

具有高爆危险的某军分区弹药库综合防雷措施

丁小平¹, 施广全², 王涪德³, 丁晔¹

(1. 盐城市防雷中心, 江苏 盐城 224005; 2. 南京信息工程大学, 南京 210044;
3. 广东省东莞市防雷所, 广东 东莞 523009)

摘要: 目的 最大限度地减少雷击事故的发生, 对弹药仓库的安全工作起到一定的指导和借鉴作用。方法 结合项目的特殊性, 通过行标与国标比较, 确定弹药库内各幢建筑的防雷等级, 利用滚球法作图, 采用多支接闪杆进行联合保护; 防闪电电涌侵入方面, 重点分析了温、湿度监控系统内部结构及工作原理。结果 装备仓库(弹药)应采用6支高20.6 m的接闪杆, 传感变送部分、传输部分及监控部分采取了相应的防雷措施。结论 弹药库一旦发生雷击事故, 不仅对弹药专用设施本身造成破坏, 而且还危及周围环境下的人员和其他设施的安全, 应当采取完善的综合防雷措施。

关键词: 弹药; 直击雷; 闪电感应; 闪电电涌侵入

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2014.02.022

中图分类号: TU895 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2014)02-0112-06

Integrated Lightning Protection Measures for of a Military Ammunition Depot with High Explosion Risk

DING Xiao-ping¹, SHI Guang-quan², WANG Fu-de³, DING Ye¹

(1. Yancheng City Lightning Protection Center, Yancheng 224005, China;

2. Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;

3. Guangdong Province Dongguan Lightning Protection Institute, Dongguan 523009, China)

ABSTRACT: Objective To minimize the occurrence of lightning accident, and to provide guidance and reference to the safety work of ammunition warehouses. **Methods** Considering the characteristics of the project, through the comparison of industrial standards and national standards, lightning protection grade within the buildings of the ammunition depot was determined, mapped by rolling ball method, and jointly protected using the plurality of lightning rods. For lightning surge intruding, the focus was the analysis of the temperature and humidity control system. **Results** The equipment warehouse

收稿日期: 2013-11-13; 修订日期: 2013-12-30

Received: 2013-11-13; Revised: 2013-12-30

作者简介: 丁小平(1981-), 女, 江苏盐城人, 助理工程师, 主要研究方向为防雷与电磁兼容。

Biography: DING Xiao-ping (1981-), Female, from Yancheng, Jiangsu, Assistant Engineer, Research focus: lightning protection and electromagnetic compatibility.

(ammunition) should use six lightning rods with a height of 20.6 m, and the internal structure and working principle, the sensor transmission parts, transmission parts and control parts should adopt corresponding lightning protection measures.

Conclusion Protection of ammunition depot is of self-evident importance, once a lightning accident occurs, not only would the ammunition special facilities be destroyed, but also the surrounding environment, personnel and other facilities would be endangered. Integrated lightning protection measures should therefore be taken.

KEY WORDS: ammunition; lightning; lightning induction; lightning surge intruding

1 现场勘测及分析

1.1 项目基本情况

某军分区弹药库位于A市,周围环境空旷,弹药库由装备仓库(弹药)、装备仓库(武器)、装备仓库(报废武器)、废旧品仓库、办公(监控)等五幢建筑物组成,占地面积约2936 m²。建筑群总高度为8.9 m(屋脊标高),室外地面标高为-1.2 m。建筑物结构形式为钢筋混凝土结构。现场建筑物平面位置如图1所示。

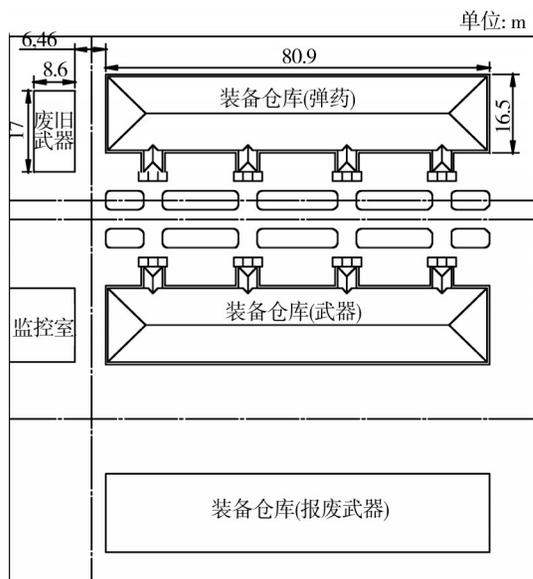


图1 某军分区弹药库平面位置

Fig.1 Plane location map of Yancheng military ammunition depot

1.2 供电系统

供电系统采用TN-S接地形式,弹药库供电线路在从总配电室出来时是三相五线制,先引至装备仓库(弹药)、装备仓库(武器)、装备仓库(报废)、废旧

品仓库、办公(监控),最后一直引至所有终端设备。

1.3 弱电系统

弹药库主要弱电系统为监控系统。监控系统主要分为两大类:一类为温湿度监控系统;一类为安防监控系统。

2 项目特殊性分析

2.1 气候特点分析

A市常年湿度比较大,而弹药的储存对湿度要求比较高,因此,必须通过温湿度传感器对温度、湿度进行24 h监控。据1971—2010年气象资料统计,A市年平均雷暴日为28.7天,属于中雷区^[1]。

2.2 地理环境分析

弹药品仓库属于危险品仓库,在选择仓库地址的地理位置时,通常应避开大中城市,尽可能选择在隐蔽和自然保护条件较好的群山地区。A市并不符合这两个条件:首先,A市属中小型城市,但随着城市化进程的加快,A市高楼大厦群立,已渐渐由中小型城市迈向大中型城市;其次,A市属平原地区。这些都对弹药库防雷提出了更高的要求。

2.3 项目特点

弹药一般指有壳体,装有火药、炸药或其他装填物,能对目标起毁伤作用或完成其他任务的军械物品。弹药是武器系统中的核心部分,是借助武器(或其他运载工具)发射至目标区域,完成既定战斗任务的最终手段。弹药库就是存放弹药的仓库,为易燃易爆场所。发生雷电时,云层内各种带电云与地面之间产生很强的电场强度,强大的电场形成的能量能够瞬间摧毁地面建筑物或出现放电火花和局部发

热,从而引燃引爆建筑物内的弹药品,极易造成大面积失火,火烧连城,爆炸连片,以至于酿成更大灾难。

3 综合防雷措施

3.1 雷电防护类别

3.1.1 国家军用标准中防雷类别的划分

GJB 2269A—2002《后方军械仓库防雷技术要求》规定的 I, II 级危险场所为一类防雷场所; III 类危险场所和雷达、指挥仪、导弹发射系统等含有电子设备的防雷场所为二类防雷场所;除一、二类防雷场所以外的其他场所为三类防雷场所。GJB 2268A—2002《后方弹药仓库电气防爆技术要求》中对后方军械仓库危险环境等级进行了明确划分,规定存放装有电发火装置的炮弹、火箭弹的库房,各种火工品、导火索、导弹索、有铁皮密封器的发射药的库房为 II 级危险场所^[2-3],所以装备仓库(弹药)为一类防雷场所,其余建筑为二类防雷场所。

3.1.2 《建筑物防雷设计规范》中防雷类别的划分

GB 50057—2010 中 3.0.3 条规定在可能发生对地闪击的地区,凡制造、使用或贮存火炸药及其制品的危险建筑物,因电火花不易引起爆炸或不致造成巨大损坏和人身伤亡者,为第二类防雷建筑物。条文说明中也对此进行了明确的规定。

3.1.3 防雷类别的确定

经比较,国家军用标准要比建筑物防雷设计规范高一个防雷类别。为最大限度地保护人民的经济财产和生命财产,弹药库应按国家军用标准进行防雷设计:装备仓库(弹药)为第一类防雷建筑物,装备仓库(武器)、装备仓库(报废武器)、废旧品仓库、办公(监控)应按第二类防雷建筑物处理。

3.2 直击雷防护措施

由于弹药库高爆炸危险和闪击直接击于建(构)筑物、其他物体、大地或外部防雷装置上,会产生电效应、热效应及机械效应等,装备仓库(弹药)应采用独立接闪杆,装备仓库(武器)、装备仓库(报废武器)、废旧品仓库、办公(监控)应采用接闪带。

3.2.1 装备仓库(弹药)接闪杆的设计

仓库长 80.9 m,宽 16.5 m,屋檐高 $h_1=4.8+1.2=6$ m,

屋脊高 $h_2=8.9+1.2=10.1$ m,滚球半径 $h_r=30$ m,采用多支接闪杆进行联合保护,作图法^[4-5]如图 2 所示。

根据现场情况,接闪杆应装设在仓库南北两侧,其中北侧距离仓库 3 m,南侧距离仓库南侧墙壁 10 m,先采用接闪杆 $h=20$ m 进行尝试。

单支接闪杆在地面上的保护半径:

$$r_0 = \sqrt{h(2h_r - h)} = 28.28 \text{ m} \quad (1)$$

屋檐面的保护半径:

$$r_1 = \sqrt{h(2h_r - h)} - \sqrt{h_1(2h_r - h_1)} = 18.28 \text{ m} \quad (2)$$

屋脊面的保护半径:

$$r_2 = \sqrt{h(2h_r - h)} - \sqrt{h_2(2h_r - h_2)} = 5.83 \text{ m} \quad (3)$$

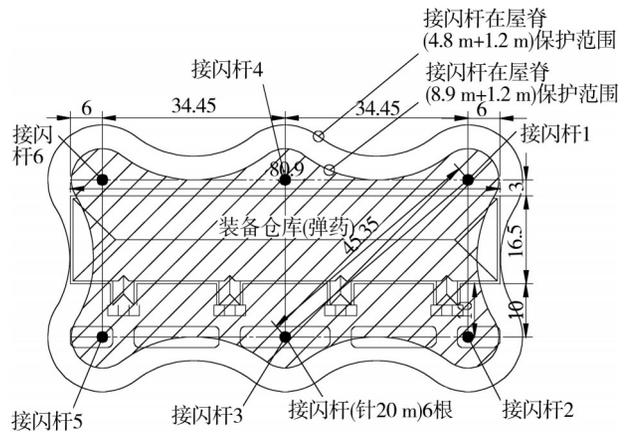


图2 装备仓库(弹药)接闪杆保护范围

Fig.2 Protection range of lightning rods in equipment warehouse (ammunition)

从图 2 可知,6 根 20 m 的接闪杆在屋脊面(8.9+1.2) m、屋檐面(4.8+1.2) m 能起保护作用。唯一要确定的是,滚球最低点是否高于屋脊,具体见图 3a。图 3a 中,滚球最低点距离地面 9.64 m < (8.9+1.2) m,

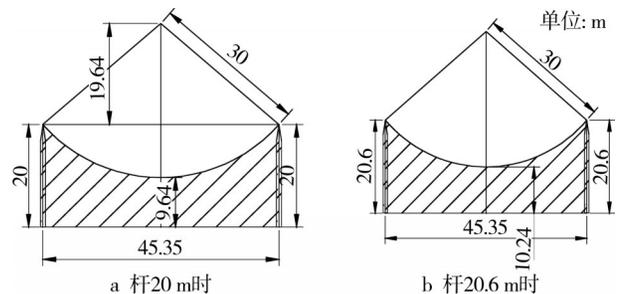


图3 杆 1,4 所在立面的内侧保护示意

Fig.3 Medial protection graph of the facade with bar 1 and 4

所以不能起保护作用。因此将接闪杆加高0.6 m, 这样在屋脊、屋檐面肯定能有保护, 滚球最低点也能高于屋脊, 如图3b所示。

因此, 装备仓库(弹药)应按图3b装设6根高20.6 m的接闪杆。

3.2.2 接闪带的设计

装备仓库(武器)、装备仓库(报废武器)跟装备仓库(弹药)为一样尺寸的建筑。屋面坡度为 $(8.9-4.8)/(16.5/2)=0.49<0.5$, 所以屋角、屋脊、檐角应为易受雷击的部位。接闪带应沿着这些易受雷击部位敷设, 并应在整个屋面组成不大于 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 或 $12\text{ m} \times 8\text{ m}$ 的网格。废旧品仓库、办公(监控)为平屋面, 应沿着屋角、屋檐敷设接闪带。

3.3 温、湿度监控系统防雷(防闪电电涌侵入)

弹药从出厂到部队作战或训练使用以前主要存放在仓库中。在长期的储存过程中, 弹药虽然处于宏观静止状态, 但其质量不断发生变化。这是因为弹药主要由金属和装药组成。在长期储存过程中, 由于温、湿度的影响, 金属会锈蚀, 从而使金属部件的强度降低, 表面机械性能变坏, 严重影响弹药的使用, 甚至会造造成重大事故。温、湿度还会使弹药的物理和化学性质发生变化, 从而使其失去应有的战技指标。因此, 温、湿度是弹药质量发生变化的主要矛盾。

温、湿度监控系统由温、湿度传感器^[6], 数字式变送器(带LCD显示), 通讯总线(中继器)和嵌入版触摸屏及上位机管理软件四部分组成。温、湿度监控系统如图4所示。

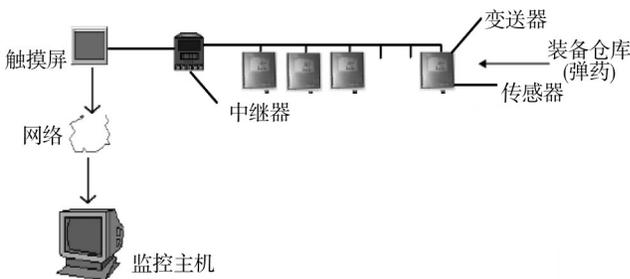


图4 温、湿度监控系统示意

Fig.4 Temperature, humidity monitoring system

装备仓库(弹药)温、湿度探头采用的是一种新型的温、湿度传感器^[7]采集模块, 利用它可以实现现场温度值、相对湿度值的采集, 同时利用RS-485总

线串行通信接口可以方便地与监控主机进行联网, 监控主机可方便地进行库房的重要区块的温、湿度数据采集。该模块把温、湿度采集上来, 在LCD上显示。模块带报警功能, 能对自己采集的温、湿度进行报警(如图5所示), 从而值班人员就能及时采取有效措施来确保弹药的良好环境。

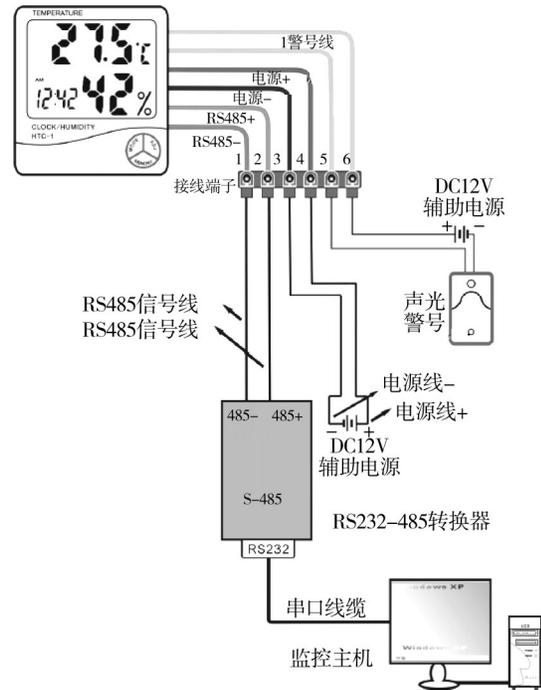


图5 温、湿度传感器采集模块示意

Fig.5 Schematic diagram of the temperature and humidity sensor acquisition module

1) 温、湿度感应探头的防雷。温、湿度感应^[8]探头位于装备仓库(弹药)内, 无需加装直击雷防护装置, 每个探头应配置电源、信号二合一组合式的防雷器, 图6中显示探头工作电压为直流电压, 所以应选用单相电源防雷器, 且应将其串联或并联在直流变压器前。电源均就近取用, 传输距离不大于15 m, 不需要在变压器后侧串接低压直流防雷器。

2) 传输线路的防雷。首先应采用具有良好传输性能的信号传输线, 如物理发泡同轴电缆^[9], 它有一层铝管, 可以有效地降低外界的电磁干扰; 其次信号输入前端加接光电耦合电路, 传感器信号线经光电耦合电路进入监测设备, 光电耦合电路主要起雷电隔离作用。最后, 传输线应全部采用埋地方式布设, 在传感器或设备的入口处要有良好接地。

3) 监控室的防雷。进入监控室的各种金属管线应接到防闪电感应的接地装置上。监控室内应设置一等电位连接母线(或金属板),该等电位连接母线应与建筑物防雷接地、设备保护地、防静电地等连接到一起。各种电涌保护器的接地线应以最短的距离与等电位连接母排进行电气连接。

在信号控制线、报警信号线^[10-11]进入监控室前应加装相应的RS23接口的信号浪涌保护器。

监控室采用专用接地装置时,其接地电阻不得大于 $4\ \Omega$ ^[12]。采用综合接地网时,其接地电阻不得大于 $1\ \Omega$ ^[13-14]。

3.4 电源系统防雷

当电源线穿越不同的雷电防护区^[15]时,因电磁感应的作用,会产生较高的过电压,影响室内设备的安全。因此,需安装相应的过电压保护器,对设备进行保护,在不同的防护区,所采用的过电压保护器级别是不同的。同时,需要作相应的等电位处理。

总之,装备仓库(弹药)作为第一类防雷建筑物,在采取防雷措施时,首先要注意安全距离,与树木、建筑物与接地体的距离等,其次,应尽量采取独立接闪装置,由于接闪杆一般情况下比较容易暴露,在美观上无特殊要求时,可以选择接闪线。

4 结语

弹药库为易燃易爆场所,一旦发生雷击事故,后果不堪设想。笔者综合考虑A市的气候特点、地理环境以及项目自身的特点,采用国家最新标准和先进的技术,将装备仓库(弹药)确定为第一类防雷建筑,装备仓库(武器)、装备仓库(报废武器)、废旧品仓库、办公(监控)确定为第二类防雷建筑。采用作图法,利用多支接闪杆对装备仓库(弹药)进行联合保护,电源线路上安装多级浪涌保护器,逐级泄流,分级限压。监控系统是防雷的重点部分,文章对系统各个环节进行了详细分析,并采取了相应的防雷措施,既科学又经济,最大限度地减少了雷击事故的发生,保障了国家和人民的财产安全。

致谢

感谢军分区领导的支持和帮助,现场勘测中为

笔者提供了方便。感谢为本文提供指导的北京避雷测试中心孙勇和南京信息工程大学施广全博士。

参考文献:

- [1] 四川省住房和城乡建设厅. 建筑物电子信息系统防雷技术规范[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2012. Sichuan Provincial Department of Housing and Urban Rural Construction. Technical Specification for Lightning Protection of Electronic Information System of Building [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2012.
- [2] 张宝华,刘振宇,严凤斌. 某弹药库房防雷设计方案[J]. 装备环境工程,2012,9(6):99—101. ZHANG Bao-hua, LIU Zhen-yu, YAN Feng-bin. An Ammunition Depot Lightning Protection Design[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(6): 99—101.
- [3] ALFREDSSON P. Optimization of Multi-echelon Repairable Item Inventory Systems with Simultaneous Location of Repair Facilities[J]. European Journal of Operational Research, 1997(99):584—595.
- [4] 梅卫群,江燕如. 建筑防雷工程与设计[M]. 北京:气象出版社,2008. MEI Wei-qun, JIANG Yan-ru. Lightning Protection Engineering and Architectural Design [M]. Beijing: Meteorological Press, 2008.
- [5] 高继滔,岑杰军,何秋蕊. AutoCAD在防雷审图中的应用技巧[DB]. 中国重要会议论文全文数据库检索系统, 2013. GAO Ji-tao, CEN Jie-jun, HE Qiu-rui. The AutoCAD Application of Lightning Protection Techniques [DB]. China Important Conference Database Retrieval System, 2013.
- [6] 彭绍华. CMOS工艺兼容的单片集成湿度传感器研究[D]. 南京:东南大学,2006. PENG Sao-hua. Monolithic Integrated Humidity Sensor Compatible with CMOS [D]. Nanjing: Southeast University, 2006.
- [7] 高飞,葛强,张文亮. 部队弹药库房温湿度监测仪器选型研究[J]. 装备环境工程,2010,7(5):144—146. GAO Fei, GE Qiang, ZHANG Wen-liang. Study on the Selection of Ammunition Depot Temperature and Humidity Monitoring Instrument [J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(5): 144—146.
- [8] 马净,李晓光,宁伟. 几种常用温度传感器的原理及发展[J]. 中国仪器仪表,2004(6):1—2. MA Jing, LI Xiao-guang, NING Wei. The Principle and Development of Several Commonly Used Temperature Sen-

- sor[J]. Chinese Instrument, 2004(6):1-2.
- [9] 钟东力, 安振涛, 王波. 仓库多传感器温湿度监测系统方案设计中的几个问题[J]. 科学技术与工程, 2006, 6(7): 870-872.
- ZHONG Dong-li, AN Zhen-tao, WANG Bo. Some Problems in the Design of Multi Sensor Temperature and Humidity Monitoring System in Warehouse[J]. Science Technology and Engineering, 2006, 6(7): 870-872.
- [10] ROTHK M H, OREN S S. A Closure Approximation for the Nonstationary M/M/S Queue01[J]. Management Science, 1979, 25: 522-534.
- [11] MATTA I, SHANKAR A U. Z-iteration: A Simple Method for Throughput Estimation in Time-dependent Multi-class Systems[C]//Proc ACM SIGMETRICS / PERFORMANCE. Ottawa, Canada, 1995.
- [12] 陈先禄, 刘渝根, 黄勇. 接地[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002.
- CHEN Xian-lu, LIU Yu-gen, HUANG Yong. Grounding [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2002.
- [13] DIAZ A, FU M C. Models for Multi-echelon Repairable Item Inventory Systems with Limited Repair Capacity[J]. Operational Research, 1997(97): 482.
- [14] 高振洲, 高欣宝, 李天鹏. 军用仓库防雷接地设计探讨[J]. 装备环境工程, 2009, 6(4): 57-60.
- GAO Zhen-zhou, GAO Xin-bao, LI Tian-peng. Lightning Protection and Grounding Design of Military Warehouse[J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(4): 57-60.
- [15] 林维勇, 黄友根, 焦兴学. 建筑物防雷设计规范[M]. 北京: 中国计划出版社, 2011: 43-45.
- LIN Wei-yong, HUANG You-gen, JIAO Xing-xue. Design Code for Protection of Structures Against Lightning [M]. Beijing: China Planning Press, 2011: 43-45.

(上接第 102 页)

- [8] 牛作成, 吴德伟, 雷磊. 军事装备效能评估方法研究[J]. 电光与控制, 2006, 13(5): 98-101.
- NIU Zuo-cheng, WU De-wei, LEI Lei. Study on Effectiveness Evaluation for Military Equipment [J]. Electronics Optics & Control, 2006, 13(5): 98-101.
- [9] 李宗吉, 王树宗. 武器装备系统效能评估的几种方法[J]. 海军工程大学学报, 2000(1): 97-101.
- LI Zong-ji, WANG Shu-zong. Several Methods for Evaluating the Effectiveness of Weapon Equipment System [J]. Journal of Naval University of Engineering, 2000(1): 97-101.
- [10] 赵令才. 防空作战训练效能综合评估[D]. 济南: 山东大学, 2008.
- ZHAO Ling-cai. Air Defense Combat Training Effectiveness Evaluation [D]. Jinan: Shandong University, 2008.
- [11] 王莲芬, 许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1989.
- WANG Lian-fen, XU Shu-bai. The Theory of the Analytic Hierarchy Process [M]. Beijing: Renmin University of China Press, 1989.
- [12] 左德华. 船艇保障装备设备体系保障效能评估系统研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2005.
- ZUO De-hua. Ship and Light Boat Guarantee Equip Equipment System to Guarantee the Effectiveness Evaluation System Research [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2005.
- [13] FORMAN E, PENIWATI H. Aggregating Individual Judgments and Priorities with the Analytic Hierarchy Process [J]. European Journal of Operational Research, 1998, 108: 165-169.
- [14] HERRERA F, HERRERA Viedma E, CHICLANA F. Multiperson Decision Making Based in Multiplicative Preference Relations [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 129: 372-385.