

DB4201

武汉市地方标准

DB4201/T 641—2020

武汉市暴雨强度公式及设计暴雨雨型

Rainstorm intensity formula and design rainstorm profile of Wuhan

2020 – 12 – 14 发布

2021 – 01 – 14 实施

武汉市市场监督管理局 发布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 2

5 暴雨强度公式 2

6 设计暴雨雨型 3

附录 A（规范性附录） 设计暴雨强度及降雨量查算图表 4

附录 B（规范性附录） 短历时设计暴雨雨型成果图表（t=3h） 7

附录 C（规范性附录） 长历时设计暴雨雨型成果图表（t=24h） 13

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。

本文件由武汉市水务局会同武汉市自然资源和规划局、武汉市城乡建设局、武汉市气象局提出。

本文件由武汉市水务局归口。

本文件起草单位：武汉市政工程设计研究院有限责任公司、武汉市水务科学研究院（武汉市水土保持监测站）、武汉市气象台、湖北省气象服务中心、武汉市规划研究院、武汉海绵城市建设有限公司。

本文件主要起草人：饶世雄、康丹、杨超、陈正洪、柯昌春、石亚军、谢珊、翟红楠、成丹、吴思、王亮、陈耀武、陈雄志、刘火胜、毛毅、项文琪、陈翠珍、庞晶、方怡、王芳、杨浩、钱晓燕、李晓冬。

武汉市暴雨强度公式及设计暴雨雨型

1 范围

本文件确立了武汉市暴雨强度公式及设计暴雨雨型的术语和定义、符号、暴雨强度公式、设计暴雨雨型。

本文件适用于武汉市中心城区的排水（雨水）防涝和海绵城市规划、设计、评估及管理工作，武汉市其他区域可参考使用。

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 50014 室外排水设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

暴雨强度公式 rainstorm intensity formula

反映设计暴雨过程中暴雨强度-降雨历时-重现期三者间函数关系的数学表达式。

3.2

降雨历时 duration of rainfall

降雨过程中的任意连续时段。

[GB 50014-2006(2016年版), 术语和符号2.1.19]

3.3

降雨量 rainfall amount

某一时段内降落到水平面上的雨水累积深度。

3.4

暴雨强度 rainstorm intensity

单位时间内的降雨量。

注：改写GB 50014-2006(2016年版), 术语和符号2.1.17。

3.5

暴雨雨型 rainstorm profile

不同降雨历时内的暴雨强度随时间变化的特征，以不同降雨历时的降雨过程线型表达。

3.6

重现期 recurrence interval

在一定长的统计期间内，等于或大于某统计对象出现一次的平均间隔时间。

[GB 50014-2006(2016年版), 术语和符号2.1.18]

3.7

雨峰位置系数 peak intensity position coefficient

表征降雨强度过程的雨峰位置参数，从降雨开始至降雨峰值出现的时间段长度与降雨总历时的比值。

3.8

短历时降雨 short duration rainfall

降雨历时不大于3 h的降雨。

3.9

长历时降雨 long duration rainfall

降雨历时大于3 h且不大于24 h的降雨。

4 符号

下列符号适用于本文件。

i —设计暴雨强度，mm/min或mm/5 min；

P —重现期，a；

t —降雨历时，min或h；

q —设计暴雨强度，L/(s·hm²)；

r —综合雨峰位置系数；

h —设计降雨量，mm。

5 暴雨强度公式

5.1 武汉市中心城区采用统一的暴雨强度公式。暴雨强度公式选用年最大值法推求，表达形式见式(1)和式(2)：

$$i = \frac{9.686(1 + 0.887 \lg P)}{(t + 11.23)^{0.658}} \dots\dots\dots (1)$$

$$q = \frac{1614(1+0.887\lg P)}{(t+11.23)^{0.658}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：
i——设计暴雨强度（mm/min）；
P——重现期(a)；
t——降雨历时（min）；
q——设计暴雨强度[L/(s·hm²)]；
 适用范围：5 min≤*t*≤1 440 min，2a≤*P*≤100 a。

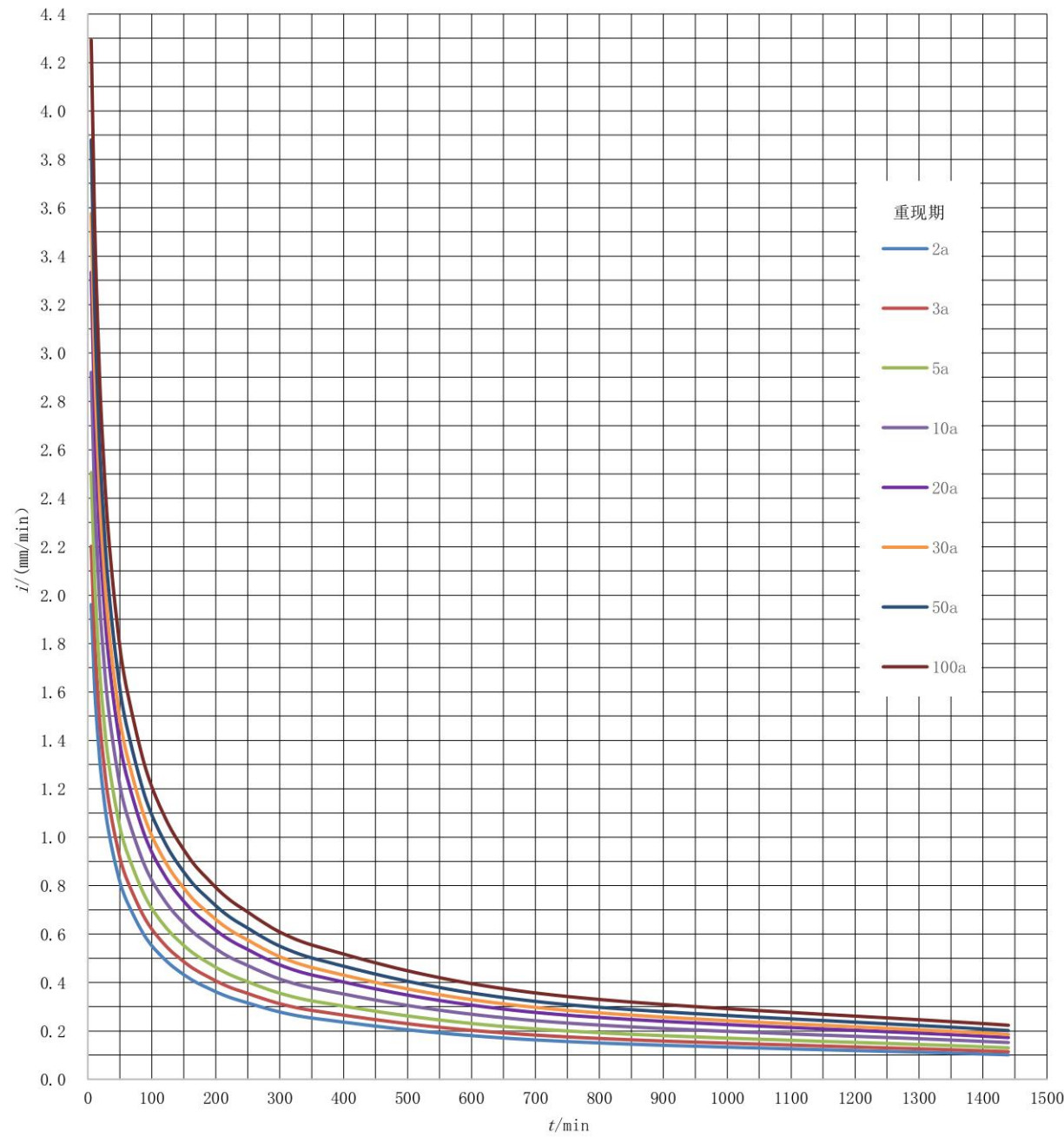
5.2 设计暴雨强度及降雨量查算图表见附录 A。

6 设计暴雨雨型

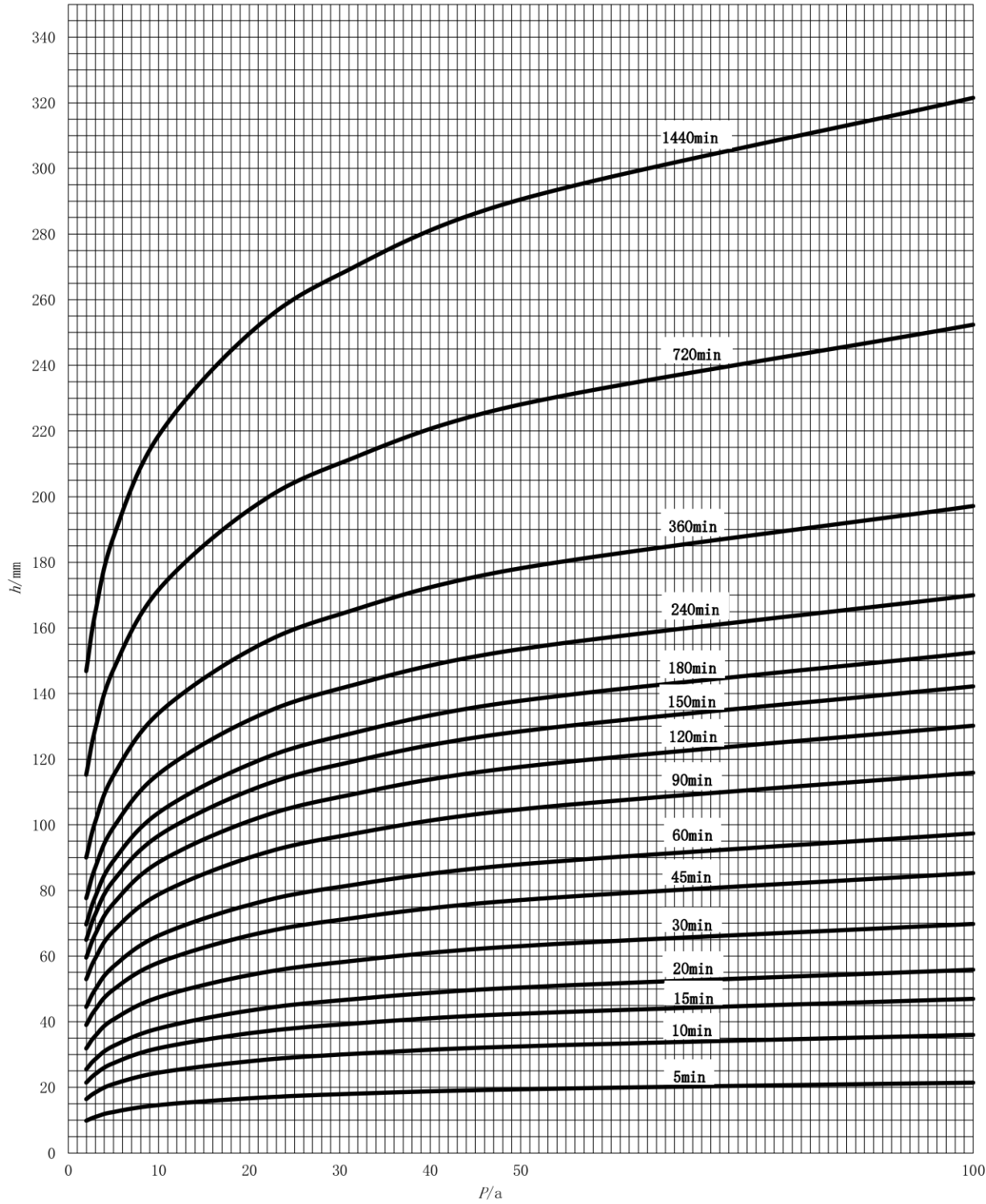
- 6.1 短历时设计暴雨雨型采用芝加哥雨型，在设计重现期 2 a~100 a 内综合雨峰位置系数 *r* 采用统一取值 0.39，短历时设计暴雨雨型见附录 B。
- 6.2 长历时设计暴雨雨型采用同频率法推求，降雨历时为 24 h 的雨型最大雨峰位于第 186 个降雨时段（每个降雨时段长 5 min），长历时设计暴雨雨型见附录 C。

附录 A
(规范性附录)
设计暴雨强度及降雨量查算图表

图A. 1给出了设计暴雨强度查算图表（ $i-t-P$ 关系曲线图）内容；图A. 2给出了设计降雨量查算图（ $h-t-P$ 关系曲线图）内容；表A. 1给出了不同降雨历时设计降雨量查算表内容。



图A. 1 设计暴雨强度查算图（ $i-t-P$ 关系曲线图）



图A.2 设计降雨量查算图 ($h-t-P$ 关系曲线图)

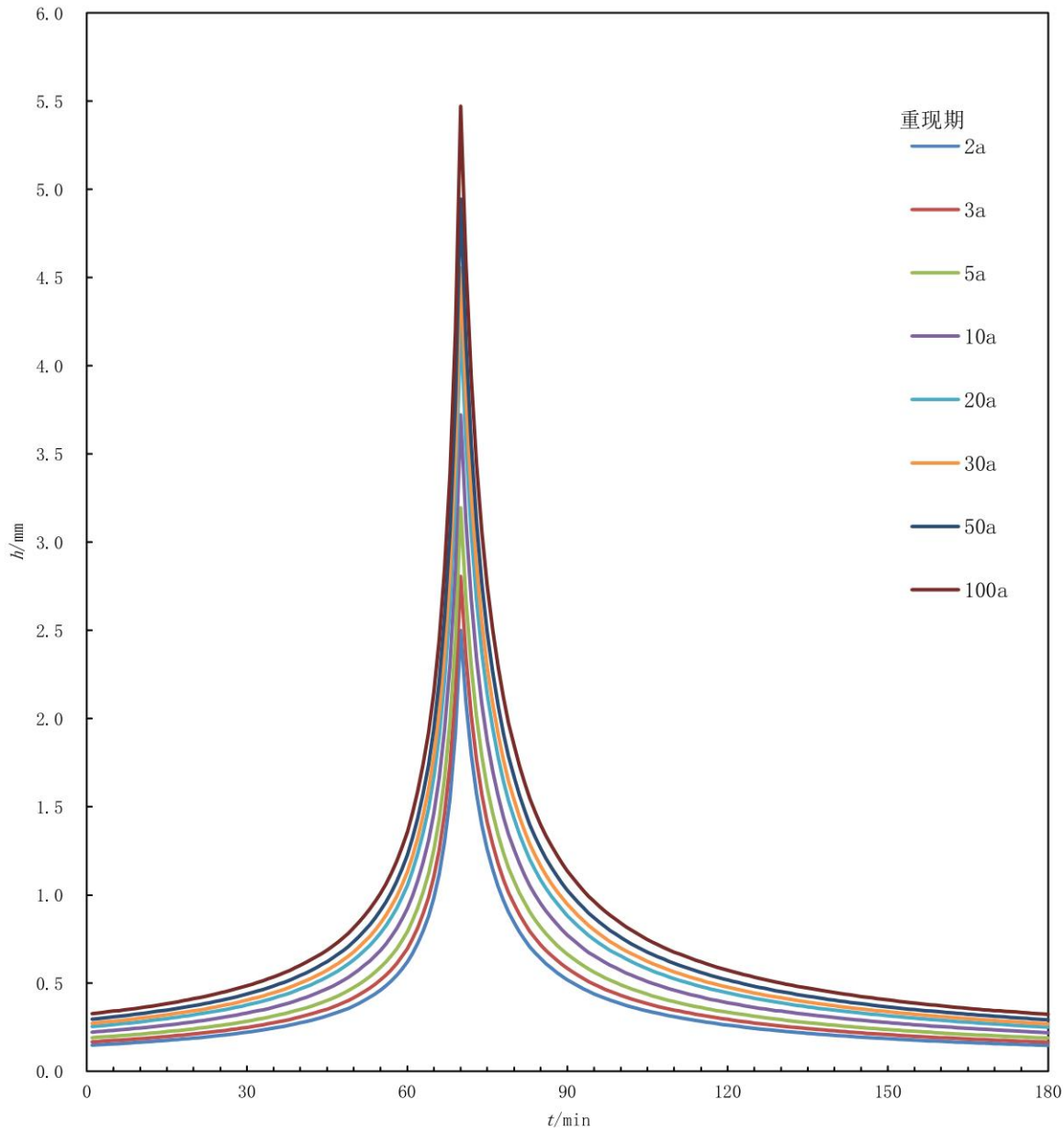
表A.1 不同降雨历时设计降雨量查算表

 h/mm

t/min	P/a							
	2	3	5	10	20	30	50	100
5	9.8	11.0	12.5	14.6	16.7	17.9	19.4	21.5
10	16.4	18.5	21.0	24.5	27.9	30.0	32.5	36.0
15	21.5	24.1	27.4	31.9	36.5	39.1	42.4	47.0
20	25.5	28.6	32.6	38.0	43.4	46.5	50.5	55.8
30	31.9	35.8	40.7	47.4	54.2	58.1	63.0	69.8
45	39.0	43.8	49.8	58.0	66.2	71.0	77.1	85.3
60	44.5	49.9	56.9	66.2	75.6	81.1	88.0	97.4
90	52.9	59.5	67.7	78.8	90.0	96.5	104.7	115.9
120	59.5	66.8	76.1	88.6	101.1	108.5	117.7	130.2
150	64.9	72.9	83.0	96.7	110.4	118.4	128.5	142.2
180	69.7	78.2	89.1	103.7	118.4	127.0	137.8	152.5
1440	146.8	165.0	187.8	218.7	249.7	267.8	290.6	321.5

附 录 B
(规范性附录)
短历时设计暴雨雨型成果图表 (t=3h)

图B.1给出了短历时设计暴雨雨型图 (t=3h) 内容; 表B.1 给出了短历时设计暴雨雨型表 (t=3h) 内容。



图B.1 短历时设计暴雨雨型图 (t=3h)

表 B.1 短历时设计暴雨雨型表 ($t=3h$) $i/(mm/min)$

t/min	P/a							
	2	3	5	10	20	30	50	100
1	0.149	0.168	0.191	0.222	0.254	0.272	0.295	0.326
2	0.151	0.169	0.193	0.224	0.256	0.275	0.298	0.330
3	0.152	0.171	0.195	0.227	0.259	0.278	0.301	0.333
4	0.154	0.173	0.197	0.229	0.262	0.281	0.305	0.337
5	0.156	0.175	0.199	0.232	0.265	0.284	0.308	0.341
6	0.157	0.177	0.201	0.234	0.268	0.287	0.311	0.345
7	0.159	0.179	0.204	0.237	0.271	0.290	0.315	0.348
8	0.161	0.181	0.206	0.240	0.274	0.294	0.319	0.353
9	0.163	0.183	0.208	0.243	0.277	0.297	0.322	0.357
10	0.165	0.185	0.211	0.246	0.280	0.301	0.326	0.361
11	0.167	0.187	0.213	0.249	0.284	0.304	0.330	0.365
12	0.169	0.190	0.216	0.252	0.287	0.308	0.334	0.370
13	0.171	0.192	0.219	0.255	0.291	0.312	0.339	0.375
14	0.173	0.195	0.222	0.258	0.295	0.316	0.343	0.379
15	0.176	0.197	0.224	0.261	0.298	0.320	0.347	0.384
16	0.178	0.200	0.227	0.265	0.302	0.324	0.352	0.390
17	0.180	0.203	0.231	0.269	0.307	0.329	0.357	0.395
18	0.183	0.205	0.234	0.272	0.311	0.333	0.362	0.400
19	0.185	0.208	0.237	0.276	0.315	0.338	0.367	0.406
20	0.188	0.211	0.241	0.280	0.320	0.343	0.372	0.412
21	0.191	0.214	0.244	0.284	0.325	0.348	0.378	0.418
22	0.194	0.218	0.248	0.289	0.330	0.353	0.384	0.424
23	0.197	0.221	0.252	0.293	0.335	0.359	0.389	0.431
24	0.200	0.225	0.256	0.298	0.340	0.365	0.396	0.438
25	0.203	0.228	0.260	0.303	0.345	0.371	0.402	0.445
26	0.207	0.232	0.264	0.308	0.351	0.377	0.409	0.452
27	0.210	0.236	0.269	0.313	0.357	0.383	0.416	0.460
28	0.214	0.240	0.273	0.318	0.363	0.390	0.423	0.468
29	0.218	0.244	0.278	0.324	0.370	0.397	0.431	0.476
30	0.222	0.249	0.283	0.330	0.377	0.404	0.438	0.485
31	0.226	0.254	0.289	0.336	0.384	0.412	0.447	0.494
32	0.230	0.258	0.294	0.343	0.391	0.420	0.455	0.504
33	0.235	0.264	0.300	0.350	0.399	0.428	0.464	0.514
34	0.240	0.269	0.306	0.357	0.407	0.437	0.474	0.524
35	0.245	0.275	0.313	0.364	0.416	0.446	0.484	0.535
36	0.250	0.281	0.319	0.372	0.425	0.456	0.494	0.547

表 B.1 (续)

t/min	P/a							
	2	3	5	10	20	30	50	100
37	0.255	0.287	0.327	0.381	0.434	0.466	0.506	0.559
38	0.261	0.294	0.334	0.389	0.444	0.477	0.517	0.572
39	0.268	0.301	0.342	0.399	0.455	0.488	0.530	0.586
40	0.274	0.308	0.351	0.408	0.466	0.500	0.543	0.601
41	0.281	0.316	0.360	0.419	0.478	0.513	0.557	0.616
42	0.289	0.324	0.369	0.430	0.491	0.527	0.571	0.632
43	0.297	0.333	0.379	0.442	0.504	0.541	0.587	0.650
44	0.305	0.343	0.390	0.455	0.519	0.557	0.604	0.668
45	0.314	0.353	0.402	0.468	0.534	0.573	0.622	0.688
46	0.324	0.364	0.414	0.483	0.551	0.591	0.641	0.710
47	0.335	0.376	0.428	0.498	0.569	0.610	0.662	0.733
48	0.346	0.389	0.442	0.515	0.588	0.631	0.685	0.758
49	0.358	0.402	0.458	0.534	0.609	0.653	0.709	0.784
50	0.372	0.417	0.475	0.554	0.632	0.678	0.735	0.814
51	0.386	0.434	0.494	0.575	0.657	0.704	0.764	0.846
52	0.402	0.452	0.514	0.599	0.684	0.733	0.796	0.881
53	0.420	0.472	0.537	0.625	0.714	0.765	0.831	0.919
54	0.439	0.493	0.562	0.654	0.747	0.801	0.869	0.962
55	0.461	0.518	0.589	0.686	0.784	0.840	0.912	1.009
56	0.485	0.545	0.620	0.722	0.825	0.885	0.960	1.062
57	0.512	0.576	0.655	0.763	0.871	0.934	1.014	1.122
58	0.543	0.610	0.695	0.809	0.924	0.991	1.075	1.190
59	0.579	0.650	0.740	0.862	0.984	1.056	1.145	1.267
60	0.620	0.696	0.793	0.923	1.054	1.130	1.227	1.357
61	0.668	0.750	0.854	0.995	1.136	1.218	1.322	1.463
62	0.725	0.814	0.927	1.080	1.233	1.322	1.435	1.587
63	0.794	0.891	1.015	1.182	1.349	1.447	1.570	1.738
64	0.878	0.986	1.122	1.307	1.492	1.600	1.737	1.922
65	0.983	1.104	1.257	1.464	1.671	1.792	1.945	2.152
66	1.118	1.256	1.430	1.666	1.901	2.039	2.213	2.449
67	1.299	1.459	1.660	1.934	2.208	2.368	2.570	2.843
68	1.549	1.740	1.980	2.306	2.633	2.824	3.064	3.391
69	1.916	2.152	2.450	2.853	3.257	3.493	3.791	4.194
70	2.499	2.807	3.195	3.722	4.249	4.557	4.945	5.471
71	2.093	2.351	2.676	3.118	3.559	3.817	4.142	4.583
72	1.797	2.019	2.298	2.677	3.056	3.277	3.557	3.935
73	1.573	1.767	2.012	2.343	2.675	2.869	3.113	3.445

表 B.1 (续)

t/min	P/a							
	2	3	5	10	20	30	50	100
74	1.399	1.571	1.788	2.083	2.378	2.550	2.767	3.062
75	1.259	1.414	1.609	1.875	2.140	2.295	2.491	2.756
76	1.144	1.286	1.463	1.704	1.946	2.087	2.264	2.506
77	1.050	1.179	1.342	1.563	1.784	1.914	2.077	2.298
78	0.970	1.089	1.240	1.444	1.648	1.768	1.918	2.123
79	0.901	1.012	1.152	1.342	1.532	1.643	1.783	1.973
80	0.842	0.946	1.077	1.255	1.432	1.536	1.667	1.844
81	0.791	0.889	1.012	1.178	1.345	1.443	1.565	1.732
82	0.746	0.838	0.954	1.111	1.268	1.360	1.476	1.633
83	0.706	0.793	0.903	1.052	1.201	1.288	1.397	1.546
84	0.671	0.753	0.857	0.999	1.140	1.223	1.327	1.468
85	0.639	0.717	0.817	0.951	1.086	1.165	1.264	1.398
86	0.610	0.685	0.780	0.908	1.037	1.112	1.207	1.336
87	0.584	0.656	0.747	0.870	0.993	1.065	1.155	1.278
88	0.560	0.629	0.716	0.834	0.952	1.021	1.109	1.227
89	0.539	0.605	0.689	0.802	0.916	0.982	1.066	1.179
90	0.519	0.583	0.663	0.772	0.882	0.946	1.026	1.136
91	0.500	0.562	0.640	0.745	0.851	0.912	0.990	1.095
92	0.483	0.543	0.618	0.720	0.822	0.881	0.957	1.058
93	0.468	0.525	0.598	0.697	0.795	0.853	0.926	1.024
94	0.453	0.509	0.579	0.675	0.770	0.826	0.897	0.992
95	0.440	0.494	0.562	0.655	0.747	0.802	0.870	0.962
96	0.427	0.480	0.546	0.636	0.726	0.778	0.845	0.935
97	0.415	0.466	0.531	0.618	0.706	0.757	0.821	0.909
98	0.404	0.454	0.516	0.601	0.687	0.736	0.799	0.884
99	0.393	0.442	0.503	0.586	0.669	0.717	0.778	0.861
100	0.384	0.431	0.490	0.571	0.652	0.699	0.759	0.840
101	0.374	0.420	0.478	0.557	0.636	0.682	0.740	0.819
102	0.365	0.410	0.467	0.544	0.621	0.666	0.723	0.800
103	0.357	0.401	0.456	0.532	0.607	0.651	0.706	0.782
104	0.349	0.392	0.446	0.520	0.594	0.637	0.691	0.764
105	0.342	0.384	0.437	0.509	0.581	0.623	0.676	0.748
106	0.334	0.376	0.428	0.498	0.569	0.610	0.662	0.732
107	0.328	0.368	0.419	0.488	0.557	0.597	0.648	0.717
108	0.321	0.361	0.411	0.478	0.546	0.586	0.635	0.703
109	0.315	0.354	0.403	0.469	0.535	0.574	0.623	0.690
110	0.309	0.347	0.395	0.460	0.525	0.564	0.612	0.677

表 B.1 (续)

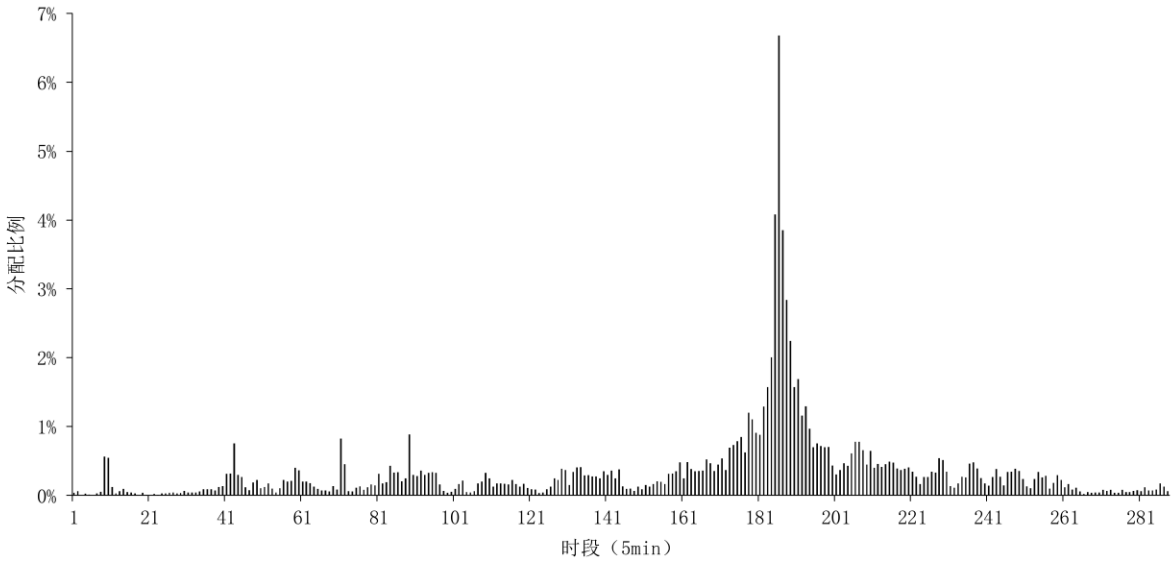
t/min	P/a							
	2	3	5	10	20	30	50	100
111	0.303	0.341	0.388	0.452	0.516	0.553	0.600	0.664
112	0.298	0.335	0.381	0.444	0.507	0.543	0.590	0.652
113	0.293	0.329	0.374	0.436	0.498	0.534	0.579	0.641
114	0.288	0.323	0.368	0.429	0.489	0.525	0.569	0.630
115	0.283	0.318	0.362	0.421	0.481	0.516	0.560	0.620
116	0.278	0.313	0.356	0.415	0.473	0.508	0.551	0.609
117	0.274	0.308	0.350	0.408	0.466	0.499	0.542	0.600
118	0.270	0.303	0.345	0.402	0.458	0.492	0.534	0.590
119	0.266	0.298	0.340	0.396	0.451	0.484	0.525	0.581
120	0.262	0.294	0.334	0.390	0.445	0.477	0.518	0.573
121	0.258	0.290	0.330	0.384	0.438	0.470	0.510	0.564
122	0.254	0.285	0.325	0.378	0.432	0.463	0.503	0.556
123	0.251	0.281	0.320	0.373	0.426	0.457	0.496	0.548
124	0.247	0.278	0.316	0.368	0.420	0.450	0.489	0.541
125	0.244	0.274	0.312	0.363	0.414	0.444	0.482	0.534
126	0.240	0.270	0.307	0.358	0.409	0.438	0.476	0.527
127	0.237	0.267	0.303	0.354	0.404	0.433	0.470	0.520
128	0.234	0.263	0.300	0.349	0.398	0.427	0.464	0.513
129	0.231	0.260	0.296	0.345	0.393	0.422	0.458	0.507
130	0.229	0.257	0.292	0.340	0.389	0.417	0.452	0.500
131	0.226	0.254	0.289	0.336	0.384	0.412	0.447	0.494
132	0.223	0.251	0.285	0.332	0.379	0.407	0.441	0.488
133	0.220	0.248	0.282	0.328	0.375	0.402	0.436	0.483
134	0.218	0.245	0.279	0.325	0.370	0.397	0.431	0.477
135	0.215	0.242	0.275	0.321	0.366	0.393	0.426	0.472
136	0.213	0.239	0.272	0.317	0.362	0.388	0.422	0.466
137	0.211	0.237	0.269	0.314	0.358	0.384	0.417	0.461
138	0.208	0.234	0.266	0.310	0.354	0.380	0.412	0.456
139	0.206	0.232	0.264	0.307	0.351	0.376	0.408	0.451
140	0.204	0.229	0.261	0.304	0.347	0.372	0.404	0.447
141	0.202	0.227	0.258	0.301	0.343	0.368	0.400	0.442
142	0.200	0.224	0.256	0.298	0.340	0.364	0.395	0.438
143	0.198	0.222	0.253	0.295	0.336	0.361	0.391	0.433
144	0.196	0.220	0.250	0.292	0.333	0.357	0.388	0.429
145	0.194	0.218	0.248	0.289	0.330	0.354	0.384	0.425
146	0.192	0.216	0.246	0.286	0.327	0.350	0.380	0.421
147	0.190	0.214	0.243	0.283	0.324	0.347	0.377	0.417

表 B.1 (续)

t/min	P/a							
	2	3	5	10	20	30	50	100
148	0.189	0.212	0.241	0.281	0.320	0.344	0.373	0.413
149	0.187	0.210	0.239	0.278	0.318	0.341	0.370	0.409
150	0.185	0.208	0.237	0.276	0.315	0.337	0.366	0.405
151	0.183	0.206	0.235	0.273	0.312	0.334	0.363	0.402
152	0.182	0.204	0.232	0.271	0.309	0.331	0.360	0.398
153	0.180	0.202	0.230	0.268	0.306	0.329	0.357	0.395
154	0.179	0.201	0.228	0.266	0.304	0.326	0.353	0.391
155	0.177	0.199	0.226	0.264	0.301	0.323	0.350	0.388
156	0.176	0.197	0.225	0.262	0.299	0.320	0.347	0.384
157	0.174	0.196	0.223	0.259	0.296	0.318	0.345	0.381
158	0.173	0.194	0.221	0.257	0.294	0.315	0.342	0.378
159	0.171	0.192	0.219	0.255	0.291	0.312	0.339	0.375
160	0.170	0.191	0.217	0.253	0.289	0.310	0.336	0.372
161	0.169	0.189	0.216	0.251	0.287	0.307	0.334	0.369
162	0.167	0.188	0.214	0.249	0.284	0.305	0.331	0.366
163	0.166	0.186	0.212	0.247	0.282	0.303	0.328	0.363
164	0.165	0.185	0.211	0.245	0.280	0.300	0.326	0.361
165	0.163	0.184	0.209	0.243	0.278	0.298	0.323	0.358
166	0.162	0.182	0.207	0.242	0.276	0.296	0.321	0.355
167	0.161	0.181	0.206	0.240	0.274	0.294	0.319	0.352
168	0.160	0.180	0.204	0.238	0.272	0.291	0.316	0.350
169	0.159	0.178	0.203	0.236	0.270	0.289	0.314	0.347
170	0.157	0.177	0.201	0.235	0.268	0.287	0.312	0.345
171	0.156	0.176	0.200	0.233	0.266	0.285	0.309	0.342
172	0.155	0.174	0.199	0.231	0.264	0.283	0.307	0.340
173	0.154	0.173	0.197	0.230	0.262	0.281	0.305	0.338
174	0.153	0.172	0.196	0.228	0.260	0.279	0.303	0.335
175	0.152	0.171	0.194	0.226	0.259	0.277	0.301	0.333
176	0.151	0.170	0.193	0.225	0.257	0.275	0.299	0.331
177	0.150	0.169	0.192	0.223	0.255	0.274	0.297	0.328
178	0.149	0.167	0.191	0.222	0.253	0.272	0.295	0.326
179	0.148	0.166	0.189	0.221	0.252	0.270	0.293	0.324
180	0.147	0.165	0.188	0.219	0.250	0.268	0.291	0.322

附 录 C
(规范性附录)
长历时设计暴雨雨型成果图表 (t=24h)

图C. 1给出了长历时设计暴雨雨量分配比例图表内容；表C. 1给出了长历时设计暴雨雨型表内容。



图C. 1 长历时设计暴雨雨量分配比例图

表 C. 1 长历时设计暴雨雨型表 (t=24h) $i/(mm/5min)$

时段 5min	分配比例 %	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
1	0.042	0.061	0.069	0.078	0.091	0.104	0.112	0.121	0.134
2	0.063	0.092	0.103	0.118	0.137	0.156	0.168	0.182	0.201
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0.026	0.039	0.044	0.050	0.058	0.066	0.071	0.077	0.085
5	0.012	0.017	0.019	0.022	0.026	0.029	0.032	0.034	0.038
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0.033	0.048	0.054	0.061	0.071	0.082	0.088	0.095	0.105
8	0.054	0.079	0.088	0.101	0.117	0.134	0.143	0.156	0.172
9	0.563	0.827	0.929	1.057	1.232	1.406	1.508	1.636	1.811
10	0.543	0.798	0.896	1.020	1.188	1.357	1.455	1.579	1.747
11	0.126	0.185	0.208	0.237	0.276	0.315	0.338	0.366	0.405
12	0.032	0.046	0.052	0.059	0.069	0.079	0.085	0.092	0.102
13	0.065	0.096	0.107	0.122	0.142	0.163	0.174	0.189	0.209

表 C.1 (续)

时段 5min	分配比例 %	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
14	0.094	0.138	0.155	0.177	0.206	0.235	0.252	0.273	0.303
15	0.051	0.075	0.085	0.096	0.112	0.128	0.138	0.149	0.165
16	0.043	0.064	0.072	0.082	0.095	0.108	0.116	0.126	0.140
17	0.034	0.049	0.055	0.063	0.073	0.084	0.090	0.097	0.108
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0.043	0.063	0.070	0.080	0.093	0.106	0.114	0.124	0.137
20	0.010	0.015	0.016	0.019	0.022	0.025	0.026	0.029	0.032
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0.022	0.032	0.036	0.041	0.047	0.054	0.058	0.063	0.070
23	0.010	0.015	0.016	0.019	0.022	0.025	0.026	0.029	0.032
24	0.034	0.049	0.055	0.063	0.073	0.084	0.090	0.097	0.108
25	0.034	0.049	0.055	0.063	0.073	0.084	0.090	0.097	0.108
26	0.041	0.061	0.068	0.078	0.091	0.104	0.111	0.121	0.133
27	0.045	0.067	0.075	0.085	0.099	0.113	0.121	0.132	0.146
28	0.034	0.049	0.055	0.063	0.073	0.084	0.090	0.097	0.108
29	0.035	0.052	0.058	0.067	0.078	0.088	0.095	0.103	0.114
30	0.067	0.098	0.111	0.126	0.147	0.167	0.180	0.195	0.216
31	0.045	0.067	0.075	0.085	0.099	0.113	0.121	0.132	0.146
32	0.043	0.064	0.072	0.082	0.095	0.108	0.116	0.126	0.140
33	0.045	0.067	0.075	0.085	0.099	0.113	0.121	0.132	0.146
34	0.057	0.084	0.094	0.107	0.125	0.143	0.153	0.166	0.184
35	0.090	0.132	0.148	0.169	0.196	0.224	0.241	0.261	0.289
36	0.092	0.135	0.151	0.172	0.201	0.229	0.246	0.267	0.295
37	0.092	0.135	0.151	0.172	0.201	0.229	0.246	0.267	0.295
38	0.071	0.104	0.117	0.133	0.155	0.177	0.190	0.206	0.228
39	0.124	0.183	0.205	0.234	0.272	0.311	0.333	0.362	0.400
40	0.139	0.204	0.229	0.261	0.304	0.347	0.372	0.404	0.447
41	0.311	0.457	0.514	0.585	0.681	0.778	0.834	0.905	1.001
42	0.318	0.467	0.524	0.597	0.695	0.793	0.851	0.923	1.022
43	0.753	1.105	1.242	1.413	1.646	1.879	2.016	2.187	2.420
44	0.298	0.437	0.491	0.559	0.651	0.743	0.797	0.865	0.957
45	0.269	0.395	0.443	0.505	0.588	0.671	0.720	0.781	0.864
46	0.122	0.179	0.201	0.228	0.266	0.304	0.326	0.354	0.391
47	0.080	0.117	0.132	0.150	0.175	0.200	0.214	0.232	0.257
48	0.189	0.278	0.312	0.356	0.414	0.473	0.507	0.550	0.609
49	0.225	0.330	0.371	0.422	0.491	0.561	0.602	0.653	0.723
50	0.104	0.152	0.171	0.195	0.227	0.259	0.277	0.301	0.333
51	0.122	0.179	0.201	0.229	0.266	0.304	0.326	0.354	0.391

表 C.1 (续)

时段 5min	分配比例 %	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
52	0.175	0.257	0.289	0.329	0.383	0.437	0.469	0.509	0.563
53	0.101	0.148	0.166	0.189	0.220	0.252	0.270	0.293	0.324
54	0.047	0.069	0.078	0.089	0.103	0.118	0.127	0.137	0.152
55	0.104	0.152	0.171	0.194	0.226	0.259	0.277	0.301	0.333
56	0.225	0.331	0.372	0.423	0.493	0.562	0.603	0.654	0.724
57	0.203	0.298	0.335	0.381	0.444	0.507	0.544	0.590	0.653
58	0.210	0.308	0.346	0.394	0.459	0.524	0.562	0.610	0.675
59	0.400	0.587	0.659	0.751	0.874	0.998	1.070	1.161	1.285
60	0.366	0.538	0.604	0.688	0.801	0.914	0.981	1.064	1.177
61	0.201	0.295	0.331	0.377	0.439	0.501	0.538	0.584	0.646
62	0.201	0.295	0.331	0.377	0.439	0.501	0.538	0.584	0.646
63	0.177	0.260	0.292	0.333	0.388	0.442	0.474	0.515	0.570
64	0.128	0.188	0.211	0.240	0.280	0.320	0.343	0.372	0.412
65	0.095	0.139	0.156	0.177	0.207	0.236	0.253	0.275	0.304
66	0.071	0.104	0.117	0.133	0.155	0.177	0.190	0.206	0.228
67	0.071	0.104	0.117	0.133	0.155	0.177	0.190	0.206	0.228
68	0.057	0.084	0.094	0.107	0.125	0.143	0.153	0.166	0.184
69	0.140	0.206	0.231	0.263	0.306	0.349	0.375	0.407	0.450
70	0.087	0.128	0.143	0.163	0.190	0.217	0.233	0.252	0.279
71	0.826	1.213	1.362	1.550	1.806	2.062	2.211	2.399	2.655
72	0.454	0.666	0.748	0.851	0.992	1.132	1.214	1.318	1.458
73	0.063	0.093	0.104	0.119	0.138	0.158	0.169	0.184	0.203
74	0.057	0.084	0.094	0.107	0.125	0.143	0.153	0.166	0.184
75	0.117	0.171	0.192	0.219	0.255	0.291	0.312	0.339	0.375
76	0.135	0.198	0.222	0.253	0.294	0.336	0.360	0.391	0.432
77	0.083	0.122	0.137	0.156	0.182	0.207	0.222	0.241	0.267
78	0.118	0.174	0.195	0.222	0.259	0.296	0.317	0.344	0.381
79	0.163	0.239	0.269	0.306	0.357	0.407	0.437	0.474	0.524
80	0.145	0.213	0.239	0.272	0.317	0.362	0.388	0.421	0.466
81	0.312	0.459	0.515	0.586	0.683	0.780	0.836	0.908	1.004
82	0.175	0.257	0.288	0.328	0.382	0.437	0.468	0.508	0.562
83	0.194	0.285	0.320	0.365	0.425	0.485	0.520	0.564	0.624
84	0.430	0.632	0.710	0.808	0.942	1.075	1.153	1.251	1.384
85	0.331	0.486	0.546	0.622	0.725	0.827	0.887	0.963	1.065
86	0.339	0.498	0.559	0.637	0.742	0.846	0.908	0.985	1.090
87	0.206	0.302	0.340	0.387	0.450	0.514	0.551	0.598	0.662
88	0.251	0.369	0.414	0.472	0.549	0.627	0.672	0.730	0.807
89	0.886	1.301	1.461	1.663	1.938	2.212	2.372	2.574	2.848

表 C.1 (续)

时段 5min	分配比例 %	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
90	0.298	0.438	0.492	0.560	0.652	0.744	0.798	0.866	0.959
91	0.282	0.414	0.466	0.530	0.617	0.705	0.756	0.820	0.907
92	0.358	0.526	0.590	0.672	0.783	0.893	0.958	1.040	1.151
93	0.298	0.438	0.492	0.560	0.652	0.745	0.799	0.867	0.959
94	0.328	0.482	0.542	0.617	0.718	0.820	0.879	0.954	1.056
95	0.338	0.497	0.558	0.635	0.740	0.845	0.906	0.983	1.088
96	0.328	0.482	0.542	0.617	0.718	0.820	0.879	0.954	1.056
97	0.161	0.237	0.266	0.303	0.353	0.403	0.432	0.469	0.519
98	0.069	0.102	0.115	0.130	0.152	0.173	0.186	0.202	0.223
99	0.042	0.061	0.069	0.078	0.091	0.104	0.111	0.121	0.134
100	0.053	0.078	0.088	0.100	0.117	0.133	0.143	0.155	0.172
101	0.095	0.140	0.157	0.179	0.208	0.237	0.255	0.276	0.306
102	0.164	0.241	0.270	0.308	0.358	0.409	0.439	0.476	0.527
103	0.215	0.316	0.355	0.404	0.470	0.537	0.576	0.625	0.691
104	0.051	0.075	0.085	0.096	0.112	0.128	0.138	0.149	0.165
105	0.046	0.068	0.076	0.087	0.101	0.115	0.124	0.134	0.148
106	0.066	0.097	0.109	0.124	0.144	0.165	0.177	0.192	0.212
107	0.177	0.260	0.292	0.332	0.387	0.441	0.473	0.514	0.568
108	0.201	0.296	0.332	0.378	0.440	0.503	0.539	0.585	0.647
109	0.329	0.483	0.543	0.618	0.720	0.822	0.881	0.956	1.058
110	0.251	0.368	0.414	0.471	0.548	0.626	0.671	0.728	0.806
111	0.128	0.189	0.212	0.241	0.281	0.321	0.344	0.373	0.413
112	0.174	0.256	0.287	0.327	0.381	0.435	0.466	0.506	0.560
113	0.174	0.256	0.287	0.327	0.381	0.435	0.466	0.506	0.560
114	0.168	0.247	0.277	0.316	0.368	0.420	0.450	0.489	0.541
115	0.162	0.238	0.268	0.305	0.355	0.405	0.434	0.471	0.521
116	0.227	0.334	0.375	0.427	0.497	0.568	0.609	0.661	0.731
117	0.168	0.247	0.277	0.315	0.367	0.419	0.450	0.488	0.540
118	0.129	0.189	0.212	0.241	0.281	0.321	0.344	0.373	0.413
119	0.168	0.247	0.278	0.316	0.368	0.421	0.451	0.490	0.542
120	0.108	0.159	0.178	0.203	0.236	0.270	0.289	0.314	0.347
121	0.090	0.133	0.149	0.170	0.198	0.226	0.242	0.262	0.290
122	0.086	0.127	0.142	0.162	0.189	0.215	0.231	0.251	0.277
123	0.037	0.055	0.061	0.070	0.082	0.093	0.100	0.108	0.120
124	0.048	0.070	0.078	0.089	0.104	0.119	0.127	0.138	0.153
125	0.091	0.134	0.151	0.172	0.200	0.228	0.245	0.266	0.294
126	0.127	0.186	0.209	0.238	0.277	0.317	0.340	0.369	0.408
127	0.251	0.369	0.414	0.471	0.549	0.627	0.672	0.729	0.807

表 C.1 (续)

时段 5min	分配比例 %	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
128	0.224	0.329	0.370	0.421	0.491	0.560	0.601	0.652	0.721
129	0.387	0.568	0.638	0.726	0.846	0.965	1.035	1.124	1.243
130	0.369	0.542	0.609	0.693	0.808	0.922	0.989	1.073	1.187
131	0.153	0.225	0.253	0.288	0.335	0.382	0.410	0.445	0.492
132	0.342	0.503	0.565	0.643	0.748	0.854	0.916	0.994	1.100
133	0.407	0.598	0.672	0.765	0.891	1.017	1.090	1.183	1.309
134	0.411	0.603	0.678	0.771	0.898	1.026	1.100	1.194	1.321
135	0.290	0.425	0.478	0.544	0.633	0.723	0.775	0.841	0.931
136	0.297	0.436	0.490	0.557	0.649	0.741	0.795	0.862	0.954
137	0.278	0.408	0.458	0.521	0.607	0.693	0.743	0.806	0.892
138	0.275	0.404	0.454	0.517	0.602	0.688	0.738	0.800	0.886
139	0.247	0.363	0.407	0.464	0.540	0.617	0.661	0.718	0.794
140	0.350	0.514	0.577	0.657	0.765	0.873	0.937	1.016	1.125
141	0.300	0.441	0.495	0.564	0.656	0.749	0.804	0.872	0.965
142	0.361	0.530	0.596	0.678	0.790	0.902	0.967	1.049	1.161
143	0.251	0.368	0.414	0.471	0.549	0.626	0.672	0.729	0.806
144	0.377	0.553	0.621	0.707	0.824	0.940	1.008	1.094	1.211
145	0.135	0.198	0.223	0.254	0.295	0.337	0.362	0.392	0.434
146	0.097	0.142	0.159	0.181	0.211	0.241	0.259	0.281	0.311
147	0.100	0.147	0.165	0.188	0.219	0.250	0.268	0.291	0.322
148	0.067	0.099	0.111	0.126	0.147	0.168	0.180	0.195	0.216
149	0.127	0.187	0.210	0.239	0.278	0.317	0.340	0.369	0.409
150	0.093	0.136	0.153	0.174	0.203	0.231	0.248	0.269	0.298
151	0.150	0.220	0.247	0.282	0.328	0.375	0.402	0.436	0.482
152	0.127	0.186	0.209	0.238	0.278	0.317	0.340	0.369	0.408
153	0.165	0.242	0.271	0.309	0.360	0.411	0.441	0.478	0.529
154	0.207	0.305	0.342	0.390	0.454	0.518	0.555	0.603	0.667
155	0.200	0.293	0.330	0.375	0.437	0.499	0.535	0.581	0.642
156	0.167	0.245	0.275	0.313	0.365	0.416	0.447	0.485	0.536
157	0.312	0.458	0.515	0.586	0.682	0.779	0.835	0.907	1.003
158	0.317	0.466	0.523	0.596	0.694	0.792	0.849	0.922	1.020
159	0.351	0.516	0.579	0.659	0.768	0.877	0.940	1.021	1.129
160	0.482	0.708	0.796	0.906	1.055	1.204	1.292	1.402	1.551
161	0.247	0.362	0.407	0.463	0.539	0.616	0.660	0.717	0.793
162	0.483	0.709	0.796	0.906	1.056	1.205	1.293	1.403	1.552
163	0.384	0.564	0.634	0.721	0.840	0.959	1.029	1.116	1.235
164	0.350	0.513	0.577	0.656	0.764	0.873	0.936	1.016	1.124
165	0.356	0.522	0.587	0.668	0.778	0.888	0.952	1.033	1.143

表 C.1 (续)

时段 5min	分配比例 %	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
166	0.358	0.526	0.591	0.673	0.784	0.895	0.960	1.041	1.152
167	0.521	0.764	0.859	0.977	1.139	1.300	1.394	1.513	1.674
168	0.467	0.686	0.771	0.877	1.022	1.166	1.251	1.358	1.502
169	0.356	0.523	0.587	0.669	0.779	0.889	0.954	1.035	1.145
170	0.448	0.658	0.739	0.841	0.979	1.118	1.199	1.301	1.440
171	0.534	0.785	0.881	1.003	1.169	1.334	1.431	1.553	1.718
172	0.371	0.545	0.613	0.697	0.812	0.927	0.994	1.079	1.194
173	0.693	1.018	1.143	1.301	1.516	1.731	1.856	2.014	2.229
174	0.731	1.074	1.206	1.373	1.599	1.825	1.957	2.124	2.350
175	0.791	1.162	1.305	1.486	1.731	1.976	2.119	2.300	2.544
176	0.851	1.249	1.403	1.597	1.860	2.123	2.277	2.471	2.735
177	0.623	0.914	1.027	1.169	1.362	1.554	1.667	1.809	2.002
178	1.202	1.765	1.983	2.257	2.629	3.001	3.219	3.493	3.865
179	1.104	1.621	1.821	2.072	2.414	2.756	2.955	3.207	3.549
180	0.908	1.334	1.498	1.705	1.987	2.268	2.432	2.639	2.920
181	0.880	1.293	1.452	1.653	1.926	2.198	2.358	2.558	2.831
182	1.291	1.896	2.130	2.424	2.824	3.224	3.457	3.752	4.151
183	1.572	2.309	2.593	2.952	3.438	3.925	4.209	4.568	5.054
184	2.005	2.944	3.307	3.765	4.385	5.006	5.369	5.826	6.447
185	4.079	5.990	6.728	7.658	8.920	10.183	10.921	11.851	13.113
186	6.678	9.806	11.015	12.538	14.605	16.671	17.880	19.403	21.470
187	3.851	5.655	6.352	7.231	8.422	9.614	10.311	11.190	12.381
188	2.839	4.168	4.682	5.330	6.208	7.086	7.600	8.248	9.126
189	2.244	3.296	3.702	4.214	4.908	5.603	6.009	6.521	7.215
190	1.573	2.309	2.594	2.953	3.439	3.926	4.211	4.570	5.056
191	1.693	2.486	2.793	3.179	3.703	4.227	4.533	4.920	5.444
192	1.161	1.704	1.914	2.179	2.538	2.898	3.108	3.372	3.732
193	1.295	1.902	2.136	2.431	2.832	3.233	3.467	3.762	4.163
194	0.969	1.423	1.599	1.820	2.120	2.420	2.595	2.816	3.116
195	0.698	1.024	1.151	1.310	1.526	1.742	1.868	2.027	2.243
196	0.756	1.110	1.247	1.420	1.654	1.888	2.024	2.197	2.431
197	0.718	1.054	1.184	1.347	1.569	1.791	1.921	2.085	2.307
198	0.699	1.026	1.153	1.312	1.529	1.745	1.871	2.031	2.247
199	0.700	1.029	1.155	1.315	1.532	1.749	1.875	2.035	2.252
200	0.433	0.636	0.714	0.813	0.947	1.081	1.160	1.259	1.393
201	0.306	0.449	0.504	0.574	0.668	0.763	0.818	0.888	0.982
202	0.370	0.543	0.610	0.695	0.809	0.924	0.991	1.075	1.190
203	0.466	0.684	0.768	0.875	1.019	1.163	1.247	1.353	1.498

表 C.1 (续)

时段 5min	分配比例 %	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
204	0.429	0.630	0.708	0.806	0.938	1.071	1.149	1.247	1.380
205	0.609	0.894	1.004	1.143	1.332	1.520	1.630	1.769	1.958
206	0.779	1.145	1.286	1.463	1.705	1.946	2.087	2.265	2.506
207	0.782	1.148	1.290	1.468	1.710	1.952	2.094	2.272	2.514
208	0.654	0.960	1.079	1.228	1.430	1.633	1.751	1.900	2.102
209	0.446	0.654	0.735	0.837	0.974	1.112	1.193	1.295	1.432
210	0.644	0.946	1.063	1.210	1.409	1.609	1.726	1.873	2.072
211	0.400	0.587	0.659	0.751	0.874	0.998	1.071	1.162	1.285
212	0.455	0.668	0.750	0.854	0.995	1.135	1.218	1.321	1.462
213	0.415	0.610	0.685	0.780	0.908	1.037	1.112	1.207	1.335
214	0.453	0.665	0.747	0.851	0.991	1.131	1.213	1.316	1.457
215	0.490	0.719	0.808	0.919	1.071	1.222	1.311	1.423	1.574
216	0.474	0.696	0.782	0.890	1.037	1.183	1.269	1.377	1.524
217	0.391	0.575	0.646	0.735	0.856	0.977	1.048	1.137	1.258
218	0.371	0.545	0.612	0.697	0.812	0.926	0.994	1.078	1.193
219	0.390	0.572	0.643	0.732	0.853	0.973	1.044	1.133	1.253
220	0.405	0.595	0.668	0.760	0.886	1.011	1.084	1.176	1.302
221	0.347	0.510	0.572	0.652	0.759	0.866	0.929	1.008	1.116
222	0.274	0.403	0.452	0.515	0.600	0.685	0.734	0.797	0.882
223	0.164	0.240	0.270	0.307	0.358	0.408	0.438	0.475	0.526
224	0.268	0.394	0.442	0.504	0.586	0.669	0.718	0.779	0.862
225	0.268	0.394	0.442	0.504	0.587	0.670	0.718	0.779	0.862
226	0.345	0.506	0.569	0.647	0.754	0.861	0.923	1.002	1.108
227	0.334	0.490	0.550	0.626	0.730	0.833	0.893	0.969	1.073
228	0.541	0.794	0.892	1.015	1.182	1.350	1.448	1.571	1.738
229	0.514	0.755	0.848	0.966	1.125	1.284	1.377	1.494	1.654
230	0.344	0.506	0.568	0.647	0.753	0.860	0.922	1.001	1.107
231	0.139	0.204	0.229	0.261	0.304	0.347	0.372	0.404	0.447
232	0.116	0.170	0.191	0.217	0.253	0.289	0.309	0.336	0.372
233	0.177	0.259	0.291	0.332	0.386	0.441	0.473	0.513	0.568
234	0.272	0.400	0.449	0.511	0.596	0.680	0.729	0.791	0.876
235	0.263	0.386	0.434	0.494	0.575	0.657	0.704	0.764	0.846
236	0.462	0.678	0.762	0.867	1.010	1.153	1.236	1.342	1.484
237	0.481	0.706	0.793	0.902	1.051	1.200	1.287	1.397	1.545
238	0.393	0.576	0.648	0.737	0.859	0.980	1.051	1.141	1.262
239	0.253	0.372	0.418	0.476	0.554	0.632	0.678	0.736	0.814
240	0.176	0.258	0.290	0.330	0.385	0.439	0.471	0.511	0.566
241	0.144	0.211	0.237	0.270	0.315	0.359	0.385	0.418	0.463

表 C.1 (续)

时段 5min	分配比例 %	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
242	0.267	0.393	0.441	0.502	0.585	0.667	0.716	0.777	0.860
243	0.382	0.561	0.630	0.717	0.835	0.953	1.022	1.109	1.227
244	0.273	0.401	0.450	0.512	0.597	0.681	0.730	0.793	0.877
245	0.149	0.219	0.246	0.280	0.327	0.373	0.400	0.434	0.480
246	0.341	0.501	0.562	0.640	0.746	0.851	0.913	0.990	1.096
247	0.348	0.511	0.574	0.654	0.761	0.869	0.932	1.012	1.119
248	0.386	0.567	0.636	0.724	0.844	0.963	1.033	1.121	1.241
249	0.353	0.519	0.583	0.663	0.773	0.882	0.946	1.027	1.136
250	0.241	0.353	0.397	0.452	0.526	0.601	0.644	0.699	0.773
251	0.134	0.197	0.221	0.251	0.293	0.334	0.358	0.389	0.430
252	0.106	0.156	0.175	0.199	0.232	0.265	0.284	0.309	0.342
253	0.242	0.355	0.399	0.454	0.529	0.604	0.648	0.703	0.778
254	0.339	0.498	0.559	0.637	0.742	0.847	0.908	0.986	1.091
255	0.262	0.384	0.431	0.491	0.572	0.653	0.700	0.760	0.841
256	0.286	0.420	0.472	0.537	0.625	0.714	0.766	0.831	0.919
257	0.099	0.146	0.164	0.187	0.217	0.248	0.266	0.289	0.320
258	0.183	0.268	0.301	0.343	0.400	0.456	0.489	0.531	0.587
259	0.294	0.432	0.485	0.552	0.644	0.735	0.788	0.855	0.946
260	0.226	0.331	0.372	0.424	0.494	0.563	0.604	0.656	0.726
261	0.119	0.175	0.197	0.224	0.261	0.298	0.320	0.347	0.384
262	0.166	0.243	0.273	0.311	0.363	0.414	0.444	0.482	0.533
263	0.087	0.127	0.143	0.163	0.189	0.216	0.232	0.252	0.278
264	0.115	0.168	0.189	0.215	0.251	0.286	0.307	0.333	0.369
265	0.057	0.084	0.094	0.107	0.125	0.142	0.153	0.166	0.183
266	0.022	0.033	0.037	0.042	0.049	0.056	0.060	0.065	0.072
267	0.051	0.075	0.084	0.095	0.111	0.127	0.136	0.148	0.163
268	0.041	0.061	0.068	0.077	0.090	0.103	0.110	0.120	0.133
269	0.047	0.068	0.077	0.088	0.102	0.116	0.125	0.135	0.150
270	0.047	0.070	0.078	0.089	0.104	0.118	0.127	0.138	0.153
271	0.081	0.119	0.134	0.153	0.178	0.203	0.218	0.236	0.261
272	0.070	0.103	0.115	0.131	0.153	0.175	0.187	0.203	0.225
273	0.082	0.121	0.136	0.155	0.180	0.206	0.221	0.239	0.265
274	0.042	0.061	0.069	0.078	0.091	0.104	0.111	0.121	0.134
275	0.043	0.063	0.070	0.080	0.093	0.106	0.114	0.124	0.137
276	0.084	0.123	0.138	0.157	0.183	0.209	0.224	0.243	0.269
277	0.052	0.076	0.085	0.097	0.113	0.129	0.138	0.150	0.166
278	0.048	0.071	0.079	0.090	0.105	0.120	0.129	0.140	0.155
279	0.066	0.097	0.109	0.124	0.145	0.165	0.177	0.192	0.213

表 C.1 （续）

时段 5min	分配比例 %	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
280	0.080	0.118	0.132	0.150	0.175	0.200	0.214	0.232	0.257
281	0.062	0.090	0.102	0.116	0.135	0.154	0.165	0.179	0.198
282	0.119	0.174	0.196	0.223	0.260	0.296	0.318	0.345	0.382
283	0.073	0.108	0.121	0.138	0.160	0.183	0.196	0.213	0.236
284	0.073	0.107	0.120	0.137	0.159	0.182	0.195	0.212	0.234
285	0.087	0.128	0.144	0.164	0.191	0.218	0.234	0.254	0.281
286	0.176	0.258	0.290	0.330	0.384	0.438	0.470	0.510	0.564
287	0.130	0.191	0.215	0.245	0.285	0.325	0.349	0.378	0.419
288	0.063	0.092	0.104	0.118	0.138	0.157	0.168	0.183	0.202

武汉市暴雨强度公式及设计暴雨雨型

条文说明

目 次

1 范围 23

3 术语和定义 23

5 暴雨强度公式 23

6 设计暴雨雨型 30

1 范围

结合由武汉市气象局组织，湖北省气象服务中心编制完成的《武汉市暴雨强度公式编制技术报告》中关于武汉市降雨规律的结论：“武汉市中心城区降雨规律差异性较小，而新城区与中心城区存在一定差异。”同时考虑到武汉市国家基本气象观测站只有一处，武汉市建成区多位于中心城区内，将本标准的适用范围确定为中心城区，中心城区以外的区域可参考使用本标准成果或另行研究。

3 术语和定义

3.8-3.9 关于短历时和长历时降雨定义的说明。

不同降雨历时的设计暴雨雨型推求方法及使用需求不同，长历时设计暴雨雨型多用于城镇内涝防治设施规模设计与校核，短历时设计暴雨雨型多用于排水管渠规模设计与校核。《城镇内涝防治技术规范》（GB51222-2017）3.3.4 规定：“当缺乏设计雨型资料时，可采用附近地区的资料，选取当地具有代表性的一场降雨历程，采用同倍比放大法或同频率放大法确定设计雨型。当设计降雨历时小于 3h 时，可根据暴雨强度公式人工合成雨型。”因此需要对长、短历时降雨进行规定。

《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016 年版）3.2.3 规定：“具有 20 年以上自动雨量记录的地区，排水系统设计暴雨强度公式应采用年最大值法。”同时该规范附录 A 规定：“采用年最大值法取样的设计降雨历时采用 5min、10min、15min、20min、30min、45min、60min、90min、120min、150min、180min 共十一个历时。”因此本标准规定，降雨历时不大于 3h 的降雨为短历时降雨。

《城镇内涝防治技术规范》（GB51222-2017）3.3.3 规定：“进行城镇内涝防治设施设计时，降雨历时应根据设施的服务面积确定，可采用 3h~24h。”武汉市中心城区排涝标准均以一日暴雨一日排完计，因此本标准规定，降雨历时大于 3h 且不大于 24h 的降雨为长历时降雨。

5 暴雨强度公式

5.1 关于暴雨强度公式推求过程及与现用成果对比的说明。

（1）站点及样本系列

武汉市仅有一处国家基本气象站，站号为 57494，位于武汉市东西湖区（东经 114.03°，北纬 30.36°），该站最早位于汉口王家墩机场，之后站址历经多次迁移，迁站信息如表 1 所示。本标准采用该国家基本气象观测站 30 年数据（1987-2016 年）进行暴雨强度公式的推求，满足《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016 年版）和《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》（《住房城乡建设部、中国气象局关于做好暴雨强度公式修订有关工作的通知（建城[2014]66 号）》）对样本年限的要求。

表 1 武汉国家基本气象站站址迁移情况表

序号	迁站时间	站址	经度	纬度	海拔高度 m
1	1949. 09. 12	汉口王家墩机场	114° 17' E	30° 25' N	23. 6
2	1952. 01. 01	汉口赵家条 231 号	114° 17' E	30° 25' N	23. 2
3	1953. 10. 01	汉口赵家条 231 号	114° 17' E	30° 25' N	23. 0
4	1954. 01. 01	汉口赵家条 231 号	114° 17' E	30° 38' N	23. 0
5	1960. 01. 01	武汉市东西湖吴家山	114° 04' E	30° 38' N	22. 8
6	1964. 01. 01	东西湖吴家山三支沟	114° 04' E	30° 38' N	23. 3
7	1981. 01. 01	东西湖吴家山三支沟	114° 08' E	30° 37' N	23. 3
8	1994. 01. 01	东西湖吴家山三支沟	114° 08' E	30° 37' N	23. 1
9	2010. 01. 01	东西湖吴家山三支沟	114° 03' E	30° 36' N	23. 6

(2) 选样方法

根据年最大值法进行滑动选样。对于历时 1、2、3h 暴雨雨型样本的选取，降雨场次过程选择间隔时间为 2h；对于历时 4、6、12、24h 样本的选取，降雨场次过程选择间隔时间为 12h。选样结果如表 2 所示。

表 2 年最大值法选样结果

降雨量: mm

年份	t/min														
	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360	720	1440
1987	9.1	16.1	21.4	26.0	28.5	32.5	36.0	41.9	45.1	46.2	47.5	50.9	56.4	78.7	140.6
1988	14.7	27.6	38.0	44.5	48.6	50.0	50.2	50.9	52.7	54.7	56.4	72.9	102.6	117.4	123.8
1989	7.6	11.2	16.0	21.0	27.2	33.4	35.5	45.1	57.7	63.5	68.2	77.1	87.5	110.7	112.9
1990	8.8	16.3	23.2	29.9	43.7	52.0	53.0	55.4	56.7	56.7	56.7	56.7	58.4	85.2	120.5
1991	11.9	17.9	19.6	22.4	26.8	30.8	36.3	48.3	51.3	62.2	65.9	73.5	87.4	165.6	228.6
1992	14.6	22.2	27.8	31.8	35.7	42.9	44.0	59.3	75.2	75.2	75.2	75.2	93.3	102.3	110.6
1993	8.4	11.6	16.9	20.9	30.7	34.1	37.3	43.6	49.8	56.1	60.9	68.4	76.8	112.4	124.3
1994	9.3	17.7	24.4	29.8	35.2	38.9	40.2	41.1	42.8	44.8	47.4	53.7	54.1	75.2	83.7
1995	9.5	13.5	18.0	23.3	29.2	32.9	35.9	42.0	51.8	55.2	62.6	69.6	87.8	91.2	111.7
1996	6.2	10.5	13.7	17.0	23.4	31.8	41.6	56.5	68.3	73.6	76.0	83.8	87.4	106.7	118.1
1997	9.0	16.5	20.9	23.5	24.5	24.6	26.3	28.6	31.0	33.1	37.3	48.4	70.7	105.4	144.3
1998	13.2	22.8	33.6	44.7	63.2	82.9	97.2	121.5	142.0	149.7	159.5	171.4	205.8	274.6	290.3
1999	9.8	18.0	22.6	24.5	25.9	27.4	32.2	40.0	46.6	54.8	62.6	69.7	101.1	108.8	140.5
2000	12.8	23.8	28.3	30.8	37.1	40.2	50.5	61.2	64.0	64.3	64.5	64.5	64.5	88.9	125.1
2001	7.8	12.6	16.8	18.3	19.3	23.5	28.8	39.5	46.4	57.1	70.0	74.4	94.6	99.5	99.5
2002	11.4	21.1	27.7	31.8	37.3	41.1	42.9	49.3	53.3	62.3	67.5	72.2	73.1	81.6	93.7
2003	8.7	15.7	22.7	30.1	41.1	53.0	58.4	69.8	75.0	81.3	88.4	92.5	100.0	104.5	104.6
2004	10.2	17.3	20.5	23.1	27.6	33.6	37.6	56.5	65.1	72.5	83.0	89.8	92.0	126.2	206.7
2005	10.7	17.3	22.2	25.1	27.9	32.3	35.5	42.2	44.2	46.2	46.5	60.6	78.9	106.4	106.4
2006	19.4	25.4	27.5	28.3	37.1	42.1	43.5	65.3	67.0	67.0	67.0	67.0	67.0	101.2	117.1
2007	8.4	13.2	16.1	17.8	19.2	21.2	23.2	26.3	29.7	30.3	38.3	45.1	49.6	55.9	67.2
2008	11.6	21.9	29.8	34.6	40.5	50.6	64.2	77.1	86.9	90.6	91.4	92.1	92.1	94.7	153.1
2009	9.2	14.7	17.7	18.5	19.2	19.9	30.2	35.8	38.9	45.1	54.3	71.5	95.8	117.3	153.8
2010	11.3	20.4	22.6	22.8	27.8	34.8	46.6	53.5	54.5	59.9	60.1	61.3	64.5	81.5	116.5
2011	14.0	23.8	30.3	34.3	41.2	42.4	43.5	53.9	69.7	81.3	93.5	120.2	155.8	189.4	193.4
2012	10.9	18.1	22.5	26.9	29.9	38.9	46.0	48.7	57.1	79.3	86.8	108.5	140.3	155.7	171.3
2013	11.3	19.0	27.0	33.8	35.8	43.2	57.6	73.9	80.4	86.9	94.2	99.1	112.0	173.1	192.9
2014	8.2	12.6	16.1	17.4	18.4	25.8	27.2	31.6	33.0	37.1	40.2	42.3	46.2	63.1	81.9
2015	11.7	18.6	21.1	24.4	27.5	31.6	39.8	59.4	71.6	80.2	85.0	103.6	124.8	161.2	166.3
2016	11.1	20.9	28.4	35.1	47.4	69.8	87.1	117.2	132.6	140.1	150.1	165.9	173.5	207.0	245.9

(3) 理论频率曲线适线拟合过程

分别采用皮尔逊Ⅲ型分布、指数分布、耿贝尔分布曲线适线,得到分布曲线拟合误差见表3,从该表中可以看出,误差值差距不大,考虑到指数分布多适用于年多个样法,耿贝尔分布是皮尔逊Ⅲ型分布的特例,以及考虑到目前水文气象和工程实际需求多采用皮尔逊Ⅲ型分布曲线拟合,本标准选择皮尔逊Ⅲ型方法。皮尔逊Ⅲ型分布曲线适线结果见表4、图1所示,根据适线结果计算的暴雨强度、重现期、降雨历时关系如表5所示。

表3 皮尔逊Ⅲ型分布、指数分布、耿贝尔分布曲线拟合精度

t/min	比较内容					
	皮尔逊Ⅲ型分布		指数分布		耿贝尔分布	
	相对误差 %	绝对误差 mm/min	相对误差 %	绝对误差 mm/min	相对误差 %	绝对误差 mm/min
5	3.993	0.118	5.976	0.112	4.119	0.119
10	3.727	0.067	8.628	0.141	5.992	0.087
15	4.096	0.065	6.818	0.097	4.786	0.072
20	3.682	0.057	6.321	0.085	4.600	0.072
30	4.938	0.059	7.645	0.071	5.734	0.068
45	5.663	0.073	7.568	0.062	5.476	0.077
60	6.257	0.078	7.210	0.058	6.610	0.079
90	7.284	0.075	9.203	0.063	7.482	0.076
120	7.528	0.066	9.632	0.056	7.736	0.067
150	8.027	0.052	10.550	0.049	7.203	0.054
180	7.220	0.045	9.049	0.042	7.233	0.048
240	6.795	0.032	7.111	0.027	7.005	0.037
360	5.831	0.021	7.220	0.017	6.466	0.025
720	7.319	0.016	7.923	0.012	8.529	0.018
1440	5.483	0.005	7.115	0.004	5.941	0.008

表4 皮尔逊Ⅲ型曲线适线参数表

t/min	离差系数 C_v	偏差系数 C_s	暴雨强度 mm/min	相对误差 %	绝对误差 mm/min
5	0.25	0.89	2.14	3.993	0.118
10	0.28	0.98	1.79	3.727	0.067
15	0.30	1.05	1.54	4.096	0.065
20	0.30	1.05	1.35	3.682	0.057
30	0.33	1.15	1.09	4.938	0.059
45	0.35	1.24	0.86	5.663	0.073
60	0.35	1.24	0.74	6.257	0.078
90	0.38	1.32	0.61	7.284	0.075
120	0.39	1.37	0.51	7.528	0.066
150	0.39	1.38	0.45	8.027	0.052
180	0.39	1.38	0.40	7.220	0.045
240	0.40	1.40	0.33	6.795	0.032
360	0.40	1.40	0.26	5.831	0.021
720	0.40	1.40	0.16	7.319	0.016
1440	0.41	1.43	0.10	5.483	0.005

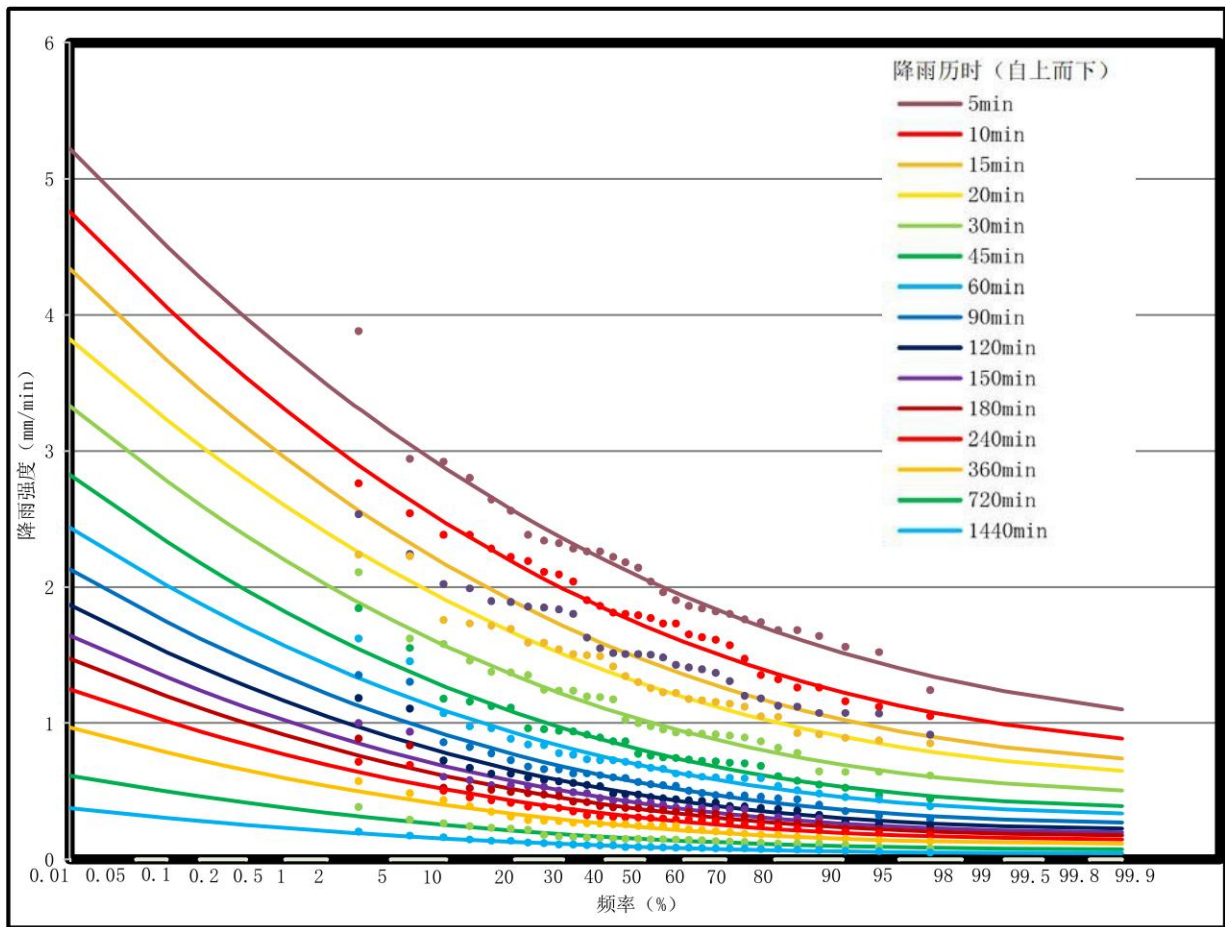


图 1 皮尔逊Ⅲ型分布曲线拟合雨强频率图

表 5 皮尔逊Ⅲ型分布曲线：暴雨强度-重现期-降雨历时关系表 暴雨强度：mm/min

t/min	P/a							
	2	3	5	10	20	30	50	100
5	2.060	2.299	2.556	2.863	3.143	3.299	3.488	3.735
10	1.714	1.935	2.176	2.467	2.734	2.884	3.066	3.305
15	1.462	1.665	1.888	2.160	2.411	2.552	2.724	2.950
20	1.284	1.463	1.660	1.899	2.121	2.245	2.397	2.597
30	1.019	1.175	1.349	1.564	1.764	1.876	2.015	2.198
45	0.797	0.929	1.078	1.264	1.438	1.537	1.658	1.819
60	0.685	0.799	0.928	1.088	1.239	1.324	1.429	1.568
90	0.557	0.656	0.769	0.911	1.046	1.122	1.217	1.342
120	0.467	0.554	0.653	0.779	0.898	0.966	1.050	1.162
150	0.407	0.483	0.571	0.681	0.787	0.846	0.921	1.019
180	0.364	0.433	0.511	0.610	0.704	0.758	0.824	0.913
240	0.304	0.361	0.428	0.512	0.592	0.638	0.695	0.770
360	0.235	0.280	0.332	0.397	0.459	0.495	0.539	0.597

表 5 皮尔逊Ⅲ型分布曲线：暴雨强度-重现期-降雨历时关系表 暴雨强度：mm/min

t/min	P/a							
	2	3	5	10	20	30	50	100
720	0.149	0.178	0.210	0.252	0.291	0.314	0.341	0.378
1440	0.089	0.106	0.126	0.152	0.176	0.190	0.207	0.230

(4) 暴雨强度公式拟合

暴雨强度公式拟合采用最小二乘法，拟合精度为：2-20a 重现期绝对均方差为 0.043mm/min，相对均方差为 4.5%。

(5) 与现用标准的对比

现用短历时暴雨强度公式为《武汉市排水防涝系统-规划设计标准研究报告》（由武汉市水务局、武汉市自然资源和规划局组织，武汉市规划院于 2014 年编制完成）中的成果，如下所示（单位为 $L/(s \cdot hm^2)$ ）：

$$q = \begin{cases} \frac{885(1+1.58\lg P)}{(t+6.37)^{0.604}}, 0.5a \leq P < 10a \\ \frac{577(1+0.96\lg P)}{(t+2.26)^{0.432}}, 10a \leq P < 50a \\ \frac{1057}{(t-0.57)^{0.317}}, P = 100a \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

现用长历时设计降雨量为《武汉市排水防涝系统-规划设计标准研究报告》中的成果，该成果根据湖北省水利厅 2002 年完成的《湖北省暴雨统计参数图集》，对吴家山站的记录数据进行整理和插值得来。

现用长历时设计降雨量如表 6 所示。

表 6 现用长历时设计降雨量

P/a	2	5	10	20	30	50	100
h/mm	103.7	162.3	204.9	247.1	265.7	302.8	344.2

本标准与现用标准设计降雨量比较如表 7 所示，对于常用的低重现期短历时设计降雨量($2a \leq P \leq 5a$, $t \leq 180min$)，本标准取值大多大于现用标准取值，最大差值比为 19.29%，；对于常用的高重现期长历时设计降雨量（ $10a \leq P \leq 100a$, $t=1440min$ ），最大差值比为 6.73%。

表7 本标准设计降雨量与现用设计降雨量比较表

比较内容	t/min	P/a							
		2	3	5	10	20	30	50	100
现用标准 h/mm	5	9.02	10.72	12.87	14.41	16.53	17.78	19.34	19.78
	10	14.48	17.21	20.65	22.98	26.37	28.35	30.85	31.14
	15	18.49	21.98	26.37	29.74	34.12	36.68	39.92	40.82
	20	21.71	25.81	30.97	35.52	40.76	43.82	47.68	49.52
	30	26.82	31.88	38.25	45.39	52.08	56.00	60.93	65.12
	45	32.66	38.82	46.58	57.73	66.24	71.22	77.50	85.73
	60	37.30	44.34	53.20	68.33	78.41	84.30	91.73	104.24
	90	44.67	53.09	63.70	86.48	99.24	106.70	116.09	137.36
	120	50.57	60.10	72.11	102.11	117.16	125.97	137.06	167.09
	150	55.58	66.06	79.26	116.09	133.21	143.22	155.83	194.55
	180	59.98	71.29	85.54	128.90	147.90	159.02	173.02	220.30
	1440	103.70	/	162.30	204.90	247.10	265.70	302.80	344.20
本标准 h/mm	5	9.81	11.02	12.54	14.60	16.67	17.88	19.40	21.47
	10	16.44	18.46	21.01	24.48	27.94	29.97	32.52	35.98
	15	21.45	24.10	27.43	31.95	36.47	39.11	42.44	46.96
	20	25.50	28.64	32.60	37.98	43.35	46.49	50.45	55.83
	30	31.86	35.79	40.73	47.45	54.16	58.09	63.04	69.75
	45	38.96	43.77	49.82	58.03	66.24	71.04	77.10	85.31
	60	44.47	49.95	56.85	66.22	75.59	81.08	87.98	97.35
	90	52.93	59.45	67.67	78.83	89.98	96.50	104.72	115.88
	120	59.49	66.82	76.06	88.60	101.14	108.47	117.71	130.25
	150	64.94	72.95	83.03	96.72	110.40	118.41	128.50	142.18
	180	69.65	78.24	89.06	103.73	118.41	127.00	137.82	152.50
	1440	146.85	164.95	187.76	218.70	249.65	267.75	290.56	321.51
差值比 (本标准-现用) /现用 (%)	5	8.76	2.80	-2.56	1.32	0.85	0.56	0.31	8.54
	10	13.54	7.26	1.74	6.53	5.95	5.71	5.41	15.54
	15	16.01	9.65	4.02	7.43	6.89	6.62	6.31	15.04
	20	17.46	10.96	5.26	6.93	6.35	6.09	5.81	12.74
	30	18.79	12.26	6.48	4.54	3.99	3.73	3.46	7.11
	45	19.29	12.75	6.96	0.52	0.00	-0.25	-0.52	-0.49
	60	19.22	12.65	6.86	-3.09	-3.60	-3.82	-4.09	-6.61
	90	18.49	11.98	6.23	-8.85	-9.33	-9.56	-9.79	-15.64
	120	17.64	11.18	5.48	-13.23	-13.67	-13.89	-14.12	-22.05
	150	16.84	10.43	4.76	-16.69	-17.12	-17.32	-17.54	-26.92
	180	16.12	9.75	4.12	-19.53	-19.94	-20.14	-20.34	-30.78
	1440	41.66	/	15.71	6.73	1.05	0.79	-4.03	-6.60

6 设计暴雨雨型

6.1 关于短历时设计暴雨雨型推求过程的说明。

(1) 芝加哥法设计暴雨雨型瞬时暴雨强度推求公式如下所示：

$$i(t_b) = \frac{9.686(1 + 0.887 \lg P) \left[\frac{(1 - 0.658)t_b}{r} + 11.23 \right]}{\left(\frac{t_b}{r} + 11.23 \right)^{1.658}} \dots\dots\dots (2)$$

$$i(t_a) = \frac{9.686(1 + 0.887 \lg P) \left[\frac{(1 - 0.658)t_a}{1 - r} + 11.23 \right]}{\left(\frac{t_a}{1 - r} + 11.23 \right)^{1.658}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $i(t_b)$ —峰前的瞬时暴雨强度，mm/min；
- t_b — $i(t_b)$ 相应的降雨历时，min；
- $i(t_a)$ —峰后的瞬时暴雨强度，mm/min；
- t_a — $i(t_a)$ 相应的降雨历时，min；
- r —综合雨峰位置系数。

(2) 样本选取

选用武汉市国家基本气象观测站（站号 57494）30 年降雨数据（1987-2016 年）进行短历时设计暴雨雨型的雨峰位置系数推求。选样采用超定量法：利用暴雨强度公式计算的 2 年重现期设计降雨量作为阈值，选取大于该阈值的降雨样本。各降雨历时选样的阈值及降雨样本数量见表 8。

表 8 不同降雨历时样本选取阈值表

t/min	降雨量阈值 mm	降雨样本数量
30	31.86	20
60	44.47	21
90	52.93	21
120	59.49	17
150	64.94	18
180	69.65	16

(3) 计算综合雨峰位置系数

根据设定的阈值选取样本后，对每场降雨样本的雨峰位置系数进行统计计算，最后进行降雨历时与雨峰位置系数的加权计算，求出综合雨峰位置系数。综合雨峰位置系数计算如表 9 所示。

表 9 短历时设计暴雨雨型综合雨峰位置系数计算表

t/min	雨峰位置系数	综合雨峰位置系数
30	0.43	0.39
60	0.44	
90	0.41	
120	0.36	
150	0.37	
180	0.41	

6.2 关于长历时设计暴雨雨型相关说明及与现用成果对比的说明。

(1) 样本选取的说明

选用武汉市国家基本气象观测站（站号 57494）30 年降雨数据（1987-2016 年）进行长历时设计暴雨雨型推求。

长历时雨型推求所用样本的选取原则为：降雨时长不小于 24 小时，总降雨量与小时最大降雨量均较大。挑选的降雨样本如表 10 所示。

表 10 长历时设计暴雨雨型推求选取 10 场降雨样本一览表

样本号	开始时间	降雨时长 min	场降雨量 mm	小时内最大降雨量 mm
1	199807210357	3836	462.19	96.91
2	199407112011	9098	273.44	40.10
3	201607050520	2398	251.19	43.20
4	201307051526	2555	228.00	39.90
5	201207121057	2703	226.60	37.20
6	201606190124	3493	205.00	86.80
7	201106171145	2224	194.40	41.10
8	201306060930	1453	193.00	56.70
9	201507221621	1599	167.30	39.80
10	200805030022	1542	153.19	64.20

(2) 最大雨峰位置的说明

降雨最大小时段沿用现用小时雨峰位置，取第 16 小时为降雨最大小时段进行长历时雨型推求，降雨最大值出现在第 930 分钟，对应的位置系数为 0.65。

(3) 小时分配比例的说明

将附录 C 中长历时设计暴雨雨型转化为小时分配比例，如表 11 所示。

表 11 长历时设计暴雨小时雨量分配比例表

时段 (小时)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
比例 (%)	1.49	0.41	0.63	2.77	2.28	2.51	1.99	4.24	1.34	2.19	2.21	3.84
时段 (小时)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
比例 (%)	1.63	4.63	8.61	29.87	7.84	6.60	4.10	3.59	3.12	2.42	0.67	1.03

(4) 3-24h 雨型的说明

24h 的长历时设计暴雨雨型见附录 C，对于 3-24h 之间的雨型，先从表 11 中截取相应历时最大降雨段（小时计），然后在附录 C 中选出对应时段的降雨过程（5min 计），例如需要 6h 设计暴雨雨型，先从表 11 中找出所需 6h 最大降雨过程为第 14 时至第 19 时，再从附表 C.1 中选出对应时间段的降雨过程，即第 157-228 时段为所需 6h 设计暴雨雨型。

(5) 与现用标准比较

现用长历时设计雨型为《武汉市排水防涝系统-规划设计标准研究报告》中的成果，为 24 小时的逐小时雨型分配，为单峰雨型，峰现小时段为第 16 时，此次新编的长历时雨型为逐 5 分钟雨型分配，最大小时段雨峰位置沿用现用的第 16 时。将本标准长历时雨型转化为小时段分配比例后，与现用标准小时段的雨量分配比例进行比较，如图 3 所示。现用最大小时雨量比例为 38.9%，本标准为 29.87%。

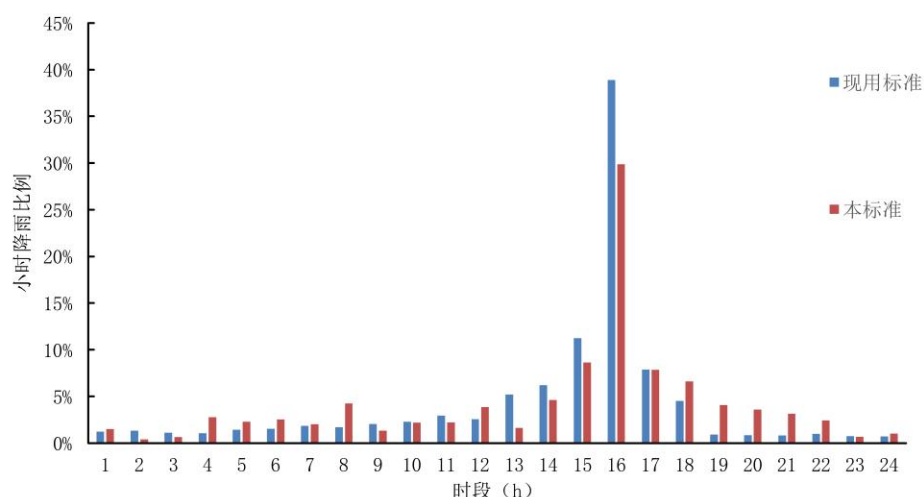


图2 本标准与现用标准长历时暴雨雨量分配比例对照图