



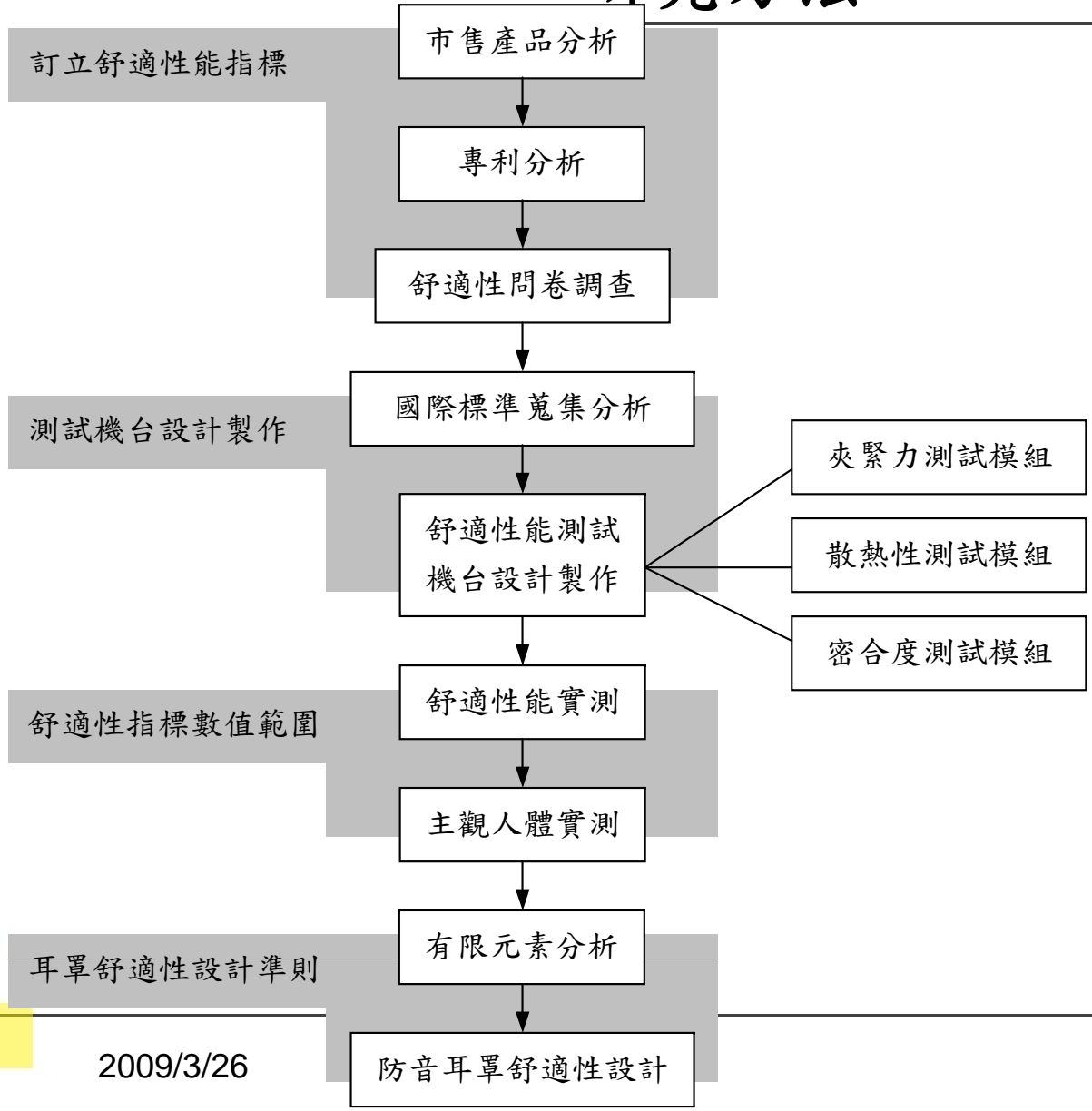
防音防護具舒適性能評估研究

元智大學
機械工程研究所

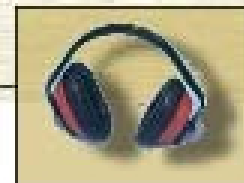
黃宗正 碩士生



研究方法



2009/3/26



研究項目

舒適性能測試機台密合度測試模組

- ▶ 測試模組設計製作
- ▶ 市售防音耳罩密合度實測結果

⊗ 防音耳罩舒適性主觀人體實測

- ▶ 實驗規劃與問卷設計
- ▶ 實測結果討論

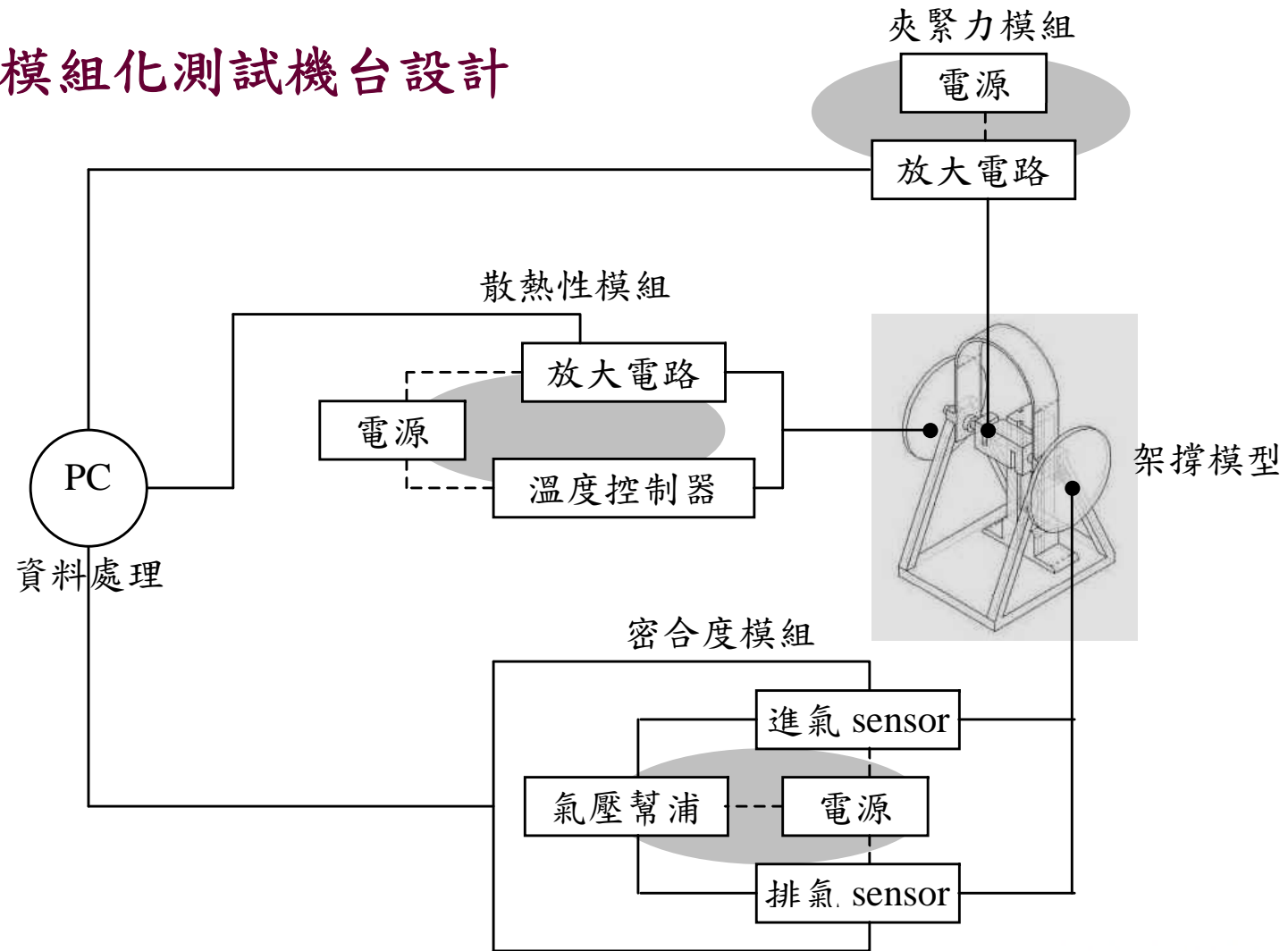
⊗ 防音耳罩改善技術

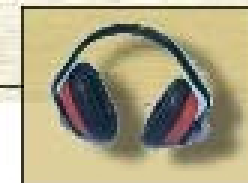
- ▶ 有限元素分析
- ▶ 舒適性的防音耳罩設計準則



舒適性能測試機台

● 模組化測試機台設計



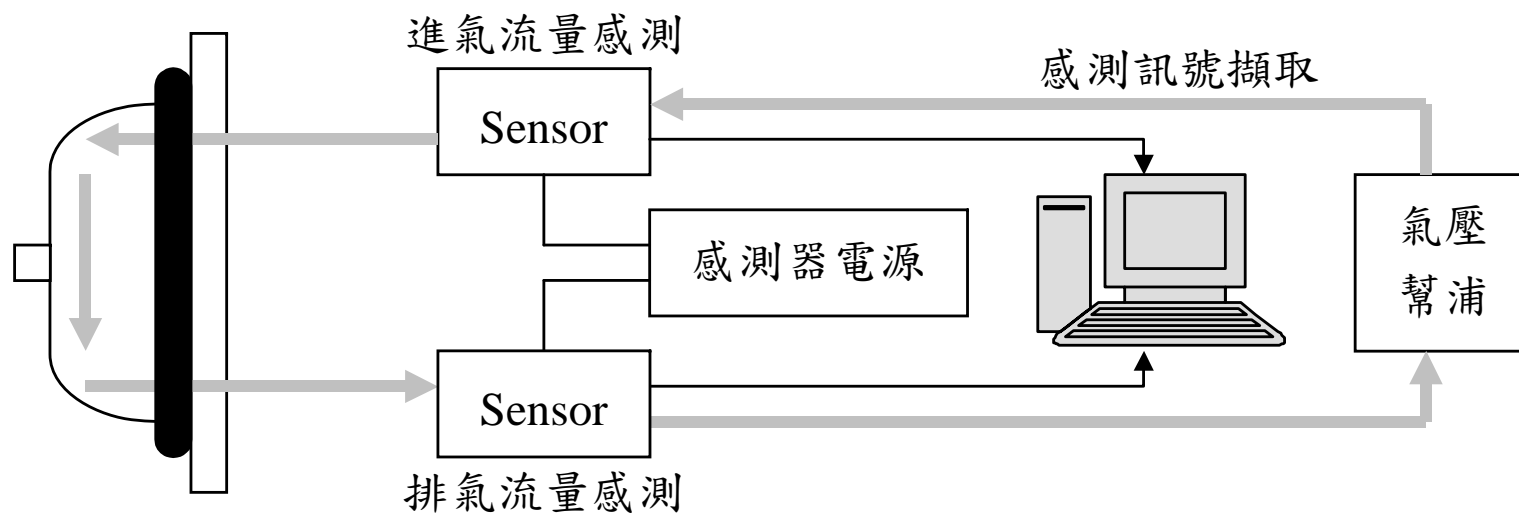


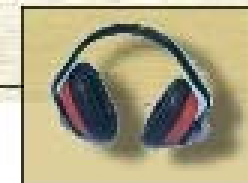
密合度測試模組(1)

設計原理

- ▶ 參考呼吸防護具測試標準，以測量進排氣流量的方式評估耳罩密合度

耳殼護蓋與支撐平板





密合度測試模組(2)

密合度測試正確性驗證



測試次數	洩漏率 (%)
1	7.25
2	6.75
3	7.25
4	7.50
5	7.50
6	7.25
7	7.25
8	7.25
9	7.25
10	7.50
平均值	7.275
標準差	0.22
變異係數 (%)	4.8



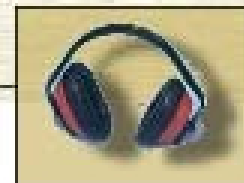
密合度測試結果(1)

● 測試結果

- ▶ 17款防音耳罩洩漏率在低於10%範圍內，佔61%；5款耳罩洩漏率為10%~15%，佔18%；剩餘6款耳罩氣體洩漏率在25%至50%之間，佔21%

● 相關性探討

- ▶ 夾緊力與密合度測試數據間Pearson相關係數為-0.21，兩者間無明顯相對關係
- ▶ 與散熱性測試數據比較，兩者Person相關係數為0.42，呈現微弱正相關的趨勢，表示密合度確會對散熱性造成影響



密合度測試結果(2)

- 針對9款包裝上有標示NRR值的防音耳罩進行分析，求得NRR值與密合度之Pearson相關係數為**0.18**，表示兩者間無明顯相對關係
- 9款耳罩氣體洩漏率均低於**10%**，密合度相當好，或許不致對防音效果造成影響

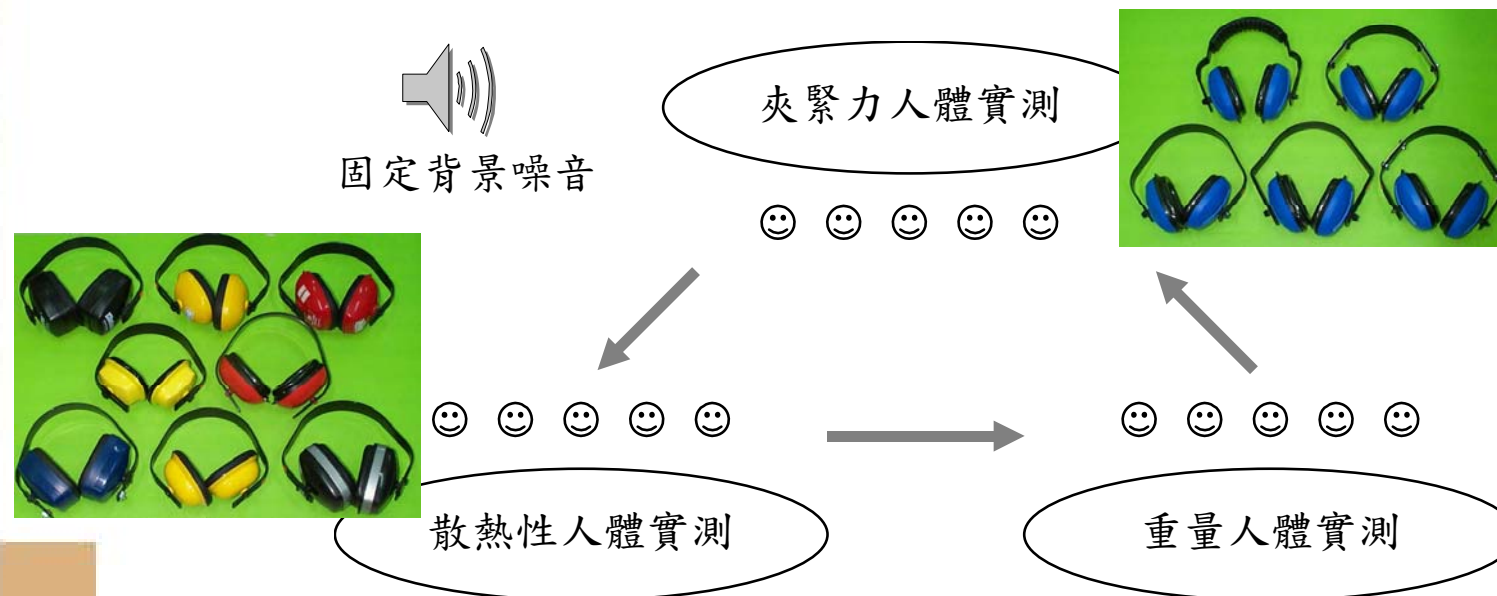
耳罩編號	NRR	洩漏百分比 (%)
7	28	8.50
8	29	0.75
15	20	0.25
16	25	0.25
17	21	2.25
20	27	1.25
21	25	10.25
23	17	5.75
24	31	7.25



主觀人體實測

● 測試方式

- ▶ 提供**單一舒適性能**表現程度不同的防音耳罩樣本，交由受測人員實際配戴，並於佩戴後以問卷（主觀評量）記錄受測者感受
- ▶ 問卷設計完成後實施**前測**評估調查結果





測試統計結果

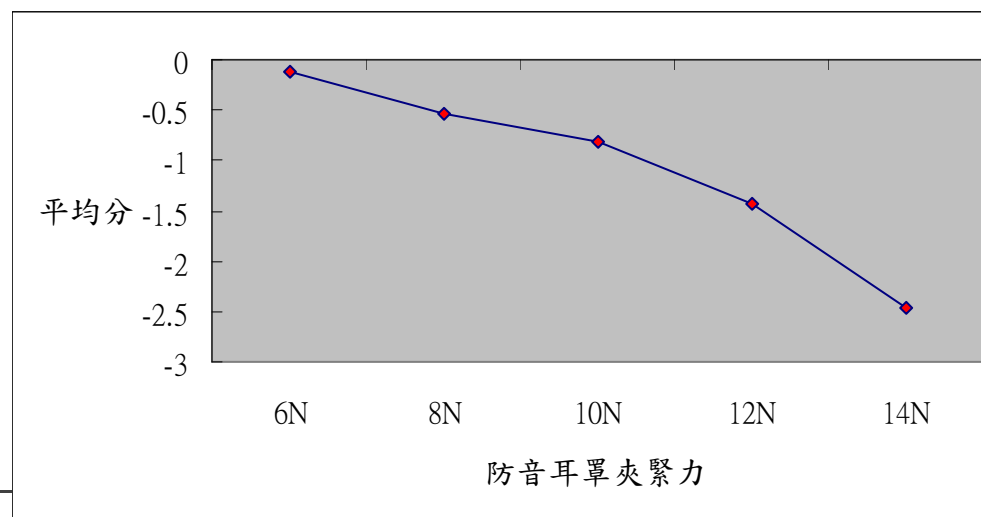
● 受測者資訊

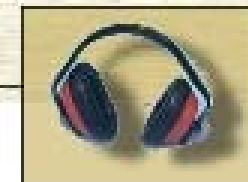
- ▶ 受測人數共44人，男性38人佔86.3 %，女性6人佔13.7 %
- ▶ 回收問卷數44份，有效問卷44份，無效問卷0份
- ▶ 11名受測者年齡介於18至24歲、佔25%；29名受測者年齡介於25至34歲、佔66%；2名受測者年齡介於35至44歲，佔4.5 %；其餘2人為45至54歲，佔4.5%
- ▶ 受測者聽力均正常且無重大疾病
- ▶ 有28人（約63.6%）其頭部大小計測值符合國人中型頭型尺寸，另有4人符合國人小型頭型尺寸，12人符合國人大型頭型尺寸



夾緊力統計結果

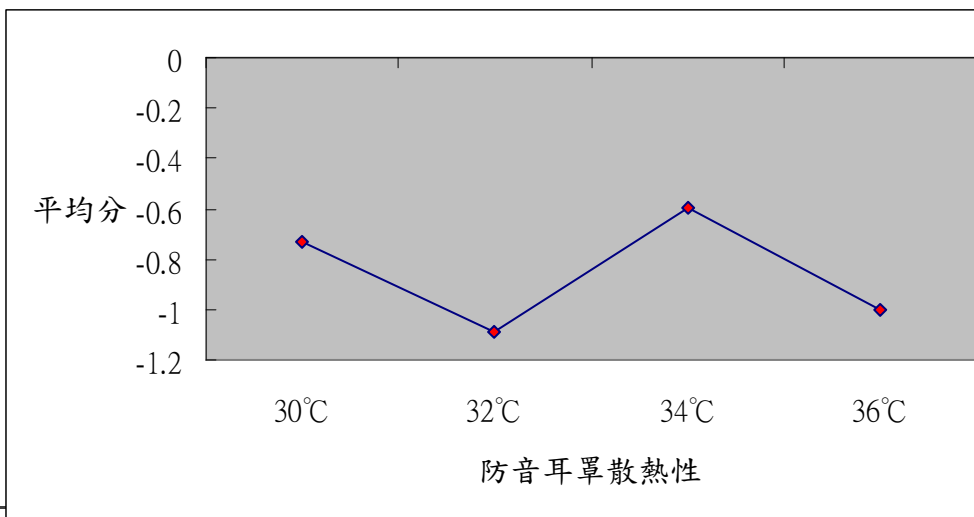
選項	受測者感受	權重	耳罩樣本夾緊力				
			6N	8N	10N	12N	14N
1	無特殊感覺	0	37	19	13	3	1
2	有點緊	-1	5	22	21	19	8
3	很緊	-2	0	0	4	14	13
4	非常緊	-3	0	0	1	3	20
5	無法忍受	-4	0	0	0	0	6
總分			-5	-22	-32	-56	-118
平均分 (總分/配戴次數)			-0.12	-0.54	-0.82	-1.44	-2.46





散熱性統計結果

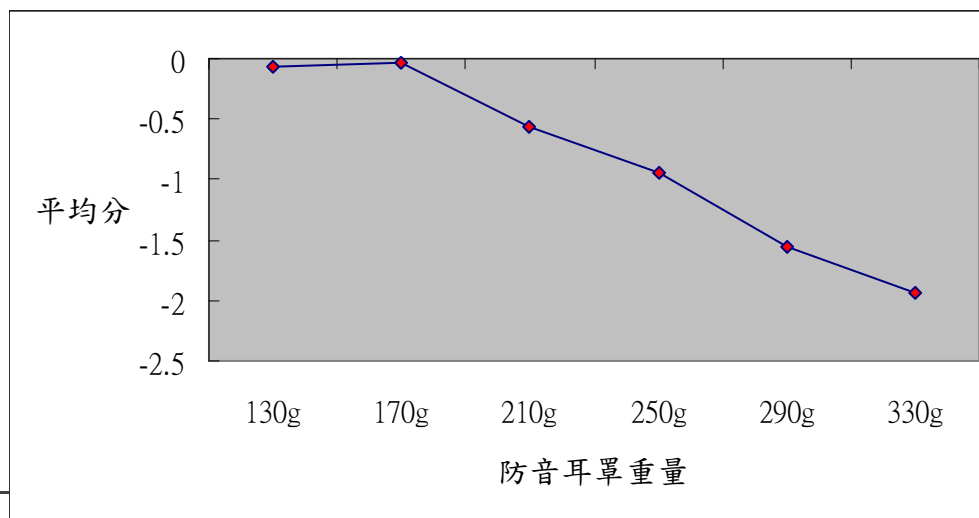
選項	受測者感受	權重	耳罩樣本散熱性			
			30°C	32°C	34°C	36°C
1	無特殊感覺	0	22	7	26	7
2	有點熱	-1	18	26	23	15
3	很熱	-2	7	9	1	7
4	非常熱	-3	1	1	2	0
5	無法忍受	-4	0	0	0	0
總分			-35	-47	-31	-29
平均分 (總分/配戴次數)			-0.73	-1.09	-0.60	-1.00

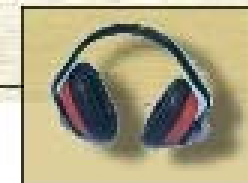




重量統計結果

選項	受測者感受	權重	耳罩樣本重量					
			130g	170g	210g	250g	290g	330g
1	無特殊感覺	0	29	36	27	10	4	3
2	有點重	-1	2	1	21	27	17	12
3	很重	-2	0	0	4	6	12	20
4	非常重	-3	0	0	0	1	7	7
5	無法忍受	-4	0	0	0	0	0	4
總分			-2	-1	-29	-42	-62	-89
平均分 (總分/配戴次數)			-0.06	-0.03	-0.56	-0.95	-1.55	-1.93





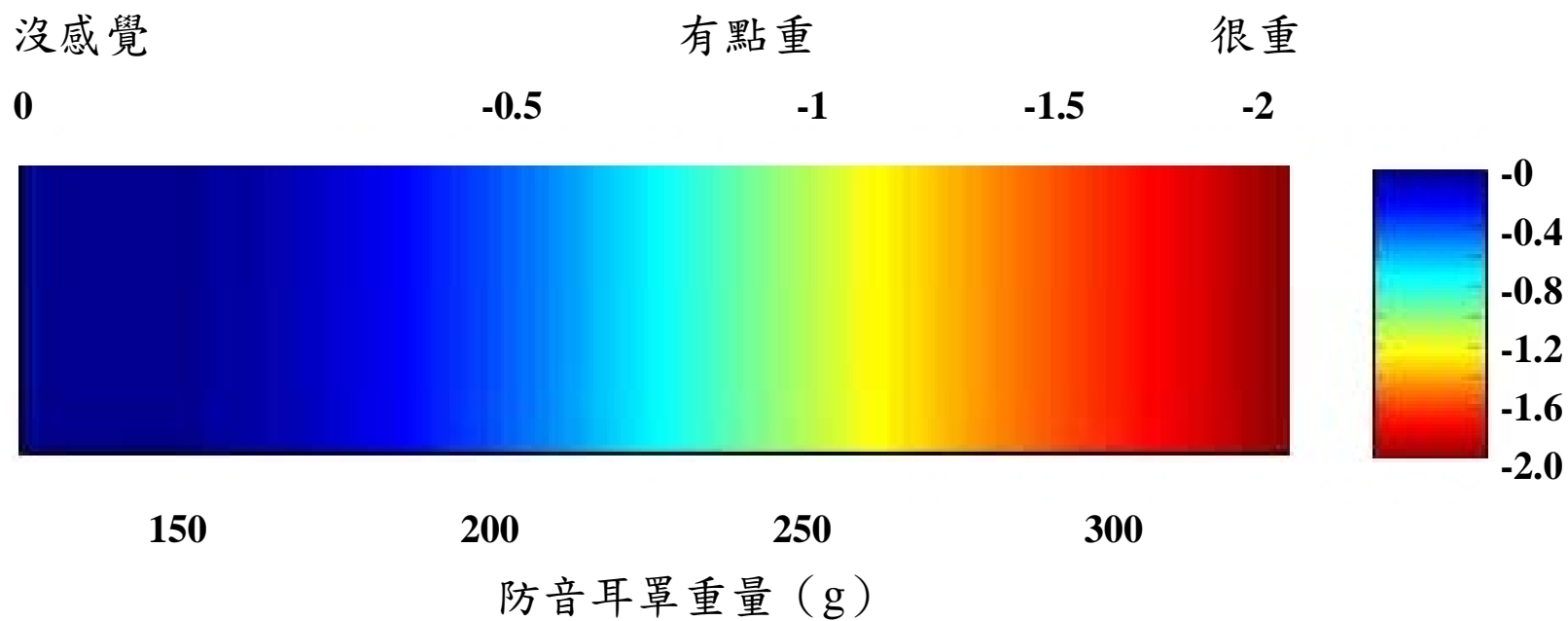
實測結果討論(1)

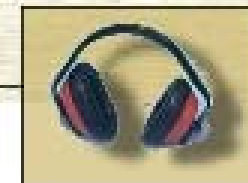
- 實測結果在夾緊力與重量兩項目上均出現預期結果，即夾緊力愈大、重量愈重的防音耳罩愈不舒適，反之則舒適度較高
- 散熱性測試則並無如夾緊力、重量實驗般明顯趨勢，原因可能是受測者在防音耳罩溫度變化範圍內（ $30^{\circ}\text{C}\sim 36^{\circ}\text{C}$ ）之舒適性感受並無明顯差異
- 市面上具有吸熱功能的防音耳罩
 - ▶ 可更換的液體彈性墊



實測結果討論(3)

● 連續變化圖(重量)





實測結果討論(4)

- 依照問卷結果訂出各舒適指標數值範圍，此數值範圍可涵蓋80%受測勞工
 - ▶ 夾緊力 < 11N
 - ▶ 重量 < 250g
 - ▶ 密合度 < 10%

- 依據人體實測結果進行防音耳罩設計改良
 - ▶ 利用有限元素分析法分析耳罩頭帶夾緊力
 - ▶ 針對各項舒適性指標提出設計準則



有限元素分析(1)

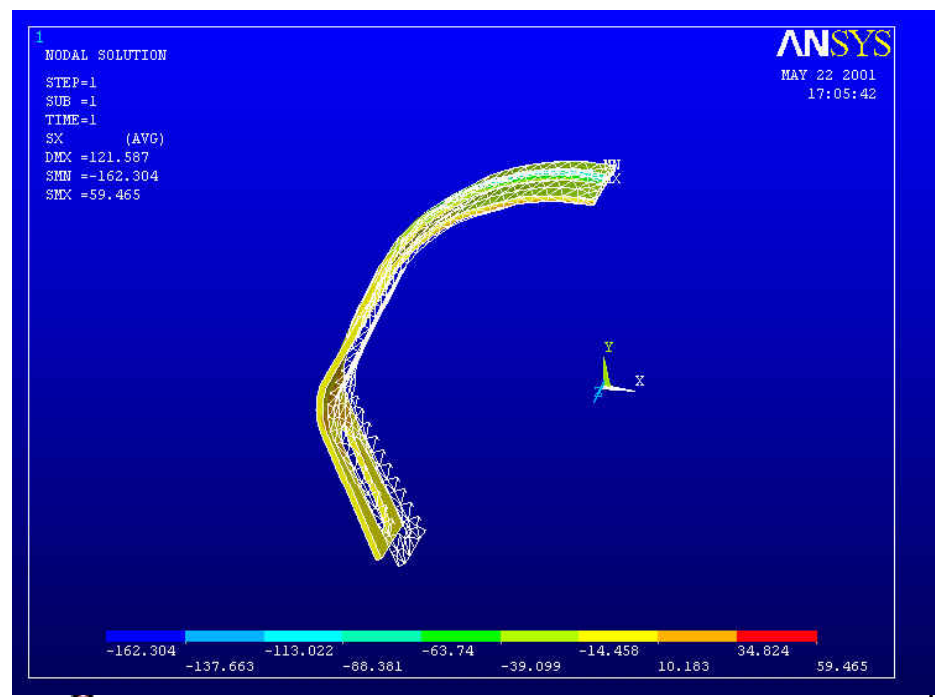
- 夾緊力確為對防音耳罩舒適性造成顯著影響的重要指標
- 夾緊力大小決定於頭帶的外形與材質，故欲確立頭帶型式、材質對應於夾緊力間之關係
- 以有限元素分析法模擬預測配戴防音耳罩時的夾緊力變化情形，以作為耳罩頭帶修改造形設計使提供適當夾緊力之依據

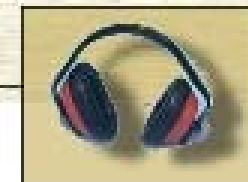


有限元素分析(2)

● 建立模型

- ▶ 將28款市售防音耳罩依頭帶型式區分為4大類，依照**實物尺寸**建立三維實體模型後匯入有限元素分析軟體ANSYS

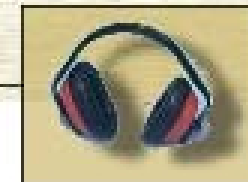




有限元素分析 (3)

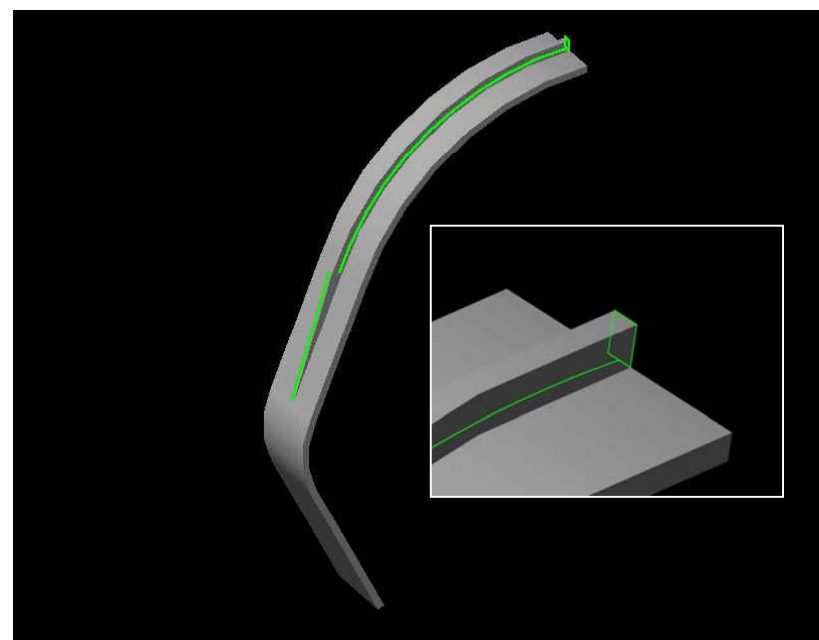
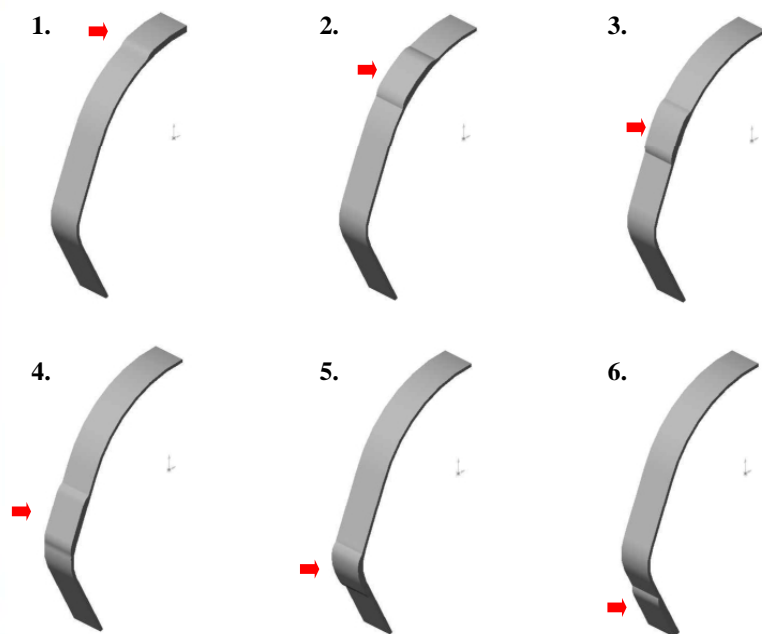
分析結果與機台測試數據比對

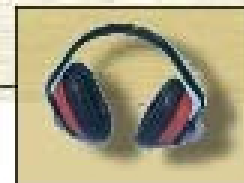
頭帶類型	項目	彈性係 (GPa)	浦松比	夾緊力值		
				小型頭型	中型頭型	大型頭型
1	測試數據	NA	NA	3.3	3.9	4.5
	分析結果	1.60	0.40	3.1	3.9	4.7
2	測試數據	NA	NA	12.0	13.1	13.8
	分析結果	2.73	0.40	10.5	13.1	15.8
3	測試數據	NA	NA	6.2	7.4	8.0
	分析結果	1.30	0.40	6.0	7.5	9.0
4	測試數據	NA	NA	13.2	13.9	14.4
	分析結果	205	0.30	12.1	13.9	15.6



有限元素分析(4)

- 設定不同外型參數進行分析
- 參數項目包括段落截面積、彎角與平滑度，肋條結構

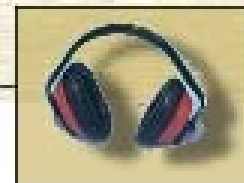




防音耳罩設計準則(1)

✿ 夾緊力

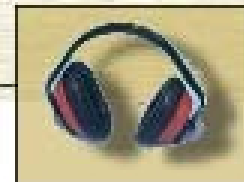
- ▶ 市售防音耳罩夾緊力介於4~16N間，CNS標準為14N
- ▶ 主觀人體實測所得的舒適標準為11N
- ▶ 設計準則
 - 尺寸調整範圍
 - 選擇質輕柔軟的材質
 - 頭帶頂端為應力集中區域，應避免此部位截面厚度過大
 - 頭帶頂部肋條結構可幫助提供適當夾緊力
 - 頭帶兩側彎角的位置角度不會對夾緊力造成顯著影響



防音耳罩設計準則(2)

散熱性

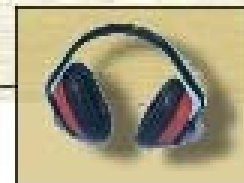
- ▶ 市售防音耳罩耳殼護蓋內溫度介於30~36°C間
- ▶ 市面上已有增加散熱性的液體彈性墊產品
- ▶ 設計準則
 - 防音耳罩耳殼護蓋內部空間較大、散熱性較佳
 - 耳殼護蓋內吸音棉與海綿體積對內部空間會有影響



防音耳罩設計準則(3)

密合度

- ▶ 市售防音耳罩密合度介於洩漏率2% ~50%間，其中17款洩漏率低於10%，故理想的防音耳罩洩漏率應低於此值
- ▶ 設計準則
 - 彈性墊柔軟且容易變形的防音耳罩密合度較佳
 - 彈性墊表面質地應光滑並無細小紋路



防音耳罩設計準則(4)

重量

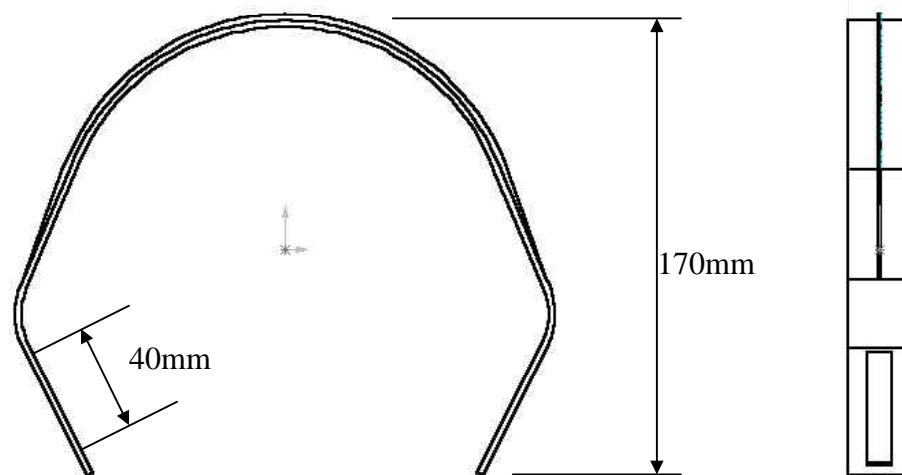
- ▶ 市售防音耳罩夾緊力介於114~323g間
- ▶ 主觀人體實測所得的舒適標準為**250N**，受測耳罩中有24款，約86%均低於此值
- ▶ 設計準則
 - 耳殼護蓋部位重量佔整個防音耳罩的**68% ~77%**，影響較大
 - **半圓球型**耳殼護蓋造型重量較輕
 - 頭帶以**肋條**構造幫助減重(具備肋條的頭帶重量為較重的70%)

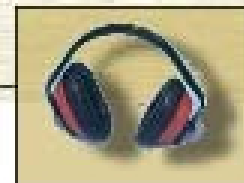


舒適化耳罩設計準則(1)

- 頭帶頂端至尾端垂直距離應超過**170mm**，調整範圍大於**40mm**，並適當使用肋條結構
- 此外型設定下夾緊力為**5.3N**，重量為**32g**

國人頭型尺寸	夾緊力分析值 (N)
小型頭型	4.22
中型頭型	5.28
大型頭型	6.33





舒適化耳罩設計準則(2)

- 耳殼護蓋厚2mm，高100mm，寬80mm，內部深度38mm
- 彈性墊內圈高度大於70mm，並使用液體襯墊增加散熱性
- 此外型設計下耳殼護蓋重42g，耳罩總重116g，內部空間深度25mm

