



指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD011-2024

中国船级社

客船人员撤离分析应用指南

2024

2024年7月1日生效

北京

目 录

目 录.....	i
第 1 章 通 则.....	1
1.1 适用范围.....	1
1.2 术语和定义.....	1
1.3 附加标志.....	1
1.4 计算场景.....	2
1.5 基本假定.....	2
1.6 性能衡准.....	3
1.7 图纸资料.....	4
第 2 章 简化撤离分析计算.....	5
2.1 基本假定.....	5
2.2 撤离时间的计算.....	5
2.3 拥堵的识别.....	5
2.4 移动时间 T 的计算方法.....	5
2.5 理想条件下移动时间的计算程序.....	7
第 3 章 高级撤离分析计算.....	9
3.1 基本假定.....	9
3.2 撤离时间的计算.....	9
3.3 拥堵的识别.....	9
3.4 软件验证.....	9
3.5 计算步骤.....	10
3.6 建模.....	10
3.7 场景设置.....	14
3.8 移动时间计算.....	15
3.9 结果分析.....	15
3.10 计算书编制.....	15
第 4 章 特定应用中的撤离分析.....	17

4.1 通则	17
4.2 替代设计中的撤离分析	17
4.3 火灾事故下的撤离分析	18
4.4 安全返港中的有序撤离	18
第 5 章 简化撤离分析案例	19
5.1 通则	19
5.2 船舶特性	19
5.3 系统描述	19
5.4 计算场景	24
5.5 T_F , $t_{甲板}$ 和 $t_{楼梯}$ 的计算	27
5.6 $t_{集合}$ 的计算	28
5.7 T 的计算	29
5.8 拥堵的确认	30
5.9 性能衡准	30
第 6 章 高级撤离分析案例	31
6.1 通则	31
6.2 新建工程	31
6.3 建模	31
6.4 计算结果输出	35
附录 1 高级撤离分析软件验证要求	37
附录 2 收敛衡准示例	41
附录 3 COMPASS-EVA 软件简介	43

第 1 章 通则

1.1 适用范围

1.1.1 本指南提供了简化撤离分析和高级撤离分析两种计算方法，以评估客船脱险通道设计、撤离布置及撤离性能是否符合国际海事组织 (IMO) 公约和主管机关法规的相关要求。

1.1.2 其他船舶和海上设施的撤离分析，可参照本指南执行。

1.1.3 除 IMO MSC.1/Circ.1533 通函外，撤离分析在其他特定评估中的应用，例如替代设计、火灾事故和安全返港等，可参照本指南第 4 章执行。

1.1.4 简化撤离分析方法的内在假定在本质上有局限性，随着船舶复杂程度的提高（乘客类型、起居处所类型、甲板数量和楼梯数量的不同组合），宜采用高级撤离分析。但在船舶早期的设计迭代阶段，简化撤离分析具有简便优势，能近似分析预期撤离性能。

1.2 术语和定义

1.2.1 高级撤离分析系指以计算机数值模拟为基础的计算分析，它把每一个人员作为一个个体，详细显示船舶布置并显示人员与布置之间的相互作用。

1.2.2 人员载荷系指在经修订的《国际消防安全系统规则》（FSS 规则）第 13 章脱险通道计算中考虑的人数。

1.2.3 响应时间 (R) 系指人员对状况产生反应的时间。从紧急状况的初始通知（例如警报）开始，以乘客接受状况并开始朝集合站方向移动而结束。

1.2.4 个人移动时间系指个人从其开始地点移动至集合站的时间。

1.2.5 个人集合时间系指个人响应时间和个人移动时间的总和。

1.2.6 总集合时间 (t_A) 系指最大个人集合时间。

1.2.7 总移动时间 (T) 系指船上所有人员从被通知的地点移动至集合站的时间。

1.2.8 登乘及下水时间 ($E+L$) 系指船上所有人员弃船所需的时间，从所有人员穿上救生衣集合后发出弃船信号时开始算起。

1.3 附加标志

1.3.1 经申请，按本指南第 2 章要求开展简化撤离分析并满足本章 1.6 性能衡准要求的船舶，可授予“EVA”附加标志；按本指南第 3 章要求开展高级撤离分析并满足本章 1.6 性

能衡准要求的船舶，可授予“EVA(Adv)”附加标志。

1.4 计算场景

1.4.1 撤离分析应至少考虑以下四种基准场景：

(1) FSS 规则第 13 章规定的场景 1（基本撤离场景，夜间）和场景 2（基本撤离场景，日间）。

(2) 场景 3（次级撤离场景，夜间）和场景 4（次级撤离场景，日间）。这两个次级场景只需进一步分析产生最长个人集合时间的主竖区。次级撤离场景采用与基本撤离场景相同的人员分布。场景 3 和场景 4 都应考虑以下两种选项之一。对于客滚船，应优先选择选项 1：

① 选项 1：在确认的主竖区内对先前使用的容量最大的一整套楼梯视为不可用；

② 选项 2：在与确认的主竖区相邻的一个主竖区内 50%的人员被迫转移至该区域并继续撤离至相关集合站。应选择人数最多的相邻主竖区。

1.4.2 必要时，可考虑以下额外场景：

(1) 场景 5（开敞甲板）：如设有一个开敞甲板供乘客使用且其总甲板面积大于 400m² 或容纳 200 人以上，应分析额外日间场景：所有乘客按日间基本撤离场景（场景 2）分布并且开敞甲板应视为初始密度 0.5 人/m² 的额外公共处所，使用总甲板面积计算。

(2) 场景 6（登乘）：若登乘站和集合站分开设置，在确定登乘及下水时间（E+L）时应考虑分析从集合站到救生设备入口的移动时间。船舶核准承载的所有人员按集合站指定容量初始分布。人员将按船舶预定程序和路线向救生设备入口移动。登乘救生设备的时间可在救生设备原型试验中确定，在模拟中可不必详述。但是，作为模拟的一部分，应考虑救生设备前的拥堵。

1.4.3 如果按以上场景所示方法计算的船上总人数超过船舶最大核载人数，人员的初始分布应按比例减少，以使人员总数与船舶核载人数一致。

1.4.4 如果有详细的船上人员分布数据，则可基于该数据开展撤离分析。

1.5 基本假定

1.5.1 本指南所述撤离时间的计算方法基于如下假定：

(1) 乘客和船员通过主脱险通道向其指定的集合站撤离，参见 SOLAS 公约第 II-2/13 条；

(2) 根据 FSS 规则第 13 章设定人员载荷和初始分布；

(3) 除非另有说明，脱险布置假定为完全有效；

- (4) 协助的船员立刻在撤离值班位置准备帮助乘客；
- (5) 不考虑火灾产生的烟气、热量和有毒气体产物对乘客和船员撤离的影响；
- (6) 不考虑家庭群体行为；
- (7) 不考虑船舶运动、横倾和纵倾；
- (8) 不考虑人员行动障碍和语言障碍的影响。

1.6 性能衡准

1.6.1 应遵循图 1.6.1 所示的下列性能衡准：

- (1) 计算的总撤离时间应：

$$1.25 (R + T) + 2/3 (E + L) \leq n \quad (1.6.1-1)$$

式中，对于客滚船， $n=60$ ；对于客滚船以外的客船，如果船舶的主竖区不超过 3 个， $n=60$ ，如果船舶的主竖区超过 3 个， $n=80$ 。

- (2) 登乘及下水时间应：

$$E + L \leq 30 \text{ min} \quad (1.6.1-2)$$

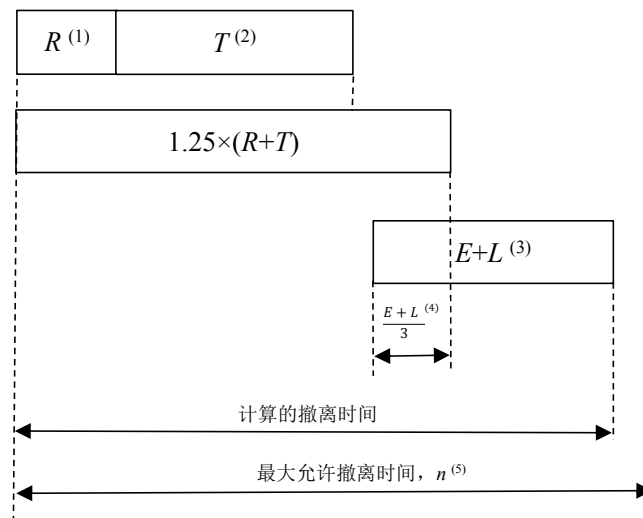


图 1.6.1 撤离分析性能衡准示意图

- 注：(1) 根据分析方法的详细规定；
- (2) 按本指南的第 2 章或第 3 章计算；
 - (3) 根据 SOLAS 公约第 III 章/21.1.3 条，最大值为 30 min；
 - (4) 重叠时间取 $(E + L)/3$ ；
 - (5) 式 1.6.1-1 中的 n (min) 值。

1.6.2 $E+L$ 应单独计算，并通过以下任一方法来确定：

- (1) 类似船舶和撤离系统的实船试验结果；

- (2) 基于模拟的登乘分析结果；
- (3) 制造商提供的数据。在此情况下，应说明计算方法，包括所使用的修正系数的值。

1.6.3 如果不能使用上述 1.6.2 中所述三种方法的任一种， $(E+L)$ 应假定为 30 min。

1.6.4 如后续营运中船舶救生设备发生变更，则应在相关船上文件中明确记录新设备的登乘及下水时间 $(E+L)$ ，例如：SOLAS 公约第 V/30 条要求的船舶操作限制清单、客船安全证书或救生设备布置图。

1.7 图纸资料

1.7.1 按 IMO 公约或主管机关法规需进行撤离分析或申请本章 1.3 附加标志的船舶，应将撤离布置图提交中国船级社 (CCS) 批准，将撤离分析计算书提交 CCS 备查。

1.7.2 与撤离分析相关图纸，作为撤离分析的审图参考，包括但不限于：

- (1) 脱险通道布置图（含梯道宽度计算）；
- (2) 总布置图；
- (3) 全船钢质门布置图；
- (4) 全船防火门布置图；
- (5) 救生艇筏布置图；
- (6) 室外扶梯布置图；
- (7) 室内扶梯布置图。

1.7.3 撤离分析计算书，应包括：

- (1) 分析的基本假设；
- (2) 被分析区域的布局简图；
- (3) 每种撤离场景的人员初始分布；
- (4) 撤离分析计算的细节；
- (5) 总的撤离时间；
- (6) 确认的拥堵点；
- (7) 确认的逆流和交叉流区域（如有）。

第 2 章 简化撤离分析计算

2.1 基本假定

2.1.1 简化撤离分析的计算方法，一般作如下假定：

- (1) 所有乘客和船员同时开始撤离并相互不干扰；
- (2) 初始步行速度取决于人员密度，假设移动是沿脱险通道的方向，且无超越；
- (3) 人员可无干扰地移动；
- (4) 以逆流修正系数计算逆流；
- (5) 以修正系数和安全系数进行简化计算。安全系数的值为 1.25。

2.2 撤离时间的计算

2.2.1 应考虑下列参数：

- (1) 响应时间 (R)，应为夜间 10 min，日间 5 min；
- (2) 移动时间 (T)，计算方法见本章 2.4；
- (3) 登乘及下水时间 ($E+L$)，计算方法见本指南 1.6.2。

2.3 拥堵的识别

2.3.1 拥堵应按以下衡准识别：

- (1) 初始密度等于或大于 3.5 p/m^2 ；
- (2) 计算的进出人流差 (F_c) 大于 1.5 p/s 。

2.4 移动时间 T 的计算方法

2.4.1 移动时间 T 的计算参数

2.4.1.1 净宽 (W_c)：走廊和楼梯的净宽系指扣除栏杆或扶手后的宽度，门的净宽系指门全开状态下的实际通过宽度。

2.4.1.2 初始人员密度 (D)：脱险通道中的初始人员密度系指人员数量 (p) 除以人员在原来位置可用的脱险通道面积，用 (p/m^2) 表示。

2.4.1.3 人员流速 (S)：沿着脱险通道的人员流速 (m/s) 取决于人员的特定流量（见本章 2.4.1.4 的定义）和脱险设施的类型。人员流速值参见下表 2.4.1 (1)（初始速度）和表 2.4.1 (3)（转换点后的速度作为特定流量的函数）。

2.4.1.4 人员的特定流量 (F_s)：特定流量 (p/m/s) 系指每单位时间每单位通道净宽通过的逃生人员数量。 F_s 值见以下表 2.4.1 (1)（初始 F_s 作为初始密度函数）和表 2.4.1 (2)（最大值）。

表 2.4.1 (1) ¹—作为密度函数的初始特定流量值和初始速度值

设施类型	初始密度 D (p/m ²)	初始特定流量 F_s (p/m/s)	初始人员流速 S (m/s)
走廊	0	0	1.2
	0.5	0.65	1.2
	1.9	1.3	0.67
	3.2	0.65	0.20
	≥3.5	0.32	0.10

表 2.4.1 (2) ¹—最大特定流量值

设施类型	最大特定流量 F_s (p/m/s)
楼梯 (下)	1.1
楼梯 (上)	0.88
走廊	1.3
门道	1.3

表 2.4.1 (3) ¹—特定流量和流速值

设施类型	特定流量 F_s (p/m/s)	人员流速 S (m/s)
楼梯 (下)	0	1.0
	0.54	1.0
	1.1	0.55
楼梯 (上)	0	0.8
	0.43	0.8
	0.88	0.44
走廊	0	1.2
	0.65	1.2
	1.3	0.67

2.4.1.5 计算的人流 (F_c)：计算的人流 (p/s) 系指每单位时间通过脱险通道的特定点的预计人数。可由下式计算得到：

$$F_c = F_s W_c \quad (2.4.1.5)$$

2.4.1.6 流动时间 (t_F)：流动时间 (s) 系指 N 个人通过出口系统的一点所需的总时间，计算方法为：

$$t_F = N / F_c \quad (2.4.1.6)$$

2.4.1.7 转换处：系指在出口系统中，通道的类型（例如从走廊至楼梯）或尺寸有变化，或通道合并或分开的地点。在转换中，所有出口计算流量的总数等于所有入口计算流量的总

¹ 数据摘录于民用建筑的陆基楼梯、走廊和门，以及（美国）国家消防保护协会(NFPA)“SFPE 防火工程手册”第2版，1995。

数:

$$\sum F_c(\text{进})_i = \sum F_c(\text{出})_j \quad (2.4.1.7)$$

式中: $\sum F_c(\text{进})_i$ 表示到达转换点的通道(i)的计算流量;

$\sum F_c(\text{出})_j$ 表示离开转换点的通道(j)的计算流量。

2.4.1.8 移动时间 T , 修正系数和逆流修正系数:

移动时间 T (s) 由下式计算得到:

$$T = (\gamma + \delta)t_l \quad (2.4.1.8)$$

式中: γ 为修正系数, 场景 1 和场景 2 中取值为 2.0, 场景 3 和场景 4 中取值为 1.3;

δ 为逆流修正系数, 取值为 0.3;

t_l 为由本章 2.5 所述计算程序得到的最大移动时间 (s)。

2.5 理想条件下移动时间的计算程序

2.5.1 为了说明本计算程序, 使用下列标记符号:

(1) $t_{\text{楼梯}}$ 表示从脱险通道至集合站的通过楼梯时间 (s);

(2) $t_{\text{甲板}}$ 表示从甲板脱险通道的最远点至楼梯的移动时间 (s);

(3) $t_{\text{集合}}$ 表示从楼梯末端至指定的集合站入口的移动时间 (s)。

2.5.2 对于日间和夜间场景, 移动时间应分别按以下基本步骤进行计算。

2.5.2.1 将脱险通道布置图示为水力网络图, 其中管道表示走廊和楼梯, 阀表示门和其他类似限制, 水池表示公共处所。

2.5.2.2 每层甲板的主脱险通道密度 D 的计算。如果客舱面对走廊, 可假定客舱中的人员同时移入走廊; 走廊密度因此为以净宽计算的走廊单位面积内的客舱人员数量。对于公共处所和服务处所, 可假定所有人员同时开始在出口门撤离 (计算时所用的特定流量为门的最大特定流量); 每扇门的疏散人员数量可假定为与门的净宽成正比。

2.5.2.3 通过表 2.4.1 (1) 的线性内插法计算初始特定流量 F_s , 作为密度函数。

2.5.2.4 计算通向指定的相应脱险楼梯方向的走廊和门流量 F_c 。

2.5.2.5 一旦到达转换点, 用式 (2.4.1.7) 算得出口计算流量 F_c 。如果两条以上通道离开转换点, 可假定每条通道的流量 F_c 与其净宽成正比。出口特定流量 F_s 系由出口计算流量除以净宽而得。有两种可能:

(1) F_s 不超过表 2.4.1 (2) 的最大值: 相应的出口速度 (S) 通过表 2.4.1 (3) 中的线性内插法获得, 作为特定流量函数;

(2) F_s 超过表 2.4.1 (2) 的最大值: 在此情况下, 在转换点会形成一列队伍, F_s 为表 2.4.1 (2) 的最大值, 相应的出口速度 (S) 从表 2.4.1 (3) 获得。

2.5.2.6 对每一层甲板重复上述程序, 从而获得进入指定脱险楼梯的计算流量 F_c 和速度

S 的一组数值。

2.5.2.7 从 N (进入楼梯或走廊的人数) 和相关的 t_F 计算每个楼梯和走廊的流动时间 t_F 。每个脱险通道的流动时间 t_F 在相应于脱险通道每一部分的流动时间中是最长的。

2.5.2.8 从每个脱险通道的最远点至楼梯的移动时间 $t_{甲板}$ 的计算定义为长度/速度比。对于脱险通道的不同部分, 如果这些部分连续使用, 移动时间应合计, 否则应采用其最大的值。每个甲板应进行这样的计算; 由于假定人们在每个甲板上平行移至指定的楼梯, 主要的 $t_{甲板}$ 值应取其最大值。对于公共处所, 不计算 $t_{甲板}$ 。

2.5.2.9 对于每段楼梯, 移动时间计算为倾斜的梯段长度和速度之比。对于每个甲板, 总的楼梯移动时间 $t_{楼梯}$ 为连接甲板与集合站的所有楼梯的移动时间的总数。

2.5.2.10 从楼梯末端 (在集合站甲板) 至集合站入口的移动时间 $t_{集合}$ 的计算。对于每条路线, 移动时间计算为移动长度和速度之比; 对于每个甲板, 总的 $t_{集合}$ 取为所有路线的最大值。

2.5.2.11 沿脱险通道至指定的集合站移动的总时间为:

$$t_I = t_F + t_{甲板} + t_{楼梯} + t_{集合} \quad (2.5.2.11)$$

2.5.2.12 根据计算结果, 按照本章 2.3.1 识别相应的拥堵点。

2.5.2.13 所有脱险通道按照上述程序计算后, 应选择最大 t_I 值按式 (2.4.1.8) 计算移动时间 T 。

第 3 章 高级撤离分析计算

3.1 基本假定

3.1.1 高级撤离分析的计算方法，一般应作如下假定：

- (1) 乘客和船员作为具有特定个人能力和响应时间的独特个体；
- (2) 考虑到模型中的省略、假定及基准场景的有限数量和性质，计算中引入了安全系数，取值为 1.25。

3.2 撤离时间的计算

3.2.1 撤离时间的计算应包含下列参数：

- (1) 响应时间 (R)；
- (2) 移动时间 (T)；
- (3) 登乘及下水时间 ($E+L$)。

3.3 拥堵的识别

3.3.1 拥堵应按以下衡准识别：

- (1) 区域内局部人员密度在长时段内超过 4 p/m^2 ；
- (2) 持续时间大于模拟的总集合时间 (t_A) 的 10%，视为长时段。

3.4 软件验证

3.4.1 高级撤离分析软件应经认可，验证流程见图 3.4.1，具体要求见本指南附录 1。

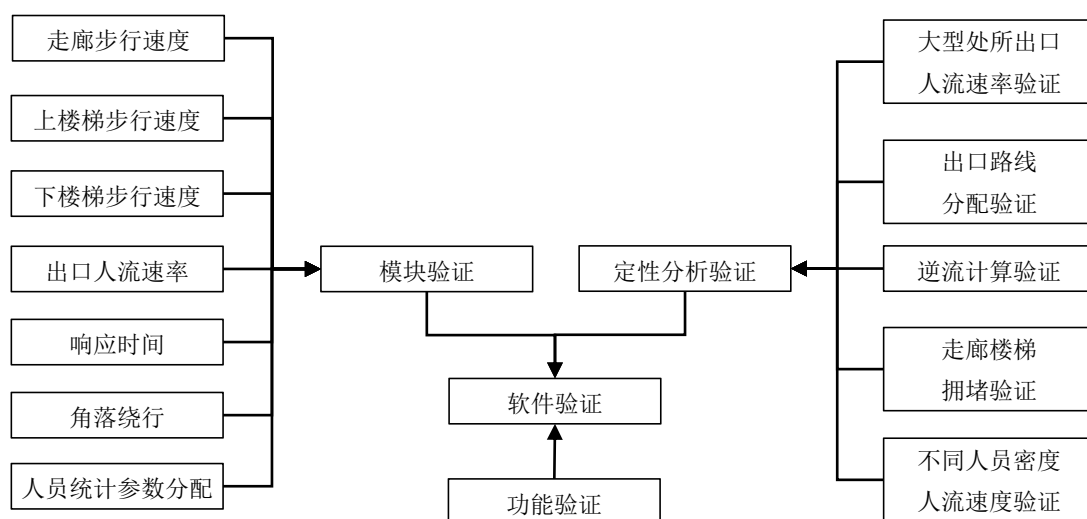


图 3.4.1 高级撤离分析软件验证流程

3.5 计算步骤

3.5.1 高级撤离分析的基本步骤如下：

- (1) 建模；
- (2) 场景设置；
- (3) 移动时间计算；
- (4) 结果分析；
- (5) 编制报告。

3.6 建模

3.6.1 建模系指基于高级撤离分析软件，以数值模拟的方法对船舶几何建模、人员构成、响应时间、移动速度和出口流动速率等参数予以确定。

3.6.2 几何建模

3.6.2.1 几何建模应通过高级撤离分析软件，以数值模拟的方法根据船舶处所和脱险通道的实际布置和尺寸，建立符合船舶实际情况的人员运行边界，为高级撤离分析所需计算场景的设置提供几何模型，并赋予不同场景所需与撤离速度相关类似撤离引导方面的特征。

3.6.2.2 基本撤离场景 1 和场景 2 中，应假定乘客和船员沿主脱险通道移动至集合站，为此，应假定标志、低位照明、船员培训和与撤离系统设计和运行有关的其他方面符合 IMO 文件的要求。

3.6.2.3 次级撤离场景 3 和场景 4 中，对于不能使用场景 1 和场景 2 指定主脱险通道的乘客和船员，应按照船舶设计确定的其他脱险通道进行撤离。

3.6.2.4 乘客和船员初始分布，除应考虑船舶实际情况外，还需满足 FSS 规则第 13 章的规定。

3.6.3 人员构成

3.6.3.1 不同年龄、性别和身体特性乘客所占比例应满足表 3.6.3.1 的要求，并在所有场景计算中保持不变。

表 3.6.3.1 人员构成（年龄和性别）

人员组—乘客	占乘客百分比(%)
30岁以下的女性	7
30至50岁的女性	7
50岁以上的女性	16
50岁以上的女性—行动不便(1)	10
50岁以上的女性—行动不便(2)	10

人员组—乘客	占乘客百分比(%)
30岁以下的男性	7
30至50岁的男性	7
50岁以上的男性	16
50岁以上的男性—行动不便(1)	10
50岁以上的男性—行动不便(2)	10
人员组—船员	占船员百分比(%)
女性船员	50
男性船员	50

表注：此乘客构成的所有相关特征应由固定数值范围内的统计分布构成。该范围定为均匀随机分布的最小值和最大值之间。

3.6.4 响应时间

3.6.4.1 各场景的响应时间应为如下所示的截型对数正态分布²：

对于场景 1 和场景 3（夜间）：

$$y = \frac{1.01875}{\sqrt{2\pi}0.84(x-400)} \exp\left[-\frac{(\ln(x-400)-3.95)^2}{2 \times 0.84^2}\right] \quad (3.6.4.1-1)$$

$$400 < x < 700$$

对于场景 2 和场景 4（日间）：

$$y = \frac{1.00808}{\sqrt{2\pi}0.94x} \exp\left[-\frac{(\ln(x)-3.44)^2}{2 \times 0.94^2}\right] \quad (3.6.4.1-2)$$

$$0 < x < 300$$

式中， x 为响应时间，单位为 s， y 为响应时间 x 的概率密度。

3.6.5 移动速度

3.6.5.1 平地（例如走廊）上的无阻碍的移动速度：男性和女性的最大无阻碍移动速度随年龄变化而变化³，其分布曲线如图 3.6.5.1 所示，近似分段函数见表 3.6.5.1(1)。

² 《关于用于MSC/Circ.1033集合时间分析的基于试航数据的乘客响应时间分布特性建议书》，Galea, E. R., Deere, S., Sharp, G., Fillips, L., Lawrence, P. 和 Gwunne, S., 《英国皇家造船技师协会汇刊》，A 部分-《国际海工期刊》ISSN 14798751.2007。

³ Ando K、Ota H 和 Oki T, 《预报人流》，《铁路研究评论》，(45), 8-14 页, 1988。

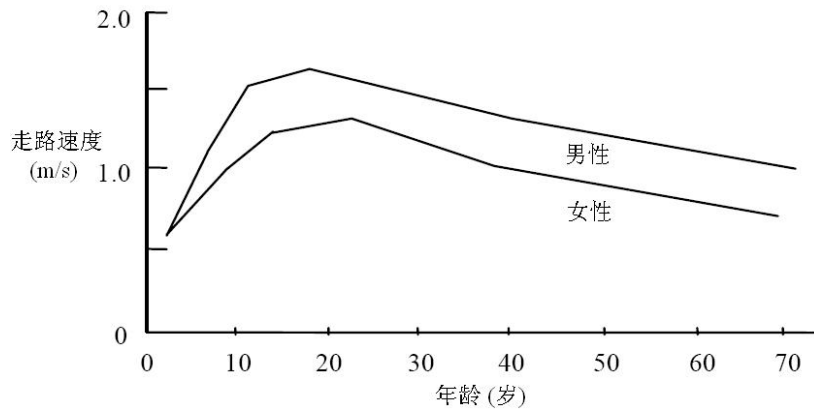


图 3.6.5.1 作为年龄和性别函数的步行速度

表 3.6.5.1(1) 平均移动速度值的回归表示法

性别	年龄(岁)	速度
女性	2—8.3	$0.06 * \text{年龄} + 0.5$
	8.3—13.3	$0.04 * \text{年龄} + 0.67$
	13.3—22.25	$0.02 * \text{年龄} + 0.94$
	22.25—37.5	$-0.018 * \text{年龄} + 1.78$
	37.5—70	$-0.01 * \text{年龄} + 1.45$
男性	2—5	$0.16 * \text{年龄} + 0.3$
	5—12.5	$0.06 * \text{年龄} + 0.8$
	12.5—18.8	$0.008 * \text{年龄} + 1.45$
	18.8—39.2	$-0.01 * \text{年龄} + 1.78$
	39.2—70	$-0.009 * \text{年龄} + 1.75$

对于表 3.6.3.1 所述的每个性别组，步行速度模式化为均匀分布的统计数据，其最大和最小值如下：

表 3.6.5.1(2) 平地（例如走廊）上的步行速度

人员组—乘客	平地（例如走廊）上的步行速度	
	最小(m/s)	最大(m/s)
30岁以下的女性	0.93	1.55
30至50岁的女性	0.71	1.19
50岁以上的女性	0.56	0.94
50岁以上的女性—行动不便(1)	0.43	0.71

人员组—乘客	平地（例如走廊）上的步行速度	
	最小(m/s)	最大(m/s)
50岁以上的女性—行动不便(2)	0.37	0.61
30岁以下的男性	1.11	1.85
30至50岁的男性	0.97	1.62
50岁以上的男性	0.84	1.4
50岁以上的男性—行动不便(1)	0.64	1.06
50岁以上的男性—行动不便(2)	0.55	0.91
人员组—船员	平地（例如走廊）上的步行速度	
	最小(m/s)	最大(m/s)
女性船员	0.93	1.55
男性船员	1.11	1.85

3.6.5.2 无障碍的梯道上的步行速度⁴：无障碍梯道上基于性别、年龄和移动方向（上、下）的行进速度应满足表 3.6.5.2 的规定。

表 3.6.5.2 楼梯上的步行速度

人员组—乘客	楼梯上的步行速度(m/s)			
	下楼		上楼	
	最小	最大	最小	最大
30岁以下的女性	0.56	0.94	0.47	0.79
30至50岁的女性	0.49	0.81	0.44	0.74
50岁以上的女性	0.45	0.75	0.37	0.61
50岁以上的女性—行动不便(1)	0.34	0.56	0.28	0.46
50岁以上的女性—行动不便(2)	0.29	0.49	0.23	0.39
30岁以下的男性	0.76	1.26	0.5	0.84
30至50岁的男性	0.64	1.07	0.47	0.79
50岁以上的男性	0.5	0.84	0.38	0.64
50岁以上的男性—行动不便(1)	0.38	0.64	0.29	0.49
50岁以上的男性—行动不便(2)	0.33	0.55	0.25	0.41

⁴ 最大无阻力的楼梯上的步行速度来自于 J.Fruin 运算的数据，见《行人计划 and 设计》，城市设计者和环境计划者协会，纽约，1971。该研究包括两种楼梯结构。

人员组—船员	楼梯上的步行速度(m/s)			
	下楼		上楼	
	最小	最大	最小	最大
女性船员	0.56	0.94	0.47	0.79
男性船员	0.76	1.26	0.5	0.84

3.6.5.3 高级撤离分析计算过程中，每位撤离人员在平地 and 梯道（下和上）的无阻碍移动速度应在满足表 3.6.5.1 (2)和 3.6.5.2 规定的前提下保持一致。

3.6.6 出口流动率（门）是每单位时间单位宽度通过脱险通道上一点的逃生人员数量，按人数（ p ）测量。出口流动率⁵应不超过 1.33 $p/m/s$ 。

3.7 场景设置

3.7.1 开展人员撤离分析计算时，乘客和船员的初始分布应按照 FSS 规则第 13 章进行设置。对于高级撤离分析，还应满足下述 3.7.2 和 3.7.3 的规定。如果有详细的船员分布数据，以实际分布数据为准。

3.7.2 场景 1 和 3（夜间）：以乘客起居舱室最大铺位量设置乘客分布；2/3 船员在船员起居舱室，其余 1/3 船员应：

- (1) 50%位于服务处所；
- (2) 25%位于应急职责位置，包括但不限于驾驶室、集控室和安全中心等；
- (3) 25%位于集合站并以与撤离者相反的方向朝该集合站指定的最远客舱移动；一旦到达客舱，模拟中将不再考虑这些船员。每个主竖区内的乘客和相反方向船员的的比例应一致。

3.7.3 场景 2 和 4（日间）：乘客占据了按 SOLAS 公约第 II-2/3.39 条定义的公共处所的最大容量的 75%。船员分布如下：

- (1) 1/3 船员位于船员起居处所（船舱和船员日间处所）；
- (2) 1/3 船员位于公共处所；
- (3) 其余 1/3 船员分布如下：
 - ① 50%应位于服务处所；
 - ② 25%应位于应急职责位置，包括但不限于驾驶室、集控室和安全中心等；
 - ③ 25%应位于集合站并以与撤离者相反的方向朝该集合站指定的最远客舱移动；一旦到达客舱，模拟中将不再考虑这些船员。每个主竖区内的乘客和相反方向船员的的比例应一致。

⁵ 该值是基于日本、英国和美国的民用建筑应用的认可数据；该值也与简化撤离分析方法一致。

3.8 移动时间计算

3.8.1 由于撤离过程具有一定的随机性，模型计算出的移动时间是一个随机数值。

3.8.2 对于本指南 1.4.1 中每个场景，均应进行至少 500 次模拟，每个场景会产生至少 500 个 t_A 值。

3.8.3 上述 500 次模拟，应满足下列两种情况之一：

(1) 包含至少 100 种人员随机生成情景（满足本章 3.6.3.1 要求），每种情景至少重复 5 次模拟且 5 次结果有较明显差异；

(2) 包含至少 500 种人员随机生成情景（满足本章 3.6.3.1 要求）。

3.8.4 当使用适当的方法确定收敛时，可减少 500 种不同模拟的最小数量，例如本指南附录 2 所示的方法。在此情况下，不同模拟的总数不应小于 50。

3.8.5 基本场景和次级场景中的每个场景中移动时间的取值：所取的 t_i 值高于 95% 的所有计算值（即对于基本场景和次级场景的每 1 例，时间 t_A 的排列从低到高， t_i 取高于 95% 的所列值）。

3.8.6 移动时间 T 值应为场景 1~4 移动时间 t_i 中的最大值。

3.8.7 额外场景的移动时间计算程序应与场景 1~4 相同。

3.9 结果分析

3.9.1 计算结果应与本指南 1.6 所述的性能衡准进行比较，主要包括：

- (1) 总撤离时间是否满足本指南 1.6 规定的性能衡准；
- (2) 本章 3.3 规定的拥堵位置的识别。

3.10 计算书编制

3.10.1 高级撤离分析计算书除满足本指南 1.7.3 要求外，还应包括以下内容：

- (1) 除本指南 1.5 以外的其他假定条件；
- (2) 高级撤离分析算法模型的必要说明，包括：
 - ① 描述人员运动的重要变量，例如，人员的步行速度和方向；
 - ② 参数和变量之间的函数关系；
 - ③ 算法更新规则，例如模型中人员运动更新规则（并行、随机、有序或者其它）；
 - ④ 梯道、门、集合站、登乘站和其他特殊几何要素的表征，以及表征这些几何元素在模拟过程中对变量影响（如有）的参数；

⑤ 应提供软件用户说明书/手册，包含算法模型及其假定、软件使用说明和结果解释等。

第 4 章 特定应用中的撤离分析

4.1 通则

4.1.1 在船舶设计阶段，基于基准场景，通过本指南第 2 章或第 3 章所述的撤离分析方法，可以识别和确认拥堵点，以此提出改进建议使得船舶脱险通道设计和撤离性能满足公约和法规的要求。

4.1.2 除 IMO MSC.1/Circ.1533 通函规定的用于评估客船脱险通道设计之外，撤离分析还常应用于其他特定应用中，例如替代设计中的人员撤离、事故应急情况下的人员撤离、安全返港中的有序撤离等。这些撤离分析均基于特定场景，其性能衡准、撤离目的地、人员分布等均可能与本指南第 1 至 3 章相关规定有所不同。

4.1.3 如相关方需进行本章 4.1.2 所述的撤离分析，可参照本章执行，相关性能衡准及撤离方案需经 CCS 认可。

4.2 替代设计中的撤离分析

4.2.1 常见的船舶替代设计，例如消防安全替代设计和救生设备替代设计，均需开展人员撤离分析，以评估替代设计的人命安全目标是否能达到。

4.2.2 消防安全替代设计中人员撤离分析，其计算场景应基于船舶设计现状和风险识别，确定人员初始分布、脱险通道可利用情况、集合站可利用情况等。

4.2.3 为保证船上人员的生命安全，消防安全替代设计中人员撤离分析，其设计目标是维持脱险通道的合适状态，保证所有人员能够有足够的时间撤离到安全区域，使他们不受到瞬间或者积累的火灾威胁。其性能衡准通常采用所需安全疏散时间（*RSET*）和可用安全疏散时间（*ASET*）作为判定参数⁶。在满足式（4.2.3）的情况下，人员撤离是安全的，反之则不安全：

$$RSET < ASET \quad (4.2.3)$$

其中 *RSET* 系指从受到火或烟影响的处所安全撤离的所需时间。应通过高级撤离分析方法，计算确定完全撤离处所的最大 *RSET*。

⁶ 详见 IMO MSC.1/Circ.1552 通函“消防安全替代设计和布置指南（IMO MSC/Circ.1002 通函）修正案”。

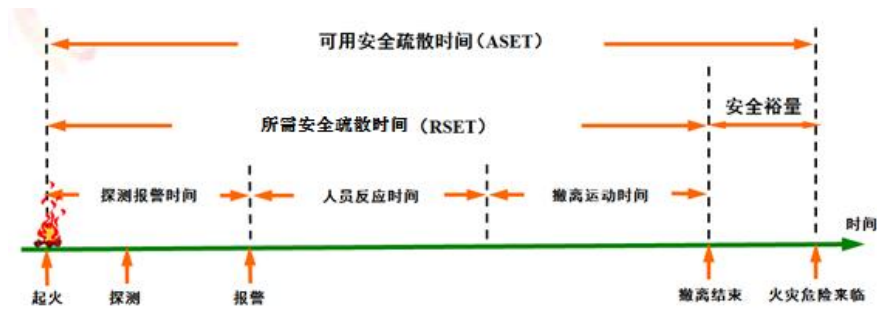


图 4.2.3 人员撤离安全判定示意图

4.2.4 救生设备替代设计中人员撤离分析，其计算场景应基于船舶设计现状和风险识别，确定人员初始分布、脱险通道可利用情况、集合站可利用情况、救生设备可利用情况等，如涉及替代逃生路线或备用集合站的使用，应对其使用情况进行说明。

4.2.5 救生设备替代设计中人员撤离分析，其设计目标是确保救生设备、脱险通道、集合站和撤离程序等设计合理，有充分的安全防护和预防措施，在紧急情况下保证船上人员安全撤离，其性能衡准可参照本指南 1.6 的要求设置。

4.3 火灾事故下的撤离分析

4.3.1 火灾事故下的人员应急撤离，其计算场景应基于火灾事故发生时的现状，同时导入火灾场景的时域计算结果，可包括高温、低能见度和有毒气体（如 CO），分析在火灾危害产物影响下，人员应急撤离情况，为火灾事故的应急响应和人员撤离预案制定提供技术支持。

4.4 安全返港中的有序撤离

4.4.1 船舶安全返港时，如事故超出 SOLAS 公约 II-1 章 8-1/2 条或 II-2 章 21/3 条规定的事故界限时，船上人员应有序撤离，其计算场景应：

- (1) 分析每个主竖区因失火/进水而无法使用的场景，包括其内的脱险通道；
- (2) 分别考虑日间和晚上的场景；
- (3) 假设船上人员初始分布应集中在安全区域内。

第 5 章 简化撤离分析案例

5.1 通则

5.1.1 本章给出了简化撤离分析案例，仅作为例证，不能将其视为全面和完整的分析，也不能视为指出了应予使用的数据。

5.2 船舶特性

5.2.1 本例局限于假设的豪华旅游客船的两个主竖区 (MVZ 1 和 MVZ 2)。对于 MVZ 1，考虑夜间场景，下文称为场景 1；对于 MVZ 2，考虑日间场景，下文称为场景 2。

5.2.2 在场景 1 中，初始分布为总共 449 人位于船员和乘客舱室，其中 42 人在甲板 5，65 人在甲板 6（42 人在前部，23 人在后部），26 人在甲板 7，110 人在甲板 9，96 人在甲板 10，110 人在甲板 11，甲板 8（集合站）是空的。

5.2.3 在场景 2 中，初始分布为总共 1138 人位于公共处所，其中 469 人在甲板 6，469 人在甲板 7，200 人在甲板 9。甲板 8（集合站）是空的。

5.3 系统描述

5.3.1 集合站的识别：对于 MVZ 1 和 MVZ 2，集合站位于甲板 8，甲板 8 也是登乘甲板。

5.3.2 脱险通道的识别：

5.3.2.1 在 MVZ 1，脱险通道如下，见图 5.3.2.1：

(1) 甲板 5 通过在该区域前部的一个楼梯（楼梯 A）与甲板 6（然后为甲板 7，即集合站的位置）连接。4 个走廊（走廊 1、2、3 和 4）和 2 扇门（分别为门 1 和门 2）连接舱室和楼梯 A。净宽和长度为：

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	面积(m ²)	注
MVZ1-甲板5-走廊1	0.9	13	11.7	至门1
MVZ1-甲板5-走廊2	0.9	20	18	至门1
MVZ1-甲板5-走廊3	0.9	9.5	8.55	至门2
MVZ1-甲板5-走廊4	0.9	20	18	至门1
MVZ1-甲板5-门1	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯A
MVZ1-甲板5-门2	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯A
MVZ1-甲板5-楼梯A	1.35	4.67	N.A.	上至甲板6

(2) 甲板 6 通过两个楼梯（楼梯 A 和楼梯 B 分别位于该区域的前部和后部）与甲板 7（然后为甲板 8）连接。4 个走廊（走廊 1、2、3 和 4）和 2 扇门（门 1 和 2）连接前舱和楼

梯 A, 2 个走廊 (走廊 5 和 6) 和 2 扇门 (门 3 和 4) 连接后舱和楼梯 B。净宽和长度为:

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	面积(m ²)	注
MVZ1-甲板6-走廊1	0.9	13	11.7	至门1
MVZ1-甲板6-走廊2	0.9	20	18	至门1
MVZ1-甲板6-走廊3	0.9	9.5	8.55	至门2
MVZ1-甲板6-走廊4	0.9	20	18	至门1
MVZ1-甲板6-门1	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯A
MVZ1-甲板6-门2	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯A
MVZ1-甲板6-楼梯A	1.35	4.67	N.A.	上至甲板7
MVZ1-甲板6-走廊5	0.9	13	11.7	至门3
MVZ1-甲板6-走廊6	0.9	20	18	至门4
MVZ1-甲板6-门3	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯B
MVZ1-甲板6-门4	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯B
MVZ1-甲板6-楼梯B	1.35	4.67	N.A.	上至甲板7

(3) 甲板 7 通过楼梯 C (从下面上来的楼梯 A 和 B 在甲板 7 处停止) 与甲板 8 连接。楼梯 A 和 B 的到达处和甲板 7 的舱室通过 8 个走廊连至楼梯 C, 为简化此例, 这里门被忽略不计。净宽和长度为:

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	面积(m ²)	注
MVZ1-甲板7-走廊1	0.9	6	5.4	至楼梯C
MVZ1-甲板7-走廊2	0.9	9	8.1	至走廊7
MVZ1-甲板7-走廊3	0.9	15	13.5	至走廊8
MVZ1-甲板7-走廊4	0.9	6	5.4	至楼梯C
MVZ1-甲板7-走廊5	0.9	14	12.6	至走廊7
MVZ1-甲板7-走廊6	0.9	15	13.5	至走廊8
MVZ1-甲板7-走廊7	2.4	11	26.4	从楼梯B
MVZ1-甲板7-走廊8	2.4	9	21.6	从楼梯A 至楼梯C
MVZ1-甲板7-楼梯C	1.40	4.67	N.A.	上至甲板8

(4) 甲板 11 通过该区域后部的双层楼梯 (楼梯 C) 与甲板 10 连接。两个走廊 (走廊 1 和 2) 通过两个门 (分别为门 1 和门 2) 连接舱室和楼梯。净宽和长度为:

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	面积(m ²)	注
MVZ1-甲板11-走廊1	0.9	36	32.4	至门1
MVZ1-甲板11-走廊2	0.9	36	32.4	至门2
MVZ1-甲板11-门1	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯C
MVZ1-甲板11-门2	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯C
MVZ1-甲板11-楼梯C	2.8	4.67	N.A.	下至甲板10

(5) 甲板 10 的布置与甲板 11 相似。净宽和长度为：

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	面积(m ²)	注
MVZ1-甲板10-走廊1	0.9	36	32.4	至门1
MVZ1-甲板10-走廊2	0.9	36	32.4	至门2
MVZ1-甲板10-门 1	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯C
MVZ1-甲板10-门 2	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯C
MVZ1-甲板10-楼梯C	2.8	4.67	N.A.	下至甲板9

(6) 甲板 9 的布置与甲板 11 相似。净宽和长度为：

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	面积(m ²)	注
MVZ1-甲板9-走廊1	0.9	36	32.4	至门1
MVZ1-甲板9-走廊2	0.9	36	32.4	至门2
MVZ1-甲板9-门1	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯C
MVZ1-甲板9-门2	0.9	N.A.	N.A.	至楼梯C
MVZ1-甲板9-楼梯C	2.8	4.67	N.A.	下至甲板8

(7) 甲板 8，来自甲板 5，6，7（楼梯 C）和甲板 11，10，9（楼梯 C）的人员通过路线 1 和 2 进入集合站。净宽和长度为：

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	注
MVZ1-甲板8-路线1	2.00	9.50	至集合站
MVZ1-甲板8-路线2	2.50	7.50	至集合站

5.3.2.2 在 MVZ2，脱险通道如下，见图 5.3.2.2：

(1) 甲板 6 通过该区域前部的 2 个楼梯（分别为楼梯 A 和 B）和该区域后部的 1 个双层楼梯（楼梯 C）与甲板 7（然后与甲板 8，即集合站的位置）连接。两扇门（分别为门 A 和 B）连接公共处所和楼梯 A 和 B；两扇门（分别为左舷门和右舷门）连接公共处所和楼梯 C。净宽和长度为：

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	注
MVZ2-甲板6-门A	1	N.A.	
MVZ2-甲板6-门B	1	N.A.	
MVZ2-甲板6-左舷门C	1.35	N.A.	
MVZ2-甲板6-右舷门C	1.35	N.A.	
MVZ2-甲板6-楼梯A	1.4	4.67	上至甲板7
MVZ2-甲板6-楼梯B	1.4	4.67	上至甲板7
MVZ2-甲板6-楼梯C	3.2	4.67	上至甲板7

(2) 甲板 7 通过与甲板 6 至甲板 7 一样的布置与甲板 8 连接。净宽和长度为：

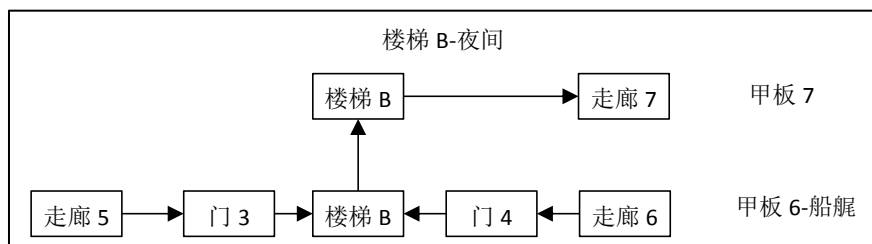
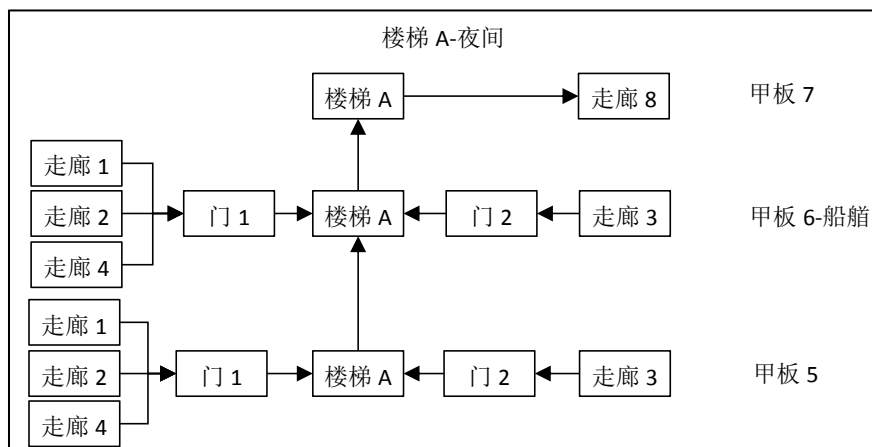
项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	注
MVZ2-甲板7-门A	1.7	N.A.	
MVZ2-甲板7-门 B	1.7	N.A.	
MVZ2-甲板7-左舷门C	0.9	N.A.	
MVZ2-甲板7-右舷门C	0.9	N.A.	
MVZ2-甲板7-楼梯A	2.05	4.67	上至甲板8
MVZ2-甲板7-楼梯B	2.05	4.67	上至甲板8
MVZ2-甲板7-楼梯C	3.2	4.67	上至甲板8

(3) 甲板 9 通过该区域后部的双层楼梯（楼梯 C）与甲板 8 连接。两扇门（分别为左舷门和右舷门）连接公共处所和楼梯 C。净宽和长度为：

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	注
MVZ2-甲板9-左舷门	1	N.A.	
MVZ2-甲板9-右舷门	1	N.A.	
MVZ2-甲板9-楼梯C	3.2	4.67	下至甲板7

(4) 甲板 8，来自甲板 6 和 7（楼梯 A 和 B）的人通过门 A 和 B 直接进入登乘站（开敞甲板），来自甲板 9（楼梯 C）的人通过路线 1 和 2 进入集合站。净宽和长度为：

项目	W_c (净宽) (m)	长度(m)	注
MVZ2-甲板8-门A	2.05	N.A.	至登乘站
MVZ2-甲板8-门B	2.05	N.A.	至登乘站
MVZ2-甲板8-路线1	2	9.5	至集合站
MVZ2-甲板8-路线2	2.5	7.5	至集合站



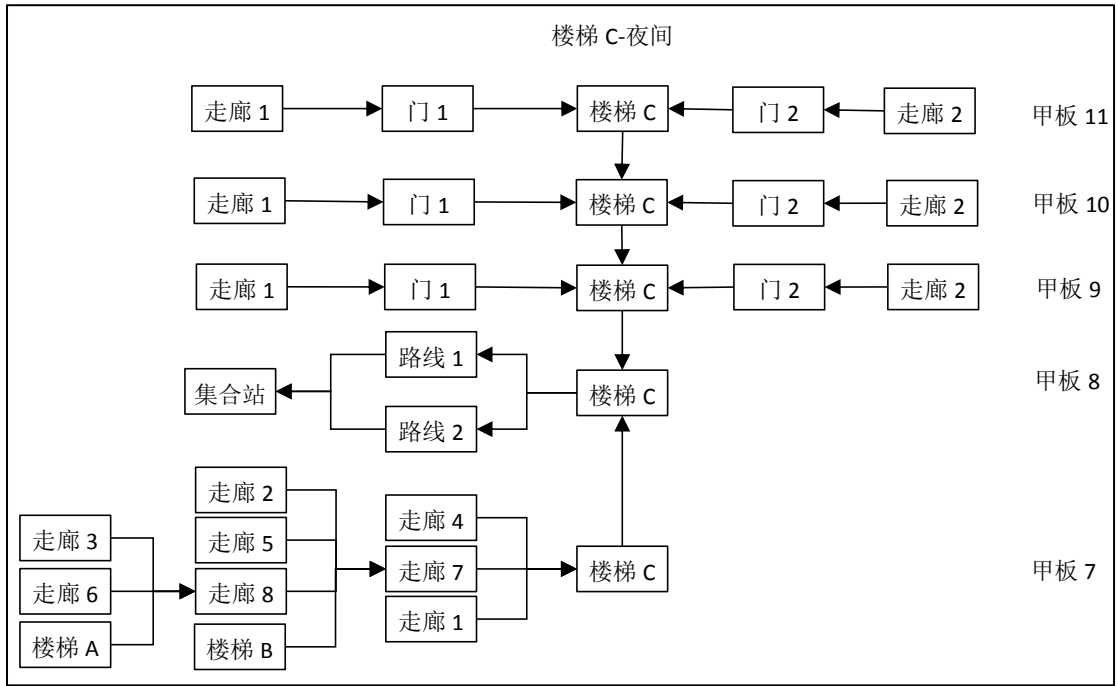
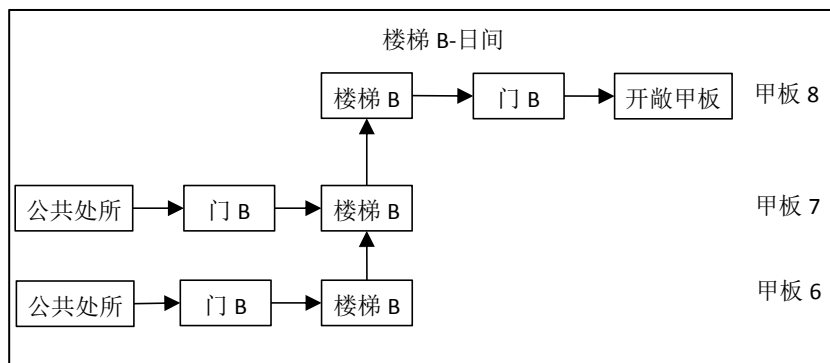
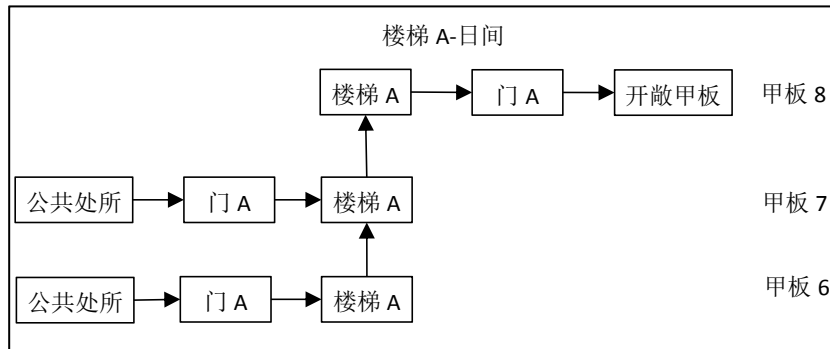


图 5.3.2.1 场景 1（夜间）—水力网络系统图解



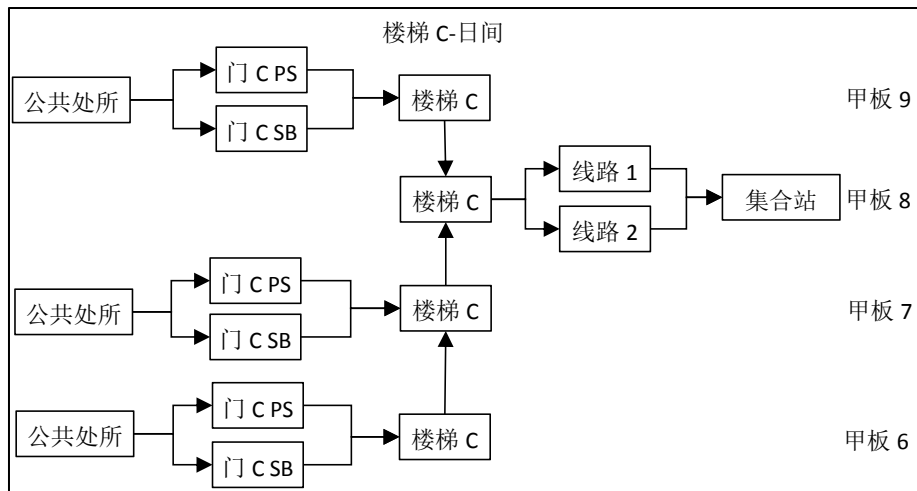


图 5.3.2.2 场景 2（日间）—水力网络系统图解

5.4 计算场景

5.4.1 场景 1 指 MVZ1 中的夜间场景，根据 FSS 规则第 13 章，449 人初始分布为：42 人在甲板 5，65 人在甲板 6（42 人在前部，23 人在后部），26 人在甲板 7，110 人在甲板 9，96 人在甲板 10，110 人在甲板 11。甲板 8（集合站）是空的。根据 2.5.2，假定舱内的所有人员同时进入走廊。相应的初始条件为：

MVZI—走廊	人数	初始密度 D (p/m ²)	初始特定流量 F_s (p/m/s)	计算流量 F_c (p/s)	初始人员流速 S (m/s)
甲板5—走廊1	11	0.94	0.85	0.77	1.03
甲板5—走廊2	12	0.67	0.73	0.65	1.14
甲板5—走廊3	8	0.94	0.85	0.77	1.04
甲板5—走廊4	11	0.61	0.7	0.63	1.16
甲板6—走廊1	11	0.94	0.85	0.77	1.03
甲板6—走廊2	12	0.67	0.73	0.65	1.14
甲板6—走廊3	8	0.94	0.85	0.77	1.04
甲板6—走廊4	11	0.61	0.7	0.63	1.16
甲板6—走廊5	11	0.94	0.85	0.77	1.03
甲板6—走廊6	12	0.67	0.73	0.65	1.14
甲板7—走廊1	4	0.74	0.76	0.69	1.11
甲板7—走廊2	4	0.49	0.64	0.58	1.2
甲板7—走廊3	6	0.44	0.58	0.52	1.2
甲板7—走廊4	4	0.74	0.76	0.69	1.11
甲板7—走廊5	6	0.48	0.62	0.56	1.2
甲板7—走廊6	2	0.15	0.19	0.17	1.2
甲板7—走廊7	0	0	N.A.	N.A.	N.A.
甲板7—走廊8	0	0	N.A.	N.A.	N.A.
甲板11—走廊1	55	1.7	1.21	1.09	0.75

MVZI—走廊	人数	初始密度 D (p/m ²)	初始特定流量 F_s (p/m/s)	计算流量 F_c (p/s)	初始人员流速 S (m/s)
甲板11—走廊2	55	1.7	1.21	1.09	0.75
甲板10—走廊1	48	1.48	1.11	1	0.83
甲板10—走廊2	48	1.48	1.11	1	0.83
甲板9—走廊1	55	1.7	1.21	1.09	0.74
甲板9—走廊2	55	1.7	1.21	1.09	0.74

MVZI—楼梯、 门和走廊	人员(N)		特定 流量 F_s in (p/m/s)	最大特 定流量 F_s (p/m/s)	特定 流量 F_s (p/m/s)	计算 流量 F_c (p/s)	人员 流速 S (m/s)	排队	注释	注
	从目前 通道	包括从 其他通 道来的 总人数								
甲板5—门1	34	34	2.28	1.3	1.3	1.17	N.A.	是	自走廊1、2和4	1
甲板5—门2	8	8	0.85	1.3	0.85	0.77	N.A.		自走廊3	1
甲板5—楼梯A	42	42	1.43	0.88	0.88	1.188	0.44	是	自门1和2	1、2
甲板6—门1	34	34	2.28	1.30	1.3	1.17	N.A.	是	自走廊1、2和4	1
甲板6—门2	8	8	0.85	1.30	0.85	0.77	N.A.		自走廊3	1
甲板6—楼梯A	42	84	2.32	0.88	0.88	1.188	0.44	是	自门1和2, 自楼梯A	1、2
甲板6—门3	11	11	0.85	1.30	0.85	0.77	N.A.		自走廊5	1
甲板6—门4	12	12	0.73	1.30	0.73	0.65	N.A.		自走廊6	1
甲板6—楼梯B	23	23	1.05	0.88	0.88	1.188	0.44	是	自门3和4	1、2
甲板7—走廊8	8	92	0.78	1.3	0.78	1.88	1.09		自走廊3和6, 自甲板6, 楼梯A	1、3
甲板7—走廊7	10	125	1.75	1.3	1.3	3.12	0.67	是	自走廊2、5和8, 自甲板6, 楼梯B	1,4
甲板7—楼梯C	8	133	3.21	0.88	0.88	1.232	0.44	是	自走廊1、4和7; 上至甲板8	1、 2、5
甲板11—门1	55	55	1.21	1.3	1.21	1.09	N.A.		至楼梯C	1
甲板11—门2	55	55	1.21	1.3	1.21	1.09	N.A.		至楼梯C	1
甲板11—楼梯C	110	110	0.78	1.1	0.78	2.17	0.81		下至甲板10	1、2
甲板10—门1	48	48	1.11	1.3	1.11	1	N.A.		至楼梯C	1
甲板10—门2	48	48	1.11	1.3	1.11	1	N.A.		至楼梯C	1
甲板10—楼梯C	96	206	1.49	1.1	1.10	3.08	0.55	是	下至甲板9	1、2
甲板9—门1	55	55	1.21	1.3	1.21	1.09	N.A.		至楼梯C	1
甲板9—门2	55	55	1.21	1.3	1.21	1.09	N.A.		至楼梯C	1
甲板9—楼梯C	110	316	1.88	1.1	1.10	3.08	0.55	是	下至甲板8	1、2
甲板8—路线1	0	200	0.96	1.3	0.96	1.92	0.95		至集合站	1、6
甲板8—路线2	0	249	0.96	1.3	0.96	2.4	0.95		至集合站	1、6

注:

1 特定流量“ F_s in”指进入脱险通道的特定流量; 最大特定流量指表 2.4.1(2)给出的最大允许流量; 特定

流量指适用于计算的值，即“ $F_s \text{ in}$ ”与最大允许值之间的最小值；如果“ $F_s \text{ in}$ ”大于最大允许值，就会形成队伍。

- 2 来自下面（或上面）的人和来自目前所计甲板的人共同使用一些楼梯。计算连接甲板 N 至甲板 N+1（或甲板 N-1）的楼梯时，计入的人员为进入甲板 N 的楼梯的人加上来自甲板 N 以下（或以上）的所有甲板的人。
- 3 在甲板 7，8 人首先从舱室移至走廊 8，84 人从甲板 6、楼梯 A 至走廊 8，因此总数为 92 人。
- 4 在甲板 7，10 人首先从舱室移至走廊 7，23 人从甲板 6、楼梯 B 至走廊 7，84 人从甲板 7、走廊 7 至走廊 8，因此总数为 117 人。
- 5 在甲板 7，8 人首先从舱室直接移至楼梯 C，125 人从走廊 8 至楼梯 C，因此总数为 133 人。
- 6 在甲板 8（集合站），开始无人，因此从上和/或下到达的总人数使用该甲板上的脱险通道。

5.4.2 场景 2 指 MVZ 2 中的日间场景，根据 FSS 规则第 13 章，1138 人的初始分布如下：469 人在甲板 6；469 人在甲板 7；200 人在甲板 9。甲板 8（集合站）开始时是空的。根据 2.5.2，假定所有人员同时开始撤离并以最大特定流量使用出口门。相应的初始条件为：

MVZ2—走廊	人数	初始密度 D (p/m ²)	初始特定流量 F_s (p/m/s)	计算流量 F_c (p/s)	初始人员流速 S (m/s)
甲板6—门A	100	N.A.	1.3	1.3	N.A.
甲板6—门B	100	N.A.	1.3	1.3	N.A.
甲板6—左舷门C	134	N.A.	1.3	1.76	N.A.
甲板6—右舷门C	135	N.A.	1.3	1.76	N.A.
甲板7—门A	170	N.A.	1.3	2.21	N.A.
甲板7—门B	170	N.A.	1.3	2.21	N.A.
甲板7—左舷门C	65	N.A.	1.3	1.17	N.A.
甲板7—右舷门C	64	N.A.	1.3	1.17	N.A.
甲板9—右舷门C	100	N.A.	1.3	1.3	N.A.
甲板9—左舷门C	100	N.A.	1.3	1.3	N.A.

MVZ2—楼梯	人员(N)		特定流量 $F_s \text{ in}$ (p/m/s)	最大特定流量 F_s (p/m/s)	特定流量 F_s (p/m/s)	计算流量 F_c (p/s)	人员流速 S (m/s)	排队	注释	注
	从目前通道	包括从其他通道来的总人数								
甲板6—楼梯A	100	100	0.93	0.88	0.88	1.23	0.44	是	上至甲板7	1
甲板6—楼梯B	100	100	0.93	0.88	0.88	1.23	0.44	是	上至甲板7	1
甲板6—楼梯C	269	269	1.1	0.88	0.88	2.82	0.44	是	上至甲板7	1
甲板7—楼梯A	170	270	1.68	0.88	0.88	1.8	0.44	是	上至甲板8	1、2
甲板7—楼梯B	170	270	1.68	0.88	0.88	1.8	0.44	是	上至甲板8	1、2
甲板7—楼梯C	129	398	1.61	0.88	0.88	2.82	0.44	是	上至甲板8	1、2
甲板9—楼梯C	200	200	0.81	1.1	0.81	2.60	0.78		下至甲板8	
甲板8—路线1	0	266	1.2	1.3	1.2	2.41	0.75		自甲板7和9	1、3
甲板8—路线2	0	332	1.2	1.3	1.2	3.01	0.75		自甲板7和9	1、3
甲板8—门A	0	270	0.88	1.3	0.88	1.8	N.A.		自甲板7	1、3
甲板8—门B	0	270	0.88	1.3	0.88	1-8	N.A.		自甲板7	1、3

注:

- 1 特定流量“ F_s in”指进入脱险通道的特定流量；最大特定流量指本指南附录 1 表 1.3 给出的最大允许流量；特定流量指适用于计算的值，即“ F_s in”与最大允许值之间的最小值；如果“ F_s in”大于最大允许值，就会形成排队。
- 2 来自下面（或上面）的人和来自目前所计甲板的人共同使用一些楼梯。计算连接甲板 N 至甲板 N+1（或甲板 N-1）的楼梯时，计入的人员为进入甲板 N 的楼梯的人加上来自甲板 N 以下（或以上）的所有甲板的人。
- 3 在甲板 8（集合站），开始无人，因此从上和/或下到达的总人数使用该甲板上的脱险通道。

5.5 T_F , $t_{甲板}$ 和 $t_{楼梯}$ 的计算

5.5.1 场景 1

项目	人 N	长度 L (m)	计算流量 (p/s)	速度 S(m/s)	流动时间 t_F (s)	甲板或楼梯时间 $t_{甲板}, t_{楼梯}$	进入
					$t_F=N/F_c$	$T=L/S$	
甲板5—走廊1	11	13	0.77	1.03	14.3	12.6	门1
甲板5—走廊2	12	20	0.65	1.14	18.3	17.6	门1
甲板5—走廊3	8	9.5	0.77	1.04	10.4	9.2	门2
甲板5—走廊4	11	20	0.63	1.16	17.4	17.3	门1
甲板5—门1	34	N.A.	1.17	N.A.	29.1	N.A.	楼梯A
甲板5—门2	8	N.A.	0.77	N.A.	10.4	N.A.	楼梯A
甲板5—楼梯A	42	4.67	1.188	0.44	35.4	10.6	甲板6
甲板6—走廊1	11	13	0.77	1.03	14.3	12.6	门1
甲板6—走廊2	12	20	0.65	1.14	18.3	17.6	门1
甲板6—走廊3	8	9.5	0.77	1.04	10.4	9.2	门2
甲板6—走廊4	11	20	0.63	1.16	17.4	17.3	门1
甲板6—门1	34	N.A.	1.17	N.A.	29.1	N.A.	楼梯A
甲板6—门2	8	N.A.	0.77	N.A.	10.4	N.A.	楼梯A
甲板6—楼梯A	84	4.67	1.188	0.44	70.7	10.6	甲板7
甲板6—走廊5	11	13	0.77	1.03	14.3	12.6	门3
甲板6—走廊6	12	20	0.65	1.14	18.3	17.6	门4
甲板6—门3	11	N.A.	0.77	N.A.	14.3	N.A.	楼梯B
甲板6—门4	12	N.A.	0.65	N.A.	18.3	N.A.	楼梯B
甲板6—楼梯B	23	4.67	1.188	0.44	19.4	10.6	甲板7
甲板7—走廊1	4	6	0.69	1.11	5.8	5.4	楼梯C
甲板7—走廊2	4	9	0.58	1.2	6.9	7.5	走廊7
甲板7—走廊3	6	15	0.52	1.2	11.5	12.5	走廊8
甲板7—走廊4	4	6	0.69	1.11	5.8	5.4	楼梯C
甲板7—走廊5	6	14	0.56	1.2	10.8	11.7	走廊7
甲板7—走廊6	2	15	0.17	1.2	11.5	12.5	走廊8
甲板7—走廊8	92	9	1.88	1.09	48.9	8.2	走廊7
甲板7—走廊7	125	11	3.12	0.67	40.1	16.4	楼梯C
甲板7—楼梯C	133	4.67	1.232	0.44	108	10.6	甲板8
甲板11—走廊1	55	36	1.09	0.75	50.7	48.2	门1
甲板11—走廊2	55	36	1.09	0.75	50.7	48.2	门2
甲板11—门1	55	N.A.	1.09	N.A.	50.7	N.A.	楼梯C
甲板11—门2	55	N.A.	1.09	N.A.	50.7	N.A.	楼梯C
甲板11—楼梯C	110	4.67	2.17	0.81	50.7	5.8	甲板10
甲板10—走廊1	48	36	1	0.83	48.2	43.5	门1
甲板10—走廊2	48	36	1	0.83	48.2	43.5	门2
甲板10—门1	48	N.A.	1	N.A.	48.2	N.A.	楼梯C
甲板10—门2	48	N.A.	1	N.A.	48.2	N.A.	楼梯C

项目	人 N	长度 L (m)	计算流量 (p/s)	速度 S(m/s)	流动时间 t_F (s)	甲板或楼梯 时间 $t_{甲板}, t_{楼梯}$	进入
甲板10—楼梯C	206	4.67	3.08	0.55	66.9	8.5	甲板9
甲板9—走廊1	55	36	1.09	0.74	50.7	48.4	门1
甲板9—走廊2	55	36	1.09	0.74	50.7	48.4	门2
甲板9—门1	55	N.A.	1.09	N.A.	50.7	N.A.	楼梯C
甲板9—门2	55	N.A.	1.09	N.A.	50.7	N.A.	楼梯C
甲板9—楼梯C	316	4.67	3.08	0.55	102.6	8.5	甲板8

5.5.2 场景 2：由于此特别布置无走廊，甲板时间为 0。

项目	人 N	长度 L (m)	计算流量 F_c (p/s)	速度 S (m/s)	流动时间 t_F (s)	甲板或楼梯 时间 $t_{甲板}, t_{楼梯}$	进入
					$t_F = N / F_c$	$t = L / S$	
甲板6—门A	100	N.A.	1.3	N.A.	76.9	N.A.	楼梯A
甲板6—门B	100	N.A.	1.3	N.A.	76.9	N.A.	楼梯B
甲板6—左舷门C	134	N.A.	1.76	N.A.	76.4	N.A.	楼梯C
甲板6—右舷门C	135	N.A.	1.76	N.A.	76.9	N.A.	楼梯C
甲板6—楼梯A	100	4.67	1.23	0.44	81.2	10.6	甲板7
甲板6—楼梯B	100	4.67	1.23	0.44	81.2	10.6	甲板7
甲板6—楼梯C	269	4.67	2.82	0.44	95.5	10.6	甲板7
甲板7—门A	170	N.A.	2.21	N.A.	76.9	N.A.	楼梯A
甲板7—门B	170	N.A.	2.21	N.A.	76.9	N.A.	楼梯B
甲板7—左舷门C	65	N.A.	1.17	N.A.	55.6	N.A.	楼梯C
甲板7—右舷门C	64	N.A.	1.17	N.A.	54.7	N.A.	楼梯C
甲板7—楼梯A	270	4.67	1.8	0.44	149.7	10.6	甲板8
甲板7—楼梯B	270	4.67	1.8	0.44	149.7	10.6	甲板8
甲板7—楼梯C	398	4.67	2.82	0.44	141.3	10.6	甲板8
甲板8—门A	270	N.A.	1.8	N.A.	149.7	N.A.	登乘
甲板8—门B	270	N.A.	1.8	N.A.	149.7	N.A.	登乘
甲板9—左舷门	100	N.A.	1.3	N.A.	76.9	N.A.	楼梯C
甲板9—右舷门	100	N.A.	1.3	N.A.	76.9	N.A.	楼梯C
甲板9—楼梯C	200	4.67	2.6	0.78	76.9	6	甲板8

5.6 $t_{集合}$ 的计算

5.6.1 场景 1：所有的 429 人使用楼梯 C（316 人来自甲板 8 上面，133 人来自下面），一旦到达甲板 8，需要使用路线 1 或路线 2 在甲板 8 移动以到达集合站。相应的时间如下：

项目	人 N	长度 L (m)	计算流量 F_c (p/s)	速度 S (m/s)	流动时间 t_F (s)	$t_{集合}$	进入
					$t_F = N / F_c$	$t = L / S$	
甲板8—路线1	200	9.5	1.92	0.95	104.4	10	集合站
甲板8—路线2	249	7.5	2.4	0.95	103.9	7.9	集合站

5.6.2 例 2: 所有人员使用楼梯 C (总共 598 人), 一旦到达甲板 8, 需要使用路线 1 或路线 2 穿过甲板 8 到达集合站。相应的时间如下:

项目	人 N	长度 L (m)	计算流量 F_c (p/s)	速度 S (m/s)	流动时间	$t_{\text{集合}}$	进入
					t_F (s)		
甲板8—路线1	266	9.5	2.41	0.75	$t_F = N / F_c$ 110.5	$t = L / S$ 12.7	集合站
甲板8—路线2	332	7.5	3.01	0.75	110.3	10	集合站

5.7 T 的计算

5.7.1 场景 1: 根据 2.4, 移动时间 $T = \text{最大 } t_1$ (公式 2.5.2.11) $\times 2.3$ (修正系数和逆流修正系数的总和)。每个脱险通道的最大 t_1 值如下:

脱险通道在	$t_{\text{甲板}}$	t_f	$t_{\text{楼梯}}$	$t_{\text{集合}}$	t_I	T	注
甲板11	48.2	104.4	22.7	10	185.3	426.2	1
甲板10	43.5	104.4	17	10	174.8	402	1、2
甲板9	48.4	104.4	8.5	10	171.3	394	1、2
甲板8	0	104.4	0	10	114.4	286.1	
甲板7	37.1	108	10.6	10	163.9	377	1
甲板6—楼梯A(前)	42.4	108	21.2	10	179.6	413.1	1、3
甲板6—楼梯B(后)	34	108	21.2	10	170.2	391.5	1、3
甲板5	42.2	108	31.8	10	192	441.6	1、3

注:

- 1 流动时间 t_f 系指记录的人员开始从甲板撤离至集合站的整个脱险通道上的最大流动时间。
- 2 楼梯上的移动时间($t_{\text{楼梯}}$)系指人员沿所有楼梯从开始撤离的甲板至集合站所在的甲板所需的总的时间; 因此在本例中, 人员从甲板 11 向下移动的 $t_{\text{楼梯}}$ 为从甲板 11 至甲板 10(5.7s), 从甲板 10 至甲板 9(8.5s) 和从甲板 9 至甲板 8(8.5s) 的总的 $t_{\text{楼梯}}$, 总共为 22.7s。其他例子相似。
- 3 楼梯上的移动时间($t_{\text{楼梯}}$)系指人员沿所有楼梯从开始撤离的甲板至集合站所在的甲板所需的总的时间; 因此在本例中, 人员从甲板 5 向上移动的 $t_{\text{楼梯}}$ 为从甲板 5 至甲板 6(10.6s), 从甲板 6 至甲板 7(10.6s) 和从甲板 7 至甲板 8(10.6s) 的总的 $t_{\text{楼梯}}$, 总共为 31.8s。其他例子相似。

因此, T 的对应值为 441.6s。

5.7.2 场景 2: 根据 2.4, 移动时间 $T = \text{最大 } t_I$ (公式 2.5.2.11) $\times 2.3$ (修正系数和逆流修正系数的总和)。每个脱险通道的最大 t_I 值如下:

脱险通道在	$t_{\text{甲板}}$	t_f	$t_{\text{楼梯}}$	$t_{\text{集合}}$	t_I	T	$t_{\text{甲板}}$
甲板9	0	110.4	6	12.7	168.3	387.2	1、2
甲板8	0	110.4	0	12.7	162.4	373.4	
甲板7—楼梯A	0	149.7	10.6	0	160.3	368.6	
甲板7—楼梯B	0	149.7	10.6	0	160.3	368.6	
甲板7—楼梯C	0	141.3	10.6	12.7	164.6	378.7	2

脱险通道在	$t_{甲板}$	t_f	$t_{楼梯}$	$t_{集合}$	t_I	T	$t_{甲板}$
甲板6—楼梯A	0	149.7	21.2	0	170.9	393	1、3
甲板6—楼梯B	0	149.7	21.2	0	170.9	393	1、3
甲板6—楼梯C	0	141.3	21.2	12.7	175.2	403.1	1、2、3

注:

- 1 流动时间 t_f 系指记录的人员开始从甲板撤离至集合站的整个脱险通道上的最大流动时间。
- 2 在本例中, 楼梯 A 和楼梯 B 已通向集合站, 因此只有那些通过楼梯 C 的脱险通道需要附加时间 $t_{集合}$ 以到达集合站。
- 3 楼梯上的移动时间($t_{楼梯}$)系指人员沿所有楼梯从开始撤离的甲板至集合站所在的甲板所需的总的时间; 因此在本例中, 人员从甲板 6 移动的 $t_{楼梯}$ 为从甲板 6 至甲板 7(10.6s)和从甲板 7 至甲板 8(10.6s)的总的 $t_{楼梯}$ 。
因此, T 的对应值为 403.1s。

5.8 拥堵的确认

5.8.1 场景 1: 在甲板 5 (门 1 和楼梯 A)、甲板 6 (门 1、楼梯 A 和 B)、甲板 7 (走廊 7 和楼梯 C)、甲板 10 (楼梯 C) 和甲板 9 (楼梯 C) 发生拥堵。然而, 由于总的时间在极限值 (见本例的 5.9.1) 之下, 无需修改设计。

5.8.2 场景 2: 甲板 6 (楼梯 A、B 和 C) 和甲板 7 (楼梯 A、B 和 C) 发生拥堵。然而, 由于总的时间在极限值 (见本例的 5.9.2) 之下, 无需修改设计。

5.9 性能衡准

5.9.1 场景 1: 根据 1.6.1, 总的撤离时间为:

$$1.25(R+T) + 2/3 (E+L) = 1.25 \times (10' + 7'22'') + 20' = 41' 43'' \quad (5.9.1)$$

式中: ($E+L$) 假定为 30'

$$R=10' \text{ (夜间)}$$

$$T=7'22''$$

5.9.2 场景 2: 根据 1.6.1, 总的撤离时间为:

$$1.25(R+T) + 2/3 (E+L) = 1.25 \times (5' + 6' 43'') + 20' = 34' 39'' \quad (5.9.2)$$

式中: ($E+L$) 假定为 30'

$$R=5' \text{ (日间)}$$

$$T=6' 43''$$

第 6 章 高级撤离分析案例

6.1 通则

6.1.1 本章给出了高级撤离分析案例，仅作为例证，不能将其视为为全面和完整的分析，也不能视为指出了应予使用的数据。

6.2 新建工程

6.2.1 打开 COMPASS-EVA 软件，建立新的高级撤离分析计算工程，设置计算文件保存位置、输入目标船舶的设计概况信息，选择相应的计算场景，见图 6.2.1（1）和 6.2.1（2）。



图 6.2.1（1）新建工程设置界面

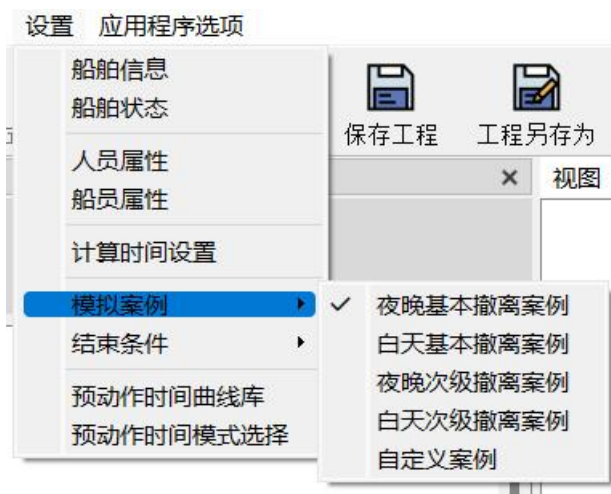


图 6.2.1（2）选择相应的计算场景

6.3 建模

6.3.1 几何模式。在几何模式下，创建各层甲板的舱室布局。在本案例中，每层甲板均通过导入 deck.fds 文件创建几何模型，见图 6.3.1 所示。

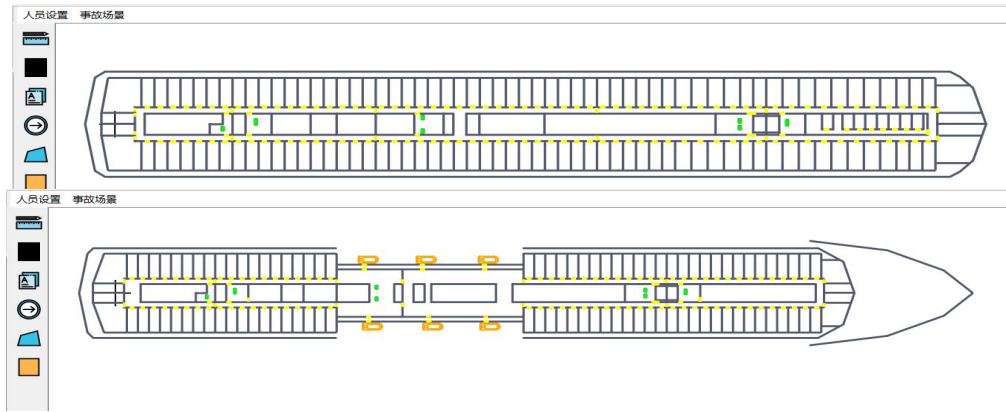


图 6.3.1 甲板几何模型

6.3.2 规划模式。在完成船舶甲板几何建模以后，切换到下一步的规划模式。

6.3.2.1 在甲板 1 和甲板 2 上分别设置乘客区域和船员区域。其中设置甲板 1 功能区 7 的最大人数为 30 人；在甲板 1 上添加 6 个救生艇，分别放在两侧船舷上，使用默认设置；设置甲板 2 功能区 11 为船员区域，设置最大人数为 8 人。

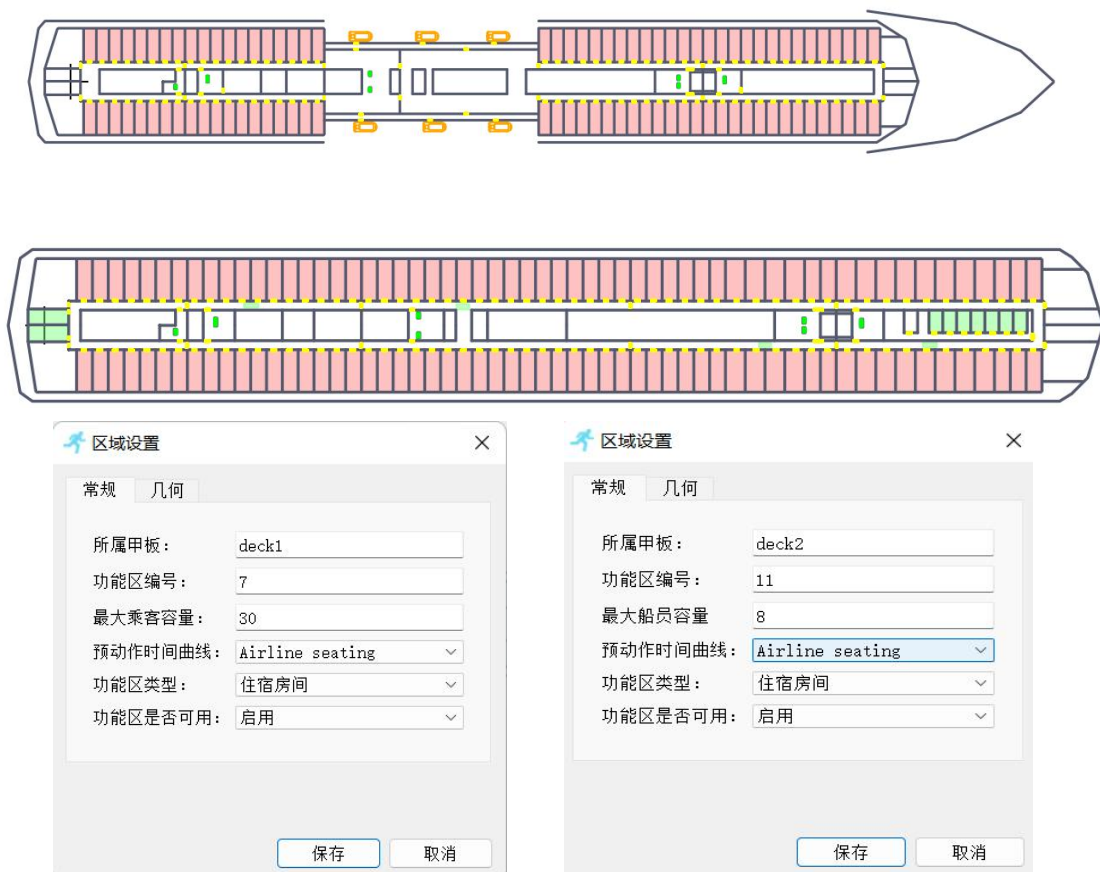


图 6.3.2.1 甲板 1 和甲板 2 的区域设置

6.3.2.2 设置楼梯

(1) 选择楼梯类型



图 6.3.2.2(1) 楼梯类型的设置

(2) 设置楼梯贯穿甲板层和位置



图 6.3.2.2(2) 楼梯位置的设置

(3) 设置楼梯属性



图 6.3.2.2(3) 楼梯属性的设置

6.3.2.3 设置人员撤离的目标区域。

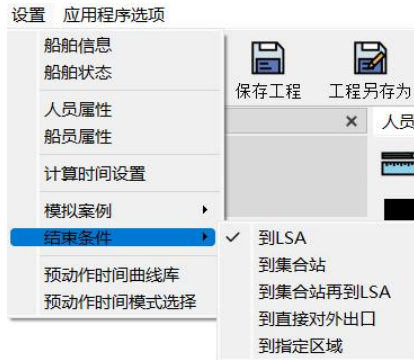


图 6.3.2.3 撤离目标区域的设置

6.3.2.4 撤离路径规划。根据船舶人员撤离路线设置相应区域或处所人员的撤离路径。

路径编辑

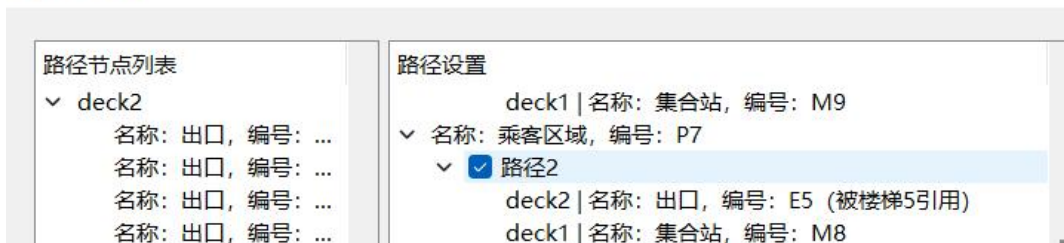


图 6.3.2.4 撤离路径的设置

6.3.3 人群模式。在完成规划模式后，切换到人群模式。

6.3.3.1 对甲板 1 和甲板 2，分别按照区域进行人员初始分布设置，以添加乘客和船员。

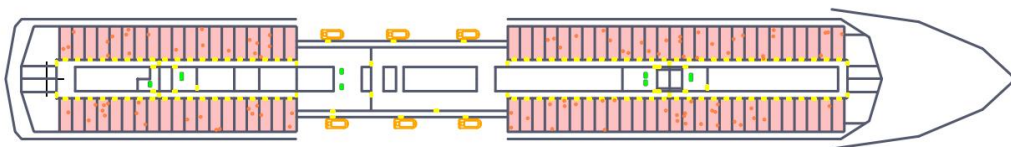


图 6.3.3.1 (1) 甲板 1 的人员初始分布

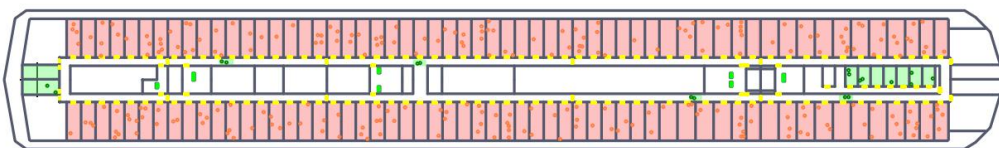


图 6.3.3.1 (2) 甲板 2 的人员初始分布

6.3.3.2 对人员属性进行设置，包括响应时间、年龄分布等。

6.3.4 模拟模式。完成人员属性设置后，切换到模拟模式。单击“开始”启动模拟计算，此时，可看到撤离时间不断变化，画面里人员在移动。待撤离模拟完毕，提示生成报告，可选择查看和保存计算书。

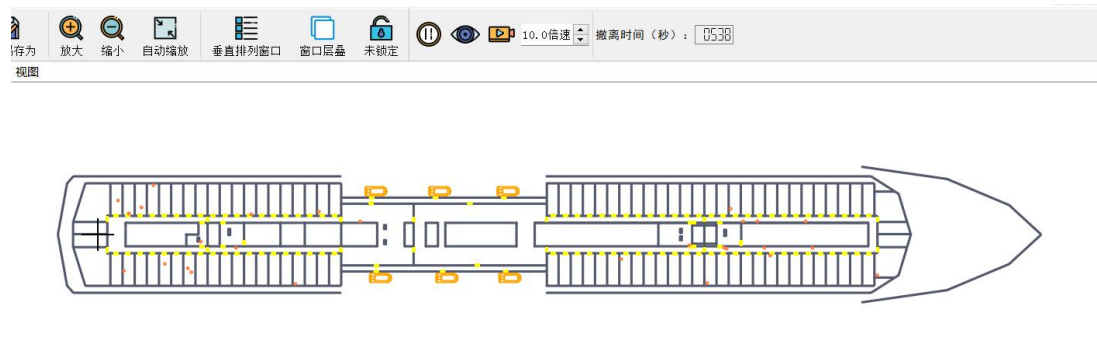


图 6.3.4 模拟计算过程

6.4 计算结果输出

6.4.1 撤离计算书中显示详细的计算信息，目录示意见图 6.4.1 所示。

目录

1 概述.....	1
1.1 工程概况.....	1
1.2 船舶概况.....	1
2 船舶布局.....	2
2.1 功能区.....	2
2.2 楼梯.....	5
2.2.1 甲板楼梯.....	5
2.3 集合站.....	6
2.4 救生设备.....	6
2.5 指定区域.....	6
2.6 撤离路径.....	7
3 人员属性.....	11
4 模型设置.....	12
4.1 计算假设与细节.....	12
4.2 场景介绍.....	12
4.3 几何模型.....	13
4.4 人员空间分布图.....	17
5 计算结果.....	21
5.1 性能衡准.....	21
5.2 关注的特定区域.....	21
5.3 关注的特定人员.....	24
5.4 救生设备.....	185
6 确认的拥挤点.....	186
6.1 拥挤的识别.....	186
6.2 拥挤点.....	186
7 附件.....	191
7.1 甲板图纸.....	191
7.2 输出文件.....	192
7.3 软件计算原理.....	192
7.3.1 空间网格构建算法.....	192
7.3.2 空间路径规划算法.....	192
7.3.3 人员运动规则算法.....	192
7.3.4 模型更新驱动规则.....	193
7.3.5 突发事件对人员疏散过程.....	194

图 6.4.1 高级撤离分析计算书目录

6.4.2 结果分析

6.4.2.1 给出是否满足性能衡准要求的计算结果。

5 计算结果

5.1 性能衡准

最大撤离徒步时间为1039.5秒。

全部撤离时间，计算如下：

$$1.25 \times (A+T) + (E+L) \times (2/3) = 1.25 \times 1039.5 / 60 + 0 \times (2/3) = 21.66 \text{ (min)} < 60 \text{ (min)}$$

本船满足要求。

图 6.4.2.1 计算结果

6.4.2.2 给出关注的特定区域的人员计算结果，包括预动作时间、撤离时间、撤离路径等。

5.2 关注的特定区域						
楼梯运行数据						
楼梯编号	楼梯类型	梯段编号	通过人数	第一个通过时间	最后一个通过时间	平均通过速度(m/s)
楼梯1	层间楼梯	2	20	426.50	573.60	0.97
楼梯1	层间楼梯	3	48	430.70	661.50	0.90
楼梯1	层间楼梯	4	84	426.70	758.90	0.89
楼梯1	层间楼梯	5	106	430.50	810.30	0.90
楼梯1	层间楼梯	2	20	426.50	573.60	0.97
楼梯1	层间楼梯	3	48	430.70	661.50	0.90
楼梯1	层间楼梯	4	84	426.70	758.90	0.89

图 6.4.2.2 特定区域的计算结果

6.4.2.3 确定拥堵点

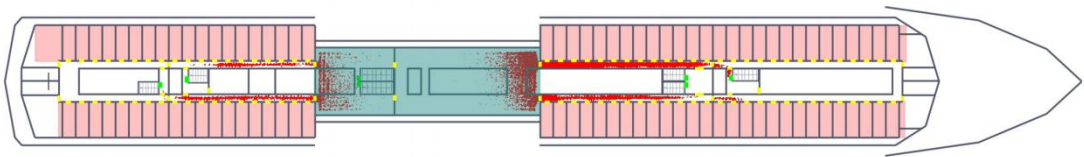


图 6.4.2.3 拥堵点示意图

6.4.2.4 其他计算结果。可以输出所关注的集合站、救生艇等的撤离统计图，下图为其中一个集合站的撤离统计图。

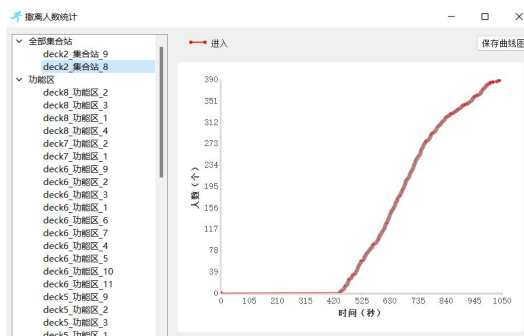


图 6.4.2.4 进入集合站 8 的人员数量随时间变化

附录 1 高级撤离分析软件验证要求

1.1 模块验证

模块验证即检查软件不同模块的预定功能。这包括通过一套基本测试场景来运行软件以确保模型的主要子模块起到预期作用。测试主要包括以下场景：

(1) 测试 1-保持设定的走廊中的步行速度：在 2m 宽，40m 长的走廊内以 1m/s 的速度步行的人员应在 40s 内走完该路程；

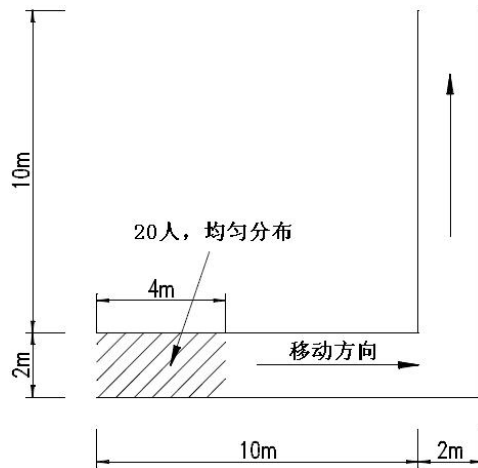
(2) 测试 2-保持设定的上楼梯的步行速度：在沿斜面测量的宽 2m，长 10m 的楼梯上以 1m/s 的速度步行的人员应在 10s 内走完该路程；

(3) 测试 3-保持设定的下楼梯的步行速度：在沿斜面测量的宽 2m，长 10m 的楼梯上以 1m/s 的速度步行的人员应在 10s 内走完该路程；

(4) 测试 4-出口流速：100 人在一间 8m×5m 的房间，1m 的出口位于 5m 的墙的中央。整个期间的流速应不超过 1.33 人/s；

(5) 测试 5-响应时间：10 人在一间 8m×5m 的房间，1m 的出口位于 5m 的墙的中央。响应时间均匀分布在 10s 至 100s 的范围内。验证每个人在适当的时间开始移动；

(6) 测试 6-绕过角落：接近左手角落（见附图 1.1）的 20 人会成功地沿角落绕行而不穿过边界；



附图 1.1 横向走廊

(7) 测试 7-人员统计参数的分配：从表 3.6.5.1(2)中选择 30 至 50 岁的男性组，并按 50 人分配步行速度。表明分配的步行速度与表中的规定分配一致。

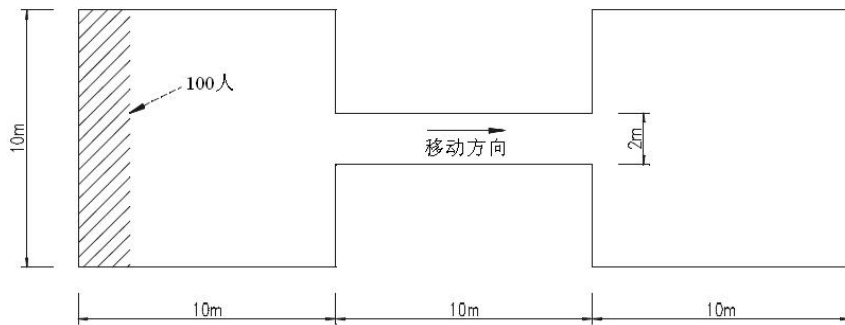
1.2 定性分析验证

定性分析验证即借助不同撤离场景的已知预期测试高级撤离分析软件对人员行为预测的性质，验证软件模块中的人员行为计算是否能够产生接近真实的行为。主要包括以下场景：

1.2.1 测试 8：逆流—两个房间通过走廊连接：两个宽 10 m，长 10 m 的房间通过一个 10 m 长，2 m 宽的走廊连接，该走廊的两头分别在每间房间的一边的中点。从表 3.6.5.1(2) 中选择 30 至 50 岁的男性组，加上瞬时响应时间，并按 100 人分配步行速度。

(1) 第 1 步：100 人从房间 1 移至房间 2，初始分布为房间 1 的空间从左边按最大可能的密度布满人（见附图 1.2.1），记录最后一个人进入房间 2 的时间；

(2) 第 2 步：房间 2 中另外 10 人、50 人和 100 人重复第 1 步。这些人应具有与房间 1 中的人相同的特性。这两个房间同时移动并对房间 1 中的最后数人进入房间 2 的时间予以记录。预期的结果为记录的时间随逆流人数的增加而增加。



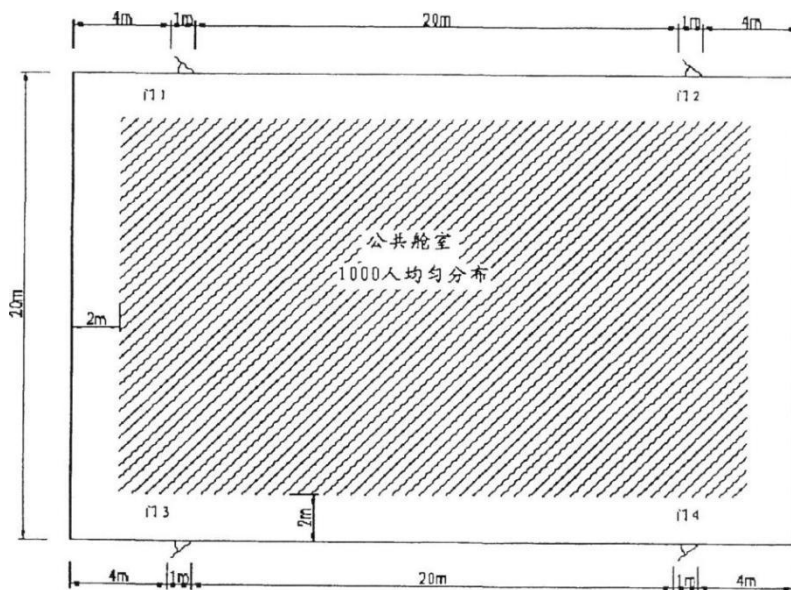
附图 1.2.1 两个房间通过走廊连接

1.2.2 试验 9-出口流：大型公共舱室的人群消散：公共舱室有 4 个出口和 1000 个在房内均匀分布的人（见附图 1.2.2）。人员通过最近的出口离开。从表 3.6.5.1(2) 中选择 30 至 50 岁的男性组，加上瞬时响应时间，并按 1000 人分配步行速度。

(1) 第 1 步：记录最后一个人需要离开房间的时间；

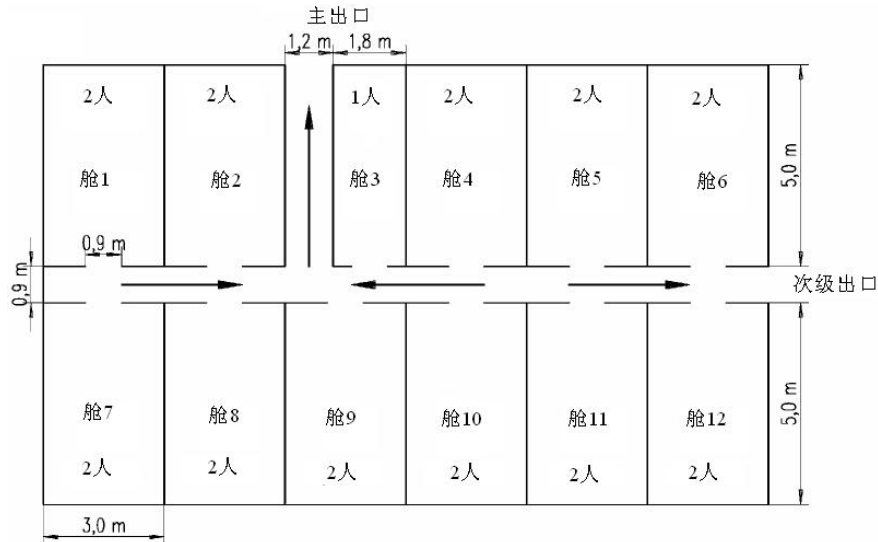
(2) 第 2 步：关闭门 1 和门 2，重复第 1 步。

预期的结果为撤空房间时间的大约 2 倍。



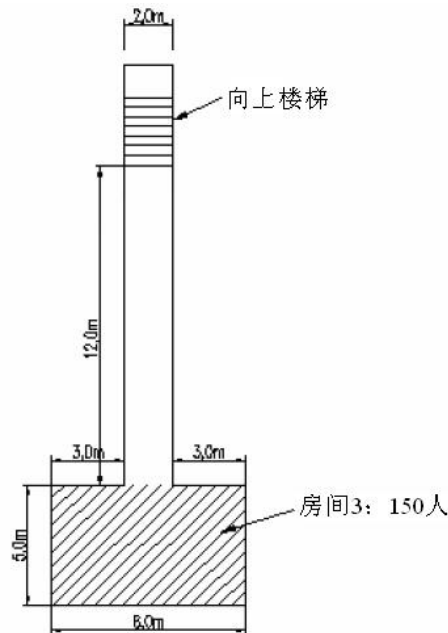
附图 1.2.2 大型公共舱室的出口流

1.2.3 测试 10-出口路线分派：构建如附图 1.2.3 所示的舱室走廊，其中的人员为表 3.6.5.1(2)中 30 至 50 岁的男性组，加上瞬时响应时间，并按 23 人分配步行速度。舱室 1、2、3、4、7、8、9 和 10 中的人分派在主出口。所有剩余的乘客分派在第 2 出口。预期的结果为分派的乘客移至相应的出口。



附图 1.2.3 舱室区域

1.2.4 测试 11-楼梯：构建如附图 1.2.4 所示的通过走廊与楼梯相连的房间，其中的人员为表 3.6.5.1(2)中 30 至 50 岁的男性，加上瞬时响应时间并按 150 人分配步行速度。预期的结果为房间的出口出现拥堵，在走廊中产生稳定的流动，在楼梯的底部形成拥堵。



附图 1.2.4 通过楼梯的脱险路线

1.2.5 测试 12-人流密度关系：软件应在没有障碍物的走廊上试验。应证明在很高的人

员密度时走廊的人流速度通常小于一般密度时走廊的人流速度。

1.3 功能验证

功能验证包括检查模型有能力展示实施模拟所需的能力。该要求视特定任务而定。为满足功能验证的要求,模型开发者必须以容易理解的方式表明具备进行模拟和赋予假定条件的全部功能,并能对这些功能的正确使用提供指导。此类信息应包含在软件所附的技术文件中。

附录 2 收敛衡准示例

本附录给出了本指南 3.8.4 中所述收敛衡准的示例。

2.1 总体而言，对于每一基准场景应进行至少 50 种不同的模拟。对于每一场景，这将产生至少 50 个 t_A 值。根据收敛试验的结果（本附录 2.3 和 2.4）可能需要超过 50 次模拟，收敛试验要求一个一个增加模拟的数量（见本附录 2.3）和以 50 次模拟为一批试验衡准（见本附录 2.4）。

2.2 这些模拟应由至少 10 个不同随机生成的人员组成（本指南 3.6.3.1 中规定的人员统计范围内）。根据每个不同人员的模拟应至少重复 5 次。如果 5 次重复对结果造成不明显的变动，分析的人员总数应为 50 而不是 10，每个人仅进行一次模拟。

2.3 观察到的第 95 百分位 t_A ：

2.3.1 对于每个场景，第 95 位百分位的评估是渐进的评估，每次模拟使用所研究的场景从第一次到最后一次模拟之前计算得出的所有 t_A 。

2.3.2 取所有计算得到的总集合时间第 95 位百分位的值（称为 $T_{0.95}$ ），该值大于 95% 所有之前计算值（即对于四个场景中的每一个，对于每次模拟增量，在下文字母“i”标数，场景所有可得的集合时间 t_A 值从最低排到最高，选择 95% 排序的值都比其低的值为 $T_{0.95}$ 。因此，当模拟的数量为 i 时， $T_{0.95}$ 的 i 值有一个系列。

2.4 收敛衡准：

2.4.1 对于每个场景，收敛试验是对下列衡准的评估，该试验以 50 个模拟为一批。N 代表每次试验衡准时所进行的模拟的数量（即对于第一批 $N=50$ ，对于第二批 $N=100$ 等）。

2.4.2 在 50 个之前模拟增量中获得的 $T_{0.95}$ 最大值至最小值之间的差值应不超过在 50 个之前模拟增量中获得的 $T_{0.95}$ 的中间数至最大允许的集合时间（ T_{lim} ）的差值（绝对值）：

$$|T_{lim} - T_{0.95}^{mean50}| \geq T_{0.95}^{max50} - T_{0.95}^{min50}$$

式中：

$$T_{lim} = \frac{n - \frac{2}{3}(E+L)}{1.25}, \quad n, E \text{ 和 } L \text{ 的定义见 1.6.1,}$$

$$T_{0.95}^{mean50} = \text{mean}(T_{0.95}^i), \quad i \text{ 在 } (N-49) \text{ 和 } N \text{ 之间,}$$

$$T_{0.95}^{max50} = \text{maximum}(T_{0.95}^i), \quad i \text{ 在 } (N-49) \text{ 和 } N \text{ 之间,}$$

$$T_{0.95}^{min50} = \text{minimum}(T_{0.95}^i), \quad i \text{ 在 } (N-49) \text{ 和 } N \text{ 之间.}$$

2.4.3 对于四个场景中的每一个，应遵循下列迭代方法确定移动时间 T_{case} ：

--如果未满足衡准，应进行另一批 50 个模拟；

--如果满足衡准，已对该场景进行足够数量的模拟。选择 T_{95}^{mean50} （对于满足衡准的第一个 N）作为移动时间 T_{case} ；和

--如果对该场景已进行总共 500 次模拟，应停止流程，选择 T_{95}^{mean50} 作为移动时间 T_{case} 。

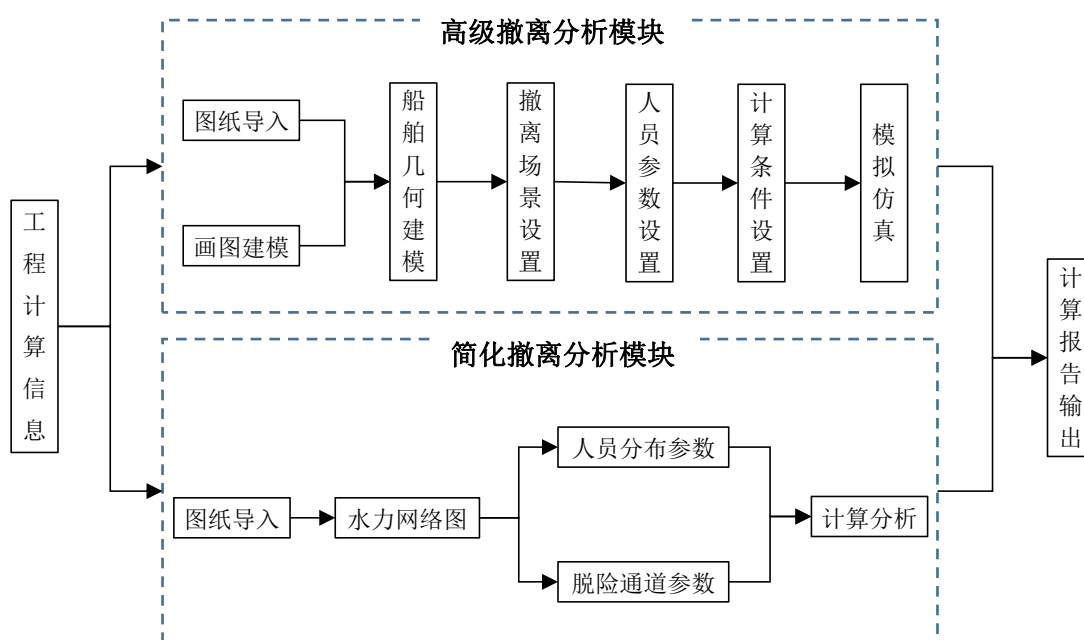
2.5 符合性能标准的移动时间值 T 是四个计算得到的移动时间 T_{case} 的最大值(四个场景的每一个各有一个)。

2.6 场景 5 收敛衡准和场景 6 的移动时间(从集合站至救生设备进入点的移动时间)的相同程序可基于相同的原理(本附录 2.1 至 2.5)。对于场景 6, 程序要求改编标记 (t_A) 并考虑到 $(E+L) \leq 30'$ (对于 T_{lim} 的定义见本指南式 1.6.1-2)。

附录 3 COMPASS-EVA 软件简介

3.1 软件简介

COMPASS-EVA 是 CCS 面向各类客船（如邮轮、客滚船）、海上旅游休闲平台、载运 240 人以上的特殊用途船等新颖复杂船舶的人员高级撤离分析和风险评估应用需求，研究开发的一款满足 IMO MSC.1/Circ.1533 通函要求的客船人员撤离分析软件，计算功能涵盖高级撤离分析和简化撤离分析两种方法。该软件的计算功能和流程见下图所示：



附图 3.1 COMPASS-EVA 软件计算功能示意图

该软件可对船舶不同撤离场景下的人员撤离进行仿真计算，帮助设计人员获取撤离逃生数据，通过数据分析出不适当的脱险布置和拥堵点，优化撤离路线，改进撤离装置的设计和布置，从而增强船舶撤离安全性。

此外，该软件还扩展了计算功能，能够开展船舶复杂场景下的人员撤离分析计算，包括进水事故下的纵倾/横倾状态，以及火灾事故。其中火灾场景下的人员撤离分析，通过导入火灾场景的时域计算结果，包括高温、低能见度和有毒气体（如 CO）等，分析对人员撤离行为的影响。

3.2 高级撤离分析

在高级撤离分析计算模块中，软件计算操作主要包括以下几部分：

(1) 几何模式：在该模式下，对船舶舱室和脱险通道进行建模，本软件提供了以下几种建模方式：

- ① 交互式画图工具，包括舱壁、出口、楼梯、门等，可绘制各甲板层的舱室布置；
- ② 导入 CAD 软件生成的.dxf 文件；
- ③ 导入火灾建模软件生成的.fds 文件；
- ④ 导入本软件生成的.deck 文件。

(2) 规划模式：该模式用于设置人员撤离的细节，包括人员区域、集合站、处所、通道、梯道、救生设备、关键节点以及人员逃生路线的设置等。

(3) 人群模式：根据宏观设置被困者群体的年龄比例、行动速度范围等，该模式下随机生成被困者群体的年龄、初始位置、行动速度等，用于撤离分析计算的初始条件。同时可以设置模拟细节，比如火灾危害等。

(4) 模拟模式：该模式进行客船撤离场景的模拟，可以对撤离过程进行直观展示，包括被困者移动、火灾导致的温度变化显示等，最终输出撤离计算报告和运行文件，以便后续查看。

3.3 简化撤离分析

在简化撤离分析计算模块中，软件计算操作主要包括以下几部分：

(1) 图纸导入：导入甲板模型，导入模型的目的是辅助建立水力网络模型和生成报告，不直接参与简化计算。提供如下 3 种图纸导入方式：

- ① 导入 CAD 软件生成的.dxf 文件；
- ② 导入火灾建模软件生成的.fds 文件；
- ③ 导入本软件生成的.deck 文件。

(2) 创建水力网络图：用于建立简化模型和设置相关参数。

① 模型建立：简化撤离提供起始点（走廊、门、梯道），转化点（门、梯道），终点（集合站），连接 4 种计算用的节点类型：

② 参数设置：建模区域设置（甲板范围和主竖区范围），基准场景设置（夜间基本撤离，夜间次级撤离，日间基本撤离和日间次级撤离）和节点属性设置。

(3) 计算模拟：包括错误检测和进行简化计算两部分内容。

- ① 错误检测：
 - (a) 检查所有节点设置的初始值是否合理；

- (b) 是否有起始节点；
- (c) 存在错误的起始节点，只有走廊，梯道和门才能设置为起始节点；
- (d) 是否设置了终止节点；
- (e) 判断转化节点是否合理；
- (f) 是否所有节点都连接了终止节点；
- (g) 检测人员分配是否合理。

② 简化计算：

- (a) 初始项计算；
- (b) 过渡项计算；
- (c) 撤离路径和时间。

(4) 输出计算书：内容涵盖船舶信息、水力网络图、初始项目、过渡项目、撤离路径、撤离时间和拥堵点，判断目标船舶是否满足性能衡准要求。