·标准规范交流园地·

《建筑与小区雨水利用工程技术规范》部分内容的确定

赵世明　赵　锂　王耀堂　杨　澎　刘　鹏　朱跃云

（中国建筑设计研究院，北京　100044）

摘要　概要介绍了《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(GB 50400—2006)中一些主要内容及其确定的技术依据。主要包括雨水利用的方式与选择，雨水利用设施建设规模的确定，回用雨水的水质标准，雨水回用与中水系统的关系，雨水利用工程的适用条件，水质处理工艺的选择与确定，汇水面径流系数的确定，地下建筑顶部覆土层的入渗，根据降雨强度公式计算径流水量和屋面雨水收集系统。

关键词　城市雨水利用　技术规范　收集　入渗　处理回用

《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(GB 50400—2006，以下简称“规范”)已于2006年11月出版发行，并将于2007年4月1日施行。该“规范”涉及的建筑与小区占据着城区近70%的面积[1]，并且是城市排水系统的起端，因此建筑与小区雨水利用是城市雨水利用工程的主要部分，并决定着城市雨水利用的效果。城市雨水利用在我国是新兴的领域，新规范的起点水平将对这个领域的技术发展造成长期影响，因此规范编制中遇到的技术问题都经过了仔细的寻证。由于篇幅的限制，本文只对其中的部分问题概要罗列，暂不展开论述。

1　雨水利用的方式与选择

雨水利用规定了三种方式：土壤入渗、收集回用和调蓄排放。其中调蓄排放系统的功能主要是减轻城市洪涝，符合“规范”总则的要求，因此推荐了其适用场所：为削减城市洪峰或要求场地的雨水迅速排干时，宜采用调蓄排放系统。三种方式都已在国际上应用多年，属成熟技术。

雨水利用方式选择的基本思路是：地面雨水采用入渗，屋面雨水采用入渗还是收集回用由技术经济比较决定。地面雨水采用入渗而不收集回用的主要理由如下：第一，地面特别是路面雨水污染较重，COD和SS等主要指标比屋面雨水成倍增高[2]；第二，地面特别是绿地雨水收集效率(径流系数)低，仅约为屋面雨水的1/4或1/5。

2　雨水利用设施的建设规模

(1) 雨水利用设施的建设规模从两个层面做了规定。第一，分别对三类设施(入渗、收集回用、调蓄排放)的规模进行规定；第二，规定建设用地内雨水利用设施的总规模。

雨水入渗设施的规模：入渗设施的24 h渗透能力不宜小于其汇水面上重现期2 a的日雨水设计总量；入渗池、井的日入渗能力，不宜小于汇水面上的年均最大24 h雨水设计总量的1/3。入渗系统应设有储存容积，其有效容积宜能调蓄系统产流历时内的蓄积雨水量。

收集回用设施的规模：回用管网的最高日设计用水量不宜小于集水面日雨水设计总量的40%，降雨重现期宜取1～2 a。收集回用系统应设置雨水储存设施，雨水储存设施的有效储水容积不宜小于集水面重现期1～2 a的日雨水设计总量。

调蓄排放设施的规模：调蓄排放系统的降雨设计重现期宜取2 a，日雨量的排空时间宜取12 h。

建设用地内雨水利用设施的总规模：雨水利用系统的规模应满足建设用地外排雨水设计流量不大于开发建设前的水平或规定的值，设计重现期不得小于1 a，宜按2 a确定。

(2) 上述确定的雨水利用设施建设规模，依据要点为：①根据大学本科教材《水文学》，雨水工程的水量平衡计算中一般采用多年平均降雨量(又称正常降雨量)[3]。根据文献[4]中的数据，年均降雨近似于2 a重现期降雨。②借鉴农业雨水收集利用工程经验，设计频率或保证率一般取50%～90%[4]，相当于降雨重现期2～1 a。

此外，德国规范《雨水利用设施》(DIN 1989.01：2002.04)和日本空调卫生工程学会编写的《雨水利用系统设计与实务》[5]中，雨水量的规模都是按多年平均最大日降雨量计。

“规范”中雨水入渗设施的规模和德国规范有差别。德国污水行业规范《雨水入渗系统的设计》(ATV—DVWK—A 138)中规定：对于分散渗水系统一般采用的重现期为 5 a，集中渗水系统的重现期一般取 10 a。地面渗水系统的渗空时间在 1 a 重现期降雨条件下不能超过 24 h。

入渗能力的要求主要考虑当日雨水量当日渗透完，不长时间浸泡植物。

收集回用系统规模相当于 3 d 内能把日收集雨水量用完。这样，回用水管网的规模就要尽量大，能采用雨水的部位尽量用雨水。回用水管网大的好处是储水池周转快，在不增加池容积的情况下，后续的降雨如连续 3 d、7 d 降雨等都可收集储存进来，提高了雨水收集的效率。同时，建筑区中一般也具备大量使用雨水的条件，如公共建筑项目中的水体景观补水、空调冷却补水、绿地、冲厕等。

3 回用雨水的水质标准

雨水回用的用途主要是杂用水、环境用水、冷却用水。这些用水我国没有专门的水质标准，现有的标准只是针对城市污水再生利用于这些部位时制定的，并且没有民用建筑冷却用水标准。雨水径流的污染物质及含量同城市污水有很大差别，若借用污水再生利用标准会存在问题。如雨水的主要污染物是 COD 和 SS，是雨水处理的主要控制指标，而污水再生利用水质标准中对 COD 并未做要求，杂用水水质标准甚至对这两个指标都不控制[6]。因此，雨水利用需要配套相应的水质标准。“规范”中处理后雨水的水质要求为：雨水处理后的水质根据用途确定，并应符合国家现行相关标准的规定，处理后的雨水 COD_{Cr} 和 SS 应满足表 1 的规定。

表 1 中的 COD_{Cr} 限定在 30 mg/L 主要参考了《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅳ类水质，SS 的限定值主要参考了《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T 18921—2002)水景类的指标(10 mg/L)，并对水质综合要求较高的车辆冲洗和娱乐性水景的限额减小到 5 mg/L。因Ⅳ类水质不能用于娱乐性水景，故娱乐性水景的 COD_{Cr} 借用Ⅲ类水质 20 mg/L。

表 1 雨水处理后 COD_{Cr} 和 SS 指标

项目 指标	循环冷却系统补水	观赏性水景	娱乐性水景	绿化	车辆冲洗	道路浇洒	冲厕
COD_{Cr} /mg/L	≤30	≤30	≤20	≤30	≤30	≤30	≤30
SS /mg/L	≤5	≤10	≤5	≤10	≤5	≤10	≤10

民用建筑循环冷却水补水是用水大户，且用水季节和雨季吻合，利用雨水的条件有利，但水质标准我国尚未制定，“规范”的处理方式是在条文说明中给出参考标准，引用的是日本资料。

4 雨水回用与中水系统的关系

当建设用地内同时利用雨水和中水时，“规范”规定：雨水、中水的储存和水质处理分开设置，处理后的水可以混合，也可分别设置供水。

雨水和中水原水分开处理不宜混合的主要原因如下：

(1) 雨水量的波动太大。降雨间隔的波动和降雨量的波动与中水原水的波动相比，不是同一数量级。中水原水几乎是每天都有，围绕着年均日用水量上下波动，高低峰水量的时间间隔为几小时。而雨水来水的时间间隔分布范围是几小时、几天、甚至几个月，雨量波动需要的调节容积比中水要大几倍甚至十多倍，且雨水量时有时无。这对水处理设备的运行和水池的选址都带来了不可调和的矛盾。

(2) 水质相差太大。中水原水的最重要污染指标是 BOD_5，而雨水污染物中 BOD_5 含量很少，BOD_5/COD_{Cr} 仅 0.1～0.2，可生化性很差[7,8]，因此处理工艺的选择大不相同。另外，日本雨水和中水原水也是分开处理[5]。

5 雨水利用工程的适用条件

雨水利用工程的适用条件重点考虑了三个方面：入渗设施的适用条件，收集回用设施的适用条件，雨水利用工程的适用城市，详见文献[9]。

入渗设施和收集回用设施的适用条件：雨水入渗时土壤渗透系数宜为 10^{-6}～10^{-3} m/s，渗透系数太大会污染地下水，太小不经济。渗透面距地下水位大于 1 m，主要考虑防地下水污染；收集回用系统宜用于年

均降雨量大于 400 mm 的地区，雨量小集水效率太低，不经济，这主要参考了农业集雨的经验，集雨灌溉工程适用于年降雨量大于 300 mm 的地区[4]。

雨水利用技术适用的城市没有列入正文，而是放在了条文说明中：在水文循环环境受损较为突出或具有经济实力的城市，应优先开展雨水利用，其中包括水资源缺乏的城市，地下水位呈现下降趋势的城市，洪涝和排洪负担加剧的城市，新建经济开发区或厂区。不放入正文的主要理由是交由当地政府决策雨水利用技术是否适用。

6 水质处理工艺

对雨水处理工艺掌握的原则是力求简单，推荐了物理沉淀＋过滤等工艺。当某些场合对水质要求很严时，可进行深度处理。简单处理的主要理由是：①根据北京建筑工程学院的研究成果，雨水 COD_{Cr} 在 100 mg/L 左右时，沉淀加接触过滤对 COD_{Cr} 的去除率可达 65%[7]，基本能够达到水质要求；②雨水的水质净化设施在全年中大部分时间处于闲置。

由于处理工艺较简单，所以雨水进水的水质如 COD_{Cr} 等指标必须控制在较低的范围内。在我国北方的城市，屋面雨水径流的污染物浓度较高，但经过对初期雨水的弃流，进水 COD_{Cr} 基本上可控制在允许的范围内。根据北京建筑工程学院的研究成果，屋面雨水经 2 mm 弃流后 COD_{Cr} 基本上可控制在 100 mg/L 左右[7]。工程中如果需要进水浓度小于此数值，可通过加大弃流量实现。

7 汇水面径流系数

径流系数是雨水利用工程中的重要计算参数。采用了两个概念：雨水总量径流系数和雨水流量径流系数，分别用于雨水利用设施径流总量和径流流量的计算。这两个径流系数在概念上和数值上都有差异，并且有试验结果的支持[10]。同济大学邓培德教授也论述过这两个系数的差异[11]。

此外，雨水利用设施有效运行后，建设用地内的径流系数发生了变化，其数值变小，从而实现减少外排雨水量的要求。利用设施设置的效果好，则外排的径流系数就小，反之径流系数就大。径流系数能综合反映雨水利用设施的效果，是雨水利用设施效果诊断的一个重要指标。“规范”中引入了这一径流系数。

径流系数受降雨重现期影响很大，呈增函数关系[3]。鉴于雨水利用设施的建设规模已把重现期基本固定在 2 a 左右，故径流系数也不再按重现期罗列变化值。

8 地下建筑顶部覆土层的入渗

在建筑小区中，设有地下建筑的情况非常普遍，甚至地下建筑几乎占满全部建设用地。在这样的条件下，雨水入渗如何设？地下建筑顶部的覆土层能否作为渗透层？“规范”对此做如下处理：地下建筑顶面与覆土之间设有渗排设施时，地下建筑顶面覆土可作为渗透层。主要根据如下：中国科学院地理科学与资源研究所采用 40 cm 厚土槽进行试验，试验条件为：土质为粉质土壤，初始含水量控制在 7% 左右，试验雨强为 0.77～1.48 mm/min。试验结果为：60 min 历时降雨入渗深度一般在 20 cm 左右，90 min历时降雨入渗深度一般在 25～30 cm[12]。根据此结果，小区中地下建筑上的覆土层（一般在 40 cm 厚以上）足以拦蓄设计标准内的降雨，并且对超过设计标准的降雨也能通过覆土层下面的渗排设施排空，不至于形成积水。

9 根据降雨强度公式计算径流水量

在雨水入渗和调蓄排放的蓄水容积计算中，需要计算对应于不同降雨历时的径流总水量。对此，“规范”处理如下：径流总量＝径流流量×降雨历时；降雨历时取值不应大于 120 min；计算的降雨总量不应大于日降雨量。

根据我国给排水专业降雨强度的概念，某降雨历时的降雨强度是该时段上的平均降雨强度。比如：5 min 降雨强度是 5 min 时间段上的平均降雨强度，60 min 降雨强度是 60 min 时间段上的平均降雨强度[3]。这样，降雨历时和降雨强度的乘积就是该降雨历时上的降雨总量。同理可知，汇水面积上径流流量与降雨历时的乘积就是该时间段上的径流总量。

我国在建立降雨强度公式时选取的降雨资料中，都是 5～120 min 的降雨强度[13]，所以，利用降雨强度公式计算径流总量时，应限于 120 min 内的径流总量。

如上计算的降雨总量当超过日降雨量时，则说明计算结果不合理，超出了该计算方法的适用区域，

此时应直接取用日降雨量，因为日降雨量是更为客观的气象数据，具有权威性。

10 屋面雨水收集系统

屋面集水天沟的设计和计算在我国建筑给排水专业的规范中一直缺项，特别是工程中常见的平底天沟计算存在困难，“规范”中专列一节，填补了这项内容。列出供选用的平底沟计算方法主要参考了欧洲标准 EN 12056—3(2000 年，英文版)。

另外，屋面雨水收集系统基本上以屋面排水系统为基础，编制这一部分遇到的问题是：我国几十年来屋面雨水排除普遍采用 65、87(79)型雨水斗排水系统，这种系统的典型特征是水流设计工况既不采用有压流(俗称压力流)，也不采用无压流(俗称重力流)，而是采用二者之间的过渡流态，详见该系统研制组 20 世纪 60、70、80 年代三份研究报告[14~16]。到目前为止，还未发现任何研究报告或研究论文支持这个系统应该采用重力流设计。但目前(2003 年后)国家规范[17]的屋面排水内容只有重力流系统和压力流系统，忽略了这个系统。与此同时，市场上又离不开这种产品，设计人员只好把这个非重力流系统的雨水斗无根据地应用到重力流系统上，尽管国家规范中规定雨水斗应按设计流态专用[17]。因此在这种背景下，屋面雨水收集系统需针对 65、87(79)型雨水斗系统做出技术规定。

条文规定是建立在 2003 年之前的设计方法上的，原方法见 1997 年版的《建筑给水排水设计规范》(GBJ 15—88)，并对原有系统的设计参数进行了调整。调整主要是由屋面雨水设计重现期的加大引起的，重现期从原来的 1 a 放大到了 2～5 a，甚至 10 a。重现期的加大使系统服务面积上的计算雨水流量增大。为了保持系统的原服务面积不变，系统各部分的允许泄流量需相应调整增大。如对坡度小于 2.5%的屋面，北京和上海 3 a 重现期的计算雨量约是 1 a 重现期的 1.39 倍(见表 2)，所以系统允许的泄水能力应相应扩大到原来的 1.39 倍，才能使原有的服务面积不变。此外，几十年(其中 79 型雨水斗系统二十余年)的实践运行经验表明，原系统预留的排水富裕量过大，可适量减小。

表 2 北京和上海不同重现期下的降雨强度

地区	$P=3$ a	$P=1$ a	两重现期 q_5 之比
北京 q_5/L/(s·100 m^2)	4.48	3.23	1.39
上海 q_5/L/(s·100 m^2)	4.68	3.36	1.39

参考文献

1 惠士博，张思聪，谢森传. 北京市城市雨水利用。http://www.hwcc.com.cn/topic/static/oldtopic/wanshangzibo/Chinese/lunwen/%E6%83%A%E5%A3%AB%E5%8D%9A.htm

2 车伍. 刘燕. 李俊奇. 国内外城市雨水水质及污染控制. 北京：给水排水，2003，29(10)：42～46

3 西安冶金建筑学院，湖南大学. 水文学. 北京：中国建筑工业出版社，1979

4 吴普特，黄占斌，高建恩，等，人工汇集雨水利用技术研究. 郑州：黄河水利出版社，2002

5 日本空调·卫生工程学会雨水利用编写小组，高桥纪行. 雨水利雨水利用システム設計と実務

6 GB 50335—2002 污水再生利用工程设计规范. 北京：中国建筑工业出版社，2003

7 车伍，汪慧贞，任超，等. 北京城区屋面雨水污染及利用研究. 中国给水排水，2001，17(6)：58～62

8 车伍，欧岚，汪慧贞，等. 北京城区雨水径流水质及其主要影响因素. 环境污染治理技术与设备，2002，(1)：35～39

9 赵世明，赵锂，杨澎，等.《建筑与小区雨水利用工程技术规范》编制探讨. 中国给水排水，2006，22(10)：110～113

10 岑国平，沈晋，范荣生，等. 城市地面产流的试验研究. 水利学报，1997，(10)：48～50

11 邓培德. 论雨水道设计中的误点. 给水排水，1998，24(10)：6～10，3

12 李裕元，邵明安. 降雨条件下坡地水分转化特征实验研究. 水利学报，2004，(4)：48～49

13 GB 50014—2006 室外排水设计规范. 北京：中国计划出版社，2006

14 一机部第一设计院，清华大学. 室内雨水管系试验研究报告，1966

15《室内给水排水和热水供应设计规范》修订组，清华大学. 室内雨水架空管系试验报告，1973

16 清华大学环境科学与工程系，机械工业部设计总院，机械工业部第八设计院. 屋面雨水排水问题的研究，1986

17 GB 50015—2003 建筑给水排水设计规范. 北京：中国计划出版社，2003

※通讯处：100044 北京西外车公庄大街 19 号

电话：(010)68302571

E-mail：zhaosm@cadg.cn

收稿日期：2007－01－24