

# 提高機械式 立體停車庫順暢性

許明金

由於汽車保有量不斷增加，城市靜態交通矛盾日益突出，為了有效解決城市停車難，機械式立體停車庫應運而生，城市停車方式步入自走式停車、機械式停車二元化發展之路。立體停車設備因應客觀市場需求而發展，但因有順暢性與便捷性不及自走式停車方式先天限制。隨著以人為本的觀念增強，如何實現高度人性化的停車理念，這將對改善立體停車庫順暢性，使用便捷性提出了更高要求。

本文針對機械式立體停車庫順暢性發表我個人之見

## 機械式立體停車庫順暢性標準

設置機械式立體停車庫應以用為本，在這個理念指導下，就需要出入車庫便捷，使用順暢有多，避免存取出入庫時間較長，存取車等待排隊，引發交通堵塞，車庫使用運行效率低等現象。

提高立體停車庫順暢性的性能參數

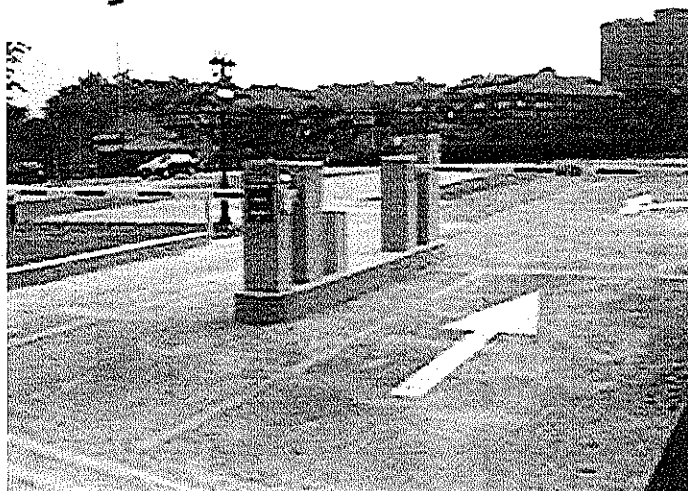
機械式立體停車庫順暢性的兩個性能參數就是存容量與出入庫頻率（或平均出入庫時間）。

存容量表示一套控制系統機械式停車設備能夠最大存放汽車數量。

出入庫頻率表示一套控制系統下，在一定時間內能夠最大程度出入庫汽車數量，可用 $n/h$ 表示，這要取決於停車設備搬運器運行參數與數量等。平均出入庫時間即出入庫頻率的倒數，可用 $h/n$ 表示。

在綜合因素要求下，設置停車設備最大

存容量應在合理範圍內，一定要與主機或搬運器、出入口等適宜匹配，並非單庫車位數愈多愈好。單套停車設備存容量應基於以下兩方面要求：單套停車設備滿庫停車運行時全部汽車出入庫作業時間應小於2小時；滿庫停車運行時全部汽車出庫時間或入庫時間應小於1.5小時。平均出入庫時間、滿庫出庫時間或入庫時間是評價機械式立體停車庫順暢性重要指標。出入庫時間愈短，清庫所用時間愈少，則機械式立體停車庫順暢性愈



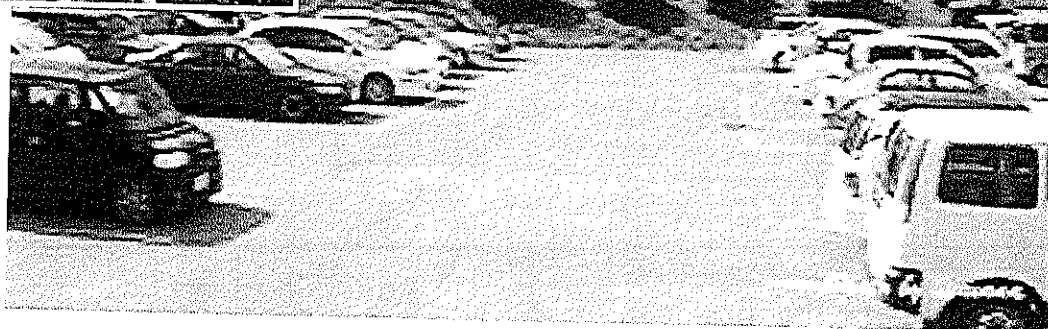
好，愈受市場青睞。一般自動化立體停車庫出入庫時間不超120s為宜，存取車快捷性充分體現整個停車系統技術的先進性，是判斷停車設備產品技術性的最佳準繩。

### 提高立體停車庫順暢性的有效途徑

機械式立體停車庫順暢性不單純是停車設備製造商一家之事，還涉及城市規劃、交通管理、建築設計、客戶等部門，因此必須多組織協調一致，優化設計，科學規劃，設置匹配合理、運行高效、經濟適用的立體停車設備。

#### 機械式立體停車庫出入口位置布局合理性

機械式立體停車庫規劃選址合理，與周邊建築、道路、環境、景觀、行人等協調一致，交通暢通安全，使用方便。出入口設置符合相應國家或地方交通法規要求。對出入口位置布局是機械式立體停車庫順暢性設置考慮主要因素之一，從出入口著手提高順暢性措施：



(1) 出入口前通道留有適宜場地面積，良好視野，保證汽車安全方便行駛出入庫。在無其它有效措施時，一般出入口與道路間不小於停放於車庫內兩輛汽車距離尺寸，留有一定汽車出入緩衝區間。如汽車入口與出口分開，根據實際情況而不影響順暢性，在入口側設置有可供停車庫存放一輛汽車規格大小場地也可；

(2) 採用折返式的出入口，停車庫應設置回轉盤，實行前進入庫前進出庫，內置式回轉盤比外置式回轉盤順暢性高，設有回轉裝置的搬運器能夠實現升降或運行同時回轉時，降低出入庫時間，盡量避免倒車出庫，提高車庫順暢性；

(3) 採用貫通式出入口，出入庫台一端汽車入口一端汽車出口，實行前進入庫前進出庫，這種方式效果較好；

(4) 採用分離獨立式出入口，車庫一側出入庫台為汽車專用入口，另側出入庫台為

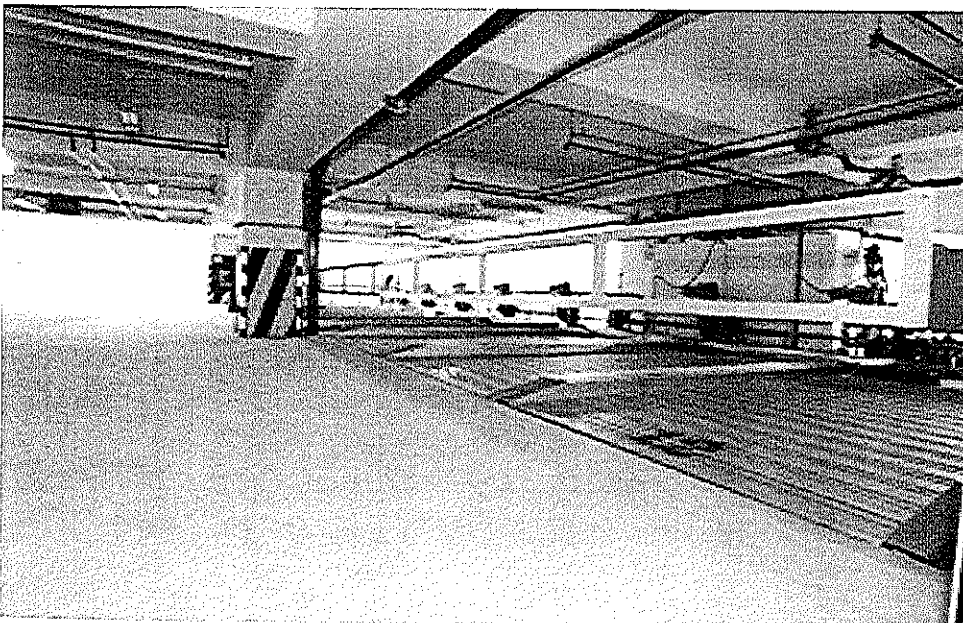
汽車專用出口，實行前進入庫前進出庫，並能夠滿足汽車同時出入庫要求，順暢性更優

(5) 設置多出入口，出入口數量與車庫的停車位指標一定匹配合理，能夠滿足多輛汽車同時進行出入庫，更加有效提高車庫順暢性；

(6) 完善其它措施：如出入口足夠尺寸，汽車出入庫自行行駛面平整，駕駛員存取車進出通道、開車門空間等寬敞明亮，人員通道路面平坦，出入庫平台設置的文字導引和語音提示系統清晰方便，出入口門運動快捷，出入口進出車信息提示及時，如此一系列輔助措施，利於縮減駕駛員或汽車自行行駛出入庫時間，提高停車設備順暢性。

#### 機械式立體停車庫工作速度快捷性

機械式立體停車庫各搬運器或工作機構的工作速度愈快，各動作所用時間愈短，機械式立體停車庫順暢性愈高。各運動參數是機械式立體停車設備的重要指標，涉及有升降速度、水平運行速度、存取交接速度、旋轉速度等，從設備運動著手採取的措施有：



(1) 各工作機構運動速度快捷，運動過程用時短；

(2) 運動平順，爬行時間短，停止定位快速精準；

(3) 各存取作業動作協調，運動參數匹配合理，動作銜接靈敏，環節效率高；

(4) 參與同時運動搬運器多，存取交叉作業，多搬運器疊加運動，疊加效應高。

總之，立體停車庫各搬運器或工作機構做到運動“快、穩、準”，可以有效提高順暢性。

#### 機械式立體停車庫存取交接技術的先進性

對於全自動機械式停車庫採用何種存取交接技術，存取車時間還是有較大差別的。從存取交接技術著手，以單一連續取車作業方式為例分析自動化立體停車庫順暢性：

(1) 單層板停車板式交接方式。由於連續取車時，存在搬運器將上次在出入庫台的空載車板送歸對應車位過程，送空板歸位時間含有從出入庫台取空載車板時間、在井道

或巷道內升降運動或水平運動時間、把空載車板存入空車位時間。搬運器再運行取目的車位送至出入口過程，存取車時間偏長。

(2) 板式停車雙層板分次交接方式。方式之一為泊位雙層板設置，取車時，搬運器直接將上次出入庫台的空載車板送至要取目的車位停放汽車下面存放後，微升運動再取車送至出入口出庫。方式之二為存取交接搬運器雙層板設置，與方式一不同是空板在搬運器下層，先取有車載車板之後，搬運器再微升存空板。與單層板停車方式比較，省去空板歸位時在井道或巷道內升降運動或水平運動占用時間，順暢性有所改善。

(3) 梳狀架停車叉動置換交接方式。取車時，搬運器直接從出入庫台出發運動至目的車位取車後，送至出入口出庫。與板式停車雙層板分次交接方式比較，由於存取交接叉動置換時也需要微降微升等動作，與上述(2)順暢性相當。

(4) 無板直接承載停車夾持車輪交接方式。取車時，搬運器直接從出入庫台位置出

發運動至目的車位取車後，送至出入庫台出庫。由於這種在泊位存取車時，交接有往返運行過程，技術上小動作相對較多，與(2)、(3)相比在順暢性上很難有明顯優勢。但在其它方面如技術、車位高度尺寸等具有明顯競爭優勢。

(5) 板式停車雙層板同時交接方式。取車時，搬運器攜帶空板位於下層，直接從出入庫台位置出發運動至目的車位時，搬運器上層交接取車，與此同時，搬運器下層交接存空板，搬運器取車後直接送至出入庫台出庫。由於在泊位取車和存板同時進行，存取交接往返時間疊加，順暢性有效提高。

(6) 鏈板或平帶停車輸送交接方式。取車時，搬運器直接從出入庫台位置出發運動至目的車位，直接取車後送至出入庫台出庫。由於存取車整個過程僅單向運行，交接也沒有往返運行過程，順暢性很高。



(7) 輓子停車輸送交接方式。與鏈板或平帶停車輸送交接過程類似、順暢性相仿。

從上述分析中，板式停車雙層板同時交接方式、鏈板或平帶停車輸送交接方式、輓子停車輸送交接方式，執行任務為單向一次性、定向運行，存取車時間短，交接運行效率高，就順暢性而言，比較優勢明顯。

#### 機械式立體停車庫停車設備類型選擇合理性

不同停車設備類型出入庫能力不同，一定因地制宜，因時制宜，確定停車設備類型。以單庫存容量等條件相同比較出入庫順暢性。水平循環、多層循環（矩形）類停車設備出入庫用時最長，一般用於特定空間環境條件的場合，很難設置其它類別停車設備；垂直升降明顯優於垂直循環，垂直循環類停車設備在早期有少量使用，現已基本沒有市場了，已被垂直升降類停車設備取而代之；平面移動與巷道堆垛類停車設備在順暢性方面因設置不同而異，在大庫容量多層搬運器交叉互動作業時，平面移動類停車設備疊加效

應明顯優勢；簡易升降不及升降橫移，升降橫移因設置靈活，成本低，操作簡便等諸多優勢，目前在我國市場占主導性地位。

#### 機械式立體停車庫設計優化

機械式立體停車庫順暢性，不僅與停車設備搬運器運動參數有關，還與存取車作業方式、停車規格、庫容量等因素也有關。存取車作業基本方式有：單一作業方式和複合作業方式。單一作業方式指單入庫從出入庫台存車到預定車位，搬運器再返回到出入庫台，或單出庫，從出入庫台到指定車位取車送到出入庫台。複合作業方式：從出入庫台出發運動到預定的車位存車，然後再運行到另一車位直接取車送回到入庫台。從停車設備運動參數、存取車作業方式等方面優化設計，尋求最佳方案，提高機械式立體停車設備順暢性。

(1) 優化速度參數。如對巷道堆垛類、平面移動類停車設備，一般適宜設置存容量較大停車設備，巷道長度較長，堆垛機或搬

運台車優化行走速度 $V_x=0.5\sqrt{L a_x}$ 。（其中 $V_x$ 搬運器行走速度，m/s； $L$ 為搬運器工作最大行程，m； $a_x$ 為搬運器的行走加速度， $m/s^2$ 。）

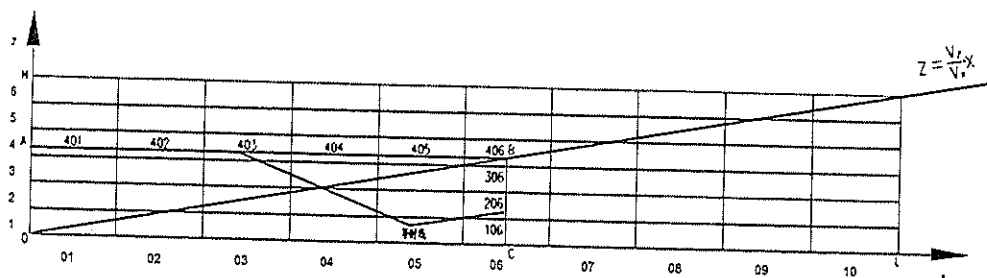




升降速度考慮搬運器運動在時間上加效應，電機功率匹配合理，降低設備成本及運行成本，優化升降速度 $V_y=H/L \cdot V_x$ （其中 $V_y$ 升降速度，m/s； $H$ 為升降行程，m；）

現以巷道堆垛類停車設備為例，充分體現升降、行走運動疊加效應。設置堆垛機水平行走速度與升降速度同時運動都以最大速度運行，運到某車位升降與行走用時相等，對於單一入庫或出庫呈現如下圖所示的等時線圖。AB、BC為等時線，在AB段401至406車位及CB段106至406車位，這些車位單一存車或取車時間相當的。

(2) 實行存車優先原則。基於存車時，對



於汽車入口與出口為同一出入口時，存在出入口的汽車影響正出庫汽車，最易引起出入口阻塞不暢。傳統單層板式停車方式，根據平均存取車時間分析，存車優於取車。總之，就停車設備順暢性而言，實行入庫優先原則。

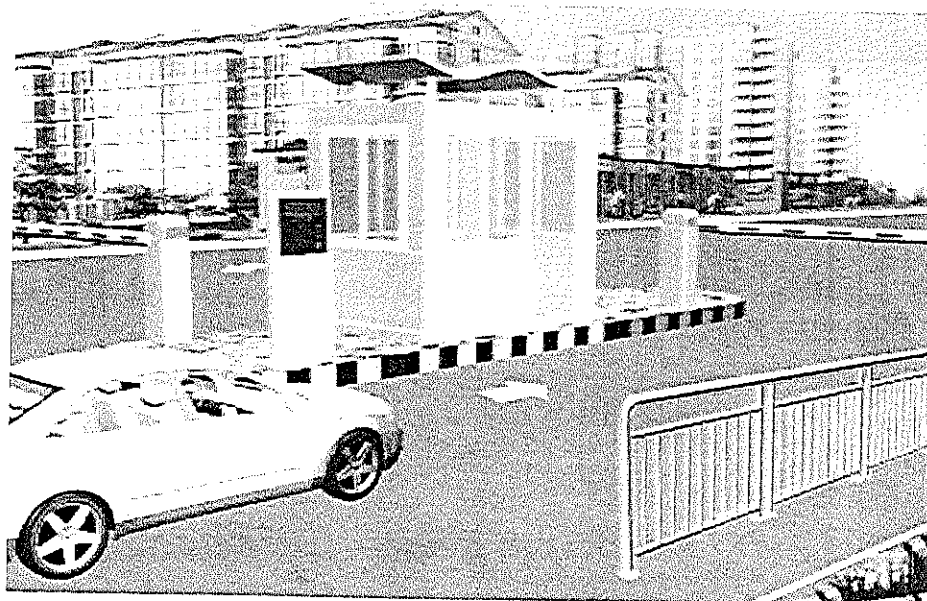
(3) 複合交叉存取原則。複合交叉作業方式，實行是一存一取原則，系統可以優化服務順序，載車運行時間明顯高於空載運行時間，

運作效率高，使單車存取所用時間最少情況。但實際存取車時間和作業順序為隨機的，具有不確定性，這種存取方式往往與實際不符。

(4) 原地待命原則。搬運器完成存取作業後停在原地接受等待下次存取車任務，從顧客與系統方面綜合考慮，可以採用原地待命原則，能夠一定程度提高順暢性。

(5) 路徑最短原則。對於自動化立體停車設備，通常作業方式是搬運器運動出發點與運動終點均以出入庫台位置為原點計算出入庫時間，改變出發點即原點位置可以得出不同平均出入庫作業時間，顯然出發點在巷道最端頭，搬運器運行路徑最長，存取車時

間相對較長。通過比較分析，在 $H/L \leq V_z/V_x$ 或 $H/L \geq V_z/V_x$ 條件下，改變出入口位置，將



出入口設置在井道或巷道接近中點位置即設備中部位置，平均存取出入庫時間較短。一般來說，對立體停車設備中部位置出入口優於其它位置出入口，中部出入式優於上部、下部出入式停車庫。在此也需要特別說明，由於存取交接技術不同，存在交接置換動作上的差異，以及安全保護的要求，有時存在中部出入式或下部出入式停車設備出入庫時間反而比上部出入式停車設備時間長的情況，如板式停車叉動交接置換方式自動化停車設備；有時下部出入式比中部出入式或上部出入式自動化停車設備存取車用時短，如梳齒板停車垂直升降類停車設備。總之，因技術、其它條件等不同，應具體情況具體分析比較順暢性。

(6) 停車庫汽車規格優化。對於具體一座機械式立體停車庫而言，停車設備系統應簡約化，停放汽車規格盡量相同一致，而對一些非常規格車型如特大型或客車組別汽車盡量集中單獨設置在一個庫內，盡量避免不

同規格型號汽車分散停放到不同庫中。單層板停車板式交接方式的停車設備，或如升降橫移類停車設備等，載車板與車位呈一一對應關係，對於不同車位或不同層混庫柔性停放汽車，必須不同規格汽車停放於對應車位上。存車時，若存放汽車規格超出出入口已有載有板對應車位汽車規格，汽車必須退出，重新調換與此汽車規格對應一致的車位載車板，出現汽車空行駛、設備空運行時間，做無用功過程。尤為超規格汽車停於不適合車位載車板上，駕駛者離開而因電氣安全裝置正常連鎖保護造成停車設備停機現象，這種情況對順暢性影響就更大了。基於存取車隨機性，載車板與車位一一對應關係，同一機械式立體停車庫優化停放汽車規格，利於停車系統簡約化存取車，提高車庫順暢性。對於板式停車雙層板交接方式，梳齒板停車梳齒叉動交接方式，載車板具有通用性、互換性時，單庫柔性存車不需要重新調換板；採用其它交接方式，實行單庫混存柔性停車



，在准許範圍內，停放汽車位姿自動糾偏等，對順暢性影響甚微。實行單庫柔性停車時，停車規格大的、重量重的汽車通常停放在低層車位，或離出入口近的層上，就近停車。

(7) 機械式立體停車庫汽車出入庫頻次優化停放車位。對於一些配建車庫，單位自用車庫，許多為



固定車主或固定車位，根據汽車出入庫頻次高低優化停放車位位置，出入庫頻次高汽車設置在最有利車位位置，離出口就近停車，存取車時間短，出入庫頻次少停放時間長汽車設置在最不利車位位置，存取車時間相對較長，優化汽車車位排序，提高車庫順暢性。

(8) 停車系統功能優化，分塊管理。對高度自動化，存容量大的停車設備，按系統功能要求，功能分塊管理，模塊化設計。如平面移動式停車設備強調了功能分塊化管理，克服主機功能過度集中，避免主機功能集中度高，故障停機風險高不利現象。減少故障修復，整體系統故障停機停庫時間，提高系統可靠性，為有效提高立體停車設備運行效率和順暢性的有利之舉。

機械式立體停車庫存取車集中度分散優化。

由於配建車庫服務對象的不同，受位置

、時間分布不均衡性的影響，停車庫往往出現非均衡性存取性，常表現存取車波動性、間歇性、突出性、集中性等特點，取車出庫或存車入庫是離散的、隨機的，車庫內形成蜂窩空缺是不確定的。在某一時間段出現集中取車、集中存車或集中存取交叉作業，形成存車或取車高峰期情況。據此將配建車庫按某一時段存取車集中度由高至低依次為：電影院、體育館（場）、餐館（飯店）、賓館、寫字樓、商場、住宅、銀行、醫院等。針對不同配建車庫存取車集中度不同，做到因地制宜、因需制宜、因庫制宜，設置與之相適應順暢性的停車設備有關措施。



機械式立體停車庫順暢性不單純是停車設備制造商一家之事，還涉及城市規劃、交通管理、建築設計、客戶等部門，因此必須多組織協調一致，優化設計，科學規劃，設置匹配合理、運行高效、經濟適用的立體停車設備。

(1) 在停車庫往往表現取車集中度大於相應停車庫存車集中度，在某一時間段存車集中度低而取車集中度高時，對不能實行前進出入庫的停車設備，如升降橫移類停車設備，要求盡量倒車入庫，提高取車順暢性；

(2) 實行錯時停車或限時停車，差別化停車收費標準，施行價格引導，提高泊車周轉效率。鼓勵避開高峰期提前泊車者停於較遠車位，降低存、取車集中度，趨於時間與車位均衡化存取車；

(3) 多庫統一調度並發聯動運作，提高整體聯動性，協調性，趨於多停車庫出入庫頻次平均化，按庫均勻分布，實行分配均衡性存取車，發揮整體協同效應，避免出入庫率高低分化，忙閒不均現象；

(4) 對於同一時間段存取車單位員工盡量分配控制、分散存放，按庫依次均勻化停放；

(5) 如平面移動類停車設備同一時間段存車應分層停放，按層依次均勻化停放

(6) 單庫多出入口全自動立體停車庫，應按出入口依次導引進出車，整體聯動，分配控制，統一調度，多出入口分散均衡進出存取車；

(7) 升降橫移類等低端停車設備分區分層分散停放，依式均勻化停放。對出入庫頻率高車輛停放於地面層車位，實行就近停車原則。集中時間段存取汽車停放於地面層車位，非集中時間段不連續存車，或臨時停車、取車的汽車停放在不利位置；

(8) 對於存取車集中度高的配建車庫，在節假日、大型商務、文體等活動時，存在存取車突發性、集中性現象，應及早做好停車預測分析和預案處理，適時前置分流，提前節流，使車流量適宜有序流入車庫內，避免汽車“蜂湧而至”，產生嚴重的交通堵塞，影響正常交通或經營活動。

(9) 對於取車集中時，出現人員短暫排隊現象，有必要採取其它措施，如提供舒適整潔場所讓取車者臨時小憩；設置安撫語言



、輕音樂、動感畫面等，愉悅心情，分散注意力，弱化取車純等待心理作用；拓展系統功能和用戶、泊車者友好性；在出入口設置前置操作或付費等系統，適宜增加取車人到出口步行時間，取車時間與操作步行時間大體同步，如此等等，有利於停車設備取車有序性、順暢性。

## 其它措施

(1) 機械式立體停車庫與城市交通誘導系統聯動，停車位信息動態實時採集與發布，泊車者能夠快捷尋找到有空位車庫，方便停車。

(2) 停車設備設置出入口引導標誌，自動顯示出庫、入庫信息，保證出入口通道出庫汽車行駛暢通，避免正在出庫汽車受到要入庫汽車阻礙的影響。

(3) 停車庫的車位按區域合理分區，設置誘導標誌。尤其要為大型的複式汽車庫設置停車引導系統，應設置行車路線、車位引導標誌等，提供車庫內車行、人行路線、空位信息等，泊車者找車位容易，反向尋車、取車便利，避免泊車者在車庫內尋找空車位或尋找汽車而兜圈，減少無效行駛，提高行車效率和存取車效率。

(4) 庫內車位布局、交通組織合理，路徑短，轉彎少，人車各行其道，盡量互不干擾或少干擾。

(5) 設置專職管理者、操作者，有序指揮熟練操作，採用先進刷卡操作、車庫管理系統等，提高存取車操作效率

和車庫管理效率。

(6) 對於汽車自行駛入車位的機械式停車庫，行車通道寬敞，存取車轉彎場地行駛通道尺寸大些，地面平坦；庫內環境具有良好照明，光線適中柔和，汽車庫內行駛進出車位無眩光等；載車板盡量設置沉入式，與地面接合處保持平齊而無斜坡等；車位上限制汽車進出的空間寬度盡量大些，車位空間尺寸大些，易於汽車進出或人員進出車位等有效措施。

## 結束語

在機械式立體停車庫總體規劃設計過程中，基於技術成熟、經濟合理、安全可靠、操作簡便、存取快捷、滿足需求的原則，在總體整合能力下，增強規劃力，從系統集成和系統優化出發，使立體車庫系統機、電、信息、管理系統化，提高停車系統高效運行，保障設備的順暢性。

作者：許明金，教授級高工，具有十幾年機械式停車設備技術管理工作經驗，發明、申請多項機械式停車設備行業專利，現就職於安徽鴻路鋼結構（集團）股份公司重機事業部。

—轉載自城市月刊

