

超高层办公建筑垂直交通系统设计相关研究 ——以成都金融城南塔的双子电梯系统设计为例

Analysis on Vertical Traffic System Design of High-rise Office Building: Twin Elevator Design of South Tower, Chengdu Financial Center

撰文 黄怀海 中国建筑西南设计研究院有限公司

摘要 以成都金融城南塔办公楼的垂直交通系统设计实践为例,分析归纳其步骤、要点及相关影响因素,并对双子电梯技术做深入说明。超高层办公建筑的垂直交通系统设计需要从设计开始阶段联合专业电梯公司进行多方向比较研究,在深化过程中更需要全专业、全过程的配合。

关键词 超高层 垂直交通 电梯配置 双层轿厢电梯 双子电梯 (Twin Elevator)

0 超高层建筑的垂直交通系统设计

超高层办公建筑中垂直交通系统的设计直接关系到入驻客户的办公效率和对物业的满意程度;并与结构布局、有关设备系统等技术决策密切相关。因此,在设计前期通盘考虑、合理评估和组织垂直交通,是建筑设计的重要组成部分。国内的电梯销售公司可以提供技术支持,但由于专业侧重不同,较少能在前期结合建筑进行整体设计,因此设计人员在电梯组织系统设计方面应具有相关知识储备。

与一般多层或高层建筑($\leq 100\text{m}$)相比较,超高层建筑的形态特质决定了其内部交通中垂直交通所占权重远大于水平交通;目前技术下,垂直交通主要依赖电梯系统和楼梯来保持正常运转,又以电梯系统为最重要。影响超高层建筑的与电梯系统相关的经济性要素有:电梯数量(影响核心筒的面积及占楼层面积

的比例)、服务楼层的面积(标准层面积的大小)、电梯分区分组的平面布局(与结构体系合理性相关);影响电梯运行效率的相关要素则有:设计等候时间、梯速、载重、停站数(服务楼层数)、服务楼层面积、楼层面积使用强度(人均使用面积)、使用功能业态及交通峰值时段、电梯分区分区(与避难层设置有关)、电梯组控制方式(分控或群控),甚至轿厢尺寸与开关门方式等。这些要素之间密切相关,并呈复杂的数学关系。

成都金融总部商务区核心区项目(图1~3)中,双塔建筑高度220m,最大层建筑面积不足1450m²,同时向上下收分;用地对建筑体量的限制非常明确,结构高度与标准层面积的限制又对双塔核心筒设计提出了很高的要求。因此,设计团队在方案设计初期通盘考虑,合理组织垂直交通,向专业电梯公司¹进行了详细



图1 总平面图



图2 加建双塔



图3 园区现状

的咨询，以求最小的核心筒面积。概念方案之后，电梯系统的优化设计伴随全过程不断深入。在与电梯公司的沟通协调之中，我们深深感受到了电梯技术的日新月异，而在设计前期加强与专业电梯公司的沟通，系统考察电梯系统与建筑设计的关系，将有效提升建筑的品质和使用效率，并避免设计中走弯路（以往电梯公司一般在核心筒尺寸大致确定之后才开始介入）。以下结合本项目南侧塔办公塔楼的垂直交通系统设计，简述与专业电梯公司紧密协作、贯穿全程的垂直交通系统设计。项目最终采用双子电梯²系统，这也是该技术第一次运用于我国的新建写字楼项目，其有效减少了电梯井道数，带来了较大的经济性回报。

1 明确电梯系统的性能参数与评价标准

电梯系统设计的第一步是综合各方要求，与业主共同明确、拟定电梯系统的设计标准。

与一般依据建筑面积和使用人数对电梯数量进行简要测算的方法不同，本项目更为精确的垂直交通流量分析是运用相关计算软件，根据楼体典型交通流量统计，基于一个或数个假设的交通高峰，以满足其运行最大负荷为标准，对电梯系统的数量、载重、梯速、控制方式等相关要素进行系统配置。主要采用以下三个性能参数来定义服务质量（也是建筑设计任务书及交通流量估算中的描述参数）：1）5min运输能力HC5%：电梯系统在5min内能运输的人数占电梯服务楼层总人数的百分比，通常指达到最高峰流量时的5min运输能力；2）平均等待时间AWT：从乘客在厅站登记呼梯信号到相应的电梯门开始打开的平均时间，等候时间过长说明电梯系统运行性能差，会影响乘客的情绪；3）到达目的楼层时间ATTD：是等待时间和运行时间的总和，其中运行时间指的是电梯开门响应召唤开始一直到电梯到达乘客的目的楼层再次打开门的时间。

不同的使用需求（业态、档次），对电梯系统有不同的评价标准，以蒂森电梯公司提供的办公建筑标准为例，情况见表1。

表1 办公建筑电梯的交通流量设计建议（本项目取值为良好）

质量等级	名义在途时间/s	5min处理能力/%	平均等待时间/s	平均到站时间/s
优异	20~25	15~17	20~25	60~90
良好	25~30	12~15	25~30	80~100
尚可	35~40	10~12	35~40	110~120

2 明确电梯系统的组成，估算服务楼层与服务人数

在超高层建筑向着高密度、多业态（对电梯使用峰值有影响）发展的今天，垂直交通的需求也趋向复杂；需要在最初即对人流进行分流与引导。以本项目为例，电梯系统除了主体塔楼核心筒内的多组区间客梯，还包括消防电梯、货梯、车库梯、门厅层的自动扶梯等，分别对应不同的服务楼层与人群。

以车库梯为例，高层建筑的区间客梯在地面层末端具有末端效应，进出最为频繁，使用人数最多。如果区间客梯服务至地下

车库，需要响应呼梯并行驶至地下楼层，将增加往返行程，加大门厅层呼梯等待时间，相当于分流了地面层的载客能力，从而降低区间客梯的服务标准；另外，人员可以不通过门厅进出楼体，在安防上增加了需要处理的环节。故一般超高层办公建筑均在地面层另设服务于地下室的车库梯，与区间客梯相互独立，将两部分人流限定在门厅层转换，保证效率和管理需求。

塔楼核心筒内的区间客梯，服务楼层较为明确，需要注意的是，与每层设站的消防梯和货梯（通常兼用）不同，火灾情况下，区间客梯将停止使用，故其在避难层不予设站；避难层外的区间内每层设站。

与停层数共同构成电梯系统基本设计输入的另一要素是电梯系统的使用人数。在此阶段，建议结合方案剖面、业态策划、使用标准等估算使用人数。在《建筑设计常用数据》GB-08J911（2010第一版）中，关于办公室面积定额为：办公建筑中的使用人数可按10~12m²/人的使用面积估算。综合我国办公楼建设标准和有关资料分析，一般可按每人有效净面积8~12m²/人计算。有效净面积就是总建筑面积减去不能提供人居住与办公的面积（如楼梯、电梯井道电梯厅、公共走道、卫生间、设备间、结构面积等）。但多数标准对办公建筑没有细分定义，没有明确多层、高层或超高层之间的区别。

本项目业主方最初将使用标准定为7m²/人，多家电梯公司表示标准偏低，与本项目定位；在调查十数个类似项目资料³并与业主沟通之后，采用了10m²/人的设计标准，估算使用人数，反映在剖面简图上，作为设计输入提供给电梯公司。在施工图设计阶段的开始，更对逐层的使用面积和人数进行了精确的再次统计，见表2。

表2 金融城南塔的使用人数估算

	层数	建筑面积	使用人数
南塔（办公楼）	48（避难层位于15、32层）	67 032.30m ²	4 180

人均使用面积的确定反映出电梯系统相关要素之间的典型制衡：办公楼人均使用面积的减少将引起楼层使用人数的增加，需要增加核心筒面积（人数增加将导致电梯系统运输容量增加，要求增加井道、扩大井道或提高梯速，同时卫生间洁具配置增加）；然而在单层总建筑面积已确定的前提下，核心筒面积增加反而会引起使用面积的减小，从而导致楼层可容纳人数的减少。因此办公楼人均使用面积标准的确定是设计参数函数关系中的关键。极致情况都不是最好的选择，应反复优化以逼近最优，找到合适的使用档次达到经济平衡。这种相互制约在载重与候梯时间、开门快慢与调平方式等许多细节设计上存在。

3 电梯系统配置方案——单轿厢电梯与多区系统（Single Deck Elevator System）

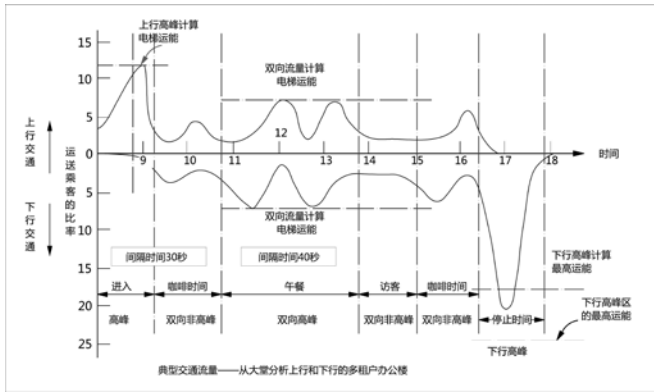


图4 传统办公楼人流分布图

本项目概念方案依据5 000m²/台的标准配置了12台区间客梯，若以舒适级4 000m²/台为标准，所需数量则为17台。如此配置，最大面积楼层中核心筒的面积比重都超出40%，经济性极差。如何在满足使用标准的前提下，尽可能减少垂直交通体系所占的面积成为最大的问题。

表3 《办公建筑设计规范》中电梯数量、主要技术参数

标准		数量			
建筑类别		经济	常用	舒适	豪华
办 公	按建筑面积/m ² /台	6000	5000	4000	<4000
	按有效面积/m ² /台	3000	2500	2000	<2000
	按人数/人/台	350	300	250	<250

尽管定额估算的方法相对简单有效，然而越来越多的超高层建筑在建筑体形、功能业态、使用模式上均千差万别；结合具体情况，进行专业的流量分析，对垂直交通进行精细化设计非常必要。因此，设计团队决定与专业电梯公司协作，穷举所有可能，在确定方向后推进优化。

电梯公司依据的典型交通流量中，传统办公楼在一天工作时间内不同的高峰期如图4所示：分别为早高峰、午餐高峰和下班高峰。图4为《CIBSE GUIDE》^[4]提供的早期办公楼人流分布图，真实情况不可能完全一致；高峰时段的流量也不尽相同。

不同的功能业态及不同的使用模式对垂直交通系统均有不同的需求。与电梯公司进行了技术交流后，其返回了初步的电梯配置方案，均为单轿厢电梯，高、中、低区分系统控制。

垂直分区是建筑高度不断增加的必然结果。当建筑楼层、层数达到20层以上时，如果电梯还层层停靠，运行周期长，人在轿厢内停留时间变长，运转效率变低，会导致需要的电梯数不断增加。多区电梯系统在竖向上分为不同区域，各区由不同容量和梯速的电梯服务，以满足使用需求。本项目高低分区以位于建筑高度2/3处的避难层为界；高区电梯由于运行距离较长，梯速较低区电梯为快（高区6.0m/s，低区4.0m/s）。

由于使用性质和使用人数的显著不同，本项目北塔（公寓

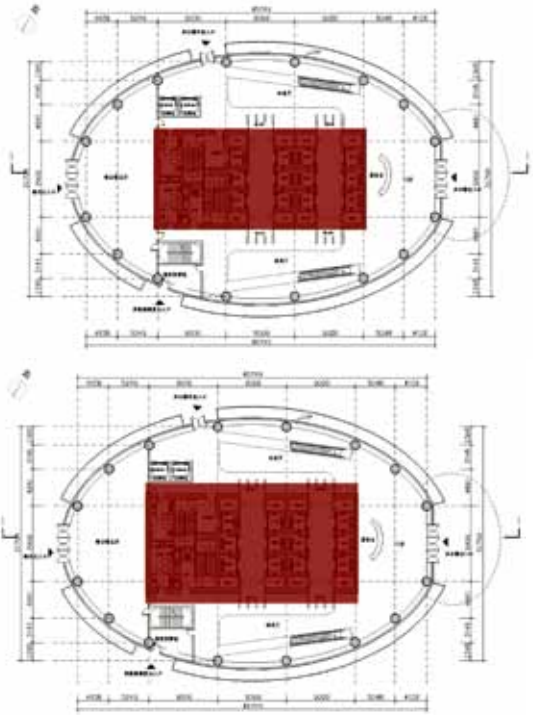


图5 核心筒平面

（左侧为方案阶段估算的12个区间客梯，右侧为16个所占的范围）

楼）和南塔（办公楼）的垂直交通流量存在较大的差异。多家电梯公司计算结果表明，公寓楼采用6台低区电梯+4台高区电梯+1台VIP梯+1台消防梯（兼货梯）即可满足使用需求。而问题集中出现在办公楼，依据业主提供的电梯设计标准——平均等候时间≤30~40s，平均到达目的地时间≤60s，5min运载能力≥12%~18%；按垂直方向分三个区进行交通流量分析，得出结果均远远大于按照《办公建筑规范》中5 000m²/台进行估算的需求数量。四家电梯公司的计算结果分别如表4所示。

表4 单轿厢多区系统的配置比较

	通力	蒂森	三菱	奥的斯
低区办公	6	6	6	7
中区办公	6	6	6	7
高区办公	5	5	6	7
会所电梯	1	1	1	1
消防梯兼货梯	1	1	1	1
总需井道数量	19	19	20	23

取核心筒内20个电梯计算，塔楼需要的核心筒显著增大，如图5所示，经济性明显下降。

金融城南塔面临着超高层建筑垂直交通的典型问题，尽管已经采用大容量、高速电梯，配合分区控制，仍然不够理想。塔楼高度并非极高，但偏小的标准层和过大的核心筒使其经济性大打折扣。难道只能在品质感和经济性面前二选其一？



图6 双层轿厢电梯.

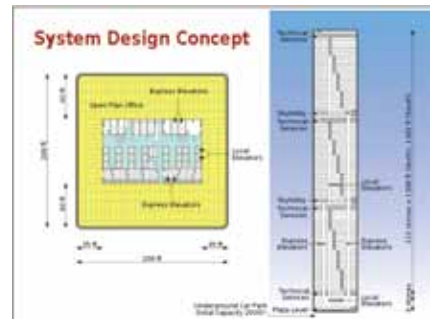


图7 纽约世贸中心的高空门厅电梯系统

4 区中区电梯系统(高空门厅)、 双层轿厢电梯系统与双子电梯系统

超高层建筑规模增大，人员密度增多，所需电梯数量增多。如果再采用多区电梯系统，底层井道面积加大，将使楼体底部最受欢迎、最好使用的净有效面积越来越少，因此出现了高空门厅电梯系统和双层轿厢电梯系统。

4.1 双层轿厢电梯系统 (Double Deck Elevator System)

楼体规模增大，往往需要增加电梯速度或数量，但速度存在相对极限，而数量增加后非使用面积也在增加，得不偿失。于是提高单井道运输能力的双层轿厢电梯应运而生，它把两部电梯以层高的距离上下叠合，乘客分层同时上下（图6），由此可以在不增加电梯井和电梯厅的前提下成倍提高电梯运输容量，其自上世纪中发明以来，一直是超高层建筑垂直交通发展上最受认可的一种选择。但其要求每层层高一致，还要求乘客遵守单、双数楼层上下，停靠站数少一半，运行时间缩短。与单轿厢电梯相比，相同时间内多运输75%人数（不是理论上的100%），可减少井道25%（不是理论上的50%）。

四家电梯公司对本项目办公塔楼使用双层轿厢电梯系统进行流量分析后，给出结果如表5所示。

表5 双层轿厢电梯系统比较

双层轿厢电梯	通力	蒂森	三菱	奥的斯
核心筒内井道数量	鉴于高成本不推荐	12	-	12

区间客梯数从17降到12，双层轿厢电梯有效减少了核心筒内需要的井道数量。然而，其也存在不足：首先是乘梯模式：入口层需要设置自动扶梯，将人分流至上下轿厢；停层方式为跃层设站，若要从奇数层去偶数层，则存在困难；如果层层设站，则可能一个轿厢在开门进出乘客的时候，另一轿厢由于没有进出需求，其中的乘客需要忍受电梯停站，而梯门又没有开合动作，乘坐感受不佳。另外，双层轿厢电梯要求建筑层高每层相同，对建筑设计形成很大制约。除此之外，大轿厢、大功率主机对土建、设备、能耗、维保（非标准件）等的要求都大幅提高。

4.2 高空门厅电梯系统 (Sky Lobby Elevator System)

除了单轿厢多区和双层轿厢两种方案，第三种考虑是在第二

避难层设置空中门厅。

一般50层以内的超高层建筑，使用双层轿箱电梯效力显著，再高则电梯上下运行时间增长，效力降低。如果把高于50层的高层建筑分段处理，先把上50层以上的人员用快速直达电梯（穿梭梯）从底层送到50层以上的一个“高空门厅”，在此改乘区间电梯上达目的层，就可加快电梯运行速度，并使上下两段区间电梯井对齐，节省电梯井占用面积。纽约世贸中心的电梯系统分区，即结合避难层设置两个高空门厅，全楼分高、中、低三个大区，每区另分四个区中区（图7）。

表6 高空门厅电梯系统的适用区间

楼层毛面积/m ²	2790	3250	3900	4640
约略高度/层数	40	44	50	52

高空门厅电梯系统的明显缺点是高区使用者需要换乘；另外，从底层行至高区的高位部分所需时间远大于常规电梯系统所需行程时间。对不同高度与楼层面积的高楼，进行高空门厅系统与常规电梯系统的全年运行投资比较计算（包括电梯造价、电梯井道与停站电梯厅的建筑空间造价、维修价、电梯消耗电力价）结果表明，楼层的面积与层数超过表6时，高空门厅（区中区）电梯系统才比较合适^[1]。可以看出，本项目并未达到表6中参数。在由蒂森电梯公司负责的与本项目类似高度的建筑中，没有一例使用高空门厅系统；蒂森电梯公司建议建筑在240m或50层以上，才考虑高空门厅电梯系统。尽管如此，我们仍然要求四家电梯公司给出采用高空门厅系统的电梯配置，结果如表7所示。

表7 高空门厅电梯系统的配置比较（4家电梯公司的分区位置略有不同）

空中门厅系统	通力	蒂森	三菱	奥的斯
低区区间客梯	6	5	8（该品牌只分高低区中低区合并）	6
中区区间客梯	6	5		6
高区穿梭梯	4	4	4	4
高区区间客梯	5	5	8	6
会所电梯	1	1	1	1
消防梯兼货梯	1	1	1	1
核心筒内井道数量	18	16	14	18

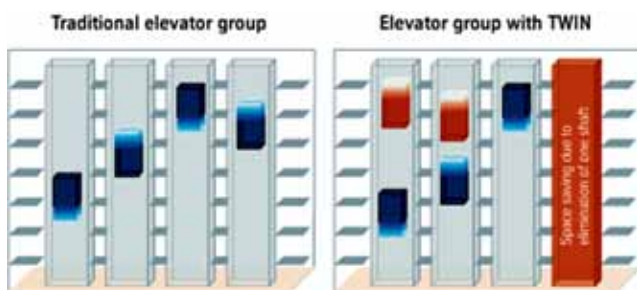


图8 双子电梯的设计理念、双主机和运行实景

可以看到，核心筒内所需电梯数可以减至14个，但必须损失近一层可租售面积用作空中门厅，且高区使用者需换乘一次到达，若加上车库梯在首层的换乘，则总共为两次换乘，总的在途时间远大于传统模式，高区使用舒适感较差。

4.3 双子电梯系统（Twin Elevator System）

双层轿厢电梯系统和高空门厅电梯系统均有效减少了电梯井道数量，使楼体经济性有较大改善，但乘坐体验和品质感差强人意。在项目的深入过程中，蒂森电梯公司提出了以双子电梯为核心的双子电梯系统解决方案。

与双层轿箱电梯类似，双子电梯也具有使用同一电梯井道的上下双层轿箱；不同的是，上下轿箱相对独立，拥有各自独立的主机（图8）、控制系统、安全部件、对重和钢丝绳，但共用导轨和厅门；上下轿厢可以以不同速度向不同方向运行。双子电梯系统增大了电梯组的运送能力，提高了运送速度，使得井道数可减少1/3，增加每层的可使用或可租售面积。如果从设计的开始考虑采用双子电梯系统，则经济效益显著。

作为增大单井道运输能力的构想，一个井道中运行两台独立轿厢的想法始于1930年，但是当时没有合适的安全部件和控制系统。今日的技术发展和运算能力使得双子电梯系统需要配套的控制系统成为可能——目的楼层控制系统（DSC：Destination-Selection Control System）。

目的楼层控制系统是乘客在厅外楼层选择器上选择目的楼层的一套系统。当乘客选择目的楼层后，系统将依照最优的等候时间和到达目的楼层的时间来分配电梯。同时系统在触摸屏上会清晰显示乘客要乘坐的梯号和位置，所以，轿厢内将不再需要楼层按钮。这套系统在写字楼的早高峰时段可以大大提高电梯的运输能力，改善电梯的运行效果，且在建筑高度200m、楼层数40层左右发挥效率最高。

与传统群控的单轿厢电梯组相比，双子电梯的电梯分配需要计算的是无时无刻不在变化的统计状态，且由于双子的存在使得计算量极大增加，这在以往是难以实现的。双子电梯技术的成熟也可以看成是当代自然观向系统、复杂、统计态演进的一个体

现，它有可能使得井道、轿厢、电梯系统的利用率成级数上升，笔者对此持乐观的态度。

另外，双子电梯较双层轿厢电梯系统更为灵活。在需要大容量穿梭时，通过控制，双子电梯上下轿厢可以像双层轿厢电梯一样同上下；在上行高峰时，可以分区服务（如：上轿厢高速服务高区，下轿厢低速服务低区）；也可以拆分各自运行；甚至在非高峰情况下，可将某一轿厢停于井道底部或顶部，而将另一轿厢作为普通电梯使用，以达到节约能源的目的。由于是叠置的单轿厢电梯，大量标准件的使用也使得采购、安装和维保成本较双层轿厢电梯为低。

双子电梯同样也存在一些尚未解决的问题，比如在极少数情况下，由于上下轿厢无法穿越而导致的等待问题；或是新呼梯模式导致的使用不畅。但从智能和能耗方面考虑，双子电梯前瞻的姿态更为积极。如果采用双子电梯系统，南塔核心筒内的井道数量与采用双层轿厢电梯系统相同，同为12个（其中双层轿厢电梯低区6组、高区4组）。

各方案核心筒内井道数量的比较如表8所示，通过双层轿厢电梯和双子电梯的使用，井道数可以大幅减少。

表8 4种方案最少井道数比较

	单轿厢电梯	高空门厅	双层轿厢电梯	双子电梯
核心筒内井道数量	17	14	10	10

5 双子电梯与双层轿厢电梯系统的比较

依据以上四种系统，设计团队布置出多个方案比较如表9（2个方案不满足任务书等候时间标准要求）所示。通过采用双子电梯系统（TWIN）或双轿厢电梯系统（DD）代替传统单轿厢电梯系统（SD），我们可以改善交通流量运行效果（降低乘客的平均等候时间和平均到站时间），减少井道数，减少核心筒面积，极大增加大楼的可使用面积，降低核心筒部分的建筑成本，增加电梯设备的初置成本，综合收益增加。

而双子电梯系统和双轿厢方案相比有以下优势：1）略微降低了平均等候时间和平均到站时间；2）相较双层轿厢电梯的非



图9 选用双子电梯的核心筒平面图



图10 otis变层高双层轿厢

表9 基于不同系统的5个建筑方案

	电梯系统模式	总电梯井道数	低区电梯	中区电梯	高区电梯	会所VIP梯	消防梯兼货梯	对建筑设计的影响	是否满足使用标准及舒适度
方案1	双子梯	13	6	-	4	1	2	首层层高6.5m	满足
方案2	双子梯+单轿厢电梯	13	6	-	6	-	1	首层层高6.5m	不满足
方案3	双层轿厢梯	13	6	-	4	1	2	所有层高4.0m	满足
方案4	单轿厢电梯+空中大堂	18	6	5	4 穿梭	1	2	高区有5台区间电梯	满足
方案5	单轿厢电梯	18	6	5	5	1	1	-	不满足

标准零部件，双子电梯采用的标准零部件更多，采购、安装、维保成本更低；3）相较于双轿厢大功率主机和变频器导致的大峰值电流，双子轿厢主机的额定电流和启动电流更小；4）双子电梯可在非高峰时段关闭一个轿厢，使得非高峰段的耗能更低，约降低26%；5）双子电梯要求建筑首层高度不低于6.50m，以上层高可变，而双轿厢电梯要求每层层高一致，制约设计。

基于以上原因，设计推荐选择双子电梯系统，配置方案1核心筒平面见图9（双子电梯对土建有几处特殊要求：在主要参数如载重量、轿厢尺寸、梯速等相同的情况下，双子电梯要求的井道尺寸比双层轿厢略大⁵。另外，顶部的机房依据梯速的不同有可能需要双层机房空间）。

作为区间电梯，双子电梯优于双层轿厢电梯。双层轿厢电梯上下轿厢绑定，如果有不同的乘客数目需要不同的进出电梯时间时，容易使乘客产生焦躁情绪。而双层轿厢电梯上下轿厢绑定，要求建筑所有层高一致，对建筑设计的限制非常大（市场也有可以适应层高变化的双层轿厢电梯——Otis Super Double Deck（图10），其通过在上下轿厢之间增设可以调节伸缩高度的机械装置来适应不同的层高，较为被动，且成本增加较大）。

6 结语

高密度、网络化的生活模式导致了混合功能建筑或街区。可

以预见，未来的超高层建筑将更加高密度和多功能化，双子电梯对建筑层高以及大量层间交通的更高适应性，使超高层建筑设计的自由度也更高。

由于双子电梯是新技术，在招标、制造、安装、验收、维保等方面均具有一定的不明确性，业主要求详细考查零实例的双子电梯系统，同时对两种系统进行全面比较。而土建设计的深入则必须保证能适应任何一种电梯系统的灵活性。

应当看到，超高层建筑中的垂直交通系统与其他设备系统一样，都是建筑的重要组成部分，并有可能成为建筑设计的出发点。

（1）垂直交通技术是人类向高空发展的核心支撑，在设计前期及早考虑并咨询电梯行业，进行垂直交通的专项研究，对超高层建筑设计有巨大意义。与以往不同，及早考虑电梯系统，可以在核心筒尺寸确定之前，深入比较不同电梯系统对建筑空间的影响，做出更为全面的决策。而通过对人流、物流、能耗的分析模拟，对建筑核心筒进行优化，可以带动建筑在暖通能耗、运行能耗、安防管理甚至立面设计的多重影响。例如，双层轿厢电梯作为大容量穿梭电梯具有显著优点，而双子电梯作为区间电梯使用时则显得游刃有余。如果组合使用，可以大大减少核心筒内井道数量。在2010年底，双子电梯与双层轿厢电梯已同时出

现在同一座大厦之中——沙特阿拉伯的资本市场监管局总部大厦（Capital Market Authority Tower），高度385m。其中包括17台双子电梯（34轿厢）、11台双层轿厢电梯、12台传统电梯。建筑师和大楼业主选择了高度创新的乘客运输理念：双层轿厢电梯将担当中转直达任务——以7m/s的速度运输乘客直达各个中转楼层，随后，乘客转乘双子电梯到达各自的目的楼层。

（2）垂直交通设计是超高层建筑的重要组成部分，其系统设计牵涉所有专业，需要全专业、全过程的配合。比如，井道的烟囱效应会给高层建筑底部楼层带来热损失，甚至影响门厅的热舒适。若对整个电梯井道进行加压送风，不仅满足更高的消防标准，亦可平衡热损失。过去，对于电梯的选择和配合设计存在误区，往往将其作为较为简单、孤立的单一设备，没有考虑综合影

响和综合成本（综合成本包括电梯设计、土建、电梯设备、电梯安装和维修服务成本，而使用成本则包括电梯维保费用、电梯使用费（含电费）、电梯年审费用等）。超高层建筑中的垂直交通系统所占空间和经济成本巨大，有很大的优化设计空间。而其设计优化是与其他专业反复权衡、迂回前进的过程。

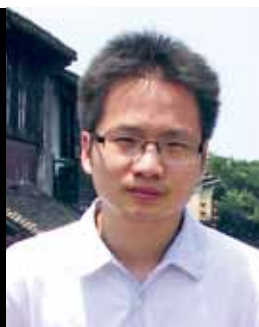
关注电梯技术的发展会发现，对于在有限空间内提升电梯或电梯组的运力，一直有着多种多样的创新思想，比如日立电梯公司提出的“第3代循环式多轿厢电梯系统设计概念”。现在双子电梯已经出现，如果有需求，甚至可以出现“三子”电梯。复合业态、立体城市综合体等超高层建筑的发展，把超高层建筑的垂直交通推到了建筑师的面前，只有敏感地关注和把握新技术，才能积极向前推进超高层建筑设计的发展。

注释

- 1 选择的四家电梯公司为通力（Kone）、奥的斯（Otis）、三菱（Mitsubishi）、蒂森克虏伯（Thyssen Krupp）。
- 2 双子电梯，两个轿厢在同一井道中独立运行，蒂森克虏伯电梯公司产品。
- 3 调查选择了：北京2个、上海4个、深圳1个、广州1个、成都1个共9个在建、或已建成的商务写字楼；人均使用面积：2个项目为10m²/人；4个项目为10m²/人，2个项目11~12m²/人，1个项目11~13m²/人。
- 4 穿梭电梯：指将大量人流一次提升运送至空中大堂层的电梯；中间不设其它停站层。
- 5 其原因源于设计理念差异：双子电梯的上下轿厢拥有独立的主机、钢丝绳、电缆，且速度较高，为避免轿厢高速运行时不同轿厢的钢丝绳及电缆发生扰动，避免过于严重的井道活塞效应，双子电梯要求更大的井道尺寸。本项目中，双子电梯要求的井道尺寸比双层轿厢电梯宽200mm。

参考文献

- [1] 雷春浓. 现代高层建筑设计[M]. 北京：中国建筑工业出版社，1997.
- [2] 住房和城乡建设部工程质量安全监管司，中国建筑标准设计研究院. 全国民用建筑工程设计技术措施2009 规划·建筑·景观[M]. 北京：中国计划出版社，2010.
- [3] Jörg Müller. Jens Holtgreffe. TWIN and Double Decker: Two Different Systems for the High-Rise Market. WWW-ELEVATOR-WORLD.COM, April 2010
- [4] Gina Barney (Editor), Ken Butcher (Editor). Transportation Systems in Buildings (CIBSE Guide). Chartered Institution of Building Services Engineers; 3rd Revised edition (27 Sep 2005).
- [5] 刘杰，陈珊，王乐文. 高层写字楼电梯系统优化配置要点——以北京新保利大厦为例[J]. 建筑学报，2010（6）：102-105.
- [6] 郭亮. 第3代循环式多轿厢电梯系统设计概念[J]. 中国电梯，2010（4）.



作者简介

黄怀海，中国建筑西南设计研究院有限公司建筑师，总建筑师技术助理。清华大学建筑学硕士，研究方向为乡土建造及当代乡土。主要参与及设计项目：成都金融城天府大道北段966号商业用房工程、西藏电力林芝培训中心、成都凤凰山公园小博物馆群、湖南耒阳毛坪村浙商希望小学等。