سورنا صراف زاده- -دکتری برق کنترل دانشگاه فردوسی مشهد- پایه ۱ طراحی و نظارت تاسیسات برقی سازمان نظام مهندسی خراسان رضوی- مدرس دانشگاه –مجری تاسیسات برقی و سیستم های هوشمند سازی و اعلام و اطفا حریق و پیمانکار شرکت توزیع برق مشهد

سامانه های نوین اطفای حریق:

بخش نخست-آیروسول

چکیده:

با توجه به گسترش روزافزون تعداد سوانح مرتبط با حریق در ساختمانهای مختلف با کاربریهای مختلف در سطح کشور و عدم تجهیز مناسب سازمانهای آتش نشانی و معماری پیچیده این ساختمانها و عدم رعایت ضوابط سازمان ترافیک شهری و با توجه به گسترش حجم پروندههای قضائی مفتوح در این زمینه و حجم ریالی عظیم خسارات رخ داده، با توجه به اینکه عنصر زمان در برخورد با پدیده حریق امری حیاتی میباشد و کاهش آن میزان گسترش حریق در یک مجموعه را به طور چشمگیری کاهش میدهد، توجه به استفاده از تجهیزات خودکار اطفای حریق امری ضروری و لازم میباشد. درجستار پیش رو با تأکید بر دو سیستم نوین اطفای حریق آیروسول و توپ اطفای حریق سعی در ارزیابی و کیفیت سنجی و معرفی آنها خواهیم داشت.

۱ –سامانه های افشانگر خشک با پودر آیروسول DSPA[۱] یا به اختصار آیروسول[۲]:

گازهای مورد استفاده در سیستم های اطفا خودکار در جدول ۱ آورده شده است[۱].سازمان حفاظت در برابر حریق ملی آمریکا [۳] آیروسول را به عنوان یک خاموش کننده حریق که مواد گازی شکلی را پس از یک فرآیند احتراقی انفجاری که در ترکیبات جامد رخ میدهد معرفی کرده است. ذرات عاملهای شیمیایی خشک طبق این تعریف به لحاظ ابعاد از ۲۵ تا ۱۵۰ میکرومتر می - باشند[۲]. چهاروجهی ایجاد کننده حریق نیازمند چهار عامل حرارت ،ماده سوختی، عامل اکسیدکننده که معمولا اکسیژن است و زنجیره عکس العملهای شیمیایی پیش رونده میباشد و حریق تا زمانی که حداقل یکی از این عوامل حذف نشود ادامه خواهد یافت. آیروسول اساسا در زنجیره عملکرد شیمیایی همانند عاملهای هالوکربن مانند هالون ۱۳۰۱[۴] اختلال ایجاد میکند. بدون این

---

[۱] Dry Sprinkler Powder Aerosol, DSPA

[۲] Aerosol

[۳] National Fire Protection Association, NFPA

[۴] Halon1301

زنجیره شیمیایی حرارت کافی جهت تأمین حریق ایجاد نخواهد شد[۳].در استاندارد NFPA ۳۰B براساس میزان حرارت احتراق ۳ دسته آیروسول داریم سطح ۱:کمتر از ۲۰ کیلو ژول در هر گرم سطح ۲:بین ۲۰ تا ۳۰ کیلوژول به ازای هر گرم و سطح ۳:بیش از ۳۰ کیلو ژول در هر گرم.نصب ، بازرسی دوره ای ، آزمون و تعمیرات تجهیزات آن باید طبق استاندارد NFPA ۹۰۱,۹۰۴.۴ انجام شود[۴].

آیروسول بر حریق های کلاس A ناشی از موادی چون چوب، پارچه،کاغذ، چسب و بسیاری از انواع پلاستیک جات و بر حریق های کلاس B ناشی از مایعات سوختنی[۵] یعنی مایعاتی که در دمای ۳۷.۸ درجه سانتی گراد مشتعل می شوند و بر سه دسته II که بین ۳۷.۸ تا ۶۰ درجه و دسته IIIA که بالای ۶۰ و کمتر از ۹۳ درجه و دسته IIIB که در ۹۳ درجه یا بالاترمشتعل می شوند تقسیم می شوند [۵]،مایعاتقابل اشتعال[۶] که زیر دمای ۳۷.۸ درجه سانتی گراد مشتعل می شوند و فشار بخار حداکثر ۲۰۶۸ میلیمتر جیوه در این دما ایجاد می کنند،روغن های پایه نفتی،مشتقات نفت،الکل جات و گازهای قابل اشتعال و بر حریق های کلاس C ناشی ازتجهیزات و مدارات برقی و بر کلاس F نیز موثر می باشد[۴].

[۵] Combustible Liquid

[۶] Flammable Liquid

نام تجاری	گاز مربوطه	فرمول شیمیایی	مطابق استاندارد ISO 6183 ISO 14520-1
Carbon dioxide	Carbon dioxide	CO_2	Carbon dioxide
Argon	Argon	Ar_2	IG-O1
Inergen	Mixture of 52% N_2 40% Ar_2 8% Co_2	-	IG-541
Nitrogen	Nitrogen	N_2	IG-100
Argonite	Mixture of 50% N_2 50% Ar_2	-	IG-55
FM-200	Heptafluoro-propane	CF_3CHFCF_3	HFC-227ea
NOVEC 1230	Dodecafluordimethyl-tripentanone	$CF_3CF_2C(O)$ $CF(CF_3)2$	FK-5-1-12
Trigon	Trifluoro-Methane	CHF_3	HFC-23

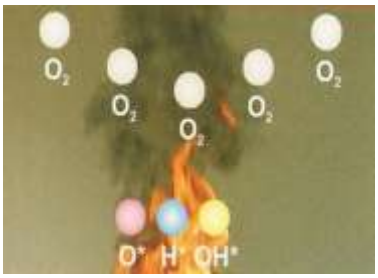
جدول ۱ – نام و مشخصات شیمیایی و تجاری گازهای مورد استفاده در اطفای حریق اتوماتیک

[6]

۱ ۱ – شرح عملکرد آیروسول:

کپسول های آیروسول محتوی ترکیبات جامد پتاسیم است و به دو روش الکتریکی و حرارتی و به چهار روش تحریک توسط چاشنی الکتریکی دستی و یا فرمان توسط پنل اطفا حریق و یا فتیله حرارتی و یا کابل دتکتور خطی حرارتی فعال می شوند علت استفاده از پتاسیم سطح انرژی پایین جهت یونیزاسیون آن است و در هنگام ایجاد حریق با ایجاد اختلال در زنجیره واکنش های رادیکال ها و ایجاد KOH پایدار موجب توقف حریق طبق مراحل زیر می شوند:[4]

شکل ۱-زنجیره شیمیایی عملکرد آیروسول



اکسیداسیون هیدروژن در شعله:

$H_2 + O_2 \rightarrow 2\,OH$

$OH^- + H_2 \rightarrow H_2O + H^+$

$H^+ + O_2 \rightarrow OH^- + H^+$

$O^{--} + H_2 \rightarrow OH^- + H^+$

اکسیداسیون مونوکسید کربن در شعله:

$H_2 + O_2 \rightarrow 2\,OHOH^-$

$+ CO^+ + \rightarrow CO_2 + H^+$

$H^+ + O_2 \rightarrow OH^- + O^{--}$

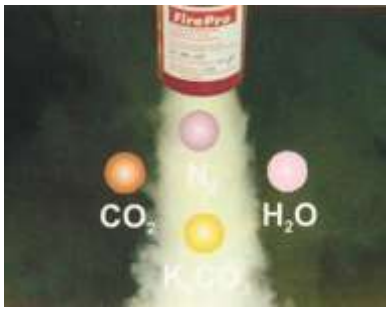
بنابراین در حین اشتعال گذشته از تولید ترکیبات پایداری چون آب و دی اکسید کربن ،رادیکال های هیدروکسیلی شکل می گیرد که به تداوم زنجیره حریق کمک می کند و این اثر را پدیده خود کاتالیست [۷] گویند.[۵]

زنجیره واکنش ها توسط اتم های پتاسیم شکسته می شود:

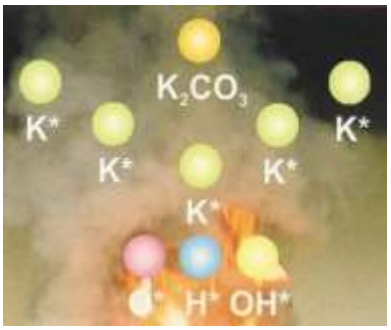
پتاسیم با سایر رادیکال های آزاد در شعله (هیدروکسیدها) محصور میشود و به ترکیبات پایداری مانند هیدروکسید پتاسیم تبدیل میشود. این واکنش آتش را بدون تخلیه اکسیژن مهار میکند. [۴]

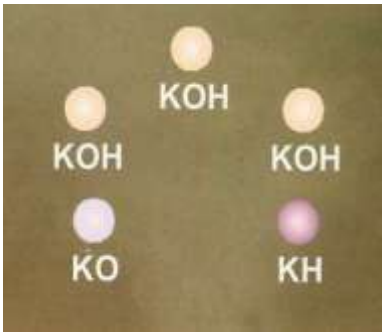
[۷] Phenomenon of auto catalyst

$OH^- + K^+ \rightarrow KOH$



در نهایت امر با حضور co۲ ،KOH به K۲CO۳ تبدیل می شود:





[۵]

۲-موارد منع استفاده:

۲-۱-در کلاس A در صورت احتمال ایجاد حریق های عمقی وبسیار زیر سطحی در مواد این کلاس،آیروسول نباید استفاده شود

۲-۲-.در کلاس C در حریق تجهیزاتی که ولتاژ کاریشان از ۷۵۰۰۰ ولت بیشتر است نیز آیروسول قابل استفاده نیست.

۲-۳-در حریق های کلاس D

درکلاس D۱ :حریق های ناشی از فلزات سبک مانند آلومینیوم و منیزیوم و تیتانیوم

در کلاس D۲: حریق ناشی از Alkali فلزات مانند پتاسیم ،سدیم و لیتیم

در کلاس D۳ : حریق ناشی از ترکیبات فلزی ارگانیک مانند CH۳MGCL

÷هیدرید های فلزی:مانند ALH۳ و LiH

ترکیبات شیمیایی دارای قابلیت اکسیداسیون بالا در غیاب هوا مانند نیترات سلولز و باروت

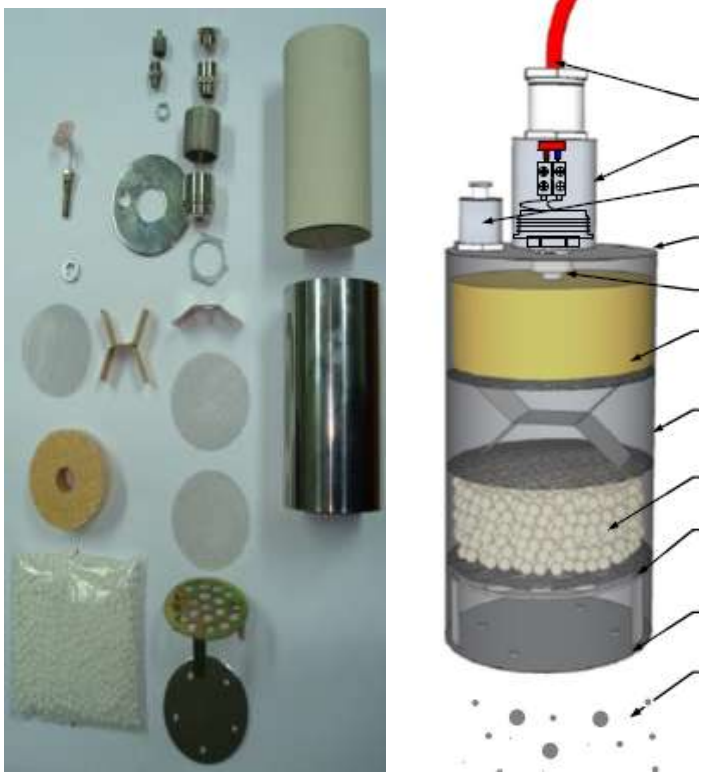
ترکیبات شیمیایی دارای اکسید کننده مانند نیترات سدیم یا کلرات سدیم

امکان استفاده از آیروسول وجود ندارد.[۷]

۳-قطعات و بخش های یک کپسول آیروسول:

هر کدام از فلش ها از بالا به پایین به شرح ذیل نشان گر یک قسمت از کپسول می باشند: کابل اتصال ولتاژ جهت هدایت پالس تحریک-محل اتصال کابل-محل اصال فعال ساز حرارتی-صفحه درپوش-فعال ساز الکتریکی-ترکیبات جامد آیروسول-جداساز فلزی-مواد خنک کننده-درپوش انتهایی- جهت دهنده تخلیه گاز خروجی –آیروسول اطفا کننده حریق خروجی[۶]

شکل ۲- قطعات و بخش های مختلف یک کپسول آیروسول[۶]



۳-محاسبات مربوط به میزان آیروسول مورد نیاز:

در این بخش از مطالعات شرکت FirePro استفاده شده است و طبعا هر برندی نحوه محاسبات و یا نرم افزار مختص خود را داراست اما اصول و نحوه محاسبات و فلوچارت تعیین نیازمندی ها یکسان می باشد.رابطه اصلی به شرح زیر است:

$$M = \frac{V \times F\,(g)}{f} \times S$$

3-1 جرم آیروسول مورد نیاز

M در این فرمول میزان جرم جامد ترکیبات FirePro است.

V میزان حجم اتاقی ست که قرار است تحت پوشش قرار گیرد.

F چگالی موثر کاربردی آیروسول مصرفی متناسب با کلاس حریق است و برای کلاس حریق A و E این میزان 46gr/m3 و برای کلاس حریق B این میزان52 gr/m3 و برای کلاس حریق C این میزان 30gr/m3 و برای کلاس حریق F این میزان 76 gr/m3 است.

S ضریب ایمنی [^] طبق استاندارد های15276-1,2:2019 EN ضریبی به مقدار 1.3 می باشد.

f ضریب تاثیر برحسب مدل مولد آیروسول برحسب درصد و نشانگر جرم ماده موثر موجود در هر مدل کپسول آیروسول است

تعداد کپسول مولد مورد نیاز کل نیز از رابطه زیر حاصل می شود:

$$n = M/N$$

که در این رابطه M بیانگر جرم کل موردنیاز و N بیانگر جرم نامی موجود در هر کپسول مولد و n تعداد کپسول مورد نیاز خواهد بود.[8]

یکی از پارامترهای مهم در طراحی این سیستم جبران سازی میزان نشتی می باشد.طبق آزمایشات برند یاد شده بر اساس استاندارد ISO15779:2009 چنین مسنفاد می شود که به ازای ماندگاری 10 دقیقه آیروسول در محیط به ازای نسبت حجم فضا حداکثر 0.17 درصد نشتی خواهیم داشت و به عنوان مثال برای یک فضای 105.4 متر مکعبی با حداکثر 0.18 متر مربع مساحت نشتی نیاز به افزایش مقدار جرم آیروسول جهت جبران نخواهیم داشت.[7]

وضعیت	نسبت مساحت نشتی به حجم فضای مورد حفاظت	میزان چگالی اضافی آیروسول gr/m۳	زمان آزاد سازی چگالی آیروسول در محیط دقیقه	ضرورت استفاده از دمپرها و/یا پرده های حفاظت در برابر حریق
1	کمتر از 0.17 درصد	0 درصد	NA	نیاز نیست
2	بین 0.171 تا 0.474 درصد	30 درصد	4 دقیقه پس از اولین آزادسازی و تخلیه	نیاز نیست
3	بین 0.475 تا 1 درصد	50 درصد	2 دقیقه پس از اولین آزادسازی و تخلیه	نیاز نیست
4	بیش از 1 درصد	NA	NA	بلی

جدول 2- سیستم تصمیم گیری جهت طراحی براساس نسبت ناحیه نشتی به حجم محیط مورد حفاظت[8]

حال اگر نتایج جدول فوق را در یک فایل نرم افزار اکسل تجمیع کنیم یک الگوریتم محاسباتی بصورت زیر بدست خواهد آمد به عنوان مثال اگر یک فضای 180 متر مکعبی جهت پوشش با آیروسول را فرض کنیم و ناحیه نشتی برابر با 1.5 متر مربع داشته باشیم

180* 1% = 1.8 m2 = حداکثر مساحت نشتی قابل پذیرش از حاصل ضرب

[^] Safety Factor

Volume of the Enclosure	180	m^3	<<<Insert data	
Leakage Area	1.500	m^2	<<<Insert data	
Maximum Tolerable Leakage Area	1.80	m^2	>>> Calculated values	
Calculated Leakage Area to Volume Ratio	0.833%	%	>>> Calculated values	
Design Application Density as per UL 2775 / NFPA 2010				
1st Discharge	180 m^3 * 84 gr/m^3 * 1.3 =		19656	Calculated values
2nd Discharge	*Additional Aerosol Needed*			
	30% Aerosol after 4 min		0	
	50% Aerosol after 2 min		9828	
	Extinguishing Material Required (g)		29484	

جدول 3- محاسبه میزان و تعداد دفعات تخلیه آیروسول[8]

چون مساحت نشتی اتاق از 1.5 m2 کمتر می باشد پس

(1.5 / 180) * 100 = 0.833% = نسبت ناحیه نشتی به حجم فضای تحت پوشش

عدد 0.833 % در بازه 0.475 تا 1 درصد طبق جدول 2 قرار میگیرد پس باید 50 درصد چگالی اضافی باید 2 دقیقه پس از تخلیه اول مجددا در محیط تخلیه شود.

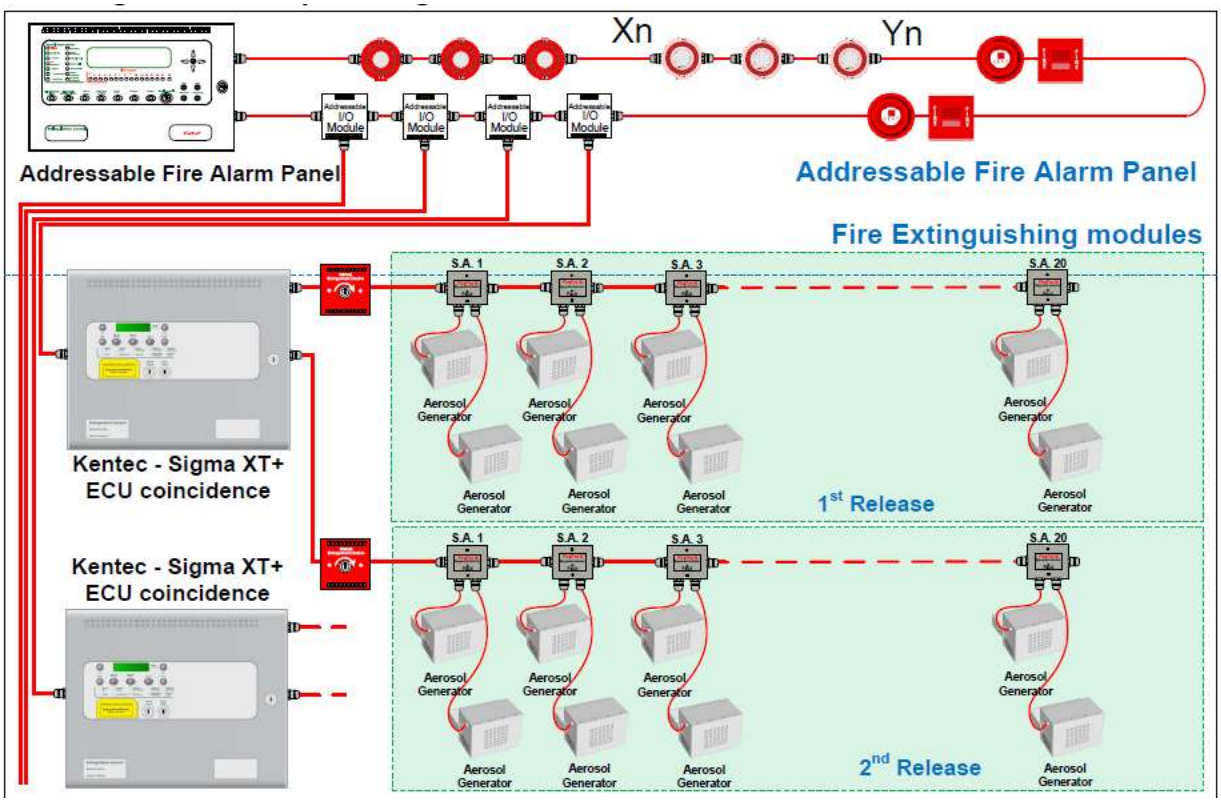
➢ $m(g)=[V(m3)*da(g/m3)]+[V(m3)*da(g/m3)*0.5]$

➢ $m(g)=[180(m3)*84(g/m3)*1.3] + [180(m3)*84(g/m3)*1.3*0.5]$

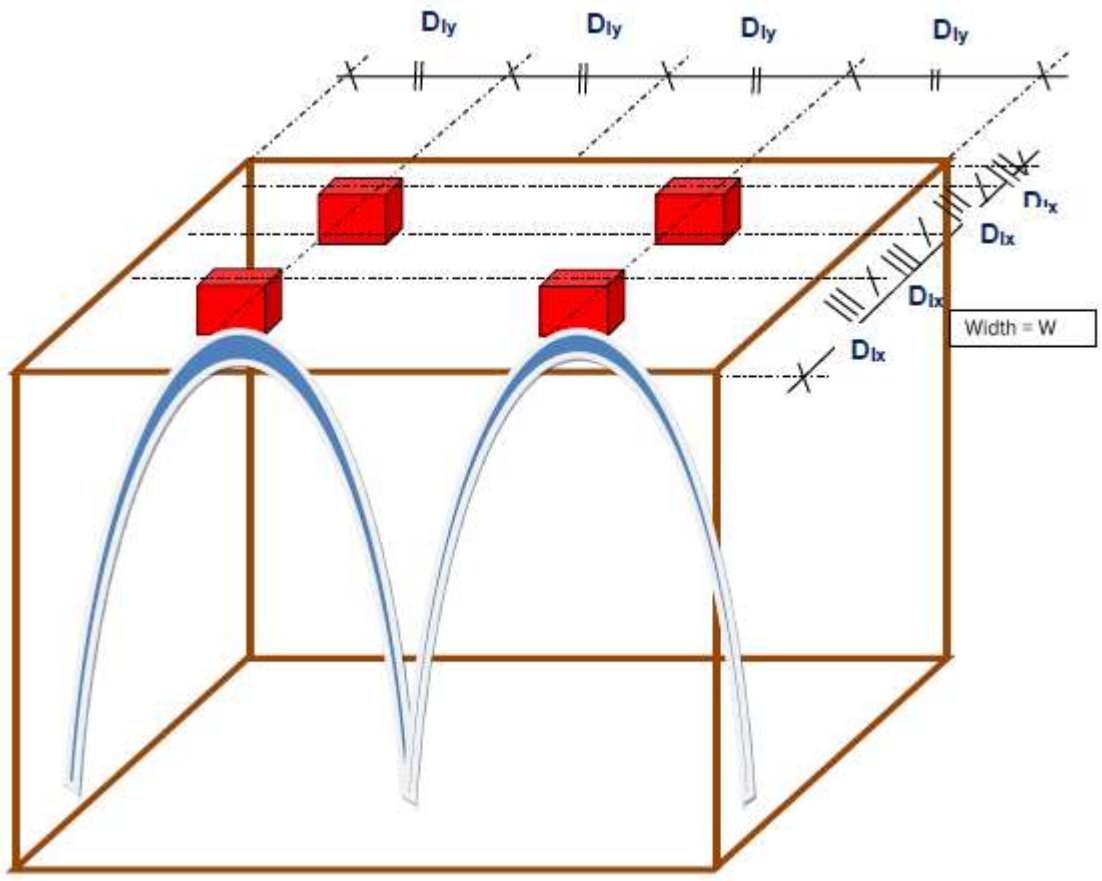
➢ $m(g)=19656g+9828g=29484g$ [8]

در شکل 3 نحوه پیاده سازی سیستم آیروسول برای فضای یاد شده در مثال فوق آورده شده است

شکل 3- طراحی سیستم Firepro دارای دو مرحله فعال سازی با زمان بندی



در شکل 4 نحوه چیدمان و جانمایی کپسول های آیروسول در فضای تحت پوشش مثال یاد شده آورده شده است[7]



Dl = فاصله نصب کپسول

Dlx , Dly = فاصله نصب کپسول ها از هم در امتداد دو محور مختصات

Ng = تعداد کپسول ها ی نصب شده در امتداد سمت نصب

Dlx = W/2 *Ng , Dly = L /2*Ng

به عنوان مثال با فرض L = 6m و W = 4 m خواهیم داشت :Dlx = 1m و Dly = 1.5 m [7]

۴-مقایسه سیستم اطفای حریق آیروسول با سایر مهارکنندههای آتش :

در جدول ۴ مقایسه سیستم آیروسول با دیگر اطفا کننده های رایج آورده شده است

	تاثیرات بر روی انسان	تاثیرات بر روی دارایی	تاثیرات بر روی محیط
کف و آب	زمان استفاده در سیستمهای ثابت برای حفاظت از انسان ضروری است	در مقادیر زیاد آب میتواند عوارض فاسد کننده داشته و در تجهیزات الکترونیک و برقی مضر میباشد	پسماندها به ندرت قابل استفاده بوده و کف میتواند سمی باشد
آب	به طور کلی، آب برای انسان در مهار آتش خطرناک پذیرفته شده است	عوارض بسیاری در پی دارد	میتواند گازهای مضر و مواد خاموشکننده را رها سازد
دیاکسیدکربن	خطرات بالا برای انسان در فضاهای محصور در تئدههای مهار آتش و خفه کننده است	آتش را به خوبی خاموش میکند اما اثرات خنککننده آن سبب تراکم مه مضر برای الکتریسته میشود	به طور کلی حجم زیادی از گاز دیاکسیدکربن از منابع دیگری رها میشود و به لایه ازن آسیب میرساند
گازهای خنثی مانند FM200	در زمان استفاده به صورت مجزا موجب تأمین اکسیژن ناکافی برای مغز انسان میشود	هیچگونه آسیبی را بوجود نمی-آورد ولی در تجهیزات الکترونیکی بردها (pcb) را دچار کرنش و برجستگی مینماید	به طور طبیعی واقع اجزا میباشد بنابراین تهدیدی دی پی ندارد
هالون	در حضور انسان میتواند به کار رود اما به دلیل پی آمد عوارض ناشی از تقلیل لایه ازن تحریم شده است	هیچگونه آسیبی را بوجود نمی-آورد	مضر برای محیط
آیروسول	در اجتماعات طراحی شده برای انسان میتواند استفاده میشود	هیچگونه آسیبی را بوجود نمی-آورد	موافق محیط، موافق لایه ازن و یک محصول سبز

جدول ۴-مقایسه سیستم اطفای حریق آیروسول با سایر مهارکنندههای آتش [۹]

با توجه به جمیع مطالب ارایه شده به نظر می رسد در بسیاری از تاسیسات موجود و یا ساختمان های حتی ویژه حیاتی و با کاربری های خاص نیز می توان از این سیستم به شرط طراحی دقیق و اصولی و با استفاده از تجهیزات استاندارد از برند های معتبر استفاده کرد.