

醫療用壓縮空氣系統規畫設計之探討

-以台中某醫院為例

*廖佑容 (You Rong Liao)

逢甲大學建設學院

專案管理研究生

曾亮(Liang Tseng)

逢甲大學建築專業

學院副教授

林保宏 (Lin Bao Hong)

逢甲大學建設學院

土木系教授

摘要

醫療用壓縮空氣系統的規畫是醫療機構中不可或缺的一部份。透過對需求的研究和細微的計畫，確保系統能提供高品質、穩定的壓縮空氣。規畫過程中，考慮用氣裝置需求、壓縮空氣的品質，壓力要求及系統的可靠性及安全性等因素。醫療用壓縮空氣系統良好的規畫有助於提升醫療機構正常的運作及病人的安全。

根據對中部某醫學中心某醫療棟觀察研究結果顯示，醫療用壓縮空氣系統主要由壓縮空氣主機；(流量需求 2392.5L/min)、空氣儲存桶、空氣乾燥機、空氣過濾器、系統管路及氣體分配器組成。一般病房壓力需求為 50~60psi，開刀房對比一般病房約 1.67 倍之壓力需求。

關鍵詞：壓縮空氣系統，壓縮空氣，醫療用，系統規畫

Discussion on planning and design of medical compressed air system - taking a hospital in Taichung as an example

Abstract

The planning of medical compressed air systems is an integral part of medical institutions. Through demand research and detailed planning, it is ensured that the system can provide high-quality and stable compressed air. During the planning process, factors such as the demand for gas devices, the quality of compressed air, pressure requirements, and the reliability and safety of the system should be considered. Good planning of medical compressed air system helps to improve the normal operation of medical institutions and the safety of patients.

According to the observation and research results of a medical building in a medical center in central China, the medical compressed air system is mainly composed of compressed air host; (flow demand 2392.5L/min), air storage tank, air dryer, air filter, system piping and Gas distributor composition. The pressure demand of the general ward is 50~60psi, and the pressure demand of the surgery room is about 1.67 times that of the general ward.

Keywords: Compressed air systems, compressed air, medical use, system planning

一、前言

醫療用壓縮空氣系統在醫療機構中扮演著非常重要的角色之一。它為醫療裝置、醫療工具、病人提供所需的壓縮空氣，為確保醫療過程順利進行及病人安全，對於醫療機構來說，正確規劃和設計一個優質且良好的醫療用壓縮空氣系統是至關重要的。

1.1 研究動機與目的:

(一)研究動機:

醫療用壓縮空氣主要為醫療院所供應醫療設備、病人呼吸使用。醫療用壓縮空氣系統提供穩定輸出且乾淨乾燥的壓縮空氣，希望藉由計算整體使用需求及規劃使用設備需求來達成穩定輸出且乾淨乾燥的壓縮空氣供給使用需求端。

(二)研究目的:

為了使醫療用壓縮空氣系統提供穩定輸出且乾淨乾燥的壓縮空氣利用事先計算使用端需求及規劃相關設備種類及配置，來達成使醫療用空壓系統達到輸出穩定輸出且乾淨乾燥的壓縮空氣。

- 1.了解組成醫療用壓縮空氣系統主要設備。
- 2.分析醫療院所醫療用壓縮空氣所需流量。
- 3.提出如何規劃醫療用壓縮空氣系統。

1.2 研究範圍與對象

(一)研究範圍:

本案例位於台灣中部之醫療中心院區，院區有多棟醫療大樓及教學大樓，主要服務為病人一般看診需求、接收急診病人、接收住院病人及開刀需求病人。

(二).研究對象

本案例於其醫療中心院區中其中一棟醫療大樓，樓高有11樓，主要為提供門診看診、美容中心、兒童住院及兒童加護病房。

醫療用壓縮空氣為醫療院所供應醫療設備、病人呼吸使用。為使醫療用壓縮空氣系統提供穩定輸出且潔淨乾燥的壓縮空氣，希望藉由計算整體使用需求及規劃使用設備需求來達成穩定輸出且乾淨乾燥的壓縮空氣供給使用需求端。

二、文獻探討

2.1 壓縮空氣系統相關文獻

空氣壓縮機可分為容積式、動力式，容積式又分為往復式、迴轉式。(高乾機械股份有限公司)。氣體乾燥機分為冷凍式、吸附式。冷凍式乾燥機其運轉原理是根據冷凍除濕原理，使壓縮空氣中氣態的水和油經過冷卻，將壓縮空氣中的水份冷凍至露點以下，凝結成液態的水。吸附式乾燥機其運轉原理是利用變壓吸附的原理，由空壓機排出的大量空氣，由壓縮空氣入口管流入，通過氣閥進入兩個塔中的運轉塔，濕空氣通過吸附劑時，水份被吸附劑吸附，進而使壓縮空氣中水份減少。壓縮空氣系統架構組成為空氣壓縮機、氣體儲存桶、氣體乾燥機、管路過濾器(林坤寶, 2021)。壓縮空氣系統運作模式為，空氣經由空氣壓縮機(定頻或變頻)利用電能轉動能，驅動壓縮機內部壓縮缸體進行氣體壓縮來達到所設定之壓力

值(鐘麗華, 2015), 再經由氣體儲存桶儲存壓縮氣體, 防止使用端大量使用時, 空氣壓縮機無法負荷導致系統壓力驟降以及初步降低壓縮空氣中水份含量。壓縮空氣系統運轉過程中, 產生之冷凝水或粉塵造成氣動元件故障、管路鏽蝕或製程良率不良之問題, 因此, 壓縮空氣必須經過各段過濾器及乾燥機來淨化空氣及減少冷凝水之形成。(劉勇志, 2012)。壓縮空氣處理器(氣體乾燥機)利用其動作原理來進一步處理壓縮空氣中水份含量, 以達到更為乾燥的壓縮空氣, 再經由氣體過濾器(管路過濾器)利用其濾心進行過濾, 去除壓縮空氣中細微顆粒或雜質, 以確保輸送至使用端的壓縮空氣是乾淨且乾燥。

2.2 國內醫療用壓縮空氣系統之使用相關文獻:

國內以台中某醫學中心某棟為例, 本探討案例中, 壓縮空氣系統構成主要由壓縮空氣主機、空氣儲氣桶、空氣乾燥機、管路系統過濾器、氣體分配器, 五大部份組成。空氣壓縮主機為無油式空氣壓縮主機, 輸出壓力為 7 kg/cm^2 , 輸出最大流量為 $2.3\text{ m}^3/\text{min}$, 氣體乾燥機為冷凍式乾燥機。系統中主機有兩組, 互為備援, 配有自動控制箱及警報裝置。壓縮空氣用途主要分為兩種, 其一為醫療儀器(氣動工具例外)其二為病人呼吸, 使用之壓縮空氣壓力需求為 $50\sim 60\text{ psi}$ ($3.5\text{ kg/cm}^2\sim 4.2\text{ kg/cm}^2$), 使用之壓縮空氣為無油且乾燥。

三、醫療用壓縮空氣系統定性與定量

3.1 研究對象-台中某醫院

以台中某醫學中心某棟為例, 本棟樓高11樓, 配置有美容中心(含手術室)、一般病房、加護病房、心導管室開刀房、一般門診區。本棟病床總床數為251床, 其中加護病房97床、開刀房4床。醫療用壓縮空氣系統主要分為五大部分, 分別為空氣壓縮機、空氣儲氣桶、空氣乾燥機、管路過濾器、氣體分配器。壓縮空氣用途主要分為兩種, 其一為醫療儀器(氣動工具例外)其二為病人呼吸。

3.2 醫療用壓縮空氣系統定性

- (一)醫療用空氣壓縮機: 醫療用壓縮空氣系統之核心, 將大氣中空氣壓縮成所需壓力。空氣壓縮機可分為活塞式壓縮機、螺旋式壓縮機或是渦捲式壓縮機。
- (二)空氣乾燥機: 負責幫助降低壓縮空氣中水份含量, 依據其工作原理可分為冷凍式乾燥機、吸附式乾燥機、及膜片式乾燥機。
- (三)儲氣桶: 壓縮空氣被儲存在儲氣桶中, 以供應不同醫療裝置及病患使用。儲氣桶可以根據容量及壓力去挑選合適尺寸。
- (四)管路系統: 壓縮空氣經由管路系統輸送至現場使用端, 管路須具備堅固、耐壓且密封良好的特點, 確保壓縮空氣能更有效率的傳送至各樓層及各使用單位。
- (五)醫療空氣過濾器: 用於去除空氣中的固態顆粒(如塵埃、鐵削、細菌)、水份及油份。確保提供給醫療裝置及病人的壓縮空氣是乾淨的。
- (六)監測及控制系統: 醫療用空氣壓縮系統需要配置監測和控制系統, 確保系統是否正確運行、壓力是否正常。警報系統, 系統有異常或壓力不足是能發出警報。控制系統有助於機組如有異常時, 可以自動切換控制備用機組啟動運轉。
- (七)系統持續運轉和可靠性: 醫療用壓縮空氣系統需具有持續運轉及可靠性, 滿足

醫療院所常態運轉需求。

- (八)定期維護保養:系統需定期維護保養，包含壓縮機組保養、清潔、過濾器更換。
 (九)乾淨且無菌:醫療用壓縮空氣系統提供的壓縮空氣是乾淨且不含有固態顆粒及汙染物，確保了病人在接受治療及開刀手術時，不會受到感染及其他風險。
 (十)穩定的壓力和流量:醫療用壓縮空氣系統需要提供穩定的壓力及足夠的流量。以確保醫療設備在運轉時及病人在接受治療時有良好的壓縮空氣輸出。

3.3 醫療用壓縮空氣系統定量

- (一)需求流量:本案例中一般病床為105床、加護病房141床、開刀房4床，醫療院所中各醫療裝置、病床數，開刀房床數，加護病房床數使用需求(如表3.1所示)。

表3.1各病床種類用氣需求

種類	單位	用量(L/min)	比例
一般病房	床	10	10%
開刀房	床	20	100%
加護病房	床	20	50%

- (二)需求壓力:根據醫療院所中各單位使用壓縮空氣需求，壓縮空氣壓力設定不同。如一般病房:壓力需求50~60psi、高壓氧治療區:壓力需求60~80psi、開刀房(氣動工具):壓力需求80~100psi。開刀房對比一般病房約1.67倍之壓力需求。
 (三)系統容量:根據院內壓縮空氣需求流量及需求壓力、增設病床量、醫療儀器、支援其他棟別(50%)計算壓縮空氣使用量，確保壓縮空氣系統產氣量足夠。
 計算式: $\{(105 \times 10 \times 0.1) + (141 \times 20 \times 0.5) + (20 \times 4 \times 1)\} \times 1.5 = 2392.5 \text{ (L/min)}$
 (四)壓縮空氣品質:醫療用壓縮空氣系統須提供高品質的壓縮空氣，以確保醫療裝置的正常運作及病人的安全。依ISO-8573-1品質要求包含壓縮空氣中水份含量未檢出、油份含量低於 0.01 mg/m^3 、固態顆粒低於標準(如表3.2所示)。

表3.2ISO 8573-1 CLASS等級標準表

ISO8573-1 CLASS	Solid Particulate			Water		Oil	
	Maximum number of particles per m ³			Mass Concentration mg/m ³	vapour Pressure Dewpoi	Liquid g/m ³	Total Oil (aerodol liquid and vapour) mg/m ³
	0.1~0.5micron	0.5~1micron	1~5micron				
0	As specified by the edolpment user or supplier and more stringent than Class 1						
1	≤20,000	≤4,000	≤10	-	≤-70°C	-	0.01
2	≤400,000	≤6,000	≤100	-	≤-40°C	-	0.1
3		≤90,000	≤1,000	-	≤-20°C	-	1
4			≤10,000	-	≤+3°C	-	5
5			≤100,000	-	≤+7°C	-	-

3.4 小結:

- (一)醫療用壓縮空氣系統由空氣壓縮主機、壓縮空氣儲存桶、空氣乾燥機、管路過濾器、系統管路組成、監視及控制系統組成。
 (二)醫療用壓縮空氣系統容量可由使用端之需求流量計算得出，預估系統需求容量為2392.5(L/min)以上，一般病房壓力需求為50~60psi，開刀房對比一般病房

約1.67倍之壓力需求。壓縮空氣品質參考ISO-8573-1品質要求，壓縮空氣水份需求未檢出、油份含量低於0.01mg/m³。

四、醫療用空壓系統規畫設計階段

4.1 醫療用壓縮空氣系統設施設備

醫療用壓縮空氣系統設施設備主要可分為5大部分(圖4.1所示)，分別為：

- (一)無油式空氣壓縮主機:利用動能將空氣壓縮至所需壓力之設備，依工作原理可分為容積式及動力式空壓機。容積式分為往復式空壓機以及迴轉式:螺旋空壓機及渦捲式空壓機。動力式分為離心式空壓機以及軸流式空壓機。
- (二)壓縮空氣儲存設備:主要功用為儲存壓縮完成的高壓空氣，依材料可分為碳鋼及不鏽鋼高壓儲桶，依擺放方式可分為臥式及直立式高壓儲桶。
- (三)空氣乾燥機:主要功用為乾燥已完成壓縮的高壓空氣，依工作原理可分為冷凍式乾燥機、吸附式乾燥機以及薄膜式乾燥機。
- (四)壓縮空氣過濾設備:主要功用為過濾壓縮空氣中雜質。
- (五)系統管線及氣體分配器:輸送至現場使用端之管路系統及預留管路支援系統。



圖4.1 壓縮空氣系統設備圖

4.2 醫療用壓縮空氣系統規劃設計構想

- (一)空氣壓縮機組:需要有兩組為一走一備，停機保養或是故障異常發生時才可以持續穩定的輸出壓縮空氣。
- (二)自動控制系統:系統可以執行指定時間自動交替運轉，壓力不足或壓力充足時可以自動加減載運轉，停電後復電時可自動啟動運轉。
- (三)機組監視系統:監測壓縮空氣系統主機運轉狀態、系統壓力數值、故障訊息發報警示功能，監視系統需要與中控室監視系統連線。
- (四)儲氣桶裝置:需配置不鏽鋼材質，以防儲桶生鏽導致壓縮空氣受污染。
- (五)空氣乾燥機需按照空氣壓縮主機產氣流量進行規格匹配，乾燥機後端需加裝自動排水器，可以自動排除過濾出的水份。
- (六)壓縮空氣過濾設備:為使壓縮空氣純淨，需設置壓縮空氣系統過濾器，攔截壓縮氣體中雜質及油份水份。
- (七)壓縮空氣系統管路:機房內系統管路需設置氣體分配器並預留連結管路接口，達成可多向支援功能。

4.3 小結

- (一)醫療用壓縮空氣系統中主要分為五大部分，分別為空氣壓縮主機、壓縮空氣儲存桶、空氣乾燥機、管路過濾器、系統管路。
- (二)為使系統正常穩定供應穩定，系統主機需配置自動控制系統、系統監視警報系

統，異常時可發出警報通知人員查看。為使系統提供之壓縮空氣達到所需品質，需配置空氣乾燥機及壓縮空氣過濾器來去除壓縮空氣中水份、油份及固態顆粒等雜質。為使系統可多向支援，管路需配置氣體分配氣並預留接口。

五、結論建議

5.1 結論:

(一)醫療用壓縮空氣系統由五大部分組成，分別為氣壓縮主機、壓縮空氣儲存桶、空氣乾燥機、管路過濾器、系統管路。

(二)本案例需求為穩定、潔淨且乾燥的壓縮空氣氣體輸出。系統容量需求為2392.5(L/min)，使用端壓力需求為50~60psi以上，一般病房壓力需求為50~60psi，開刀房對比一般病房約1.67倍之壓力需求，水份及油份都達標的乾淨空氣。

(三)壓縮空氣系統主機有自動控制系統、監視系統，備援系統來達成系統穩定。

5.2 建議:

壓縮空氣系統主機流量需2392.5(L/min)以上且須配置自動控制系統、監視警報系統。系統主機及空氣乾燥機需兩組以上，達成一走一備，儲氣桶裝置可配置不鏽鋼材質以防生鏽污染壓縮空氣，配置空氣乾燥機、管路過濾器可使壓縮空氣品質提高。系統管路可以配置氣體分配器且預留管路接口，如系統故障異常，可以銜接其他系統或跨棟別支援使用。

參考文獻

1. 劉勇志。「壓縮空氣乾燥系統之耗能分析與節能改善方法」。碩士論文，國立勤益科技大學冷凍空調系，2012。
2. 鐘麗華，「壓縮空氣系統節能方案之研究評估」，碩士論文，中國醫藥大學職業安全與衛生學系碩士在職專班，2015。
3. 林坤寶，「高科技廠房空氣壓縮機效率提升效益分析與探討」，碩士論文，國立勤益科技大學冷凍空調與能源系碩士班，2021。

網路資料

1. 醫療機構設置標準，第3條醫院設置基準，規定如附表(一)。2023/08/10
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=L0020025>
2. 高乾機械股份有限公司網站。2023/08/10
<https://www.hyperdryer.com.tw/reciprocating-compressor.htm>
3. Atlas Copco迴轉式空壓機說明。2023/08/10
<https://www.atlascopco.com/zh-tw/compressors/products/air-compressor/rotary-screw-compressor>
4. 空氣壓縮機基礎知識 - 竣幃企業有限公司2023/08/11
<https://www.junwei.tw/h/DataDetail?key=2w3um&cont=3431>
5. 未來服務工業 2023/08/12
<https://scroll-compressor.com.tw/2022/07/29/>