

# 中华人民共和国粮食行业标准

LS/T 1233—2023

## 粮油储藏 粮食仓储企业危险源辨识与 评价方法

Grain and oil storage—Hazard identification and assessment method for grain  
storage enterprises

2023-11-14 发布

2024-05-14 实施

国家粮食和物资储备局 发布  
中国标准出版社 出版



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家粮食和物资储备局提出。

本文件由全国粮油标准化技术委员会(SAC/TC 270)归口。

本文件起草单位：辽宁省粮食科学研究所、国家粮食和物资储备局科学研究院、武汉轻工大学、河南工业大学、北京首农食品集团有限公司、浙江省储备粮管理有限公司、湖南省粮油产品质量监测中心。

本文件主要起草人：郝立群、张涛、曹阳、董梅、舒在习、陈卫东、王艳艳、高玉树、高彬彬、杨振和、林琳、王赫、任丽辉、陈鑫、崔鹏程、赵旭、陈怡岑、王德华。



# 粮油储藏 粮食仓储企业危险源辨识与 评价方法

## 1 范围

本文件规定了粮食仓储企业危险源分类、辨识,描述了相应的评价方法。

本文件适用于粮食仓储企业及具有仓储功能的涉粮企业危险源辨识与评价。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 2811 头部防护 安全帽
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 4888 故障树名词术语和符号
- GB 6095 坠落防护 安全带
- GB 6246 消防水带
- GB 8181 消防水枪
- GB 13495.1 消防安全标志 第1部分:标志
- GB/T 13861 生产过程危险和有害因素分类与代码
- GB 15577 粉尘防爆安全规程
- GB 17440 粮食加工、储运系统粉尘防爆安全规程
- GB/T 29890 粮油储藏技术规范
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
- GA 1131 仓储场所消防安全管理通则
- HG 30010 生产区域动火作业安全规范
- HG 30011 生产区域受限空间作业安全规范
- HG 30013 生产区域高处作业安全规范
- HG 30014 生产区域吊装作业安全规范
- LS/T 1205 粮食烘干机操作规程
- LS 1206 粮食仓库安全操作规程
- LS 1207 粮食仓库机电设备安装技术规程
- LS 1212 储粮化学药剂管理和使用规范

## 3 术语和定义

GB/T 13861、GB/T 29890、GA 1131 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**危险源 hazard**

可能导致人身伤害和(或)健康损害和(或)财产损失的根源或状态或行为组合。

3.2

**危险源辨识 hazard identification**

识别危险源的存在并确定其特征的过程。

3.3

**危险源评价法 hazard assessment**

对辨识出的危险源评价其危险性大小,确定危险等级的方法。

4 危险源辨识

4.1 危险源分类

根据危险源在事故发生发展过程中的作用,危险源分为两类。

- a) 第一类危险源:粮食仓储企业各类系统、设施、设备、物料所具有的能量,危险物质发生意外释放能量(能量源或能量载体)及危险物质本身。其特征为根源性危险源,主要为能量和危险物质。
- b) 第二类危险源:粮食仓储企业在作业过程中,造成约束、限制能量和危险物质措施失控的各种不安全因素。其特征为状态性危险源,包括人的不安全行为、物的不安全状态、环境不良和管理缺陷。

4.2 危险源辨识路线

依据相关法律、法规、标准、规范,对粮食仓储企业相关设施、设备、作业流程进行现场检查,根据危险源特征,分析触发因素、潜在的危险性,辨识确定危险源。

4.3 危险源辨识步骤

4.3.1 划分作业单元

编制作业活动表(包括设备、设施、人员和程序),并收集有关信息。

4.3.2 分解作业活动

逐步分解作业活动,分解作业活动时要考虑人、物、环境和管理等因素。

4.3.3 分解作业项目

粮食仓储企业作业分为生产作业和辅助作业。

生产作业是为完成某项具体生产过程所必需的、连续的作业,包括粮食烘干作业、粮食进仓作业、粮食储存过程、粮食出仓作业及相关设施设备使用。

辅助作业是为完成生产作业所进行的辅助性作业,通常包括移动设备作业、设备维护检修作业、高处作业、临时用电作业、有限空间作业、动火作业、吊装作业、动土作业等作业环节及相关设施设备使用。

4.3.4 分解作业阶段

按照作业前、中、后三个阶段,将可能造成人身伤害、财产损失等危害的各个作业环节、作业设备罗列出来。

#### 4.3.5 分析危害因素

宜考虑人、物、环境和管理等因素,涵盖机械能、电能、化学能、放射能、热能、生物因素、人机工程因素等涉及健康安全危害。

#### 4.4 危险源辨识要求

充分了解设施设备、资材物料、作业阶段、工艺参数、系统状态及与之相关联设施设备、系统状态、作业操作等情况,收集事故案例,对辨识目标做全面梳理与分析,依据相关法律、法规、标准、规范逐项进行危险源辨识。

粮食仓储企业(部门、班组)应定期或不定期开展综合危险源辨识和日常危险源辨识、专项危险源辨识。综合危险源辨识记录表(见附录 A 中表 A.1),日常危险源辨识记录表(见表 A.2),专项危险源辨识记录表(见表 A.3)。

### 5 危险源评价

#### 5.1 安全检查表法(SCA 法)

##### 5.1.1 适用范围

本方法是依据相关标准、规范,对粮食仓储企业工程、系统中已知的危险类别、设计缺陷以及与一般工艺设备、操作、管理有关的潜在危险性和有害性进行危险性评价方法。

本方法适用于粮食仓储企业所有设施设备、作业操作、环境及管理各阶段进行危险性评价。

##### 5.1.2 评价步骤

安全检查表法有定性检查、半定量检查、否决型检查三种方式。

定性检查中列出检查要点逐项检查,做出与法律、法规、标准、规范中具体条款是否一致的结论,检查结果以“√”“×”表示。

半定量检查中给每个检查要点赋以分值,检查结果以总分表示。

否决型检查中给特别重要的检查要点做出标记,这些检查要点如不符合,检查结果视为不合格。

通过选定检查方式,依据判定标准和经验,对辨识项目、辨识内容逐项对比、查验、评价,根据检查形式将评价结果分别记录于综合检查表(见附录 B 中表 B.1)、日常检查表(见表 B.2)、专项检查表(见表 B.3)。

##### 5.1.3 确定危险等级

根据检查结果,判定危险等级。V 级重大危险,需要立即采取行动;IV 级为较大危险,需要及时处  
理;III 级为一般危险,需要引起重视;II 级为低危险,需要日常维护;I 级为稍有危险,可以接受。

#### 5.2 预先危险性分析法(PHA 法)

##### 5.2.1 适用范围

本方法是粮食仓储企业在生产作业活动之前,对作业系统可能存在的危险类别、出现条件、事故后果等潜在危险性进行预先分析评价的方法。

本方法适用于粮食仓储企业在已有系统中采用新的方法(技术),接触新的材料(物料),使用新的设施(设备),而对新增部分进行危险性评价。

### 5.2.2 评价步骤

对辨识出的危险有害因素,根据概率定性分析、结果定性分析,做出定性或定量的危险分析和评价,将评价结果记录于预先危险性分析一般格式(见附录 C 中表 C.1)。

### 5.2.3 确定危险等级

通过表 C.2 描述词确定概率等级,即 A、B、C、D、E,对应表 C.4 最左侧列,通过表 C.3 描述词确定结果等级,即 1、2、3、4、5,对应表 C.4 最顶行,两者交叉处为危险等级。V 级重大危险,需要立即采取行动;IV 级为较大危险,需要及时处理;III 级为一般危险,需要引起重视;II 级为低危险,需要日常维护;I 级为稍有危险,可以接受。

## 5.3 工作危害分析法(JHA 法)

### 5.3.1 适用范围

本方法是粮食仓储企业将一项作业过程分解为若干个相关联步骤,评价每个步骤中设施设备、作业活动等危害程度的方法。

本方法适用于对粮食仓储企业单一设施设备、单一作业活动进行危险性评价。

### 5.3.2 评价步骤

对辨识出的设施设备及作业活动中的危险有害因素,根据事故发生可能程度、事故后果伤害程度,做出定性或定量的危险分析和评价,将评价结果记录于 JHA 法危险源辨识与评价清单(见附录 D 中表 D.1)。

### 5.3.3 赋分与分值计算

JHA 法危险源辨识与评价清单中 R 值按式(1)计算:

$$R = L \times S \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

L ——事故发生可能性,见表 D.2;

S ——事故后果严重性,见表 D.3;

R ——危险度,见表 D.4。

### 5.3.4 确定危险等级

根据危险度等级表,判定危险等级。V 级重大危险,需要立即采取行动;IV 级为较大危险,需要及时处理;III 级为一般危险,需要引起重视;II 级为低危险,需要日常维护;I 级为稍有危险,可以接受。

## 5.4 作业条件危险性评价法(LEC 法)

### 5.4.1 适用范围

本方法是评价粮食仓储企业人员在某种具有潜在危险作业环境中进行作业危险程度的方法。

本方法适用于对粮食仓储企业人员在使用设施、设备或作业操作时进行危险性评价。

### 5.4.2 评价步骤

对辨识出的每一项作业活动中的危险有害因素,根据发生事故的可能性、人体暴露于危险环境的频繁程度、发生事故产生的后果,做出定性或定量的危险分析和评价,将评价结果记录于 LEC 法危险源辨



识与评价清单(见附录 E 中表 E.1)。

#### 5.4.3 赋分与分值计算

LEC 法危险源辨识与评价清单中  $D$  值按式(2)计算:

$$D = L \times E \times C \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$L$  —— 发生事故或危险事件的可能性大小,见表 E.2;

$E$  —— 人体暴露于危险环境的频繁程度,见表 E.3;

$C$  —— 发生事故产生的后果,见表 E.4;

$D$  —— 危险度,见表 E.5。

#### 5.4.4 确定危险等级

见 5.3.4。

### 5.5 故障树分析法(FTA 法)

#### 5.5.1 适用范围

本方法是从粮食仓储企业一个可能发生的事故开始,自上而下、一层层寻找顶上事件(顶事件)的直接原因和间接原因事件(中间事件),直到基本事件(底事件),并用逻辑符号把这些事件之间的逻辑关系表达出来的方法。

本方法适用于粮食仓储企业在进行系统研发设计及分析零部件故障、子系统故障对系统影响时,依据底事件发生概率,计算顶事件发生概率,对底事件重要度做准确评价。

#### 5.5.2 构建故障树

5.5.2.1 根据设施、设备各种参数和作业状态,在调查事故的基础上,确定顶事件,用矩形符号表示,放置于最上层,把内容扼要记入方框内。

5.5.2.2 分析造成顶事件的所有原因事件,依据逻辑关系,用相关事件符号、逻辑门符号和转移符号描述各层级各事件间的因果关系、逻辑关系直至底事件。

5.5.2.3 若下层事件应全部发生,上层事件才发生的,用“与门”连接。

5.5.2.4 若下层任一事件发生,上层事件就发生的,用“或门”连接。

5.5.2.5 按 GB/T 4888 有关要求,构建由逻辑符号所组成的、特殊的倒立树状逻辑因果关系图。

#### 5.5.3 定性分析

5.5.3.1 对事件发生或事件不发生进行分析,查明由底事件至顶事件的途径。

5.5.3.2 对找出的所有导致顶事件发生的割集进行运算,求出最小割集(MCS),比较所有最小割集。

5.5.3.3 根据结果简化故障树结构,对故障树进行分析,分析步骤见附录 F 中 F.1。

#### 5.5.4 定量分析

5.5.4.1 通过各底事件发生概率,计算或估算顶事件发生概率。

5.5.4.2 计算各底事件结构重要度、概率重要度和关键重要度,分析步骤见 F.2。

#### 5.5.5 确定重要度

依据重要度数值大小排序,确定各底事件重要程度。

附 录 A  
(资料性)  
危险源辨识记录表格形式

A.1 综合危险源辨识记录表见表 A.1。

表 A.1 综合危险源辨识记录表

类别	序号	辨识项目	辨识内容
管理制度和技术规范		安全生产制度	
		安全生产操作规程	
		作业现场安全生产管理制度	
		安全生产责任落实	
		安全生产隐患排查	
安全基础设施建设		安全生产组织机构	
		安全教育培训	
		应急救援管理	
防火安全管理		消防安全责任制	
		消防设施器材	
		火源控制	
		粉尘防爆	
		外储库点消防管理	
		应急救援管理	
防台防汛安全管理		库区建筑物、构筑物	
		仓房及库房	
		应急救援管理	
用电安全管理		配电房和配电间	
		配电箱、开关箱	
		电线电缆	
		照明灯具	
		电动机	
		机械设备	
化学药剂储存和使用管理		储粮药剂管理	
		药品库	
		检化验药剂	

表 A.1 综合危险源辨识记录表（续）

类别	序号	辨识项目	辨识内容
其他管理		车辆管理与使用	
		衡器设备管理	
		作业环境管理	
		人员行为管理	
注：辨识内容具体条款见 GB 2811、GB 2894、GB 6095、GB 6246、GB 8181、GB 13495.1、GB/T 13861、GB 15577、GB 17440、GB 50016、GB 50140、GA 1131、LS 1212 等有关要求，结合企业实际设置。			

A.2 日常危险源辨识记录表见表 A.2。

表 A.2 日常危险源辨识记录表

序号	辨识项目	辨识内容
	机械设备	扒谷机
		输送机
		提升机
		平仓机
		清理筛
		通风、除尘系统
	电气设备	配电房和配电间
		配电箱、开关箱
		用电器具
		照明灯具
	压力容器	锅炉
		压力釜
	消防设施	消防安全通道
		消防管网
		消防栓
		灭火器
		消防器材箱
	环境管理	仓房墙体
		防雀网、挡鼠板
		标志标识
	其他	
注：辨识内容具体条款见 GB 2811、GB 2894、GB 6095、GB 6246、GB 8181、GB 13495.1、GB/T 13861、GB 15577、GB 17440、GB 50016、GB 50140、GA 1131 等有关要求，结合企业实际设置。		

A.3 专项危险源辨识记录表见表 A.3。

表 A.3 专项危险源辨识记录表

序号	辨识项目	作业阶段	辨识内容
	烘干作业		
	进仓作业		
	出仓作业		
	通风作业		
	熏蒸作业		
	气调作业		
	移动设备作业		
	设备维护检修作业		
	高处作业		
	临时用电作业		
	有限空间作业		
	动火作业		
	吊装作业		
	动土作业		
	现场作业		

注：辨识内容根据作业前、中、后三个阶段所涉及事项设定，见 GB 2811、GB 2894、GB 6095、GB 6246、GB 8181、GB 13495.1、GB/T 13861、GB 15577、GB 17440、GB 50016、GB 50140、GA 1131、HG 30010、HG 30011、HG 30013、HG 30014、LS/T 1205 等有关要求，结合企业实际设置。

**附 录 B**  
(资料性)  
**SCA 法表格形式**

**B.1** 综合检查表见表 B.1。

**表 B.1 综合检查表**

类别	序号	辨识项目	辨识内容	判定标准	检查结果	危险等级

**B.2** 日常检查表见表 B.2。

**表 B.2 日常检查表**

序号	辨识项目	辨识内容	判定标准	检查结果	危险等级

**B.3** 专项检查表见表 B.3。

**表 B.3 专项检查表**

序号	辨识项目	作业阶段	辨识内容	判定标准	检查结果	危险等级

附 录 C  
(资料性)  
PHA 法表格形式

C.1 预先危险性分析一般格式见表 C.1。

表 C.1 预先危险性分析一般格式

序号	系统或设施设备	故障状态	危险描述	概率等级	结果等级	危险等级

C.2 概率定性分析见表 C.2。

表 C.2 概率定性分析

概率等级	描述词	描述词评述
A	频繁	多数情况下会发生
B	很可能	多数情况下可能会发生
C	偶然	某一时刻会发生
D	很少	某一时刻可能会发生
E	几乎不可能	异常情况下会发生

C.3 结果定性分析见表 C.3。

表 C.3 结果定性分析

结果等级	描述词	描述词评述
1	无关紧要	无人受伤,经济损失较小
2	较小	作业人员轻伤,经济损失中等
3	中等	作业人员重伤,经济损失较大
4	较大	伤者较多,经济损失重大
5	重大	作业人员伤亡,经济损失巨大

C.4 定性危险矩阵模型见表 C.4。

表 C.4 定性危险矩阵模型

概率/结果/危险等级	1	2	3	4	5
A	II	II	III	IV	V
B	I	II	III	III	IV

表 C.4 定性危险矩阵模型 (续)

概率/结果/危险等级	1	2	3	4	5
C	I	I	II	III	III
D	I	I	I	II	II
E	I	I	I	I	II

注：V级为重大危险，需要立即采取行动；IV级为较大危险，需要处理；III级为一般危险，需要引起重视；II级为低危险，需要日常维护；I级为稍有危险，可以接受。

**附 录 D**  
(资料性)  
**JHA 法表格形式**

D.1 JHA 法危险源辨识与评价清单见表 D.1。

**表 D.1 JHA 法危险源辨识与评价清单**

序号	场所、设施、设备 作业、环境、管理	危险源	可能导致后果	现有措施	危险评价			危险等级
					L	S	R	

D.2 事故发生可能性等级见表 D.2。

**表 D.2 事故发生可能性等级表**

等级	可能程度
5	没有采取防范、监测、保护、控制措施,或危险的发生不能被发现,或在正常情况下经常发生此类事故或事件
4	危险有害因素的发生不能被发现,没有检测系统,未做过任何监测,或有控制措施,但未有效执行或控制措施不当,或危险有害因素常发生或在预期情况下发生
3	没有保护措施,或未严格按操作程序执行,或危险有害因素的发生容易被发现,或曾经做过监测,或过去曾经发生类似事故或事件或在异常情况下发生过类似事故或事件
2	危险有害因素一旦发生能及时发现,并定期进行监测,或有防范控制措施,并有效执行或过去偶尔发生危险事故或事件
1	有充分、有效的防范、控制、监测、保护措施,或员工安全意识高,严格执行操作程序,极不可能发生事故或事件

D.3 事故后果严重性等级见表 D.3。

**表 D.3 事故后果严重性等级表**

等级	伤害程度	财产损失
5	死亡	>50 万元
4	丧失劳动力	>25 万元
3	截肢、骨折、听力丧失、慢性病、重伤	>10 万元
2	轻微受伤、间歇不舒服	<10 万元
1	无伤亡	无损失



D.4 危险度等级见表 D.4。

表 D.4 危险度等级表

分值	危险程度	危险等级
20~25	重大危险	V
15~16	较大危险	IV
9~12	一般危险	III
4~8	低危险	II
<4	稍有危险	I

**附 录 E**  
(资料性)  
**LEC 法表格形式**

E.1 LEC 法危险源辨识与评价清单表 E.1。

**表 E.1 LEC 法危险源辨识与评价清单**

序号	场所、设施、设备 作业、环境、管理	危险源	可能导致后果	现有措施	危险评价				危险等级
					L	E	C	D	

E.2 发生事故的可能性大小(L)见表 E.2。

**表 E.2 发生事故的可能性大小(L)**

分值	发生事故的可能性
10	完全可以预料
6	相当可能
3	可能,但不经常
1	可能性小,完全意外
0.5	很不可能,可以设想
0.2	极不可能
0.1	实际不可能

E.3 人体暴露于危险环境的频繁程度(E)见表 E.3。

**表 E.3 人体暴露于危险环境的频繁程度(E)**

分值	人体暴露于危险环境的频繁程度
10	连续暴露
6	每天工作时间内暴露
3	每周一次,或偶然暴露
2	每月一次暴露
1	每年几次暴露
0.5	非常罕见地暴露

E.4 发生事故产生的后果(C)见表 E.4。

表 E.4 发生事故产生的后果(C)

分值	发生事故产生的后果
100	10人以上死亡
40	3~9人死亡
15	1~2人死亡
7	重伤
3	伤残
1	轻伤

E.5 危险度等级表(D)见表 E.5。

表 E.5 危险度等级表(D)

分值	危险程度	危险等级
>320	重大危险	V
160~320	较大危险	IV
70~160	一般危险	III
20~70	低危险	II
<20	稍有危险	I

**附 录 F**  
(资料性)  
**FTA 法分析过程**

**F.1 定性分析**

**F.1.1 布尔代数运算法则**

交换律:  $X \cdot Y = Y \cdot X, X + Y = Y + X$   
 结合律:  $X \cdot (Y \cdot Z) = (X \cdot Y) \cdot Z, X + (Y + Z) = (X + Y) + Z$   
 分配律:  $X \cdot (Y + Z) = X \cdot Y + X \cdot Z, X + (Y \cdot Z) = (X + Y) \cdot (X + Z)$   
 吸收律:  $X \cdot (X + Y) = X, X + (X \cdot Y) = X$   
 互补律:  $X + \bar{X} = \Omega = 1, X \cdot \bar{X} = \phi$   
 幂等律:  $X \cdot X = X, X + X = X$   
 德·摩根定律:  $\overline{X + Y} = \bar{X} \cdot \bar{Y}, \overline{X \cdot Y} = \bar{X} + \bar{Y}$   
 对合律:  $\overline{\bar{X}} = X$   
 重叠律:  $X + \bar{X}Y = X + Y = Y + \bar{Y}X$   
 其中,“+”表示“或”;“·”表示“和”。

**F.1.2 行列法**

从顶事件开始,由上而下进行,把“与门”连接的输入事件横向排列,“或门”连接的输入事件纵向排列,直到全部逻辑门置换成底事件为止,得到的全部事件积之和,经布尔代数化简,得到若干最小割集。

**F.2 定量分析**

**F.2.1 “与门”结构**

“与门”结构见图 F.1。

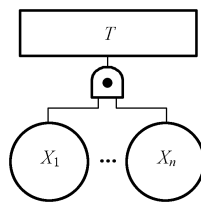


图 F.1 “与门”结构图

“与门”结构是逻辑“与”(逻辑乘)关系,逻辑式见式(F.1):

$$T = \bigcap_{i=1}^n x_i = x_1 \cap x_2 \cap \dots \cap x_n \dots\dots\dots (F.1)$$

“与门”结构函数代数算式见式(F.2):

$$\phi(X) = \prod_{i=1}^n x_i = x_1 x_2 \dots x_n = \min(x_1, x_2, \dots, x_n) \dots\dots\dots (F.2)$$

其中,  $\prod$  为连乘号。

**F.2.2 “或门”结构**

“或门”结构见图 F.2。

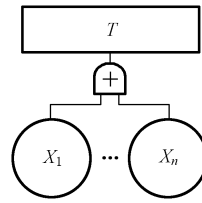


图 F.2 “或门”结构图

“或门”结构是逻辑“或”(逻辑加)关系,逻辑式见式(F.3):

$$T = \bigcup_{i=1}^n x_i = x_1 \cup x_2 \cup \dots \cup x_n \quad \dots\dots\dots (F.3)$$

“或门”结构函数代数算式见式(F.4):

$$\phi(X) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - x_i) = 1 - (1 - x_1)(1 - x_2)\dots(1 - x_n) = \max(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \dots\dots\dots (F.4)$$

**F.2.3 直接分步算法计算顶事件发生概率**

若底事件  $X_1, X_2, \dots, X_n$  发生概率分别为  $q_1, q_2, \dots, q_n$ , “与门”连接事件逻辑乘概率见式(F.5):

$$P_A = \prod_{i=1}^n q_i = q_1 q_2 \dots q_n \quad \dots\dots\dots (F.5)$$

“或门”连接事件逻辑加概率见式(F.6):

$$P_O = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - q_i) = 1 - (1 - q_1)(1 - q_2)\dots(1 - q_n) \quad \dots\dots\dots (F.6)$$

式中:

- $q_i$  ——第  $i$  个底事件的概率;
- $n$  ——输入事件数;
- $P_A$  ——“与门”事件概率;
- $P_O$  ——“或门”事件概率。

**F.2.4 结构重要度**

结构重要度是指不考虑底事件自身的发生概率,或者各底事件的发生概率相等,仅从结构上分析各底事件对顶事件发生所产生的影响程度  $I_\phi(i)$ , 见式(F.7)。

$$I_\phi(i) = \sum_{X_i \in G_r} \frac{1}{2^{n_i-1}} \quad \dots\dots\dots (F.7)$$

式中:

- $X_i \in G_r$  ——底事件  $X_i$  属于最小割集  $G_r$ ;
- $n_i$  ——底事件  $X_i$  所在的最小割集中包含的底事件的数目。

**F.2.5 概率重要度**

底事件发生概率变化引起顶事件发生概率变化程度为概率重要度  $I_g(i)$ , 见式(F.8)。

$$I_g(i) = \frac{\partial g}{\partial q_i} \quad \dots\dots\dots (F.8)$$

式中:

- $q_i$  ——底事件发生概率;
- $g$  ——顶事件发生概率。

**F.2.6 临界重要度**

临界重要度也称关键重要度  $I_G(i)$ , 见式(F.9)。

$$I_G(i) = \frac{q_i}{g} I_g(i) \quad \dots\dots\dots (F.9)$$