 09 月 25 日

報告日期: 民國 93 年 01 月 10 日

分類號/目: G5/水利工程 G5/水利工程

關鍵詞: Safety,Operation,Maintenance

內容摘要: 1.水庫大壩安全,運轉與維護探討目標除既定方針外,亦應涵蓋對下游生態衝擊. 2.水庫管理單位應建立運轉及維護,同時偵測任何水庫受損狀況,提供改善依據.

『大壩安全運轉與維護』

國際研習會

報告

研習日期：92年9月15日至92年9月25日

報告人：經濟部水利署南區水資源局

邱啟芳正工程司

中華民國九十三年一月

## 目錄

	頁數
壹、前言-----	02
貳、研習內容摘要	
一、室內課程研討-----	03
二、戶外教學實地觀摩-----	48
參、心得報告-----	63
肆、建議-----	69

## 壹、前言

近年來，由於世界各國對大壩安全重視性逐年提昇，為充分了解大壩所造成水文環境變化及其影響，現階段『大壩安全運轉與維護』探討目標除既定主題方針外，另已涵蓋對下游生態衝擊。

『大壩安全運轉與維護』政策及方針制定，須考量其可信賴程度及其需求性，並參酌往例經驗融合而成。

基於此，訓練『大壩安全運轉與維護』人員是最重要的課題之一，本次研習會將提供專業研習結果及知識，以訓練參加人員，達到『大壩安全運轉與維護』目標。

## 貳、研習內容

本次研習計分為室內課程研討（五天，Denver，Colorado）及戶外教學觀摩（六天 Colorado，Utah，Wyoming）二部份，期程合計約十一天，其內容摘述如下：

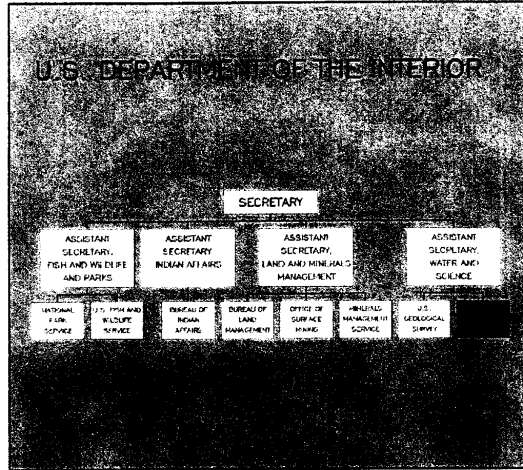
### 一、室內課程研討

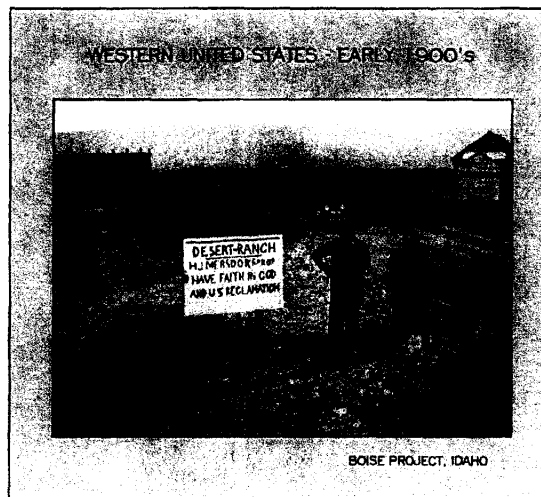
#### （一）大壩管理組織之沿革與現況

在美國由於多次災害體認水資源重要性，其管理機構不斷提昇，隸屬內政部，由副部長層級人員管理。

在美國水壩主要目的可分為：

- 供給給水佔 10%
- 灌溉用水佔 10%
- 水利發電佔 3%
- 洪流控制佔 17%
- 魚及野生物棲息池塘佔 15%
- 娛樂佔 35%
- 其他約 10%







ROOSEVELT DAM



HOOVER DAM



水壩持有人類型：

- 聯邦政府約佔 3%
- 州政府約佔 5%
- 地方政府約佔 17%
- 公用效益約佔 2%
- 私人效益約佔 58%
- 不確定性約佔 15%

聯邦政府相信公共安全和非聯邦政府的水壩具有密切關聯，應該存在於各州。

## (二) 大壩安全 (Safety)

大壩安全方針係為提高水庫安全性，美國聯邦之方針準則為：

- 壩址調查
- 設計
- 結構
- 操作及保養
- 緊急狀況應變準備

其實施方針為：

- 水壩安全要達到管理之目標

- 在每一設計階段之技術性決定，都必須對安全性有適當認可。

其決策：

- 這些方針有助於支援安全需求的決策者，用明確的描述管理方式，做最終的實行。

### (三) 大壩安全性法律沿革

- 公眾法律 (1972)
- 水壩利用安全法 (1978)
- 水壩利用安全法修正案 (1984)
- 水資源開發法 (1997)
- 水資源法 (1997)

其目的：

- 減低水壩故障時對生命及財產造成之風險。
- 既非任何其他聯邦或州政府以先買權取得，亦非委託州參與許可援助之程序。

制定法律單位：

- 國家水壩安全回顧會議

聯邦緊急事件處理領導機關：

- 農業部門

- 防衛部門
- 內政部
- 聯邦能源規章委員會
- 州水壩安全代理人
- 美國大水壩委員會

#### (四) 大壩安全規範方針

確保結構不會產生不可接受之風險，例如：公眾安全、福利、財產、環境和文化資源等。

為確保水壩在發展過程之安全，其途徑有：

- 鼓勵可接受的工程學方針和程序
- 贊助引人注目的規劃
- 促進大眾注意
- 鼓勵技術性援助

發展水壩安全之活動

- 規劃
- 設計
- 建設
- 操作和保養
- 緊急事件處理

- 安全

### (五) 水壩安全問題

水壩安全問題，其著眼點在於：

- 物理的安全
- 資訊的安全
- 人員的安全
- 法律推行
- 緊急事件操作
- 策略及規劃處理

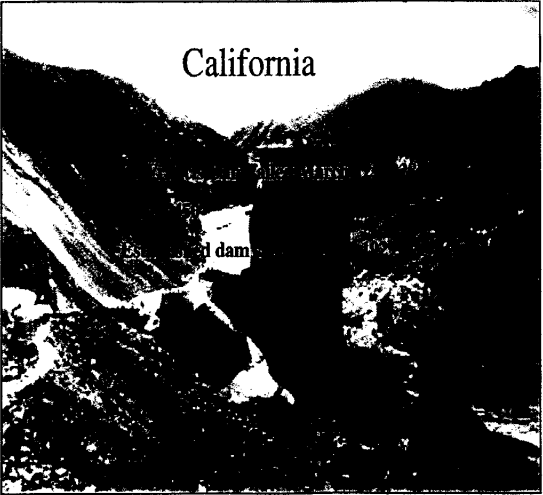
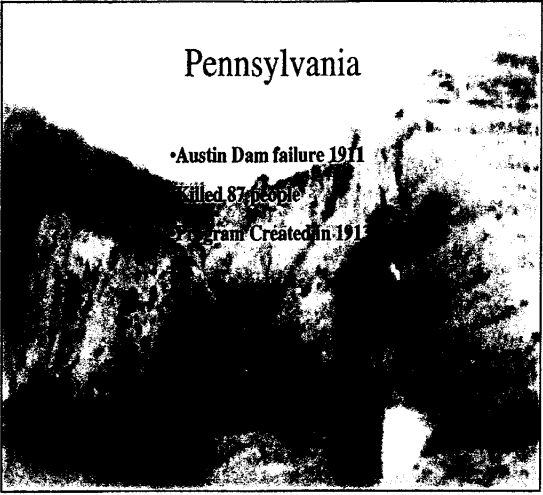
物理的安全有下列幾項：

- 安全評定
  - \* 決定性有價值東西之證明
  - \* 脅迫評定
  - \* 風險分析 (如凶兆、弱點、影響...)
- 推薦書和決議
- 矯正的行為

資訊安全有下列幾項：

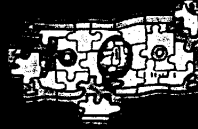
- 敏感、約束、機密等資訊之證明
- 接受各種資訊之判定

- 資訊保管
- 資訊傳達
- 保留和整理程序



## Assistance for National Dam Safety Programs

- Review of State Dams Safety Programs



- Dam Safety Training

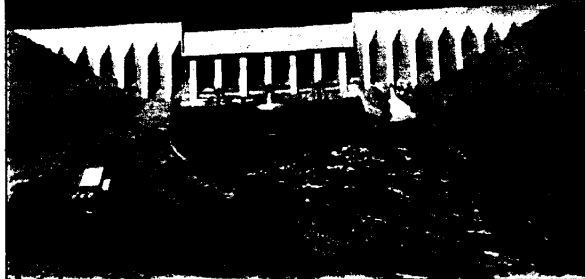
- Dam Safety Research

- Inventory



### **DAM SAFETY PROGRAM OBJECTIVE:**

**"To ensure that structures do not create unacceptable risks to public safety and welfare, property, the environment, and cultural resources."**





## (六) 水壩運轉(Operation)和維修(Maintenance)

電力上業績：

- 在美國水力發電是產生電力第二大來源，年收入約 10 億。
- 全國約有 58 個水力發電設備。
  - \*196 個發電元件
  - \*14.7 百萬千瓦設置電容量
  - \*每小時能源為 420 億千瓦
  - \*能量相當於 1300 萬立方公尺的原油 (8000 萬桶)

水力上的業績：

- 建設 457 個水壩和 348 個水庫引水渠道
- 貯存了 3 兆立方公尺的水
- 美國最大的水批發
  - \*3800 萬 M<sup>3</sup> 提供 3100 萬人民
  - \*灌溉 400 萬公頃的土地

保養維修之狀況評估

由有資格的人員做週期行的檢查，並完全地決定和提供設施、道具或裝備狀況等證明文

件與認定保養需求。

運轉之規劃包括每天現有的工作，計有：

- 洪水監測和控制、預備年度運作計畫、大範圍河川逕流狀況預測和能量控制。
- 監控結構運轉機械，使其運作和其他實體對等調節。
- 發展中和週期性等工作之更新計畫及程序
- 操作機械設備，使其在符合規則的基礎下，確保有能力運轉整體循環。
- 緊急狀況之反應
- 健康和 safety 規範，以利遵循操作。
- 保證訪客安全
- 評估設施安全

維護工作主要為修理、歸復裝備和結構，其現有工作包括：

- 週期性之拆卸、檢驗、改建抽水機和其他同樣之裝備，並依規定於一般時間對裝備上潤滑油。
- 修復流體過濾器，並在一定時間內確認運

作裝備正常。

- 修理設備遭受損害的部份。
- 依規定週期檢驗設備和裝備。
- 維持和昇級安全裝置或設備。
- 針對安全或需求予以適時更新設備。
- 重新整修水壩閘門、建物等所有物件表面部份。
- 轉交和處理有危險的原料。

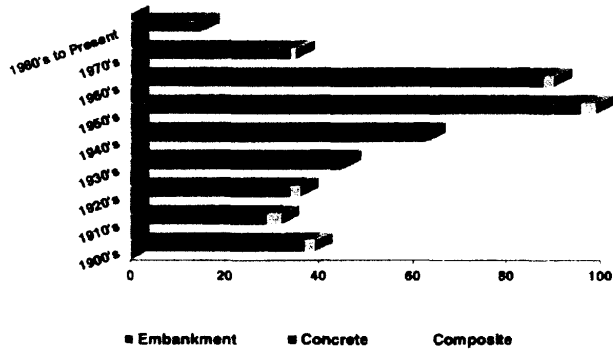
#### (七) 水壩風險期分析及評定

遇洪水時，所有水壩之溢洪道均須檢查，以發現在洪水通過時需特別保護之區域，在洪水期和水位退去之後，溢洪道均須加以檢查，以判斷任何需要修理之損壞。

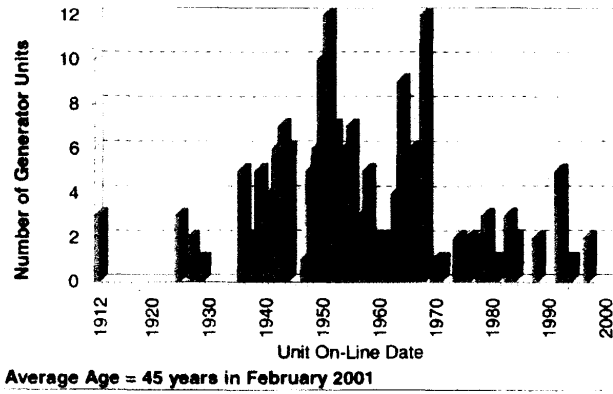
高速的風可能產生具有破壞性的波浪。上游坡在暴風時須加以監視，以便能立即修護損壞的區域。在暴風後應仔細地檢查，以確定所需要的修復工作，並立即進行初步的修理。

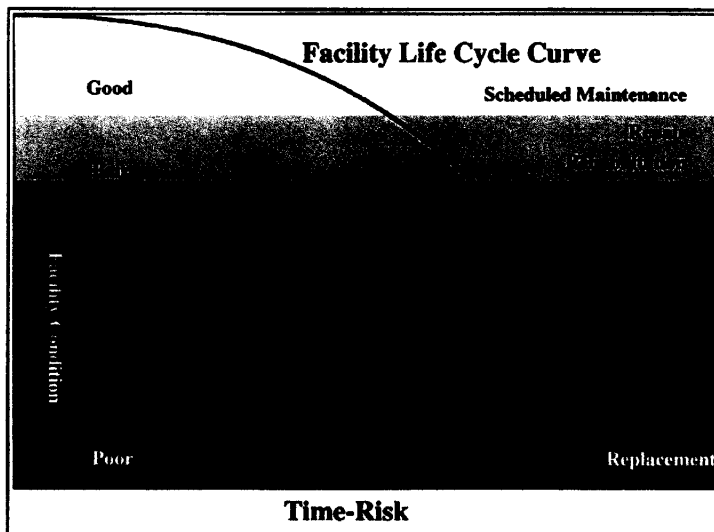
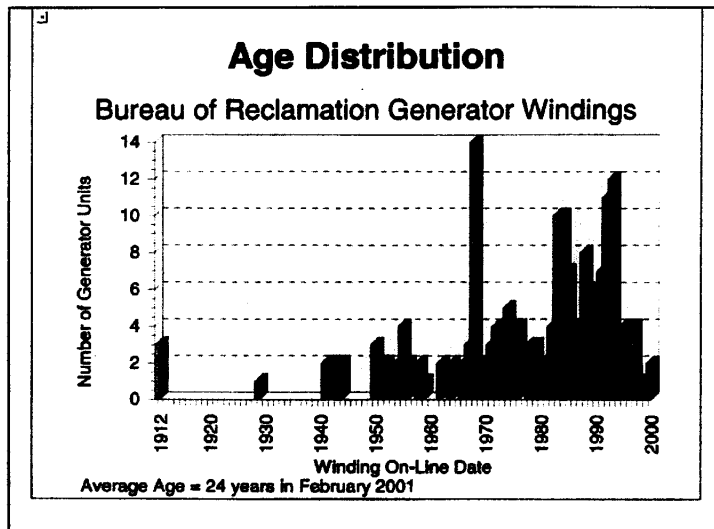
如果地震經鑑定對壩址附近區域有影響或有震動報告時，水壩必須馬上仔細地檢查，並且以後每

### Bureau of Reclamation Original Construction Dates



### Age Distribution Bureau of Reclamation Generators





## Operations

Project operations involve daily (*and often hourly*) visible tasks.

### **Less visible tasks include:**

Flood monitoring and control, Preparing annual operating plans,  
Long-range forecasting of runoff conditions for river and power operations,  
Structural behavior instrumentation monitoring,  
Coordinating Reclamation's operations other entities,  
Developing and periodically updating plans and procedures,  
Coordinating Reclamation's operations with electrical and hydrological  
operations of other entities in the Western US,  
Exercising mechanical equipment on a regular basis to ensure its ability to  
operate through full cycle, Responding to emergencies,  
Health and safety code compliance activities,  
Ensuring safety of visitors, Evaluating facility security.

## Maintenance

The most visible maintenance tasks are the major repairs,  
replacements, or rehabilitation of equipment or structures.

### **Less visible tasks include:**

Periodically tearing down, inspecting, and rebuilding pumps and other such  
equipment, Lubricating equipment at prescribed intervals,  
Replacing fluids, filters, and seals on operating equipment at regular intervals,  
Repairing facilities damaged by operating releases,  
Inspecting facilities and equipment on planned cycles,  
Maintaining and upgrading facility security detection equipment,  
Retrofits of facilities to comply with safety or accessibility requirements,  
Painting and refinishing the surfaces of everything from dam gates  
(mechanical equipment) to office buildings,  
Handling and management of hazardous materials.

週檢查一次，持續至地震後四至六週，此乃因為地震所引起的狀況常在幾星期後才出現。

#### (八) 水壩地震的設計與分析

土石壩分析方面：

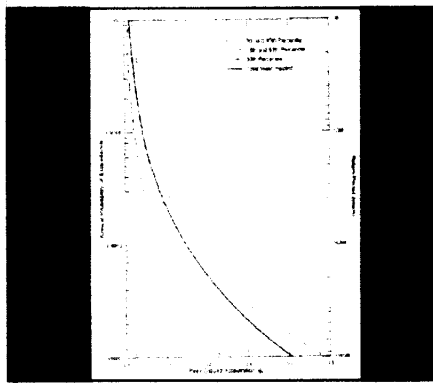
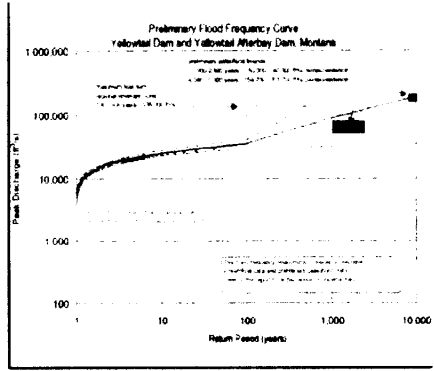
- 動態反應
- 液化潛在可能性
- 地震後穩定分析
- 土石壩可能變形' 狀況
- 破壞及龜裂潛在危險性

混凝土壩分析方面：

- 基礎承载力、接縫處之穩定性
- 基礎滑動 (Sliding) 和傾倒 (Overturning) 穩定性
- Dynamuc or Psendostatic FEM/FDM
- Seepage and Proper Function of Drains

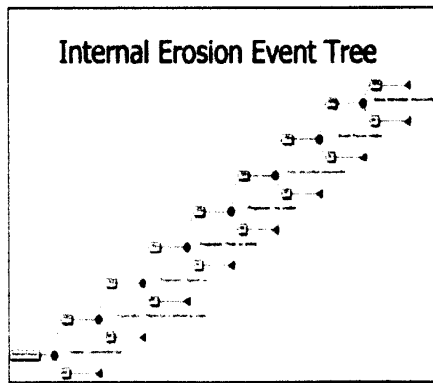
### Estimate Load Probability

- Estimate the probability of a load exceeding a specified value
- Use the load frequency curve to estimate the probability of a load exceeding a specified value



### Estimate Response Probabilities

- Estimate the probability of a response exceeding a specified value
- Use the response frequency curve to estimate the probability of a response exceeding a specified value



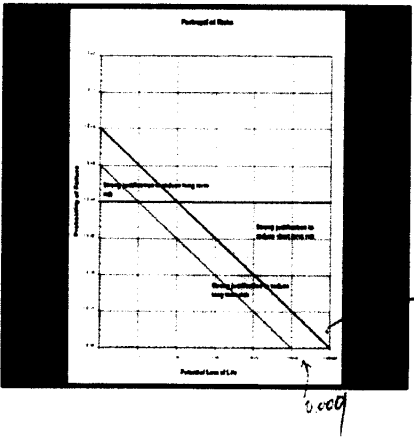
### Estimate Consequences

- Estimate the consequences of a response exceeding a specified value
- Use the response frequency curve to estimate the consequences of a response exceeding a specified value



### Risk Assessment

- Comparison of actual risk to the acceptable risk level
- Risk assessment is a process that involves the identification, analysis, and evaluation of risks
- Risk assessment is a key component of risk management
- Risk assessment is a continuous process



### Early Security Risk Analysis

- The purpose of early security risk analysis is to identify and assess security risks at the beginning of a project
- Early security risk analysis helps to identify security risks that may not be apparent through traditional risk assessment methods
- Early security risk analysis helps to identify security risks that may have a significant impact on the project



### Risk Assessment Methodology – Dams (RAM-D)

Risk = P<sub>1</sub> x C<sub>1</sub> + P<sub>2</sub> x C<sub>2</sub> + ... + P<sub>n</sub> x C<sub>n</sub>

P<sub>1</sub> = Probability of failure of component 1

C<sub>1</sub> = Consequence of failure of component 1

P<sub>2</sub> = Probability of failure of component 2

C<sub>2</sub> = Consequence of failure of component 2

...

P<sub>n</sub> = Probability of failure of component n

C<sub>n</sub> = Consequence of failure of component n

## (九) 大壩之監測

各種壩皆不同程度之滲漏，但所有滲漏都必須監測。

壩體之滲漏因壩堤之設計，壩底截水牆之防漏能力及壩墩岩層緊密程度而有所不同。

### 測定滲漏之簡易儀器

- 量桶
- 量水堰
- 量水槽

亦可用觀測井來監測滲漏情形。

觀測值發生變化需以下述方式加以評估：

- 沿大壩剖面繪滲流水位線
  - 1、如滲流線為正常或目前水庫水位狀況下此滲流是可預期的，則繼續進行正常之監測。
  - 2、如滲流線有異常現象則顯示可能將有危險情況發生，需立即連繫州政府工程部門及顧問工程師。

## (十) 水壩預警系統

### 早期預警系統 (EWS)

預警系統是一個有計畫預防排洪量大時或水壩損壞時，能及時反應發出警告，使全部民眾及瀕臨絕種的野生動植物安全疏散之系統。

生命損失平均值 (Loss of Life, 簡稱 LOL)

警告時間

- 少於 15 分鐘 →  $LOL = 0.5 (PAR)$
- 15~90 分鐘 →  $LOL = (PAR)^{0.6}$
- 大於 90 分鐘 →  $LOL = 0.0002 (PAR)$

PAR = 大洪水時民眾的危顯險率

預警系統的架構

- 查明
  - 做決定及通知告示
  - 警告
  - 疏散
- } 水壩管理人之職責
- } 地方當局之職責

水文學者的水庫安全分析

- 超出安全範圍
- 洪水流入計畫 (IDF)

- 可能發生的最大洪水量 (PMF)
- 時常發生水災
  - 高峰量
  - 容量
- 危險或危險率的分析

#### 對抗洪水的工具

- 自動化測試系統
  - 蓄水庫
  - 溪流河流
- 雷達影像來自 NWS
- 衛星影像
- 雪箱資訊

#### 預警系統的維修

- 預警系統必須隨時保養
  - 若不保養它，那就不要按裝。
- 定期的視察表
  - 以利事前安排並決定維修時間
- 沒有視察維修
  - 規定可容許的“減少”時間

## 預警系統所需專業的資助及矯正

- 系統設計
- 全部地點之採購及安裝
- 操作者之訓練
- 資助費用約一年

## 電子檢視系統及變動之測量

- 安全措施
  - 電視的影像
  - C CTV
  - 影像的無線傳輸
  - 使用直流電/太陽能系統
- 干擾警報因素
  - 人
  - 工具
  - 媒體

## 一個有效預警系統的必要條件

- 可信賴的
  - 系統設計多一點空間
  - 由其須傳送關鍵資料做判斷決定之地點

- 良好的交換及調整
- 操作及維修
  - 必須有足夠資金
  - 定期的訓練
- 合乎進步及現代化之原則
  - 系統的技術
  - 聯合緊急狀況行動方案

一個優良預警系統，需具備下列因素：

- 非建築用的方法
- 低費用
- 增加洪水衝擊的緩和度（如蓄水閘門的操作、水災保險、清楚劃分水災時之都市區域）
- 許多可供選擇使用的資料（灌注、排除、水質、水的供應、天氣、火災的威脅）

（十一）檢查系統：

設計要素：

- 居民的危險率（PAR）
- 資產的危險率
- 下游重要位置

- 安全河床容量
- 排水流域反應
- 操作釋放能量之潛在危險
- 水庫故障的危險率
- 預警和疏散能力

檢查系統類別：

- 全國氣象服務 (NWS) 氣象電台
  - 提供洪水預警或提供氣象報告
- 緊急情形的行動方案 (EAP)
  - 依據防洪手冊
- 蓄水庫的即時監測
  - 蓄水庫的高度和上漲速度
- 流域的即時監測
  - 降雨速度、總量、湧入速度和上漲速度

資料傳送之選擇

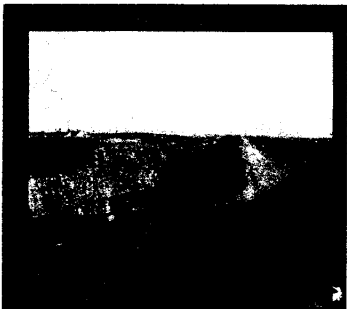
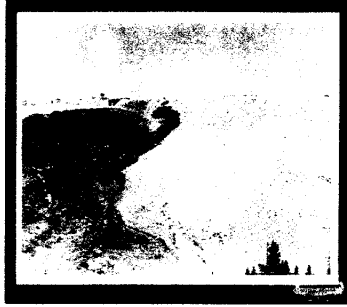
- 衛星傳送
- GOFs (地球周圍與地球同步運轉之衛星)
- 私人的扇形衛星
- VSAT

- 衛星周圍的活動
- 大量的電台
  - VHF
- 無線電電波的傳播
- 微波

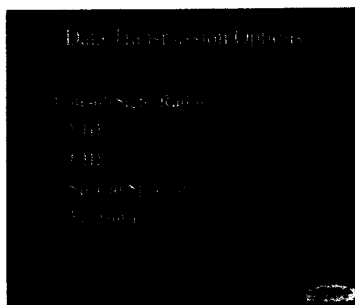
#### 其他電子檢查系統

- 其他行政機構自動化的測試設備
- 來自 NWS 的雷達影像
- 衛星圖像
- 雪箱資訊



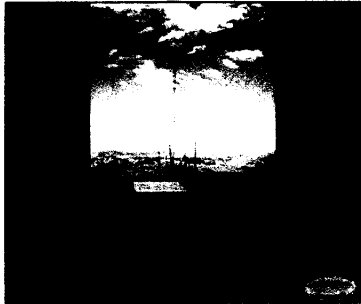


4



10

Line of Sight Radio  
Often Need Repeater



//

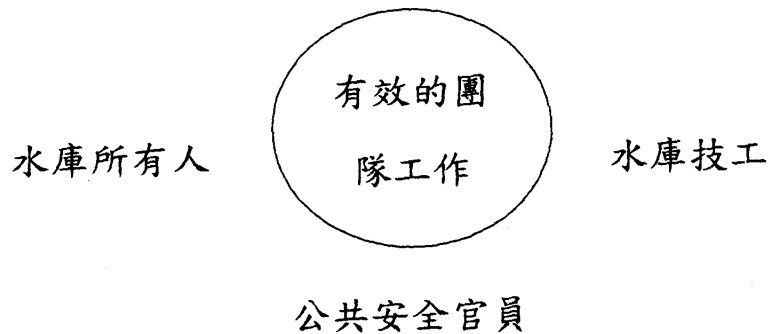
## (十二) 緊急狀況之行動方案及演練

美國對緊急情形之反應處理及公共安全，認為是當地政府的責任義務，並有賴當地、州政府和聯邦政府充分的合作。

### 緊急情形方案概念

- 失敗的方案需承認所有包括在內的事物。
- 方案中的缺點會造成方案失敗。
- 人們趨向贊成對其有益的各種方案。

### 緊急狀況處理團隊



### 水庫管理人之職責

- 檢驗
- 作出決定
- 通知

### 下游管理當局之職責

- 警告
- 疏散

EPA (Emergency Action Plan) 定義

- 識別可能發生的緊急情形
- 識別不尋常的事件
- 有詳細的步驟來挽救生命並保護下游的資產

EPA 緊急情形步驟需包括：

- 檢查
- 作決定
- 通知

檢查方法

- 自動化檢查系統
  - 警戒水利洪水測試設備
  - 強大水流的運動檢視
- 可能查覺的觀察及調查

危險分析

- 工作參數
- 調查報告
- 缺乏確認分析

- 危險分析/風險判斷
- 防護的判斷
- 危險物品的清單

反應程度系統，可分為

- 內部的警戒
- 反應程度 1 — (準備)
- 反應程度 2 — (安裝)
- 反應程度 3 — (啟動)
- 反應程度 4 — (結束)

反應程度 1 — “準備”

- 水庫發生某些事
- 內部傳達加入檢驗
- 24 小時警告通知
- 還未作為一個緊急情形的代表

反應程度 2 — “安裝”

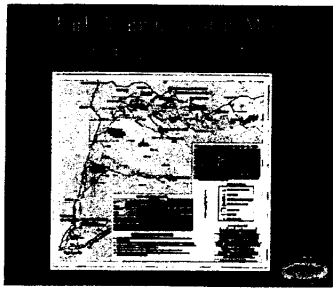
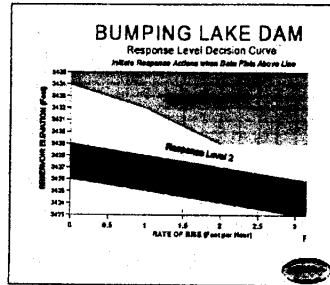
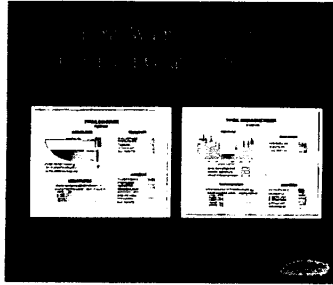
- 情形更加危急
- 水庫即沒有失去作用，也不是迫切故障
- 通知危險地區的民眾準備離開
- 開始著手事件的行動方案

### 反應程度3—“行動”

- 水庫之情形非常嚴重
- 險惡的洪水將影響到危險地區民眾的生命財產安全
- 危險地區的民眾遭受到急迫的危險，而且必須疏散避難。
- 執行事件行動方案。

### 反應程度4—“結束”

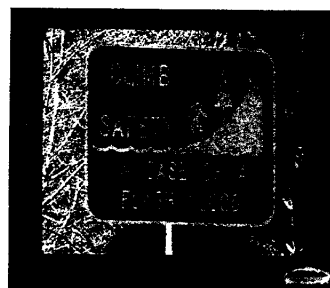
- 水庫正故障或已經故障
- 脅迫生命的洪水已經在水道上
- 最先反應馬上撤離危險地區的民眾離開危險地區的區域。



### ESTIMATED DAM FAILURE FLOOD WAVE TRAVEL TIMES

Location	Distance (mi)	Flow Rate (cfs)	Travel Time (hr)	Peak Elevation (ft)	Peak Time (hr)	Notes
Reservoir	0	100,000	0	3495	0	
1/2 mi	0.5	100,000	0.5	3490	0.5	
1 mi	1.0	100,000	1.0	3485	1.0	
2 mi	2.0	100,000	2.0	3475	2.0	
3 mi	3.0	100,000	3.0	3465	3.0	
4 mi	4.0	100,000	4.0	3455	4.0	
5 mi	5.0	100,000	5.0	3445	5.0	
6 mi	6.0	100,000	6.0	3435	6.0	
7 mi	7.0	100,000	7.0	3425	7.0	
8 mi	8.0	100,000	8.0	3415	8.0	
9 mi	9.0	100,000	9.0	3405	9.0	
10 mi	10.0	100,000	10.0	3395	10.0	

NOTE: Travel times may vary from those shown due to prevailing flood conditions, multiple dam failures, the number of dams along the river channel, etc.

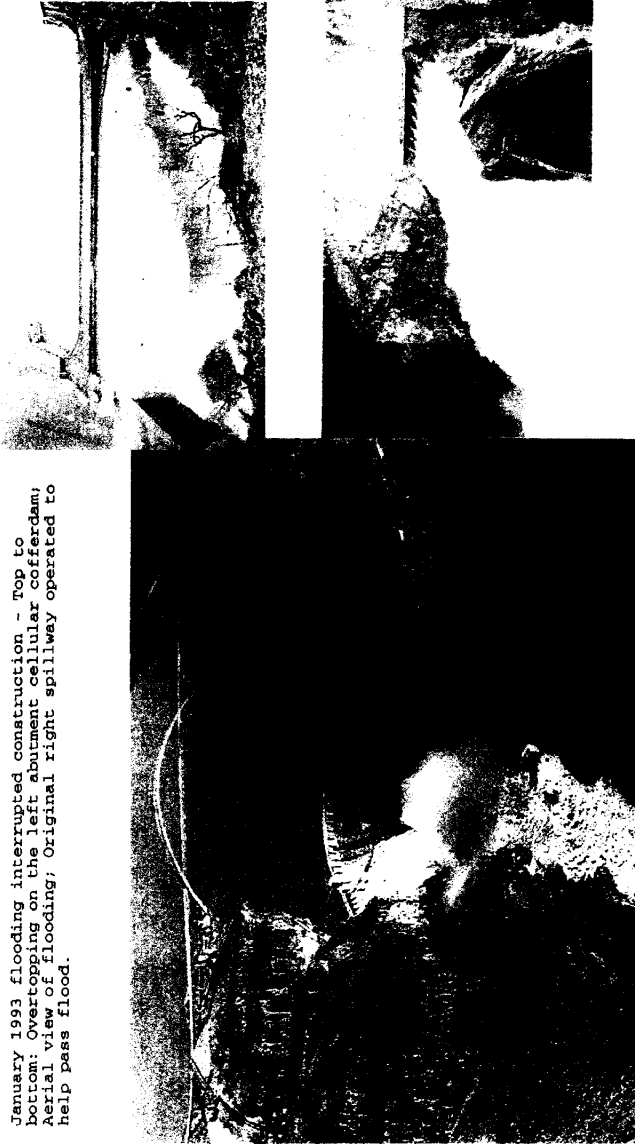






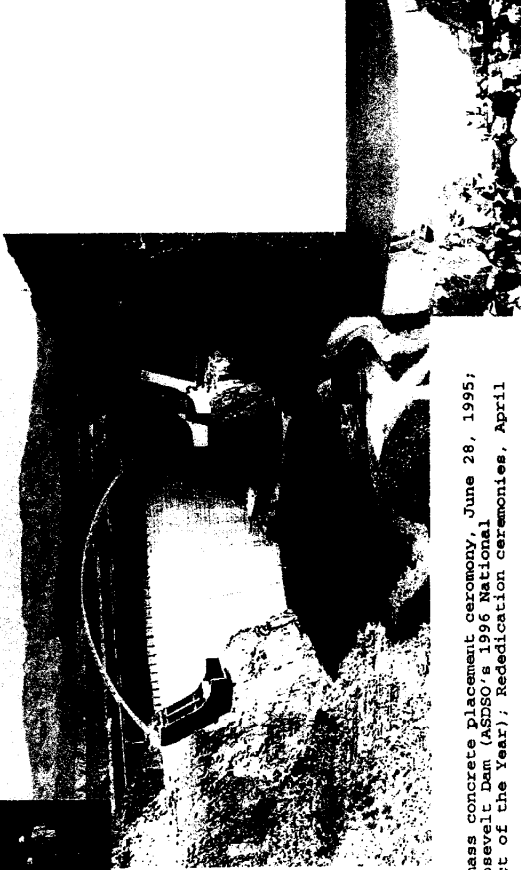
Revised: July 23, 2001

January 1993 flooding interrupted construction - Top to bottom: Overtopping on the left abutment cellular cofferdam; Aerial view of flooding; Original right spillway operated to help pass flood.



25

Revised: July 23, 2001



Top to bottom: Last mass concrete placement ceremony, June 28, 1995; Modified Theodore Roosevelt Dam (ASDQ's 1996 National Rehabilitation Project of the Year); Rededication ceremonies, April 12, 1996

### (十三) 地震對水壩之影響分析

分析方法大致可分為：

- 定值法
- 機率法

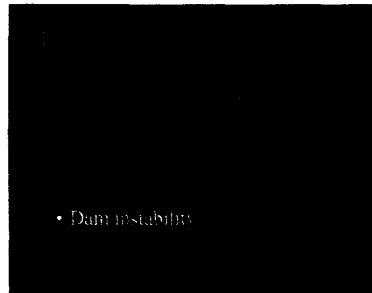
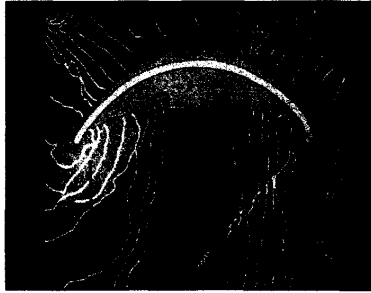
其主要程序係以定值法評估地震最大加速度，並應用機率法分析地震最大加速度之回歸期。

定值法之步驟及處理流程：

- 1、 調查區域壩址內附近地質特性
- 2、 調查斷層之活動性並確定活動斷層的位置
- 3、 決定活動斷層所可能產生的最大地震規模 (MCE)
- 4、 選用適當的地震衰減公式
- 5、 定出各活動斷層與壩址間之最短距離
- 6、 決定控制斷層之地點
- 7、 決定設計地表加速度與設計反應頻譜

機率法之步驟及處理流程

- 1、 地震資料搜集
- 2、 地震發生特性參數分析



## 震度衰減律回歸分析

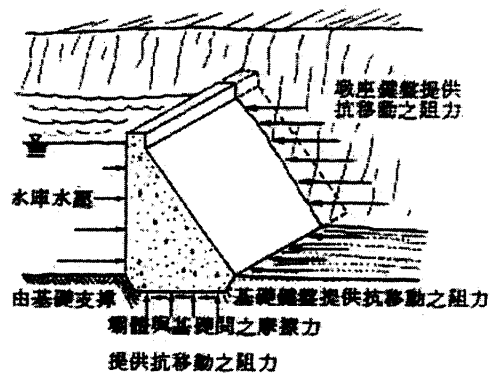
### 3、 進行危害度分析

#### (十四) 混凝土壩及土石壩之介紹

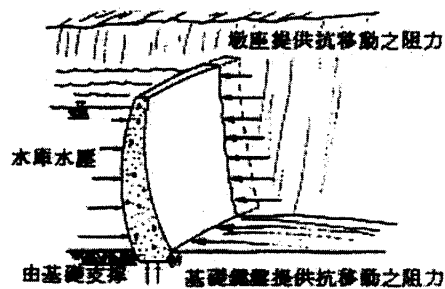
混凝土壩在科羅拉多州最普通，混凝土是最耐久之建壩材料，並具有高度抵抗滲漏能力。

混凝土壩係直接將壩上游面之水壓傳至基礎及墩座，其基本設計有二：

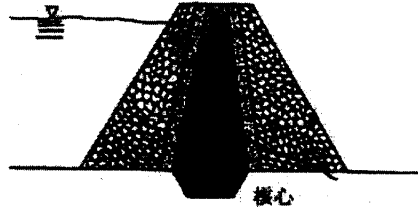
##### 一為重力壩—



##### 一為拱壩—



## 土石壩一



因土石壩係利用壩重抵抗破壞，故組成粒料之選擇攸關壩體能否承受破壞之主要關鍵。

為控制水流經壩體之流徑，其考慮因素如下：

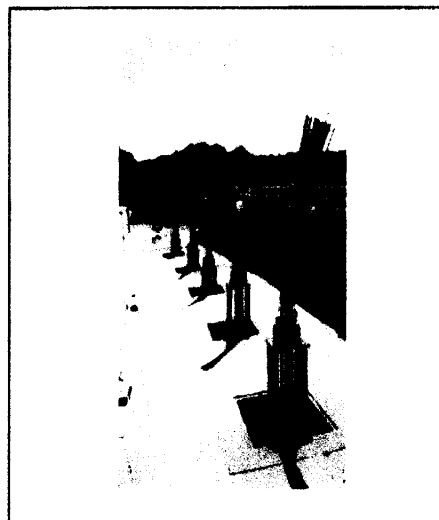
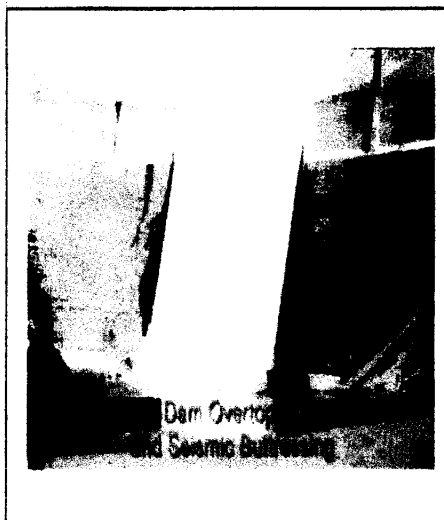
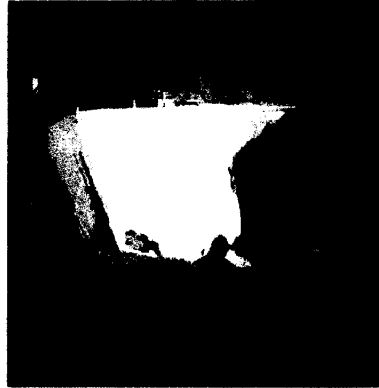
- 土壤粒徑之選取
- 夯實
- 增加壩之基底寬來增長流徑

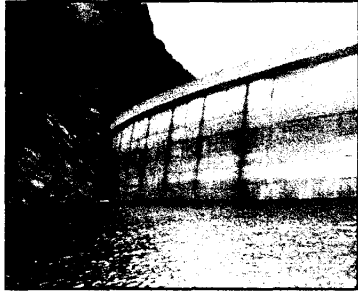
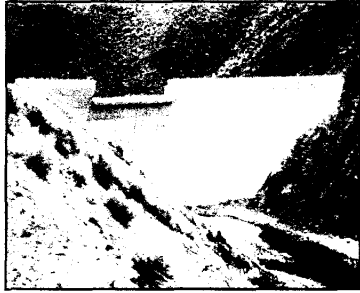
在科羅拉多州大部份老壩屬土石壩，其控制滲漏水之方法是用鋼板或混凝土覆蓋壩上游坡面上，來阻止水之流入。

## Concrete Dams

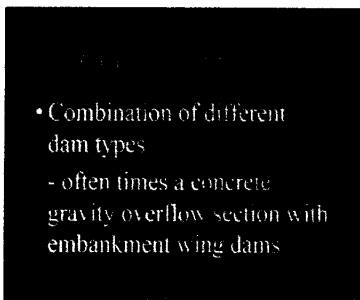
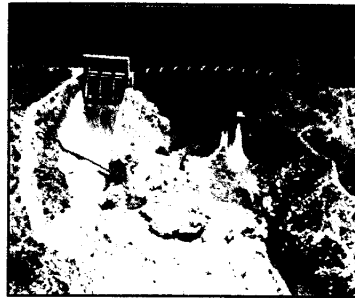
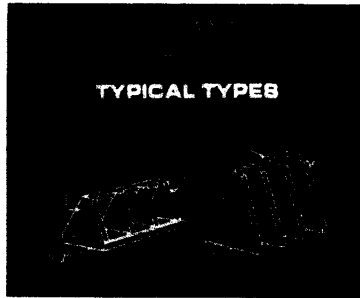
- Concrete Overlay
- Anchors
- Improved Drainage
- Replacement
- Breach or Restriction

## Concrete Overlay on Arch Dam

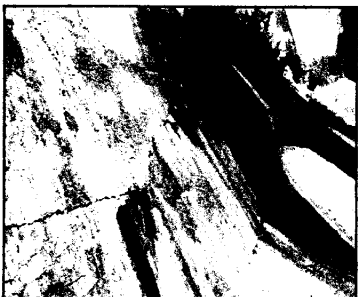
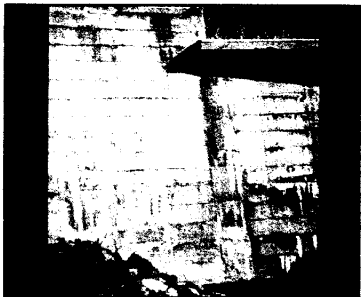








• Upstream and downstream faces



## 二、戶外觀摩

參訪水壩計有：

### 1、Flaming Gorge Dam

- 153M 高
- 混凝土壩
- 堤頂長度 391M
- 座落猶他洲北邊 Green River

### 2、Teton Dam (現已崩毀)

- 100M 高
- 土石壩
- 1975 年 11 月竣工蓄水
- 1976 年 6 月 5 日潰壩

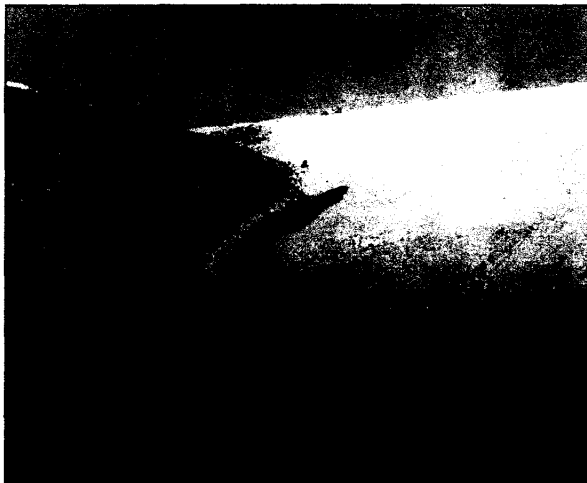
### 3、Fontenelle Dam

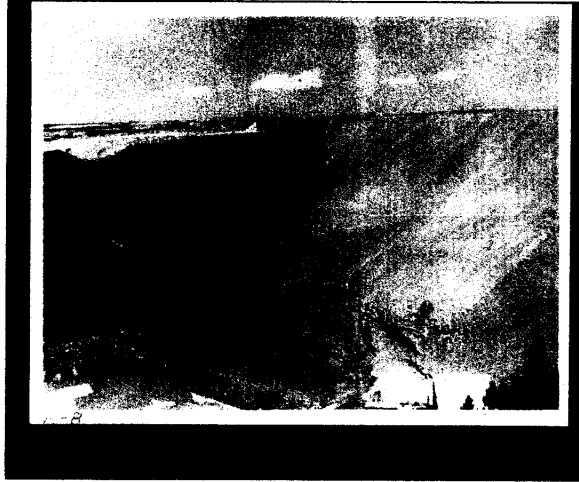
- 39M 高
- 土石壩
- 座落於懷俄明洲 Rock Springs 北邊
- 1965 年 9 月因滲水侵蝕而崩毀
- 1989 年重建完成

#### 4、Jackson Lake Dam

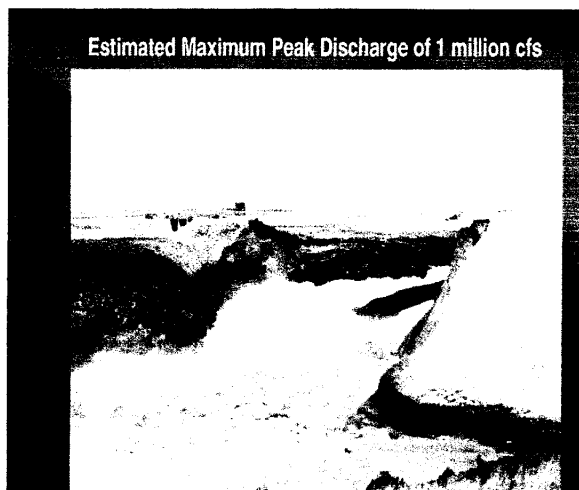
- 20M 高
- 複合壩（心層為土石，兩側為混凝土結構）
- 1991 年竣工蓄水

本次參訪主要目的係學習各種檢查和監視，及日常維護之準則等各項資料，而且也包括標準操作程序之建議，緊急預備之模式。這些資料均經適當安排，以熟悉維護水壩安全措施。相關檢查表格檢附如后。

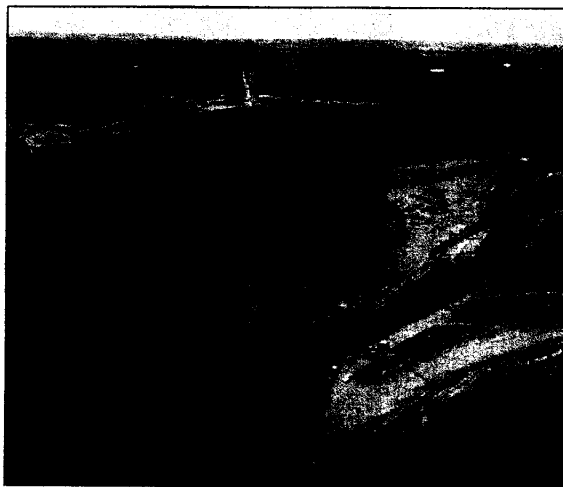










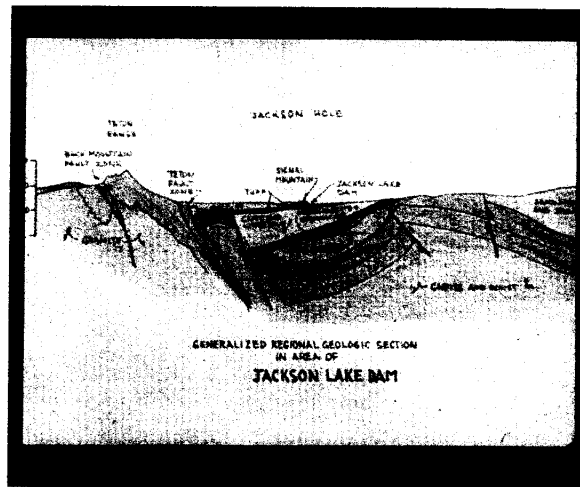
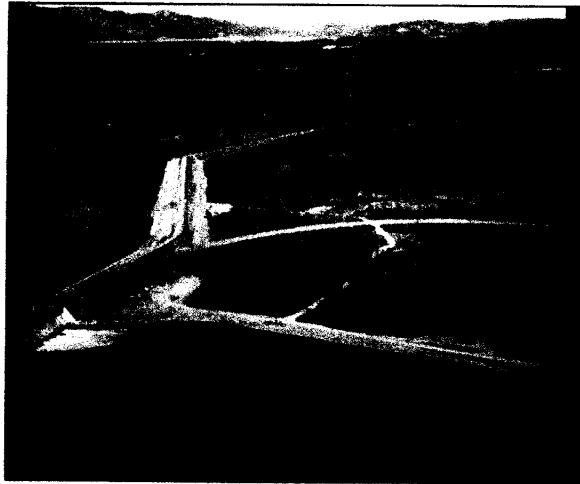


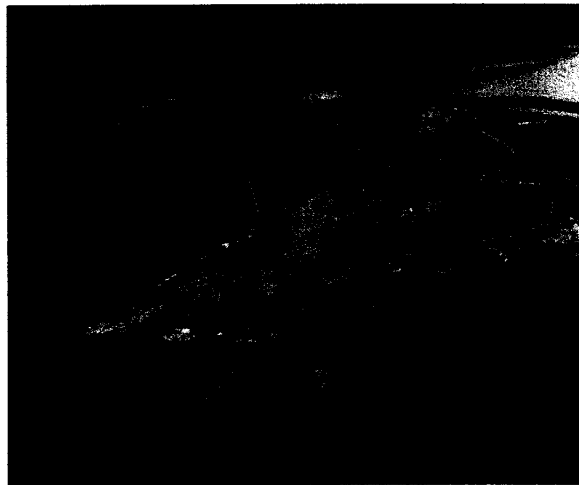
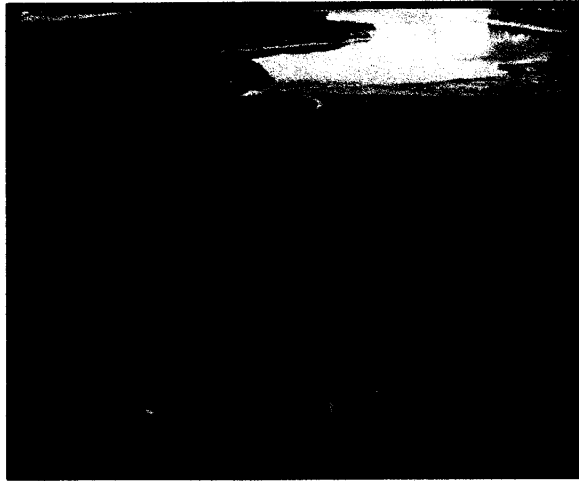


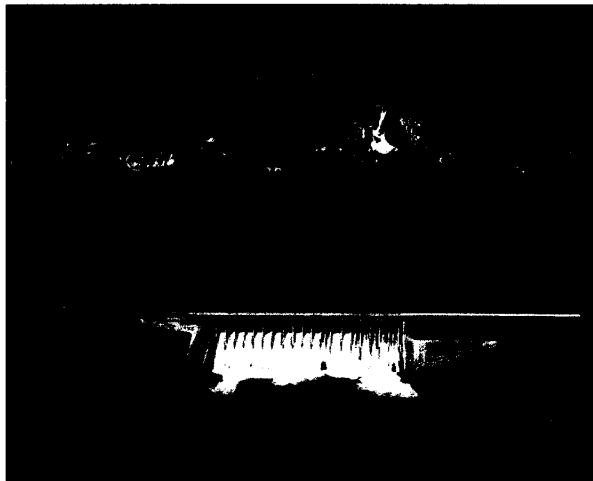
## **Need for Emergency Action Planning**

**-- At Teton Dam the morning of June 5, 1976:**

No Emergency Action Plan  
Therefore "Seat of the Pants" reactions  
Confused communications  
Wrong message received by many  
Local officials slow to react to initial warning  
Extremely fortunate that not more lives lost







## Ongoing Visual Inspection Checklist Fontenelle Dam

Schedule: Perform monthly when reservoir elevation is at or below 6506. Also, perform immediately following any significant earthquake occurring in the vicinity of the dam and perform daily during periods when the reservoir surface elevation exceeds 6506.

Inspector: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

Reservoir Elev.: \_\_\_\_\_ feet Time: \_\_\_\_\_

Weather: \_\_\_\_\_ Temperature: \_\_\_\_\_ degrees Fahrenheit

For any question below answered "YES," please provide additional information describing the situation as completely as possible under item 6, "Additional Information." Also, take photographs of the situation, and include with this report. A "YES" response indicates unexpected behavior that is a change from the last report and needs to be investigated.

1. Dam Crest and Upstream Slopes:

- a. Any new cracking, slumps or bulges?  No  Yes
- b. Any new signs of deformation or differential movement?  No  Yes
- c. Any new areas of surface deterioration?  No  Yes
- d. Any whirlpools or sinkholes?  No  Yes
- e. Any change in the riprap depression at station 29-50?  No  Yes

2. Downstream Slopes of Dams and 800 feet Downstream from Toe:

- a. Any seepage areas or signs of increased seepage?  No  Yes
- b. Any cracking, slumps or bulges?  No  Yes
- c. Any sandboils?  No  Yes
- d. Any evidence of sediment in toe drain flows?  No  Yes
- e. Any new signs of deformation or differential movement?  No  Yes
- f. Any unusual flows or sediments in old SM-4/5 area?  No  Yes

3. Exposed Surfaces of Abutments and Foundation:

- a. Any new seepage areas or signs of increased seepage?  No  Yes
- b. Any new cracks or other indications of deformation?  No  Yes
- c. Any evidence of sediment transport by seepage?  No  Yes
- d. Any evidence of change in the wet areas on the abutment cut slopes?  No  Yes
- e. Is flow from the above area sufficient to allow measurement?  No  Yes

4. Outlet Works:

- a. Any new or enlarged cracks or spalls in the structures?  No  Yes
- b. Any evidence of unusual deformations or displacements?  No  Yes
- c. Any unusual hydraulic conditions visible?  No  Yes
- d. Are the gates inoperable?  No  Yes
- e. Any new seepage areas or signs of increased seepage in the vicinity?  No  Yes

5. Additional Information:

NOTE: All descriptions should include specific location information and all other seemingly relevant information. Seepage area descriptions should include: estimated seepage amount and water clarity description (clear/cloudy/muddy, etc.). Crack descriptions should include orientation and dimensions. Descriptions of changes at outlet works joints should include the estimated amount of movement, and movement direction. Deteriorated or spalled concrete descriptions should include degree of deterioration and approximate dimensions of the affected area.

## Ongoing Visual Inspection Checklist - Flaming Gorge Dam

Schedule: Perform in March, June, September, and December at the same time the seepage monitoring instruments are being read. Additionally, perform immediately following a significant earthquake in the vicinity of the dam (estimated ground acceleration at the dam exceeding 0.05g). Also, in the event that the reservoir elevation exceeds 6044.0 feet, perform inspections at least weekly when the reservoir elevation is above 6044.0 feet, with inspections occurring within 24 hours of the time that reservoir elevations 6044.0, 6046.0, and 6048.0 are first exceeded. During the September inspections, the diversion tunnel should be inspected, the abutment areas within 1000 feet of the dam should be carefully scanned (with binoculars) from the opposite abutment, and the right abutment area within 1000 feet of the dam should be walked and inspected to the extent that can feasibly be done. These September inspections should include photographic documentation and should focus on detecting significantly changed seepage conditions (as compared to previous inspections). Vegetation may provide important clues regarding changes in abutment seepage.

Inspector: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_ Time: \_\_\_\_\_  
 Reservoir Elev.: \_\_\_\_\_ feet Weather: \_\_\_\_\_ Temperature: \_\_\_\_\_ °F

A "YES" response should be given to question(s) below where observed conditions are different than previously observed conditions. Re-reporting previously reported conditions that currently are unchanged should not be done ("NO" answer should be given). For any question answered "YES", provide additional information describing the situation as completely as possible under item 9, "Additional Information." Also, take photographs of the situation, and include with this report.

1. Dam Crest:

a. Any new cracking of concrete, or significant changes at existing cracks?  No  Yes

2. Spillway Intake Area and Tunnel:

a. Any new cracking of concrete, or significant changes at existing cracks?  No  Yes

b. Any evidence of movement of the slide mass at the spillway intake area?  No  Yes

3. Upstream Face of Dam:

a. Any new cracking of concrete, or significant changes at existing cracks?  No  Yes

4. Dam Galleries:

Note: At a minimum, walk the "Foundation Gallery" at elevation 5580, the "Utility Gallery" at elevation 6015, and the galleries following the dam/abutment contacts at both abutments.

a. Any new cracking, or significant changes at existing cracks?  No  Yes

b. Any new seepage or wet areas?  No  Yes

c. Any apparent offsets at the lines scribed across the contraction joints?  No  Yes

d. Any evidence of calcium carbonate deposits or other deposits at the outfalls of the foundation drains that could impede the drain flows?  No  Yes



5. Downstream Face of Dam:

- a. Any new cracking, or significant changes at existing cracks?  No  Yes
- b. Any seepage or wet areas at lift lines that exceeds what has been observed previously?  No  Yes

6. Abutments and Downstream Areas:

- a. Any new seepage areas or wet areas of significance?  No  Yes
- b. Any significant changes in conditions at existing seepage areas or wet areas?  No  Yes
- c. Any evidence of materials being transported by seepage flows at existing seepage areas (such as discolored seepage water or sediment deposits)?  No  Yes
- d. Any significant rockfalls, or evidence of possible movement of major blocks of abutment rock?  No  Yes
- e. Any cracking or other evidence of structural distress at any of the concrete protective walls (that cover exposed shale layers near the dam/abutment contact)?  No  Yes

7. Diversion Tunnel, Downstream of Concrete Plug:

Note: Inspection of this area is only required once per year, in September. Access into the tunnel by raft is possible only when releases from the dam are at least 4500 ft<sup>3</sup>/s. At lower release levels, access by foot is possible, but this could be hazardous due to wet slippery surfaces and is not recommended.

- a. Any new cracking of concrete, or significant changes at existing cracks in diversion tunnel, downstream of concrete plug?  No  Yes
- b. Any evidence of changes in the location or amount of seepage?  No  Yes

8. Special Observations When Spillway Releases Are Made:

Note: The maximum historical release is 5,000 ft<sup>3</sup>/s, so spillway performance during releases above this level should receive close scrutiny.

- a. Any evidence of unusual spillway flow conditions, such as discolored flow or pulsating flow?  No  Yes
- b. When the releases have been concluded, is there any evidence of surface damage to the tunnel lining?  No  Yes

9. Additional Information:

**NOTE:** All descriptions should include specific location information and all other seemingly relevant information. Seepage area descriptions should include: estimated seepage amount and water clarity description (clear/cloudy/muddy, etc.). Crack descriptions should include orientation and dimensions. Descriptions of changes at joints should include the estimated amount of movement, and movement direction. Deteriorated or spalled concrete descriptions should include degree of deterioration and approximate dimensions of the affected area.

### 三、心得報告：

- (一) 當需要水時需有可用之水以滿足社會的需要，興建水壩使水庫能夠儲水，而另一方面，水壩的興建使壩主須獨自對壩體安全、安全營運及壩的壽命負責，此外州工程師檢查水壩，管理水壩之興建，以確保公共安全，經由壩主、州工程師和顧問工程師的合作，水壩可以根據最高安全標準興建和維護。
- (二) 混凝土壩由於不容易到達其近乎垂直的表面做近距離的檢查，定期用高倍率望遠鏡檢查，可初步判斷產生改變的區域。當發現有變化時，必須安排作近距離的檢視。任何有問題的狀況均須立即由有經驗的工程師加以評估。因為混凝土壩的失敗可能突然發生，所以雖然只是問題的徵兆也須由有經驗的工程師仔細地加以評估。
- (三) 儀器觀測是指以各種設備及觀測方法來測量大壩的實際行為變化，然儀器觀測並不能完全取代大壩安全檢查的工作，而是當進行大

壩安全檢查時做為現場目視檢查的一種輔助功能。儀器觀測可提供大壩正常運轉下的結構行為變化資訊。而我們經常會遭遇到大壩某些特別或異常的情況正在蘊釀。是否此種包括大壩滲漏或位移等情況，需予即時關注，藉以對大壩行為做適切的評估。

(四) 製定一套思慮周詳的完整操作計畫，水庫管理者將可獲得以下的預期績效。

- 1、 大壩安全的最大保證。
- 2、 水庫持續營運的最大保證。
- 3、 減少維修費用。
- 4、 延長大壩的使用年限。

(五) 對於滲流仔細地檢查以及正確的判斷，將有助於使水壩所有者早日瞭解可能發生或擴大的危機。經常性的檢視，可發現任何可能存在的危機。即時對須要注意之情況有所因應對策，將可昇高壩身的安全性並延長其壽命及避免巨額的修理費。

(六) 當您走在壩基上做檢視工作時，請留心您的

步伐，以免疏漏了危害發生之處。最好能採行交叉橫越之路線，以便更易於發現坡面上之龜裂和滑動現象。一般，坡面上水面線之痕跡常可做為檢視坡面現況是否改變的一個指標。其方法乃是由檢查者佇立於水壩之一端，然後延著水面線之痕跡往水壩之另一端看去，偵查是否有變異或不均勻之處。又，倘若於某處發現裂痕，責應於該區域之壩頂和下游坡面處詳加檢查，以便查知該地帶是否發生其他與上游坡面裂痕有關之變異情形。

- (七) 壩頂常用以作為檢視與維修工作之進出要道。除非水庫中之水位維持良好，否則水面將會淹漫至壩頂，對於具有此種狀況之壩體部份必須特別留意，最好能做週期性之檢視。對於壩頂所可能發生之問題，切不可輕忽。倘若發現疑似狀況，應即刻通知該州之有經驗工程師，請求協助檢查和處理。

對於上述須特別留意之狀況宜儘速採取

修繕對策，以增進水壩之安全性，並延長水壩之有效壽命，以避免未來可能花費鉅額之修護費用。

(八) 水壩下游坡面檢查時特別重要，因為它是問題發生最頻繁的地方。這些地方需要特別仔細檢查，而為了要確保壩的安全，這些地方應該避免雜草生長。當龜裂、滑動或滲流發生時，應該隨時通知州工程師部門。

(九) 緊急應變內之必用表格，應包括下列幾項：

\* 資料簿—提供水庫，大壩以及包括最近居民名冊之下游危險區域基本資料，每一參與此計畫的人應熟悉此基本資料。

\* 報告表—當危急狀況正威脅大壩安全時，緊急計畫之執行人需填寫此表。而有助於每一計畫參與者均能對危急情況獲得相同之資訊。

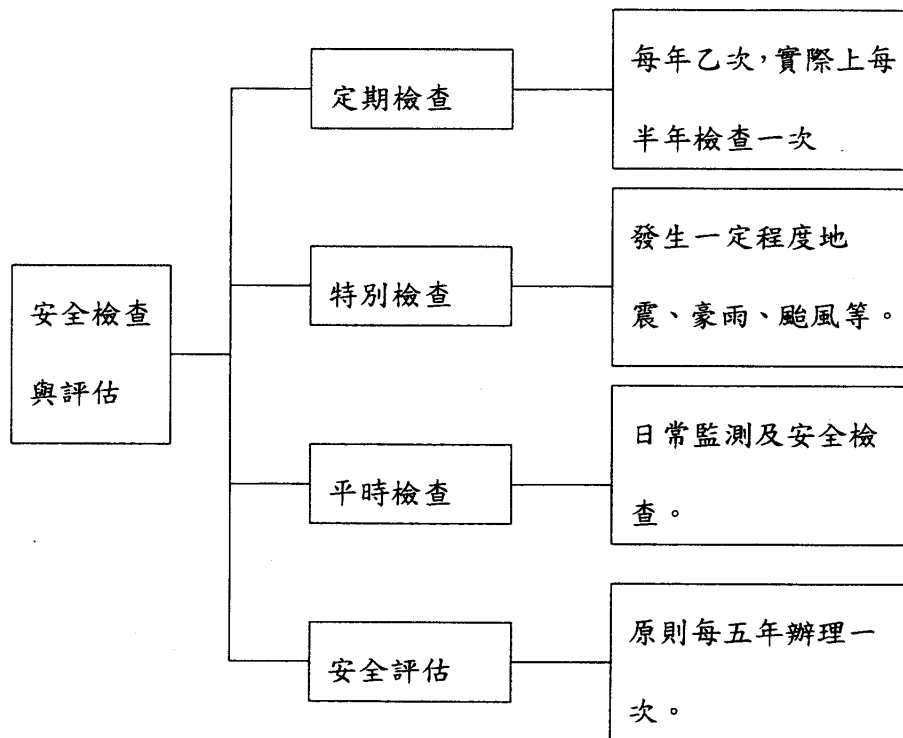
\* 緊急計畫—此計畫將各協辦單位所能提供的援助及其到達大壩壩趾所需時間均簡要述明。此部分為緊急應變措施中最重要之一

環，每一計畫參與者均需擁有一份並熟悉其內容。

\*通訊錄—當緊急應變計畫需

\*修正、執行、更新時可藉通訊錄之便立即查閱所需接洽聯繫之人，此目錄需隨時更新。通常，應變計畫之每一負責人皆需擁有一份最新的通訊錄。

#### (十) 安全檢查與評估辦理時機



(十一) 日常監測及安全檢查工作為所有檢查工作之基礎；平常讀取人工監測資料，同時可對週遭環境進行目視檢查，發現蛛絲馬跡，當監測資料進行紀錄及分析，則馬上可發現異常現象或量測錯誤，進行進一步檢查；近年來由於監測儀器自動化推動，是否會因為忽略目視檢查及人工測量的好處，且過份信賴監測記錄，反而欠缺紀錄研判及分析的訓練，造成儀器故障，紀錄錯誤而不知，將是水庫管理須事先防範之處。

#### 四、建議事項：

- (一) 有關水壩安全資料建議設置專人管理，並以圖表方式利用資料繪製歷線，以推求警戒範圍；至少應每季研判分析乙次，充份掌握壩體安全。
- (二) 地震係偶發事件往往無法預警，為因應強震發生及情況通報，建請水庫管理單位制定強震緊急應變小組作業要點，訂定標準作業程序、緊急應變小組成立撤銷時機、任務分工、值勤方式、警戒時機、通報系統、檢查表通報傳達時效等並建置單一窗口強震緊急聯絡名單。
- (三) 未來政府組織將走向精簡，水庫管理人力亦將配合調整，建請水庫監測系統應自動化以節省人力，惟相對監測儀器保養維修更興應確實，以求於水文極端情況下仍能保持正常確運作。平時現場檢查仍應確實實施，避免自動化結果造成安全檢查可能之疏失。
- (四) 鑒於環保及生態保育之重要性『大壩安全運轉與維護』課題除續探討既定目標外，亦應涵括如何減少對環境生態之衝擊，以確保生態平衡與保育。





廉潔、效能、便民



經濟部水利署(台北辦公區)  
台北市信義路三段41號9~12樓  
總機：(02) 27542080  
傳真：(02) 27542244  
免費、服務專線：080212239