



سورنا صراف زاده- طراح و ناظر تاسیسات برقی سازمان نظام مهندسی خراسان رضوی- مدرس دانشگاه -مجری تاسیسات برقی و سیستم های هوشمند سازی و اعلام و اطفای حریق و پیمانکار شرکت توزیع برق مشهد

سیستم های نوین اطفای حریق:

بخش نخست-آبروسول

چکیده:

با توجه به گسترش روزافزون تعداد سوانح مرتبط با حریق در ساختمان های مختلف با کاربری های مختلف در سطح کشور و عدم تجهیز مناسب سازمان های آتش نشانی و معماری پیچیده این ساختمان ها و عدم رعایت ضوابط سازمان ترافیک شهری و با توجه به گسترش حجم پرونده های 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 می باشد و کاهش آن میزان گسترش حریق در یک مجموعه را به طور چشم گیری کاهش می دهد، توجه به استفاده از تجهیزات خودکار اطفای حریق امری ضروری و لازم می باشد. درجستار پیش رو با تأکید بر دو سیستم نوین اطفای حریق آبروسول و توپ اطفای حریق سعی در ارزیابی و کیفیت سنجی و معرفی آن ها خواهیم داشت.

۱- سامانه های افشانگر خشک با پودر آبروسول^۱ DSPA یا به اختصار آبروسول^۲:

گازهای مورد استفاده در سیستم های اطفای خودکار در جدول ۱ آورده شده است [۱]. سازمان حفاظت در برابر حریق ملی آمریکا^۳ آبروسول را به عنوان یک خاموش کننده حریق که مواد گازی شکلی را پس از یک فرآیند احتراقی انفجاری که در ترکیبات جامد رخ می دهد معرفی کرده است. ذرات عامل های 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 معمولاً اکسیژن است و زنجیره عکس العمل های شیمیایی پیش رونده می باشد و حریق تا زمانی که حداقل یکی از این عوامل حذف نشود ادامه خواهد یافت. آبروسول اساساً در زنجیره عملکرد شیمیایی همانند عامل های هالوکربن مانند هالون ۱۳۰۱^۴ اختلال ایجاد می کند. بدون این زنجیره شیمیایی

^۱ Dry Sprinkler Powder Aerosol, DSPA

^۲ Aerosol

^۳ National Fire Protection Association, NFPA

^۴ Halon1301

حرارت کافی جهت تأمین حریق ایجاد نخواهد شد [۳]. در استاندارد NFPA 30B براساس میزان حرارت احتراق ۳ دسته آبروسول 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 901,904.4 انجام شود [۴].

آبروسول 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 بالاتر مشتعل می شوند تقسیم می شوند [۵]. مایعات قابل 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 از تجهیزات 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 ₃ CHFCF ₃	HFC-227ea
NOVEC 1230	Dodecafluordimethyl- tripentanone	CF ₃ CF ₂ C(O) CF(CF ₃) ₂	FK-5-1-12
Trigon	Trifluoro-Methane	CHF ₃	HFC-23

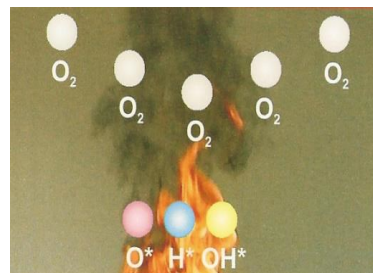
جدول ۱- نام و مشخصات شیمیایی و تجاری گازهای مورد استفاده در اطفای حریق اتوماتیک

[۶]

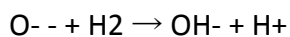
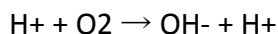
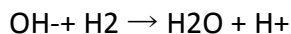
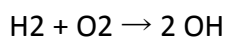
۱-۱- شرح عملکرد آبروسول:

کپسول های آبروسول 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 اطفای 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: [۴]

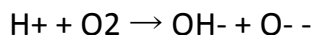
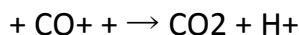
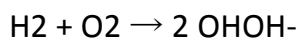
شکل ۱- زنجیره شیمیایی عملکرد آبروسول



اکسیداسیون هیدروژن در شعله:



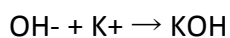
اکسیداسیون مونوکسید کربن در شعله:



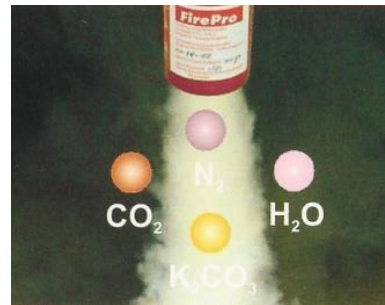
بنابراین در حین اشتعال گذشته از تولید ترکیبات پایداری چون آب و دی اکسید کربن، رادیکال های هیدروکسیلی شکل می گیرد که به تداوم زنجیره حریق کمک می کند و این اثر را پدیده خود کاتالیست^۷ گویند. [۵]

زنجیره واکنش ها توسط اتم های پتاسیم شکسته می شود:

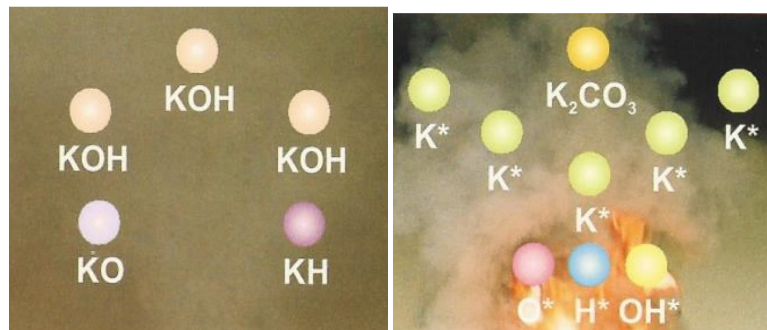
پتاسیم با سایر رادیکال های آزاد در شعله (هیدروکسیدها) محصور می شود و به ترکیبات پایداری مانند هیدروکسید پتاسیم تبدیل می شود. این واکنش آتش را بدون تخلیه اکسیژن مهار می کند. [۴]



^۷ Phenomenon of auto catalyst



در نهایت امر با حضور CO_2 ، KOH به K_2CO_3 تبدیل می شود:



[۵]

۲- موارد منع استفاده:

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

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

۳-۲- در حریق های کلاس D

در کلاس D1: حریق های ناشی از فلزات سبک مانند آلومینیوم و منیزیوم و تیتانیوم

در کلاس D2: حریق ناشی از Alkali فلزات مانند پتاسیم، سدیم و لیتیم

در کلاس D3: حریق ناشی از ترکیبات فلزی ارگانیک مانند CH_3MgCl

≠ هیدرید های فلزی: مانند LiH و ALH_3

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

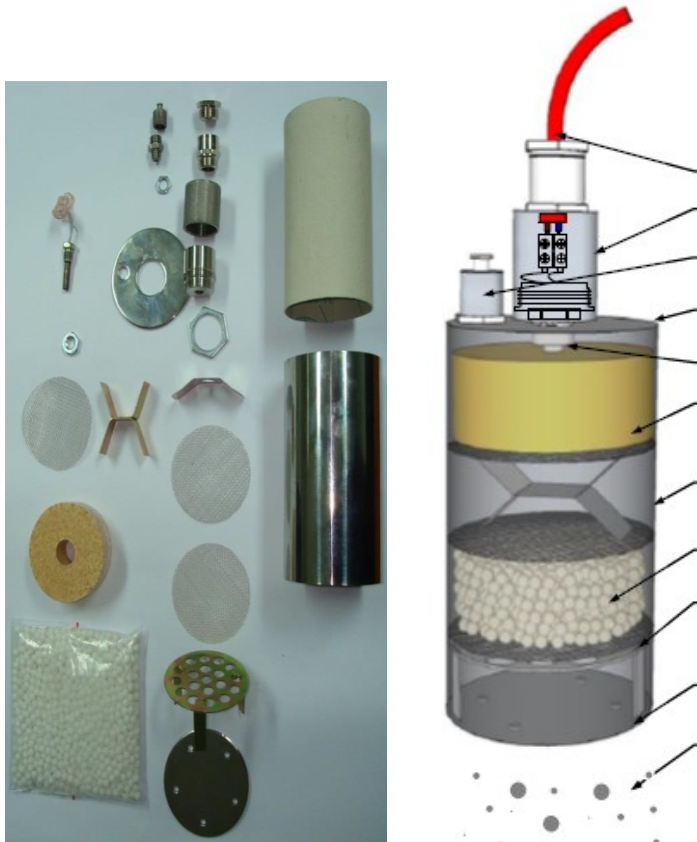
ترکیبات شیمیایی دارای اکسید کننده مانند نیترات سدیم یا کلرات سدیم

امکان استفاده از آيروسول وجود ندارد. [۷]

۳- قطعات و بخش های یک کپسول آبروسول:

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 اصل فعال ساز حرارتی- صفحه درپوش- فعال ساز الکتریکی- ترکیبات جامد آبروسول- جداساز فلزی- مواد خنک کننده- درپوش انتهایی- جهت دهنده تخلیه گاز خروجی - آبروسول اطفاف کننده حریق خروجی [۶]

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



۳- محاسبات مربوط به میزان آبروسول 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:

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

۱-۳ جرم آبروسول 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 آبروسول مصرفی متناسب با کلاس حریق است و برای کلاس حریق A و E این میزان ۶ gr/m³ و برای کلاس حریق B این میزان ۲ gr/m³ و برای کلاس حریق C این میزان ۳۰ gr/m³ و برای کلاس حریق F این میزان ۷۶ gr/m³ است.

S ضریب ایمنی^۸ طبق استاندارد های EN 15276-1,2:2019 ضریبی به مقدار ۱,۳ می باشد.

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

تعداد کپسول 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.[۸]

یکی از پارامترهای مهم در طراحی این سیستم جبران سازی میزان نشستی می باشد. طبق آزمایشات برنند یاد شده بر اساس استاندارد ISO15779:2009 چنین مستفاد می شود که به ازای ماندگاری ۱۰ دقیقه آبروسول در محیط به ازای نسبت حجم فضا حداکثر ۰,۱۷ درصد نشستی خواهیم داشت و به عنوان مثال برای یک فضای ۱۰۵,۴ متر مکعبی با حداکثر ۰,۱۸ متر مربع مساحت نشستی نیاز به افزایش مقدار جرم آبروسول جهت جبران نخواهیم داشت.[۷]

وضعیت	نسبت مساحت نشستی به حجم فضای مورد حفاظت	میزان چگالی اضافی آبروسول gr/m ³	زمان آزاد سازی چگالی آبروسول در محیط دقیقه	ضرورت استفاده از دمپرها و/یا پرده های حفاظت در برابر حریق
۱	کمتر از ۰,۱۷ درصد	۰ درصد	NA	نیاز نیست
۲	بین ۰,۱۷۱ تا ۰,۴۷۴ درصد	۳۰ درصد	۴ دقیقه پس از اولین آزادسازی و تخلیه	نیاز نیست
۳	بین ۰,۴۷۵ تا ۱ درصد	۵۰ درصد	۲ دقیقه پس از اولین آزادسازی و تخلیه	نیاز نیست
۴	بیش از ۱ درصد	NA	NA	بلی

جدول ۲- سیستم تصمیم گیری جهت طراحی براساس نسبت ناحیه نشستی به حجم محیط مورد حفاظت[۸]

حال اگر نتایج جدول فوق را در یک فایل نرم افزار اکسل جمع کنیم یک الگوریتم محاسباتی بصورت زیر بدست خواهد آمد به عنوان مثال اگر یک فضای ۱۸۰ متر مکعبی جهت پوشش با آبروسول را فرض کنیم و ناحیه نشستی برابر با ۱,۵ متر مربع داشته باشیم

$$180 \times 1\% = 1.8 \text{ m}^2 = \text{حداکثر مساحت نشستی قابل پذیرش از حاصل ضرب}$$

^۸ 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
2nd Discharge	<i>Additional Aerosol Needed</i>		
	30% Aerosol after 4 min		0
	50% Aerosol after 2 min		9828
Extinguishing Material Required (g)			29484

جدول ۳- محاسبه میزان و تعداد دفعات تخلیه آيروسول [۸]

چون مساحت نشتی اتاق از ۱,۵ m² کمتر می باشد پس

$$\text{نسبت ناحیه نشتی به حجم فضای تحت پوشش} = (1.5 / 180) * 100 = 0.833\%$$

عدد ۰,۸۳۳٪ در بازه ۰,۴۷۵ تا ۱ درصد طبق جدول ۲ قرار میگیرد پس باید ۵۰ درصد چگالی اضافی باید ۲ دقیقه پس از تخلیه اول مجددا در محیط تخلیه شود.

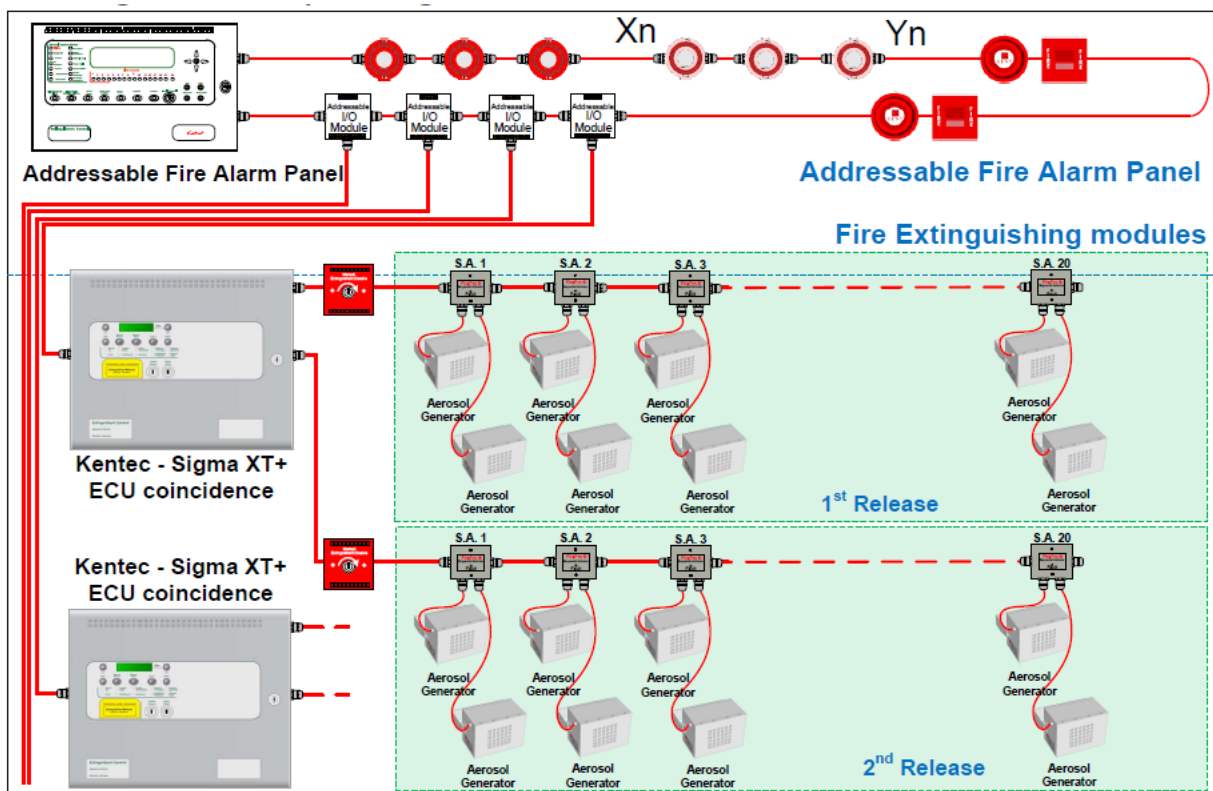
$$\text{➤ } m(g) = [V(m^3) * da(g/m^3)] + [V(m^3) * da(g/m^3) * 0.5]$$

$$\text{➤ } m(g) = [180(m^3) * 84(g/m^3) * 1.3] + [180(m^3) * 84(g/m^3) * 1.3 * 0.5]$$

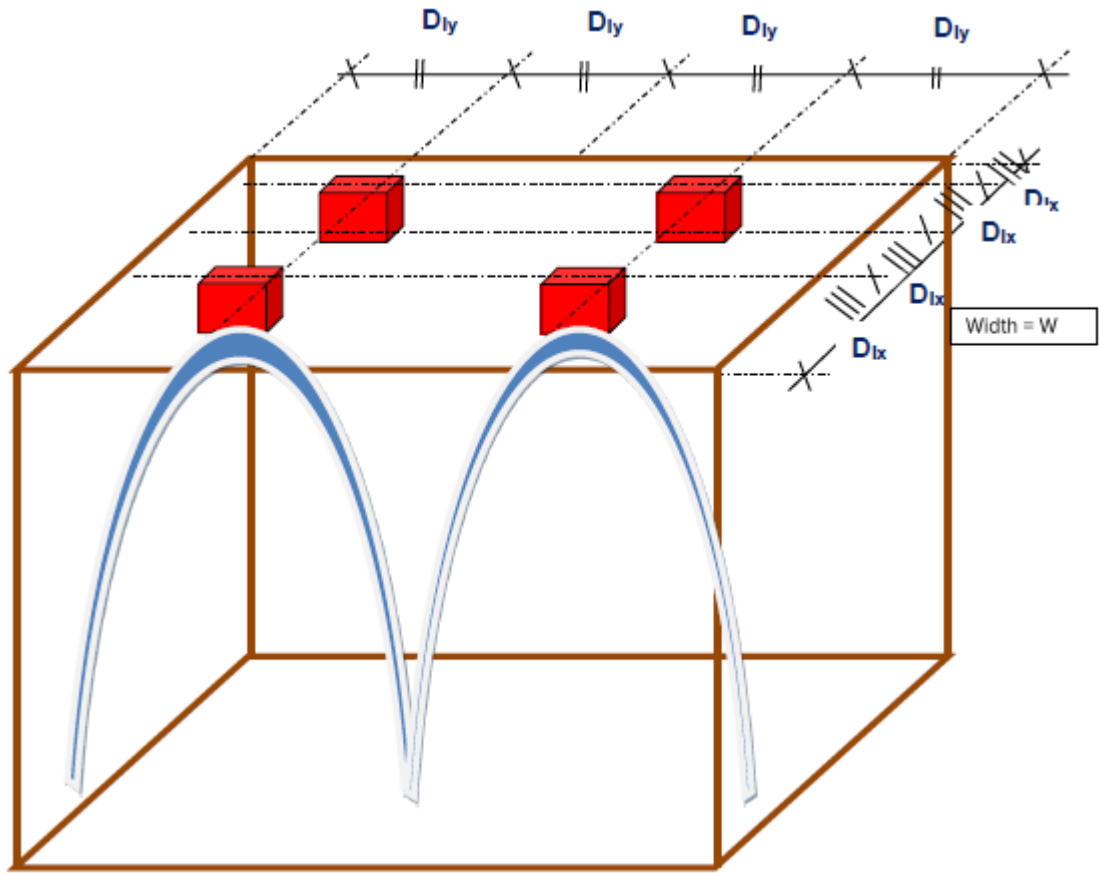
$$\text{➤ } m(g) = 19656g + 9828g = 29484g \text{ [۸]}$$

در شکل ۳ نحوه پیاده سازی سیستم آيروسول برای فضای یاد شده در مثال فوق آورده شده است

شکل ۳- طراحی سیستم Firepro دارای دو مرحله فعال سازی با زمان بندی



در شکل ۴ نحوه چیدمان و جانمایی کپسول های آبروسول در فضای تحت پوشش مثال یاد شده آورده شده است [۷]



D_l = فاصله نصب کپسول

D_{lx} , D_{ly} = فاصله نصب کپسول ها از هم در امتداد دو محور مختصات

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

$$D_{lx} = W/2 * N_g \quad , \quad D_{ly} = L/2 * N_g$$

به عنوان مثال با فرض $L = 6m$ و $W = 4m$ خواهیم داشت: $D_{lx} = 1m$ و $D_{ly} = 1.5m$ [۷]

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

در جدول ۴ مقایسه سیستم آبروسول با دیگر اطفای کننده های رایج آورده شده است

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

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

با توجه به جمع 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.