

对国家体育场雨水系统设计的建议

范 懋 功

(中国航空工业规划设计研究院,北京 100088)

1 PMP 和设计降雨强度

设计高风险水利工程用可能最大降水(PMP)估算值推算可能最大洪水(PMF)。设计无溢流可能的屋面雨水排水系统也希望能用可能最大暴雨(PMS)推算极值暴雨强度。

1964 年美国 Gilman 提出,从数学和物理学方面考虑,降雨量是存在上限的。1986 年世界气象组织(WMO)对 PMP 的定义为:理论上在一年的某个时候,一特定地理位置的给定暴雨面积上,在给定时段内物理上可能的最大降雨量。由于对暴雨形成机制的了解还不够深入和全面,PMP 的基本理论尚待进一步完善,并受到气象资料的限制,难以精确估算 PMP 值。而且因为降雨强度的时间变率随着暴雨重现期的增长而增长,大多数重现期超过计划 100 a 的极值暴雨(亦称致洪暴雨)都有多峰的高降雨强度,所以从历时为 24 h 的 PMP 估算值精确地换算为 5 min 的极值暴雨量较难。

欧洲标准 EN12056—3 规定,设计室内重力流雨水排水系统时,可用最小降雨强度即降雨历时为 5 min、重现期为 2 a 的降雨强度乘以危险度求得设计降雨强度值。需特级保护建筑物的危险度为 3。不能溢流的屋面雨水排水系统的设计极值暴雨强度亦可参考此法求得。从北京市暴雨强度公式求得降雨历时为 5 min、重现期为 2 a 的降雨强度为 $0.04 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,考虑到各种因素产生的偏差,乘以系数 1.25 得 $0.05 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,再乘以危险度 3 得 $0.15 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 作为设计降雨强度值,承担的风险很低。

由于 PMP 估算值和降水频率分析有密切的联系,WMO 综合了世界各地的最大实测点雨量 and 相应降雨历时之间的关系,显示出最大降雨量与历时呈直线关系,历时为 24 h 的雨量是 5 min 的 16 倍。Riedel 等对美国各地的 PMP 估算值进行详细分析后认为,最大实测暴雨量平均为 PMP 估算值的

60%。用这些关系粗略地核算北京市降雨历时 5 min 的极值暴雨强度。设北京 24 h 的 PMP 估算值为 800 mm,则 5 min 的可能最大暴雨量约为 $800/16 = 50 \text{ mm}$,相应的降雨强度为 $0.17 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。历时 5 min 的极值暴雨量约为 $50 \times 0.6 = 30(\text{mm})$,相应的降雨强度约为 $0.1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。建议采用 $0.15 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 作为设计参数。

从黄锡荃所著《水文学》一书可知,选用较短重现期的洪水作为工程设计标准,要承担一定的风险。例如用百年一遇的洪水为设计标准,在百年内其危机率为 63.4%。同样,如果由天沟接到集水槽的重力排水管设计重现期采用 100 a,则此排水管不能排除极值暴雨时的流量,屋面积水深度升高,使屋面结构超载而产生安全问题。重力排水系统具有超重现期的排水能力是有一定条件的,即在设计超重现期暴雨时,斗前水位升高,排水量亦增加。但屋面水深不得超过规定值,否则会引起屋顶结构超载。

2 确定雨水斗尺寸

雨水斗的排水量与斗前水位有关。《建筑给水排水设计规范》(GBJ18—87,1997 年版)编制说明中指出,斗前水位为 100 mm 时, DN100 雨水斗的排水量为 12 L/s ;斗前水位为 50 mm 时排水量还要小。单块屋面面积为 240 m^2 时,设计的雨水流量为 $0.15 \times 240 = 36 \text{ L/s}$,选用 2 个 DN100 的雨水斗是不够的。最好选用斗前水位低于 50 mm 而排水能力大的雨水斗。

3 水槽溢水问题

据 2004 年 9 月 13 日京华时报报道,成都龙泉体育场在 12 日比赛时,“球场顶棚漏雨,球迷和嘉宾在看台上四散奔逃,成为比赛的一大景观”。如果在 2008 年 8 月 8 日前后,大暴雨袭击国家体育场,水槽溢水流到观众席,将产生不良影响。

根据尽快地把雨水从虹吸系统排走的原则,水

国家体育场设计探讨初步设计部分小结

国家体育场给排水设计组

(中国建筑设计研究院,北京 100044)

国家体育场设计探讨专栏——初步设计部分,由设计组总结介绍的内容已近尾声。本专栏内容共6期,从不同侧面展现国家体育场初步设计阶段的技术难点、重点,内容涵盖4篇屋面雨水排水,4篇雨水利用,1篇场地给排水,1篇再生水水质标准分析和1篇冷却塔设置问题分析。介绍了国家体育场工程初步设计的内容及设计思路。

对于场地给排水和再生水回用这些在国内有一定应用基础的领域,原有的做法随着近年来给排水技术的发展不断创新,在悉尼和雅典的奥运会中,这些方面已不再是最基本功能的简单满足,而是作为奥运会的闪光点。

国家体育场‘编织结构’的外观形式是种新颖的建筑、结构形式,屋面雨水排水系统的排水性能,自身荷载等等是影响到结构体系安全性的几大要素之一,也是给排水系统的一大难点。

建筑雨水利用是近年来的热点,是可持续发展及‘绿色奥运’的具体体现,但在我国该项技术的应用尚不成熟,专栏中对这部分内容做了重点介绍。

冷却塔的设置在另一难点,其关键是如何解决运行工况和与建筑景观整体配合这一对矛盾。

由于多方面原因,许多重要的内容例如给排水系统中的热水系统、饮水供应等,以及整个消防部分还没有来得及介绍。

由于给排水专业设计内容繁杂,加之笔者水平所限,难以将初步设计的全貌充分展现给读者。而且,设计中遇到许多新颖、有难度的问题,有的在國內工程应用经验不多,也有的设计想法还不够成熟,对于这些,文章中谈到的只能是一孔之见了。因此希望您参与本工程给排水设计的讨论,我们也真诚地希望能汲取您的意见和建议。

目前,设计调整和深化工作都在紧锣密鼓地进行中。落实‘勤俭办奥运’的精神,国家体育场的可开启屋面取消,固定屋面部分的开口扩大,地下交通体系的变化也使得体育场的地下部分必须重新调整。本专栏中曾介绍的部分内容,例如可开启屋面的雨水排水系统,早已成为过去,更多内容还会因施工图设计过程中条件的变化而改变。国家体育场给排水设计组在这一阶段将集中精力调整和深化设计,当施工图完成之后,如有机会,我们还将就施工图设计中遇到的问题与您进行专题讨论。

※收稿日期 2004-10-8

槽不宜存储雨水量。欧洲标准 EN12056—3 中 6.2.1 条也规定虹吸系统不考虑在排水沟中储蓄雨水。确定集水槽和虹吸系统的雨水斗、悬吊管、立管尺寸时,如果采用统一的设计降雨强度,例如重现期为 100 a 的 5 min 降雨强度,溢水的风险很低。另外,集水槽设计应考虑消除雨水从顶部入槽的动能,以避免雨水溅出。

4 虹吸系统的尺寸

2000 年 6 月发布的美国国家规范 F2021—00 中规定,屋面虹吸系统计算采用的设计降雨强度是历时 60 min,重现期为 100 a 的降雨强度乘以计算汇

表 1 屋面雨水斗、集水管和立管尺寸

流量/L/s	雨水斗、集水管或立管管径/mm
4.2	75
9.1	100
16.5	125
26.8	150
57.6	200

水面积求得总径流量,按表 1 确定虹吸雨水排水系统各部分的尺寸。因水文资料精度不高,不必要做精确的水力计算,该计算方法简单但溢水风险低。

※收稿日期 2004-10-28