

北京市地方标准

建筑与市政工程抗浮勘察标准

Geotechnical investigation standard for uplift prevention
of buildings and municipal engineering

DB11/T 2241—2024

主编单位：北京市勘察设计研究院有限公司

批准部门：北京市规划和自然资源委员会

北京市市场监督管理局

实施日期：2024年10月01日

2024 北京

北京市规划和自然资源委员会

关于实施北京市地方标准

《建筑与市政工程抗浮勘察标准》的通知

京规自发〔2024〕126号

各有关单位：

为在北京地区建筑与市政工程抗浮勘察工作中贯彻执行国家有关的技术、经济与环境管理政策，做到技术先进，经济合理，保障安全和质量，我委组织制定了北京市地方标准《建筑与市政工程抗浮勘察标准》（DB11/T 2241-2024），并已与北京市市场监督管理局联合发布，现将有关事宜通知如下：

《建筑与市政工程抗浮勘察标准》（DB11/T 2241-2024）自2024年10月1日起实施，自实施之日起，请各单位在开展北京地区新建扩建、现状改建、内部改造的建筑与市政工程勘察工作中，针对工程抗浮开展调查与勘探、抗浮设防水位确定与抗浮评价等工作时按照本标准认真执行。

本标准由北京市规划和自然资源委员会归口管理并组织实施。

特此通知。

北京市规划和自然资源委员会

2024年5月17日

北京市地方标准公告

2024年标字第4号（总第344号）

按照《北京市标准化办法》，以下7项北京市地方标准经北京市市场监督管理局批准，由北京市市场监督管理局、北京市规划和自然资源委员会共同发布，现予以公布（见附件）。

附件：批准发布的北京市地方标准目录 2024年标字第4号（总第344号）

北京市市场监督管理局 北京市规划和自然资源委员会
2024年4月1日

附件

批准发布的北京市地方标准目录

2024 年标字第 4 号（总第 344 号）

| 序号 | 标准号 | 标准名称 | 被修订标准号 | 发布日期 | 实施日期 |
|----|------------------|--------------------|------------------|----------|-----------|
| 1. | DB11/T 1069-2024 | 民用建筑信息模型交付标准 | DB11/T 1069-2014 | 2024-4-1 | 2024-10-1 |
| 2. | DB11/T 1116-2024 | 城市道路空间规划设计标准 | DB11/T 1116-2014 | 2024-4-1 | 2024-10-1 |
| 3. | DB11/T 1197-2024 | 住宅全装修设计标准 | DB11/T 1197-2015 | 2024-4-1 | 2024-10-1 |
| 4. | DB11/T 2239-2024 | 城市综合客运交通枢纽标识系统设计标准 | | 2024-4-1 | 2024-10-1 |
| 5. | DB11/T 2240-2024 | 超低能耗公共建筑设计标准 | | 2024-4-1 | 2024-10-1 |
| 6. | DB11/T 2241-2024 | 建筑与市政工程抗浮勘察标准 | | 2024-4-1 | 2024-10-1 |
| 7. | DB11/T 2242-2024 | 岩土工程勘察作业安全标准 | | 2024-4-1 | 2024-10-1 |

注：以上地方标准文本可登录北京市市场监督管理局网站（scjgj.beijing.gov.cn）查阅。

北京市市场监督管理局办公室

2024 年 4 月 1 日印发

前 言

为贯彻落实党的二十大精神，推动《北京城市总体规划（2016年-2035年）》的实施，根据《北京市“十四五”时期规划和自然资源标准化工作规划（2021年-2025年）》和北京市市场监督管理局《2023年北京市地方标准制定项目计划》（京市监发〔2023〕4号）的要求，标准编制组经调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 调查与勘探；5 抗浮设防水位；6 抗浮评价与勘察成果。

本标准由北京市规划和自然资源委员会和北京市市场监督管理局共同负责管理，北京市规划和自然资源委员会归口、组织实施，并负责组织编制单位对具体技术内容进行解释，北京市规划和自然资源标准化中心负责标准日常管理。

本标准执行过程中如有意见和建议，请寄送至北京市规划和自然资源标准化中心（电话：55595000，邮箱：bjbb3000@163.com），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：北京市勘察设计院有限公司

本标准参编单位：建设综合勘察研究设计院有限公司

中航勘察设计院有限公司

中兵勘察设计院有限公司

北京市地质矿产勘查院

北京市水文总站

北京城建勘测设计研究院有限责任公司

航天规划设计集团有限公司

北京市地质工程勘察院有限责任公司

北京市地质环境监测所

本标准主要起草人员：周宏磊、韩 焯、周载阳、李厚恩
李建光、刘长青、王慧玲、李海军
白国营、吕京京、李世民、刘 春
刘翠珠、侯东利、黄 骁、梁 涛
王军辉、王树芳、朱辉云、王丽亚
王 鑫、张宇翔、马秉务、王维理
本标准主要审查人员：武 威、化建新、王笃礼、戴育华
叶 超、高文新、郭明田

目 次

| | | |
|-----|---------------|----|
| 1 | 总则 | 1 |
| 2 | 术语和符号 | 2 |
| 2.1 | 术语 | 2 |
| 2.2 | 符号 | 3 |
| 3 | 基本规定 | 4 |
| 4 | 调查与勘探 | 5 |
| 4.1 | 一般规定 | 5 |
| 4.2 | 资料搜集 | 5 |
| 4.3 | 工程水文地质调查与测绘 | 6 |
| 4.4 | 勘探与测试 | 8 |
| 5 | 抗浮设防水位 | 10 |
| 5.1 | 一般规定 | 10 |
| 5.2 | 工程水文地质条件分析 | 10 |
| 5.3 | 远期最高水位预测 | 11 |
| 5.4 | 抗浮设防水位确定 | 12 |
| 6 | 抗浮评价与勘察成果 | 14 |
| | 附录 A 工程水文地质分区 | 15 |
| | 附录 B 地下水水位基准 | 19 |
| | 附录 C 地下水历史高水位 | 25 |

DB11/T 2241—2024

附录 D 数值分析法基本要求 29

本标准用词说明 33

引用标准名录 34

附：条文说明 35

CONTENTS

| | | |
|------------|--|----|
| 1 | General Provisions | 1 |
| 2 | Terms and Symbols | 2 |
| 2.1 | Terms | 2 |
| 2.2 | Symbols | 3 |
| 3 | Basic Requirements | 4 |
| 4 | Survey and Exploration | 5 |
| 4.1 | General Requirements | 5 |
| 4.2 | Data Collection | 5 |
| 4.3 | Engineering Hydrogeological Survey and Mapping | 6 |
| 4.4 | Exploration and Testing | 8 |
| 5 | Groundwater Level for Uplift Prevention | 10 |
| 5.1 | General Requirements | 10 |
| 5.2 | Engineering Hydrogeological Condition Analysis | 10 |
| 5.3 | Long Term Highest Groundwater Level Prediction | 11 |
| 5.4 | Determination of Groundwater Level for Uplift Prevention | 12 |
| 6 | Uplift Prevention Assessment and Investigation Results | 14 |
| Appendix A | Engineering Hydrogeological Zoning | 15 |
| Appendix B | Reference Groundwater Level | 19 |

DB11/T 2241—2024

Appendix C Recorded Highest Groundwater Level 25

Appendix D Basic Requirements for Numerical Analysis Methods 29

Explanation of Wording in this Standard 33

List of Quoted Standards 34

Addition: Explanation of Provisions 35

1 总 则

1.0.1 为在北京地区建筑与市政工程抗浮勘察工作中贯彻执行国家有关的技术、经济与环境管理政策，做到技术先进，经济合理，保障安全和质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于北京地区新建扩建、现状改建、内部改造的建筑与市政工程勘察工作中，针对工程抗浮所开展的调查与勘探、抗浮设防水位确定与抗浮评价等工作。

1.0.3 工程抗浮勘察工作应因地制宜、系统分析，提供资料真实、评价合理的勘察成果。

1.0.4 工程抗浮勘察除应符合本标准外，尚应符合国家及北京市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 抗浮设防水位 groundwater level for uplift prevention

抗浮评价计算所需要的、保证抗浮设防安全和经济合理的场地地下水设计水位。

2.1.2 工程抗浮勘察 geotechnical investigation for uplift prevention

在岩土工程勘察工作阶段，针对工程抗浮开展的资料搜集、调查与测绘、勘探与测试、分析评价，并在勘察成果中提供抗浮设防水位、抗浮措施建议等技术工作。

2.1.3 工程水文地质分区 engineering hydrogeology zoning

为开展工程抗浮勘察工作，按照场地的地形地貌、自然地面以下约50m深度以内的含水层特征、地下水分布、水位动态等，对北京市平原区进行的分区。

2.1.4 远期最高水位 predicted long term highest groundwater level

场地地下水在工程设计工作年限内的最高水位预测值。

2.1.5 地下水高水位基准 reference high groundwater level

在因素叠加法中，用于预测远期最高水位的起算水位。

2.1.6 因素叠加法 groundwater level superposition method

在地下水高水位基准的基础上，叠加考虑影响地下水水位的主要因素，预测远期最高水位的方法。

2.1.7 历年高水位法 recorded highest groundwater level method

将通过长期观测或调查与勘探所获得的地下水最高水位作为远期最高水位的方法。

2.2 符号

H_{max} ——远期最高水位；

H_0 ——地下水高水位基准；

H_R ——地下水历史高水位；

Δh ——地下水水位升幅；

η ——区域水位升幅影响系数；

P_{max} ——最大孔隙水压力；

h_{max} ——最大水头高度；

γ_w ——水的重度；

z ——标高。

3 基本规定

3.0.1 当建筑及市政工程有抗浮需要时，应进行工程抗浮勘察工作，勘察成果应纳入工程勘察报告。

3.0.2 工程抗浮勘察前应取得工程设计资料，明确对工程抗浮勘察工作的相关要求。

3.0.3 工程抗浮勘察应结合工程水文地质分区，开展下列工作：

1 搜集气象与水文资料、地质与水文地质资料、相关建设及规划资料；

2 开展工程水文地质调查与测绘；

3 查明地下水赋存条件，分层量测地下水水位，进行水压力测试和水文地质试验；

4 分析工程水文地质条件，预测远期最高水位，提出抗浮设防水位建议值，并提供抗浮措施建议及相关参数。

3.0.4 建设场地所处的工程水文地质分区可按本标准附录 A 图 A.0.1 初步确定，具体分区应根据场地调查与勘探成果，结合附录 A 表 A.0.2 的分区特征确定。

4 调查与勘探

4.1 一般规定

4.1.1 工程抗浮勘察应进行资料搜集、工程水文地质调查与测绘，并针对性地布置勘探与测试工作。

4.1.2 工程水文地质调查与测绘的范围和精度应能满足抗浮分析与评价的需要。

4.2 资料搜集

4.2.1 工程抗浮勘察应搜集气象、水文、区域地质、水文地质、建设与规划等资料。

4.2.2 气象资料的搜集应包括下列内容：

- 1 降水量、蒸发量的多年变化；
- 2 多年平均降水量、最大年降水量、最小年降水量。

4.2.3 水文资料的搜集宜包括下列内容：

- 1 地表水的常年水位、洪水位；
- 2 地表水引水调蓄、生态补水等。

4.2.4 区域地质资料的搜集应包括地形地貌、地质构造、地层岩性等内容。

4.2.5 水文地质资料的搜集应包括下列内容：

- 1 含水层及地下水水位、水质；
- 2 地下水露头（井、泉）位置、类型、水量；
- 3 地下水的补给、径流、排泄条件；
- 4 地下水开采、禁采和限采、回补等。

4.2.6 建设与规划资料的搜集宜包括下列内容：

- 1 场地周边工程建设；
- 2 地下水涵养保护及开发利用规划；
- 3 城市用地规划与建设规划等。

4.3 工程水文地质调查与测绘

4.3.1 工程水文地质调查与测绘的范围应涵盖工程建设场地并满足地下水补给、径流、排泄条件分析的需要，比例尺宜选用 1:500~1:5000，条件复杂时比例尺宜适当放大。

4.3.2 工程水文地质调查与测绘的观测路线宜按下列要求布置：

- 1 沿垂直岩层(或岩浆岩体)、构造线走向；
- 2 沿地貌变化显著方向；
- 3 沿河谷、沟谷和地下水露头多的地带；
- 4 沿含水层、含水带走向。

4.3.3 工程水文地质调查与测绘的观测点宜布置在下列地点：

- 1 地层界线、断层线、褶皱轴线、岩浆岩与围岩接触带、标志层、典型露头和岩性、岩相变化带等；
- 2 地貌分界线和地质现象发育处；
- 3 井、泉、钻孔、矿井、地表坍塌、岩溶水点和地表水体等。

4.3.4 地形地貌调查宜包括下列内容：

- 1 地形隆起突变、斜坡场地、低洼地带、临水场地等的起伏变化，地貌形态及成因类型；
- 2 地形变迁历史及场地填方、挖方情况。

4.3.5 地表水调查宜包括下列内容：

- 1 地表水体类型、岸坡及底部的衬砌和渗漏情况；
- 2 地表水的现状水位和变化情况；
- 3 河流、沟渠等改道和变迁、水量变化情况。

4.3.6 地下水调查宜包括下列内容：

- 1 地下水赋存条件，地下水流向及其变化情况；
- 2 历年最高地下水水位、近 3 年~5 年最高地下水水位以及现状地下水水位、水位年动态变化规律和主要影响因素等；
- 3 地表水与地下水的补排关系；
- 4 场地周边工程采用的抗浮设防水位及抗浮措施；
- 5 可能对地下水水流场产生影响的地铁、管廊、市政管道等线状地下工程情况；
- 6 场地及周边设施渗漏水、建筑肥槽积水等情况；
- 7 挖方、填方工程引起的场地地形地貌、地表径流及地下径流等变化情况；
- 8 当有泉水出露时，应确定泉的类型，实测泉水的流量和出露点高程。

4.3.7 当建设场地位于洪泛区、蓄滞洪区、延庆平原区时，尚宜调查建设场地上游的汇水面积、地下水分布特征，分析是否为淹没区、地下水溢出带、湿地。

4.3.8 当建设场地位于山前坡洪积扇地带时，现场调查尚宜包括下列内容：

- 1 山前坡洪积扇的形态、分布范围、前后缘标高及地面标高的变化情况；
- 2 山麓至坡洪积扇前缘的岩性变化及垂直方向上多元结构的特征；
- 3 山前地带水井的地下水水位、水量变化及季节性开采情况。

4.3.9 当建设场地位于山区时，现场调查尚宜包括下列内容：

- 1 河道及阶地、冲沟及山间台地第四系的物质组成；
- 2 坡面汇水面积、泄水通道及地下水分布特征；
- 3 矿井、巷道、溶蚀孔洞及其积水情况；
- 4 地层成因类型、产状与厚度、裂隙发育程度，地层透水性及变

化规律等；

5 断层位置、类型、导水性，节理、裂隙发育特征、充填情况及富水性，褶皱类型及富水性等。

4.4 勘探与测试

4.4.1 勘探应查明地下水分布条件和水位状况，并应符合下列要求：

1 遇地下水时应量测初见水位和稳定水位，多层地下水应分层量测水位；

2 稳定水位距初见水位量测的时间间隔按地层的渗透性确定，对砂土和碎石土，间隔时间不得少于 0.5h，对粉土和黏性土，不得少于 8h；

3 水流量测读数至厘米，精度不得低于 $\pm 2\text{cm}$ 。

4.4.2 当缺乏地下水水位长期观测资料时，勘察期间宜布设专门的地下水观测孔，开展地下水水位观测。

4.4.3 专门的地下水水位观测孔布设应符合下列要求：

1 地下水水位观测孔应分层设置，每层地下水的观测孔数量不宜少于 3 个；

2 轨道交通、综合管廊、地下道路、输水隧道等线状工程，每 1000m 不宜少于 1 组观测孔；

3 当跨越不同水文地质单元或地下水水位变化较大时，观测孔数量应适当增加；

4 应根据地下水分布条件及工程需要确定孔深及孔身结构，观测孔口径不宜小于 50mm，滤水管应置于观测目标含水层中。

4.4.4 地下水水位的长期观测，应符合现行行业标准《城市地下水动态观测规程》CJJ 76 的规定。

4.4.5 当采用数值分析法预测远期最高水位或抗浮评价需要时，应提供场地的水文地质参数。水文地质参数宜通过现场试验获取，测定方法应

符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

4.4.6 建设场地渗流分析评价需要时，可进行孔隙水压力测试，测试点数量不宜少于3组，每组测试点在深度方向上根据地层结构布设测点，每个主要弱透水层不宜少于1个。

5 抗浮设防水位

5.1 一般规定

5.1.1 抗浮设防水位应在综合分析工程水文地质条件、远期最高水位的基础上，结合工程设计条件确定。

5.1.2 远期最高水位预测应根据场地所处的工程水文地质分区，选用历年高水位法、因素叠加法或数值分析法。

5.1.3 对于轨道交通、综合管廊、地下道路、输水隧道等线状地下工程，应根据沿线水文地质条件以及结构埋深变化情况，分区、分段提供抗浮设防水位。

5.1.4 当建设场地跨越不同地貌单元、水文地质单元，或室外地坪高差较大时，应结合工程设计条件，分区提供抗浮设防水位。

5.2 工程水文地质条件分析

5.2.1 区域水文地质条件分析宜包括下列内容：

- 1 地下水的埋藏、分布、补给、径流和排泄条件；
- 2 各层地下水的水位动态变化规律及各层地下水间的水力联系；
- 3 气象、水文、地形地貌、地质条件等自然因素对区域地下水水位的影响；
- 4 地下水的开采、禁采、限采、回渗补给等对地下水水位的影响。

5.2.2 场地水文地质条件分析应包括下列内容：

- 1 场地地下水的埋藏、分布条件及与区域地下水的对应关系；
- 2 场地的工程水文地质分区；
- 3 周边地表水体与场地地下水的水力联系及其对场地地下水水位

的影响；

4 周边建筑和市政基础设施建设所采取的地下水控制措施，对场地地下水水位的影响；

5 场地及周边挖方、填方等活动对场地地下水水位的影响。

5.3 远期最高水位预测

5.3.1 当建设场地位于平原区的 A 区、B 区、C 区时，宜采用因素叠加法，按式 5.3.1 计算远期最高水位。

$$H_{max} = H_0 + \Delta h_1 + \Delta h_2 \quad (\text{式 5.3.1})$$

式中： H_{max} ——远期最高水位（m）；

H_0 ——地下水高水位基准（m），按照本标准 5.3.2 条确定；

Δh_1 ——区域水位升幅（m），按照本标准 5.3.3 条确定；

Δh_2 ——场地水位升幅（m），根据场地水文地质条件分析确定，其取值不宜小于零。

5.3.2 地下水高水位基准 H_0 应取以下地下水水位的最高值：

- 1 按本标准附录 B 确定的地下水水位基准；
- 2 勘察时场地近 3 年~5 年的最高水位；
- 3 勘察时场地内测量的最高水位。

5.3.3 区域水位升幅 Δh_1 应按式 5.3.3 确定：

$$\Delta h_1 = \eta(H_R - H_0) \quad (\text{式 5.3.3})$$

式中： H_R ——地下水历史高水位（m），按本标准附录 C 确定；当调查与勘探获取的地下水水位高于附录 C 的水位时，应取高值；当地下水历史高水位 H_R 小于 H_0 时，计算时 H_R 取 H_0 。

η ——区域水位升幅影响系数，应分析自然因素和人为因素影响确定，当无经验时，可按表 5.3.3 确定。

表 5.3.3 区域水位升幅影响系数

| 工程水文地质分区 | A 区 | B 区 | C 区 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| 区域水位升幅影响系数 η | 0.7~0.9 | 0.5~1.0 | 0.6~1.0 |

注：1 当场地位于 A 区， $(H_R - H_0)$ 大于 10m 时 η 宜取高值，小于 5m 时 η 宜取低值，5m~10m 时 η 宜内插取值；

2 当场地位于 B 区、C 区， $(H_R - H_0)$ 大于 2m 时 η 宜取高值，小于 1m 时 η 宜取低值，1m~2m 时 η 宜内插取值。

5.3.4 当建设场地位于平原区的 D 区、E 区时，宜采用历年高水位法，按本标准附录 C 确定远期最高水位；当调查与勘探获取的地下水水位高于附录 C 的水位时，按高水位值确定。

5.3.5 当建设场地位于平原区的 A0 区时，应根据场地的调查与勘探成果，结合场地地形地貌、地表汇水、地层分布、地下水分布与补径排条件、工程建设活动等因素，确定远期最高水位。

5.3.6 当建设场地位于分区界线附近时，应分析场地水文地质条件，按不利工况确定远期最高水位。

5.3.7 当建设场地地势低洼且有可能发生淹没、浸水时，其远期最高水位应根据工程水文地质条件、积水及内涝情况、场地及周边设计地坪、排水条件等因素确定。

5.3.8 当符合下列条件时，宜采用数值分析法确定远期最高水位，数值分析法按本标准附录 D.1 相关要求执行：

- 1 场地因挖方、填方等原因造成地形地貌或地层条件变化较大；
- 2 场地位于 A0 区、山区、邻水地区；
- 3 其他场地水文地质条件复杂的情况。

5.4 抗浮设防水位确定

5.4.1 当建设场地位于平原区时，抗浮设防水位宜按照场地远期最高水位取值。当场地远期最高水位高于设计室外地坪标高时，抗浮设防水位宜考虑设计室外地坪标高、结构条件、场地防排水措施综合确定。

5.4.2 当建设场地位于平原区的 B 区、C 区，考虑地层渗透性、基础埋置深度等条件的影响时，抗浮设防水位也可按本标准附录 D.2 采用垂向一维渗流模拟方法确定。

5.4.3 当建设场地位于山区时，抗浮设防水位确定应考虑以下因素：

- 1 含水层、隔水层结构，岩体裂隙及溶蚀发育情况；
- 2 地下水类型、埋藏和分布特征，场地和邻近区域历年高水位；
- 3 大气降水、场地汇水及排水条件；
- 4 挖方、填方和场地形成工程对坡面径流和地下水径流的影响；
- 5 斜坡地带且场地标高随坡地变化较大时，宜分区考虑坡地和场地地形条件对地下水水位的影响；
- 6 场地位于邻近河道的山间台地、阶地，应考虑洪水水位与场地室外地坪关系、地表水与地下水水力联系。

6 抗浮评价与勘察成果

6.0.1 工程抗浮评价应符合下列要求：

- 1 应根据可能影响地下水水位上升的各种因素分析抗浮设防水位；
- 2 对线状工程，当水文地质条件存在差异时，应分段进行分析评价；
- 3 对山区工程，应根据场地地下水补给和排泄条件，分析抗浮问题；场地工程水文地质条件差异较大时，应分区进行分析评价。

6.0.2 应提出施工期间采取必要措施保持干槽作业及根据结构、覆土等荷载的变化动态调整地下水控制措施的要求。

6.0.3 勘察成果中宜包括下列主要内容：

- 1 气象水文与区域水文地质条件；
- 2 勘察期间地下水水位、建设场地近 3 年~5 年最高地下水水位和历年最高地下水水位；
- 3 地下水类型及其动态变化规律，地下水补给、径流、排泄条件，地下水与地表水的水力联系；
- 4 场地地形变化、工程活动引起场地地下水水位，以及地下水的补给、径流、排泄等条件变化；
- 5 抗浮设防水位建议值；
- 6 抗浮措施建议以及抗浮设计和施工所需的相关参数，地下水水位长期观测建议；
- 7 相关附件：观测孔、试验孔等孔身结构，水位量测数据、水文地质试验曲线等相关图表。

附录 A 工程水文地质分区

A.0.1 建设场地工程水文地质分区可按图 A.0.1 初步确定。

A.0.2 建设场地工程水文地质分区宜按表 A.0.2 的分区特征确定。

表 A.0.2 北京市平原区工程水文地质分区特征（自然地面下约 50m 以内）

| 分区 | 地形地貌 | 含水层特征 | 地下水分布 | 水位动态 |
|-----|--|---|---|--|
| A0区 | 分布于各大冲洪积扇顶部的山前地带，紧邻山区，地形有起伏，坡度在1%~5%左右。 | 含水层岩性主要为碎石土及全风化、强风化基岩。 | 地下水分布规律不明显。 | 水位主要受地形地貌、大气降水影响，呈现季节性变化。 |
| A区 | 分布于各大冲洪积扇的上部，地形基本平坦，平均坡度在1%~15%左右。 | 含水层岩性主要为砂卵石、砂砾石，永定河及潮白河冲洪积扇的砂卵石层较厚。 | 分布1层地下水。地下水类型为潜水。 | 潜水位受大气降水、人工开采影响显著，多年来变化较大。生态补水时，补水河道沿线地下水回升明显。 |
| B区 | 分布于各大冲洪积扇的中部，地形基本平坦，平均坡度在1%~5%左右。 | 浅部含水层岩性以粉土、粉细砂为主，比较薄；较深部含水层岩性以砂卵石层为主，比较厚。 | 分布2~3层地下水。地下水类型为潜水、承压水，局部地区有上层滞水。 | 潜水位多年来总体变化不大，水位受降水下垫面及管道渗漏影响；承压水水位受人为因素影响，多年来变化较大。 |
| C区 | 分布于各大冲洪积扇的中下部，地形平坦，平均坡度≤1%。 | 浅部含水层岩性以粉土、粉细砂为主，夹薄层砂卵石；较深部含水层岩性以细中砂为主，层数较多、较厚。温榆河及蓟运河冲洪积扇的砂层厚度较薄。 | 分布3~4层地下水。地下水类型为潜水、承压水，局部有上层滞水。 | 潜水位多年来总体变化不大，水位受降水下垫面及管道渗漏影响；承压水水位受人为因素影响，多年来变化较大。 |
| D区 | 分布于各大冲洪积扇的下部，地形平坦，平均坡度≤1%。 | 浅部含水层岩性以粉土、粉细砂为主，比较薄；较深部含水层岩性以细中砂为主，层数较多、较厚。 | 分布3~5层地下水。地下水类型为潜水、承压水，局部有上层滞水。 | 潜水位多年来总体变化不大；承压水水位与潜水动态规律基本一致。 |
| E区 | 主要指延庆平原区。由山区向山前冲洪积扇、山间平原过渡，地面坡度在1%~5%变化。 | 山前地带含水层主要为砂卵石、碎石层，表层黏性土层和粉土层厚度一般小于5m。自四周至平原区中部，含水层由碎石土层渐变为砂土层、粉土层为主，局部为含砂砾石层。 | 分布1~4层地下水。地下水类型为潜水、承压水。潜水位埋深一般小于5m；承压水具有高承压水头，承压水水位局部接近潜水，甚至高出地面。 | 潜水位多年来总体变化不大；承压水水位与潜水动态规律基本一致。 |

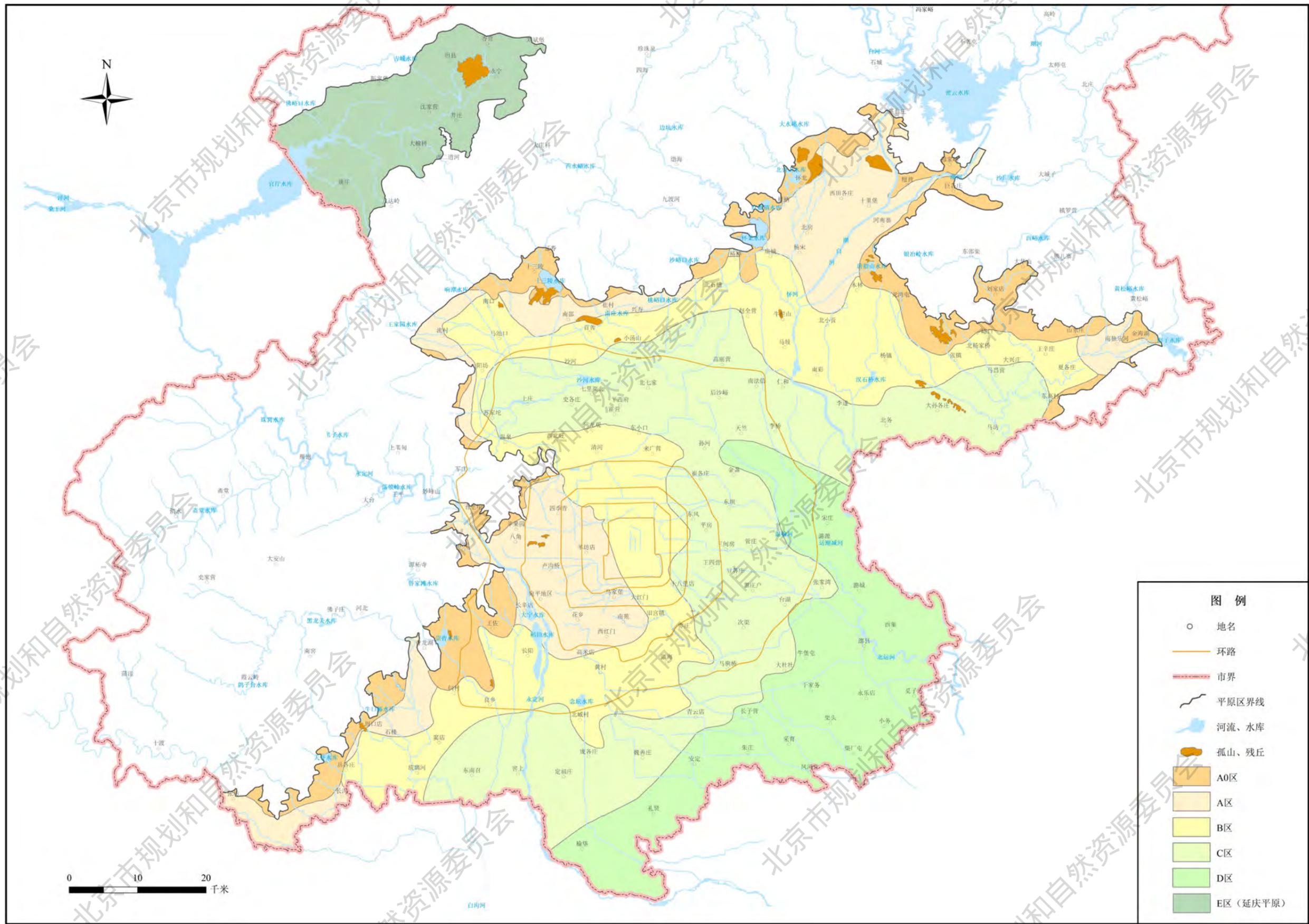
注：1 平原区约 50m 深度内分布的地下水，按埋藏条件可分为上层滞水、潜水、承压水三类；

2 A0 区和 A 区潜水主要分布于地面以下 50m 深度内的砂卵石、砂砾石层中；B 区、C 区、D 区、E 区潜水主要分布于地面以下 10m 深度范围内的粉土、砂土层中，主要受大气降水入渗和渗漏补给；

3 上层滞水主要分布在城区 10m 深度内的粉土、砂土和人工填土层中，该类型地下水主要接受大气降水和管线渗漏补给；

4 承压水主要分布在 B 区、C 区、D 区、E 区埋深 10m 以下的砂土、卵砾石层中，稳定水位一般在含水层顶板以上呈承压状态，部分区域低于含水层顶板呈无压状态，其承压（无压）性随着地下水水位的升降变化而转化；

5 降水下垫面指降水入渗的陆地表面，包括硬化地面、透水地面、绿地等。



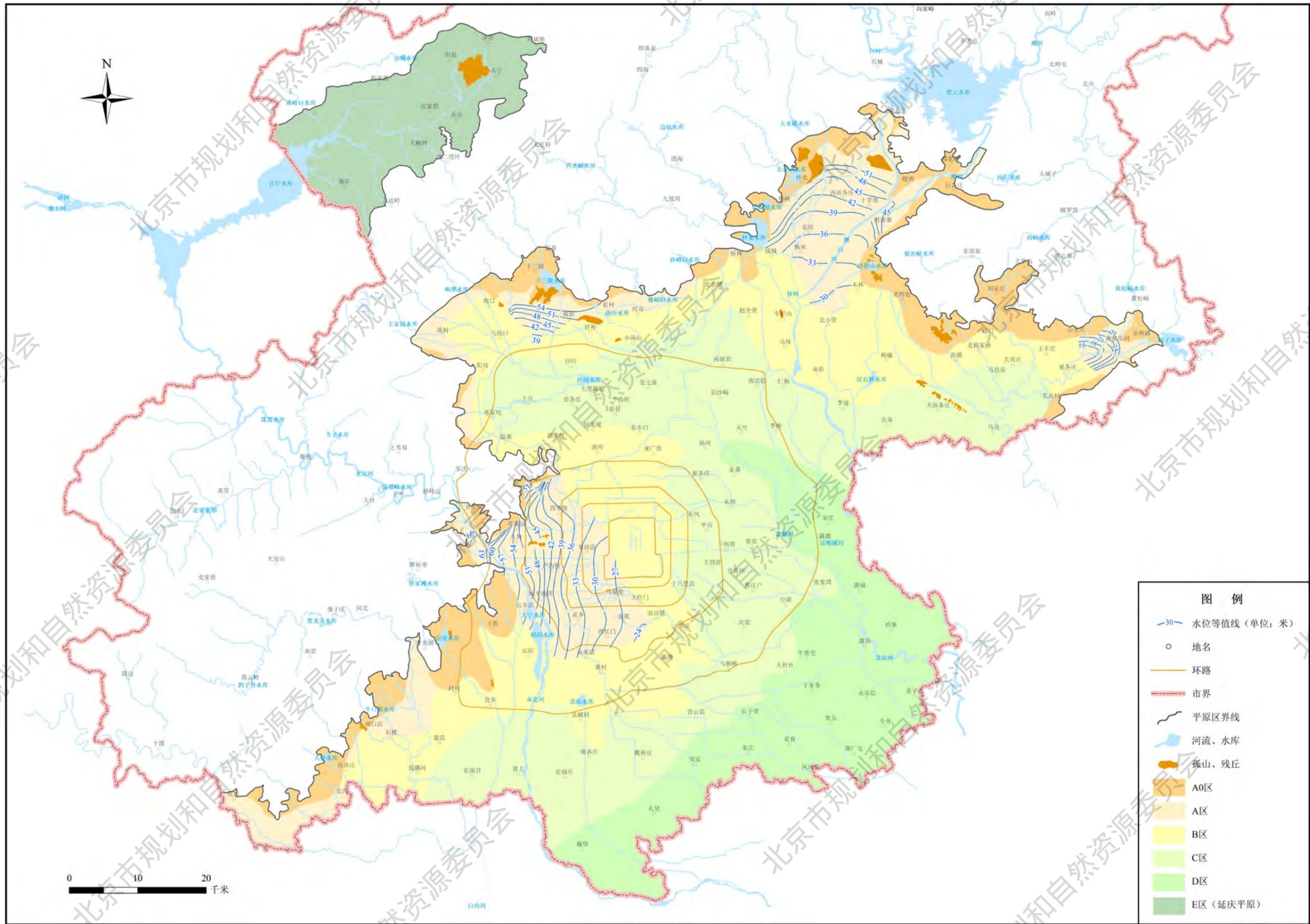
京审字(2024)J第007号

图 A.0.1 北京市工程水文地质分区图

附录 B 地下水水位基准

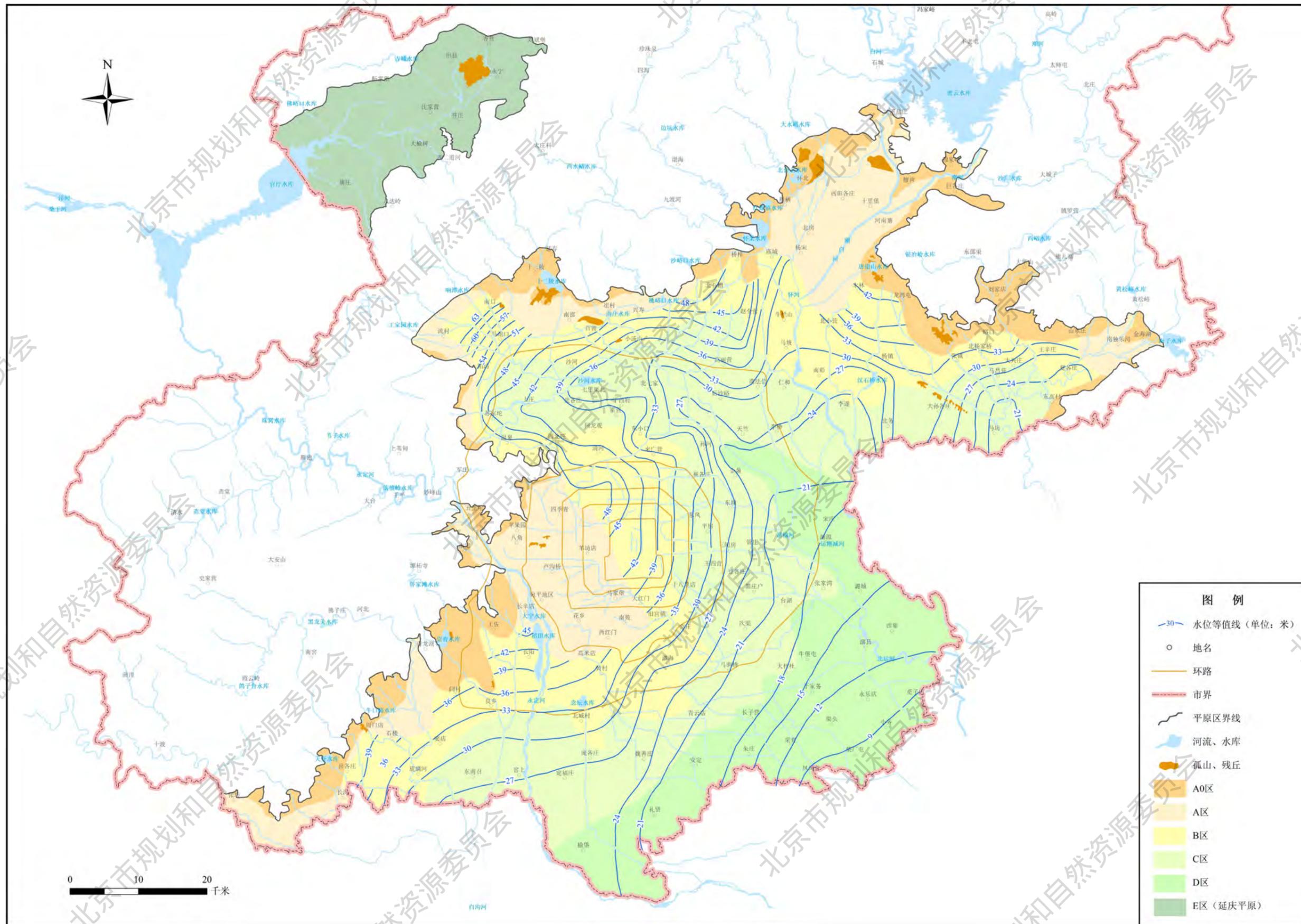
B.0.1 A区地下水水位基准可按图 B.0.1-1 确定，B区、C区地下水水位基准可按图 B.0.1-2 确定。

B.0.2 当场地位于等值线覆盖范围以内时，地下水水位基准可内插确定；当场地位于 A区、B区，且在等值线覆盖范围以外时，宜结合场地地形变化规律，搜集分析近年高水位资料确定。



京审字(2024)J第007号

图 B.0.1-1 A 区地下水水位基准等值线图



京审字 (2024) J第007号

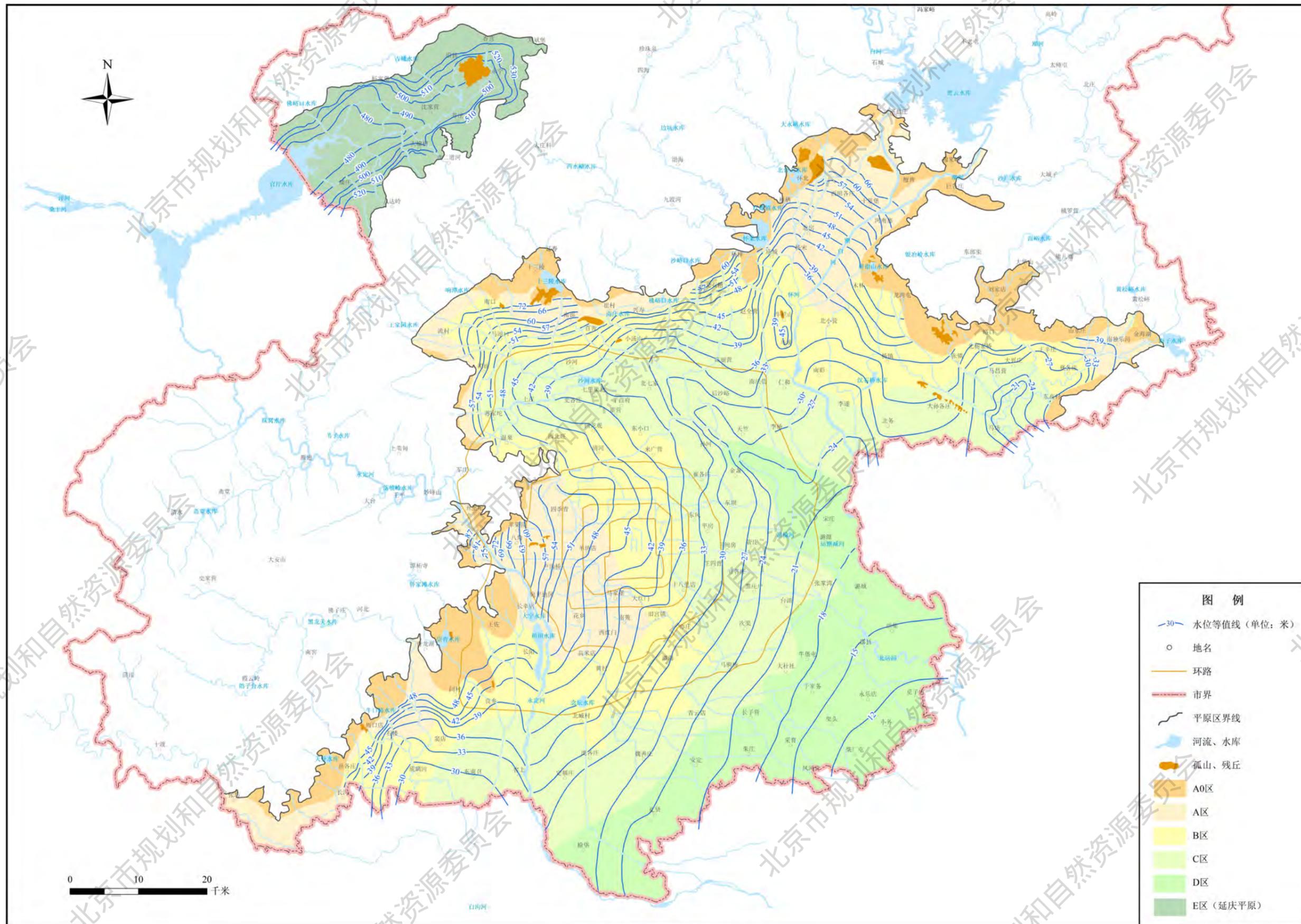
图 B.0.1-2 B 区、C 区地下水水位基准等值线图

附录 C 地下水历史高水位

C.0.1 平原区地下水历史高水位可按图 C.0.1 确定。

C.0.2 当场地位于等值线覆盖范围以内时，地下水历史高水位可内插确定；当场地位于 A 区、B 区，且在等值线覆盖范围以外时，宜结合场地地形变化规律，搜集分析历年高水位资料确定。

C.0.3 当按照图 C.0.1 确定的 B 区、C 区、D 区场地水位低于现状地面标高 3m 以上，或高于现状地面时，历史高水位应进一步分析场地及周边地下水动态影响因素综合确定。



京审字（2024）J第007号

图 C.0.1 地下水历史高水位等值线图

附录 D 数值分析法基本要求

D.1 平面二维和三维数值分析法

D.1.1 数值分析工作应包括模型建立、模型识别、模型验证和水位预测等内容，其中模型应包括概念模型、数学物理模型和数值模型。

D.1.2 概念模型建立应符合下列要求：

1 模型应设置自然渗流边界，对于自然渗流边界以外的其他边界，可根据多年流场情况设为人工边界；人工边界类型宜以给定流量边界或混合边界为主；

2 可对模型含水层进行概化，但应能反映场地及区域地下水分层情况；

3 模型中源汇项应充分反映其时空变化规律。

D.1.3 数学物理模型建立应符合下列要求：

1 宜建立三维渗流模型，当场地位于单一含水层或结构基底完全位于同一个独立含水层（系统）时，可建立平面二维渗流模型；

2 宜建立瞬态流模型，当模型有给定水头边界且其对地下水水位动态起控制作用时，可建立稳定流模型。

D.1.4 数值模型应根据水文地质条件复杂程度、预测精度，确定数值模型空间剖分的精度；对于瞬态流模型，其时间步长的划分精度应能反映水位的年动态规律和预测精度的需要。

D.1.5 模型识别应符合以下要求：

1 模型识别前，应充分利用各种水文地质试验资料和地区经验进行模型参数初步赋值，可采用分区或空间插值等方式赋值；

2 对于稳定流模型识别，应选择相对稳定的同一时期气象水文资料和水文地质观测资料进行边界条件和源汇项赋值，然后进行渗流场验

算；对于瞬态流模型识别，除验算典型时刻地下水流场外，还应对典型位置的水位动态规律和典型水文周期的水均衡进行验算；

3 当上述验算结果与既有的观测数据和相关经验存在较大偏差时，应分析原因并进行模型及参数的修正与完善。

D.1.6 模型验证应符合以下要求：

1 利用与模型识别阶段完全不同的气象水文和水文地质资料，进行典型时刻地下水流场、典型位置的水位动态规律验算，瞬态流模型还应进行完整水文周期的水均衡验算；

2 当验算结果与既有的观测数据及相关经验存在较大偏差时，应综合模型识别和验证两个阶段验算情况，分析原因并对模型进行完善。

D.1.7 模型预测的输入条件应符合以下要求：

1 对于稳定流模型，给定水头边界应按最不利条件赋值，给定流量边界和源汇项可按未来变化趋势平均情况赋值；

2 对于瞬态流模型，远期水位预测时间长度的设置宜达到工程设计工作年限的1.1倍以上；初始条件应选用代表性时刻的水位观测数据；给定水头边界应按未来动态趋势实时赋值，给定流量边界和源汇项可按未来变化趋势平均情况赋值；

3 当未来设计地形条件相对于现状将发生重大变化时，预测模型的地形应修改为设计地形。

D.2 垂向一维渗流模型分析法

D.2.1 垂向一维渗流模型预测应符合下列要求：

1 模型的上、下边界应根据场地勘察结果结合区域水文地质条件综合确定；

2 预测模型流态可采用稳定流模型，特殊情况可根据需要采用瞬态流模型；

3 当上、下边界之间分布有其他含水层时，可利用该含水层的水位数据以及同期的上、下边界水位数据进行模型识别；当上、下边界之间为弱透水层时，可利用弱透水层孔隙水压力测试数据以及同期的上、下边界水位数据进行模型的识别；

4 应利用经过参数识别的垂向一维渗流模型，将预测的上、下边界远期最高水位作为输入条件，计算得出上、下边界之间任一点的远期水头；

5 应根据计算得出的远期水头垂向分布，分析基础底面处的等效水位，以此作为抗浮设防水位建议值的依据。

D.2.2 当垂向一维渗流模型上、下边界之间全部为渗透系数均一的弱透水层时，弱透水层中任一点的水头高度最大值可采用以下简化公式预测：

$$h_{max}(z) = H_{1max} - (H_{1max} - H_{2max}) / (z_1 - z_2) \cdot (z_1 - z) \quad (D.2.2)$$

式中： $H_{max}(z)$ ——标高 z 处的水头最大值（m）；

z ——弱透水层中任意点的标高（m）；

H_{1max} ——上边界远期最高水位标高（m）；

H_{2max} ——下边界远期最高水位标高（m）；

z_1 ——上边界位置标高（m）；

z_2 ——下边界位置标高（m）。

D.2.3 当需要获取孔隙水压力分布曲线时，可利用取得的水头预测值，

DB11/T 2241—2024

按下式计算孔隙水压力：

$$P_{max}(z) = \gamma_w \cdot [h_{max}(z) - z] \quad (D.2.3)$$

式中： $P_{max}(z)$ ——标高 z 处的孔隙水压力（kPa）；

γ_w ——水的重度（kN/m³）；

z ——弱透水层中任意点的标高（m）。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 2 《城市地下水动态观测规程》CJJ 76

北京市地方标准

建筑与市政工程抗浮勘察标准

DB11/T 2241—2024

条文说明

目 次

| | |
|-----------------|----|
| 1 总则 | 38 |
| 2 术语和符号 | 39 |
| 2.1 术语 | 39 |
| 3 基本规定 | 40 |
| 4 调查与勘探 | 41 |
| 4.2 资料搜集 | 41 |
| 4.3 工程水文地质调查与测绘 | 41 |
| 4.4 勘探与测试 | 42 |
| 5 抗浮设防水位 | 43 |
| 5.1 一般规定 | 43 |
| 5.2 工程水文地质条件分析 | 43 |
| 5.3 远期最高水位预测 | 44 |
| 5.4 抗浮设防水位确定 | 46 |
| 6 抗浮评价与勘察成果 | 51 |
| 附录 A 工程水文地质分区 | 52 |
| 附录 B 地下水水位基准 | 53 |
| 附录 C 地下水历史高水位 | 54 |
| 附录 D 数值分析法基本要求 | 55 |

1 总 则

1.0.1 近些年来，北京市针对地下水实施开源节流的系列政策，在开源方面，南水北调进京、再生水利用等措施得到有效实施，同时根据北京城市总体规划（2016年-2035年），北京加强水源恢复与保护，加大地下水回灌量。在这些措施的影响下，北京市地下水水位已出现明显趋势性回升。随着地下水水位的逐步回升，北京地区大量城市建筑与市政工程安全风险加剧，可能引起地下结构渗漏、整体或局部上浮，结构开裂甚至破坏，相关抗浮事故案例也时有发生，抗浮问题日益突出。

从1950年代开始，北京市规划、水务和地勘等部门分别进行了地下水监测网的建设以及长期观测工作，并开展了与地下水水位动态规律及结构抗浮相关的系统的科研及工程实践工作，这些工作系统地揭示了北京地区地下水分布、变化规律及趋势，总结了相关抗浮分析评价技术，为地下结构抗浮安全评价提供了重要技术支撑，为本标准的编制提供了极为重要的资料基础和研究基础。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.5 地下水高水位基准是本标准所提出的因素叠加法中,用于确定远期最高水位时的起始计算水位。该水位的提出,综合考虑了2014年南水进京、地下水节采、丰水期降雨等影响下的地下水水位观测结果。对缺乏地下水水位观测资料地区,可通过文献查询、现场调查访问和量测获取。

3 基本规定

3.0.1 对于有地下结构的建筑或市政工程,当建设场地的地下水水位可能高于其基础底面时,结构会受到地下水浮力的影响,此时勘察工作应进行抗浮评价,提出抗浮措施建议。该项工作是对现有勘察工作有关抗浮内容的细化、明确和补充。

根据北京市现行工作要求,结构抗浮设计和审查必须以经过审查(检查)的岩土工程勘察报告为有效设计依据,因此本条明确工程抗浮勘察成果应纳入工程勘察报告。

3.0.2 为了保障工程抗浮勘察工作的有效性和针对性,工程抗浮勘察前应取得工程设计资料,并明确对工程抗浮勘察工作的具体要求。工程设计资料包括基础类型及基础底板埋置深度、结构形式和荷载分布等设计条件,以及可能采用的抗浮设计措施,如增加上部结构和基础自重、设置抗浮桩或者抗浮锚杆等被动抗浮措施,以及排水限压法、隔水控压法等主动抗浮措施等。对于改(扩)建项目,还应取得永久结构和基坑围护结构的设计文件和竣工文件,包括隔水帷幕形式和深度、降水井类型和封堵情况,原有抗浮方案及其运行情况,包括地面排水系统和地下排水系统的运行和封堵情况等。除此之外,当有提供主动或被动抗浮措施所需的准确参数、量化比较抗浮措施等需要时,还应明确对于工程抗浮勘察工作的特殊要求。

3.0.4 本标准依据地形地貌、含水层特征、地下水分布、水位动态等的差异,将北京市平原区划分成6个工程水文地质分区:A0区、A区、B区、C区、D区及E区。鉴于北京市水文地质条件的复杂性和多样性,本标准附录A图A.0.1所提供的工程水文地质分区图的精度存在局限性,因此该图仅用于对场地进行初步分区。场地具体分区应根据现场调查结果,以及岩土工程勘察钻孔揭示的实际地层及地下水分布情况,结合表A.0.2的分区特征确定,以便采用合理的抗浮设防水位分析方法。

4 调查与勘探

4.2 资料搜集

4.2.3 当建设场地邻近地表水体时,地表水与建设场地的地下水可能存在水力联系,洪水位是影响建设场地远期高水位的重要因素,有必要开展建设场地洪水位的资料收集工作。考虑到建设工程设计工作年限,洪水位调查宜包括五十年一遇、百年一遇洪水水位。

近几年,各大水系上游水库均会定期向下游生态补水,平原区补水主干道沿线一定范围的地下水水位回升明显。因此,有必要搜集生态补水范围、补水时间、补水量等资料。

4.2.5 近年来北京逐步关停自备井,大幅压采地下水,地下水水位显著回升,地下水开采、回补等资料对分析地下水水位变化趋势至关重要。

4.3 工程水文地质调查与测绘

4.3.4 大面积高填方、深挖方工程,对地下水赋存及补径排条件产生影响,应通过调查地形变迁历史及场地填方、挖方情况,分析其对场地水文地质条件的影响。

4.3.6 本条对地下水调查内容进行了规定。

5 地铁、管廊、大断面市政管道等线状地下工程的建设,相当于在原有地下水环境中设置了隔水帷幕,对地下水水位及流场可能会造成一定影响,使迎水面地下水水位抬升,背水面地下水水位下降。

6 当地下结构的基槽四周为基岩或弱透水层时,基槽内汇水会形成“水盆效应”,当结构不足以抵抗浮力时,会导致结构的整体抗浮稳定性问题,调查本款内容可辅助判断场地地下水的补给来源及径流通

道。

8 泉可以反映出地下水类型、补径排条件等信息。泉的出露点高程即为该点地下水水位，泉的类型、流量反映含水层的分布或含水通道的分布，以及补给和排泄条件。

4.3.7 延庆平原区第四系含水层可划分为山前洪冲积扇孔隙潜水区及冲洪积扇前缘、湖相沉积承压水区。盆地中部以湖相沉积为主，较深部的承压水一般水头很高，甚至会形成自流井；妫水河两侧地势低洼，历史上部分地区为淹没区。

4.3.8 山前第四系含水层岩性以含黏性土的碎石、卵砾石为主，受地形及基岩起伏影响，地下水分布不连续、不稳定，水位动态受大气降水影响显著，现场调查是评估和分析水文地质条件的重要手段。在调查过程中，可通过观察天然或人工的地层剖面、地下水水位迹象，了解山前地带岩土体结构，判别地层成因类型、地下水分布特征等。另外，为了满足灌溉、生活用水需求，这些地区一般有机井、大口井等，可以通过对水井的调查获得地下水水位、水量及动态变化等信息。

4.3.9 考虑到山区地形地貌、地质条件复杂，水文地质条件差异大，往往缺少地下水长期观测资料，特别是西部山区还分布有矿井、巷道、采空区等，现场调查是分析确定山区建设工程的抗浮设防水位的重要手段。

4.4 勘探与测试

4.4.1 地下水水位分层量测既可采用钻探时的勘探孔分层止水后量测，也可采用分层建立的专门地下水观测孔进行量测。

4.4.2 有地下水长期观测资料的场地，可根据多年观测成果分析地下水水位动态。对于缺乏地下水水位长期观测资料的场地，宜建立专门的地下水观测孔开展地下水水位动态观测。为了获得较长的地下水水位动态观测数据，宜在初期期间就建立专门的地下水观测孔并开展观测。

5 抗浮设防水位

5.1 一般规定

5.1.1 合理确定建筑与市政工程的抗浮设防水位，一般应进行两个方面的工作：一方面是根据影响场区水位的自然因素和人为因素预测远期最高水位，主要影响因素包括大气降水、区域及场地工程水文地质条件，以及水资源的开发利用和保护政策等；另一方面是根据远期最高水位，结合拟建建筑和市政工程的设计条件，如基础埋深、涉及地层层位和水文地质单元等，分析各地下结构基底处的最高水位，确定合理的抗浮设防水位。

5.1.4 地形地貌、地层岩性等因素是影响地下水水位的重要因素，当场地跨越不同地貌单元、水文地质单元时，应分区预测各个不同单元的远期最高水位，给出合理的抗浮设防水位。当建筑物所处场地室外地坪高差较大时，受地形等影响，场地地下水补给和排泄条件发生变化，场地不同位置处的远期最高水位存在差异，基于安全、经济的原则，可根据预测的远期最高水位的不同标高，分区提供抗浮设防水位，各分区抗浮设防水位取该区预测水位的高值。

5.2 工程水文地质条件分析

5.2.1 场地远期最高水位的确定需要考虑区域和场地两个尺度的水文地质条件。区域水文地质条件分析包括分析区域地下水分布及水位动态规律等条件，以及分析区域地下水水位动态影响因素。

5.2.2 通过工程水文地质调查和测绘、勘探与测试等查明场地地下水的赋存状态，以及场地地下水与区域地下水的水力联系。场地尺度的地下

水分布条件及地下水水位动态影响因素,也可能影响场地及周围一定范围的地下水水位,需要在区域地下水水位分析的基础上,结合以上条件对场地地下水水位进行分析。

5.3 远期最高水位预测

5.3.1 A区、B区及C区的第一层地下水水位动态受自然因素和人为因素的影响,自然因素主要为水文气象、地形地貌条件,人为因素主要包括地下水开采、回渗补给、城市建设等,依据北京市多年地下水水位动态观测资料开展的相关研究表明,这三个分区中的人为因素是影响地下水水位动态的主要因素。在A区,地下水开采、生态补水等对地下水水位影响较大;自1970年代以来,地下水连续大规模开采引起了地下水水位大幅下降,而近年来,南水北调工程实施后,在生态补水及减采等综合影响下,地下水水位回升明显。在B区及C区,浅层地下水水位受地面硬化、城市绿地等降水下垫面,以及管道渗漏等城市建设相关因素影响较大。

自然因素和人为因素对水位的影响具有宏观规律性和局部特性。宏观规律性可依据区域宏观数据进行预测,局部特性可依据场地及其周边的资料进行预测。因素叠加法对远期最高水位进行预测时,首先分析并预测区域水位的宏观规律,获得区域性远期最高水位,即 $H_0 + \Delta h_1$,之后分析并叠加受场地特征影响的场地水位升幅 Δh_2 ,最后获得场地远期最高水位 H_{max} 。

基于对北京市平原区的地下水水位和水位动态影响因素的分析,A区、B区及C区的远期地下水水位宏观上呈上升趋势。区域性远期最高水位以地下水高水位基准 H_0 为起点,叠加区域水位升幅 Δh_1 获得。区域水位升幅考虑区域水文地质条件、大气降水等自然因素和北京市地下水开采、回渗补给,以及生态环境建设等人为因素。

场地水位升幅 Δh_2 需要考虑场地及周边的自然和人为因素影响下的

局部地下水水位的变化。基于安全考虑，本升幅取值不宜小于零。

5.3.2 考虑到本标准附录 B 图件绘制所采用的地下水水位数据的精度限制及时效性，本条规定地下水高水位基准 H_0 应取三种水位的最高值。

当场地位于 A 区、B 区分区界线附近，根据本标准第 3.0.4 条确定的场地工程水文地质分区，与附录 A 的图 A.0.1 不一致时，地下水高水位基准按本条第 2 款、第 3 款高值取值。

5.3.3 本标准的地下水历史高水位 H_R 取区域历史上有记录以来的最高水位，作为预测区域性远期最高水位的数据参考。1959 年，北京市平原区地下水开采量较小，且降雨量较大，年降雨量达到 1406mm，此状态下平原区地下水水位可代表近 70 年来可达到的区域性最高水位，这已经在北京地区工程建设领域得到广泛共识。部分区域由于缺少 1959 年的观测数据，采用了 1961 年的水位数据。需要特别指出的是，1959 年地下水水位是基于 1959 年左右地形条件下形成的区域性水位，具体使用时需综合分析历史地形及历史水位、现状及未来地形情况进行应用。考虑到区域性水位资料的精度，存在因局部地形变化引起局部水位变化的可能，因此，当调查与勘探获取的地下水水位高于附录 C 的水位时，应取高值。

区域性远期最高水位通常不高于地下水历史高水位，即区域水位升幅影响系数 η 原则上不大于 1.0。区域水位升幅影响系数 η 应综合分析区域地形地貌、区域地质与水文地质条件、大气降水等自然因素和地下水的开采、回渗补给、城市建设情况等人为因素对区域地下水水位升幅的影响而确定。表 5.3.3 的系数是根据北京市区域地下水抗浮设防水位预测研究成果及近年来的工程实践经验，进行了大量的数据统计分析后的结果，在无经验时可参考使用。

5.3.4 根据多年的地下水水位观测数据，D 区除局部区域受大规模施工降水影响外，该区域第一层地下水埋深浅，且年内、年际的水位动态变幅均较小，局部区域后期工程建设结束后，水位仍可能恢复至历史高水平；E 区浅层地下水水位多年总体变化不大，且埋深较浅。因此，当建

设场地位于 D 区、E 区时，宜采用历年高水位法预测远期最高水位。

5.3.5 山前 A0 区通常处在山麓坡积、山前洪冲积地貌单元上，地下水赋存状态受地形地貌及地层条件影响较大，存在分布不连续，或规律性差的特点。该区域地下水水位观测资料积累少，本标准仅给出了确定远期最高水位时需要考虑的因素，应综合各影响因素确定远期最高水位。

5.3.6 由于本标准附录中图件绘制依据的数据和资料精度有限，当场地位于分区界线附近时，远期最高水位按不利工况确定。

(1) 场地位于 A0 区与 A 区、A0 区与 B 区的分区界线附近，场地工程水文地质特征符合 A 区或 B 区特征，且在水位观测资料覆盖范围内时，可应用因素叠加法，除此之外，应根据本标准第 5.3.5 条，或采用数值分析法确定远期最高水位。

(2) 场地位于 A 区与 B 区的分区界线附近，当场地具体分区位置与附录 A 图 A.0.1 一致时，宜根据第 5.3.1~5.3.3 条确定远期最高水位；当不一致时，场地地下水高水位基准应按第 5.3.2 条取值，区域水位升幅影响系数按第 5.3.3 条取 A 区与 B 区的高值。

(3) 场地位于 B 区与 C 区、C 区与 D 区分区界限附近，应依据场地调查与勘探成果确定的场地工程水文地质分区，按照第 5.3.1~5.3.3 条确定远期最高水位。

5.3.8 数值分析法具有能够计算复杂自然因素和人为因素对地下水水位动态的影响，以及适用范围广等特点，在水文地质条件复杂，或需要多个方法进行比较，以及有其他工程需要时，宜使用数值分析法预测场地远期最高水位。

5.4 抗浮设防水位确定

5.4.1 抗浮设防水位确定典型算例如下：

1 A 区算例

建设场地位于石景山区衙门口地区，根据第 3.0.4 条判定属于 A 区，

建筑工程基础埋深 15m，基础底板位于潜水含水层中。

1) 远期最高水位预测

根据 5.3 节的规定，可采用因素叠加法，利用式 5.3.1 计算远期最高水位。

按照本标准第 5.3.2 条确定地下水高水位基准 H_0 。分析以下 3 种情况的地下水水位：①按“附录 B 地下水水位基准”中图 B.0.1，确定该场地处的地下水水位基准值为 51.0m；②根据搜集调查的资料，勘察时场地近 3 年~5 年的最高水位为 50.5m；③场地调查与勘探时，场地内测量的成层连续分布的地下水水位最高值为 50.0m。综合考虑以上 3 种情况，该场地的地下水高水位基准 H_0 取为 51.0m。

根据本标准第 5.3.3 条的要求确定区域水位升幅 Δh_1 。按照“附录 C 地下水历史高水位”，查图确定该场地的地下水历史高水位 H_R 为 63.0m；该场地无场地经验，按表 5.3.3 确定区域水位升幅影响系数 η 。该场地位于 A 区，计算 $H_R - H_0$ 为 12.0m，大于 10m，因此 η 取表格中对应取值区间的高值， η 取值为 0.9。根据式 5.3.3，计算得到： $\Delta h_1 = 0.9 \times (63.0 - 51.0) = 10.8$ (m)。

确定场地水位升幅 Δh_2 。场地地下水水位升幅需考虑场地及周边的地形改变、地表水体渗漏、地下水开采减小及建筑与市政基础设施等的综合影响，本算例按零考虑。

计算远期最高水位 H_{max} 。根据本标准式 5.3.1 计算得 $H_{max} = 51.0 + 10.8 + 0 = 61.8$ (m)。

2) 抗浮设防水位确定

根据本标准第 5.4.1 条，该场地位于 A 区，抗浮设防水位宜按照场地远期最高水位取值，因此，该场地抗浮设防水位取值为 61.8m。

2 A/B 交界区算例

建设场地位于西城区阜成门地区，位于附录 A 中的 A 区、B 区交界地区，建筑工程基础埋深 8m，基础底板位于潜水含水层中。

1) 远期最高水位预测

场地位于 A 区和 B 区交界地区，根据本标准第 3.0.4 条确定的场地工程水文地质分区与附录 A 的图 A.0.1 不一致，按照第 5.3.2 条的条文说明，场地地下水高水位基准按第 5.3.2 条第 2 款、第 3 款高值取值，取勘察时场地近 3 年~5 年最高水位、场地内测量的最高水位的高值， H_0 取为 45.0m。

查图确定该场地的地下水历史高水位 H_R 为 48.0m，计算 $H_R - H_0$ 为 3m， η 按照第 5.3.3 条取 A 区与 B 区的高值，取值为 1.0，计算得到： $\Delta h_1 = 1.0 \times (48.0 - 45.0) = 3.0$ (m)。

场地水位升幅 Δh_2 按零考虑。

计算得 $H_{max} = 45.0 + 3.0 + 0 = 48.0$ (m)。

2) 抗浮设防水位确定

该场地的抗浮设防水位可取远期最高水位，即按 48.0m 考虑。

3 C 区算例

建设场地位于朝阳区望京，位于附录 A 中的 C 区，建筑工程基础埋深为 3.5m（基底标高 35.0）和 18.3m（基底标高 20.2m），分别位于潜水含水层、潜水含水层和承压水含水层之间的弱透水层中（图 1）。

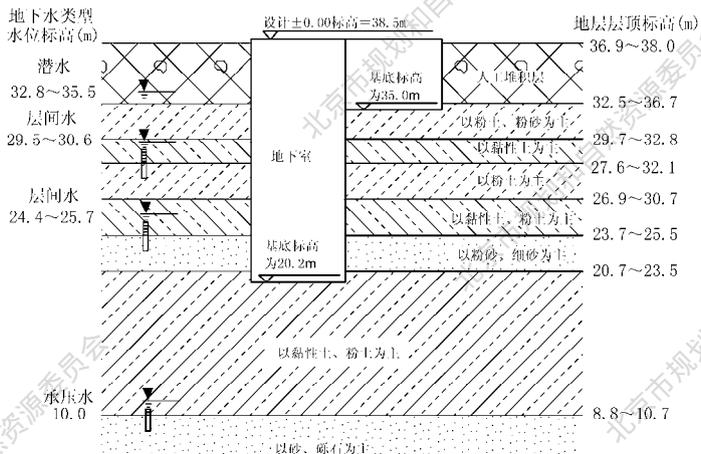


图 1 场地典型地层、地下水分布及建筑物基础埋置情况示意图

1) 远期最高水位预测

场地位于平原区的 C 区, 采用因素叠加法计算远期最高水位, $H_{max}=35.5+2.1+0=37.6$ (m)。

2) 抗浮设防水位确定

该场地的抗浮设防水位可取远期最高水位, 即按 37.6m 考虑。

5.4.2 当建设场地位于平原区的 B 区、C 区时, 抗浮设防水位可按 5.4.1 条取远期最高水位, 也可根据北京市长期以来的经验做法, 考虑基础埋置深度、地层渗透性等对抗浮设防水位影响, 此时抗浮设防水位可采用垂向一维渗流模拟方法确定。

1 应用条件

由于垂向一维渗流模拟方法的基础是要进行精细的含水层划分, 因此是具备充分资料前提下的一种补充方法, 本标准仅提出其一般技术要求。针对具体项目, 勘察单位可根据项目需要和本单位所掌握的资料, 因地制宜地开展工作。

2 垂向一维渗流模拟算例

此处以上 5.4.1 条文说明所给出的 C 区算例基础上, 进一步采用垂向一维渗流模拟方法, 确定抗浮设防水位。

1) 远期最高水位预测

利用数值分析方法, 建立区域地下水流数值模型。根据模拟结果, 场地承压水的远期最高水位为 22.1m。

按附录 D.2 采用垂向一维渗流模拟方法, 建立场地的概念模型和数值模型, 并经模型识别和模型验证, 预测场地一定深度范围内地基层层中的地下水水头分布。

计算结果表明, 当拟建建筑基底标高为 35.0m 时, 基底处最大水压力为 26kN/m^2 , 其等效水位标高为 37.6m; 当拟建建筑基底标高为 20.2m 时, 基底处最大水压力为 139kN/m^2 , 其等效水位标高为 34.1m。

2) 抗浮设防水位确定

DB11/T 2241—2024

综合以上计算结果，当拟建建筑基底标高为 35.0m 时，抗浮设防水位取值为 37.6m；当拟建建筑基底标高为 20.2m 时，抗浮设防水位取值为 34.1m。

6 抗浮评价与勘察成果

6.0.2 近年来国内发生了多起施工期间结构及覆土等荷载尚未完全达到使用状态下，由于降雨、管线渗漏等引起的地下水水位快速上升，引起结构上浮问题。这类问题与本标准主要考虑的长期地下水动态变化引起的抗浮问题具有不同的性质。因此本条要求施工期间的地下水控制一方面要满足干槽作业的要求，另一方面需根据结构及覆土等荷载的变化动态调整，当结构及覆土等荷载不足以抵抗地下水浮力时，地下水控制措施不得中止。

6.0.3 本条规定了勘察成果中关于抗浮评价应包括的主要内容。

6 抗浮措施宜根据拟建项目上部结构及基础类型、抗浮稳定状态并结合可能采用的抗浮措施、对周边环境的影响、施工条件等因素进行技术经济比较后确定。除考虑建筑整体抗浮问题外，尚应考虑基础底板局部抗浮问题。当建议采用控制、减小地下水浮力作用效应的主动抗浮措施时，可考虑排水限压法、泄水限压法、隔水控压法等。当建议采用抵抗地下水浮力作用效应的被动抗浮措施时，可考虑压重抗浮法、结构抗浮法、抗浮桩、抗浮锚杆等方法。

此外，基坑肥槽易成为地表水、雨水的导水通道并造成抗浮问题。因此，提出的肥槽回填材料要求，应兼顾建筑侧限要求并避免水盆效应，回填材料应选择低渗透性材料，其压实系数等参数应符合相关标准要求。

附录 A 工程水文地质分区

A.0.1~A.0.2 本标准将北京全域划分为山区、平原区，对平原区约 50m 深度以内的第四纪松散地层进行了工程水文地质分区专题研究。在以往研究成果的基础上，专题研究过程中搜集了大量的地质、水文地质资料，绘制了 13 条贯穿北京市平原区的工程水文地质剖面，总长 612km，引用资料 600 余份。根据以上研究，主要考虑地形地貌、含水层特征、地下水分布、水位动态等因素，将平原区划分成 6 个工程水文地质分区，同一分区的工程水文地质特征和地下水水位影响因素基本相同，因此可采用相同的抗浮设防水位分析方法。

鉴于永定河上游的延庆平原区属于独立的山间盆地，接受大气降水、周边山区基岩裂隙水和岩溶水的补给，与北京平原区松散孔隙水没有直接的水力联系，本标准将其单独分为 E 区。

附录 B 地下水水位基准

B.0.1 根据北京市浅层地下水观测资料，受地下水节采以及自 2019 年开始的北京市大规模生态补水等影响，近年来浅层地下水水位显著回升。利用 2019 年 1 月至 2023 年 12 月的北京市浅层地下水动态观测网中第一层地下水水位的长时间序列观测数据，并结合搜集到的在上述 5 年间大量工程勘察工作中量测得到的最高水位，绘制形成北京市平原区地下水水位基准等值线图。

根据地下水水量测资料，结合北京市工程水文地质分区特征，当前 A 区主要分布一层潜水，潜水水位埋深一般大于 10m；B 区、C 区、D 区分布多层地下水，第一层地下水为潜水，潜水水位埋深一般小于 5m，其下分布承压水（或呈无压状态），承压水水位埋深一般大于 10m；延庆平原区地下水水位埋深约为 1m~11m。当前 A 区潜水与 B 区、C 区的潜水无直接水力联系，因此分别提供“A 区地下水水位基准等值线图”和“B 区、C 区地下水水位基准等值线图”。为便于了解和分析北京市平原区地下水水位总体情况，“B 区、C 区地下水水位基准等值线图”中同时给出了 D 区 2019 年~2023 年间的最高水位情况。

附录 C 地下水历史高水位

C.0.1 搜集 1959 年~1961 年的地下水水位观测资料、地质普查与详查资料，利用 1200 余个点位的水位量测资料，结合地形地貌特征，绘制形成北京市平原区地下水历史高水位等值线图。平原区水位等值线间距一般为 3m；延庆平原区地形高差及地下水水力坡度均较大，水位等值线间距设置为 10m；门头沟及平谷、昌平、密怀顺山前地区，地下水水力坡度较大，部分区域资料精度有限，水位等值线间距设置为 6m。

C.0.3 B 区、C 区、D 区场地历史高水位一般在自然地面下 3m 以内，利用历史水位资料绘制的地下水历史高水位主要反映区域宏观规律，可能存在无法准确反映局部特征的情况，因此，当场地历史高水位低于场地现状地面标高 3m 以上，或高于现状地面时，应分析历史及现状地形情况，结合降水入渗、地表渗漏、灌溉、蒸发等地下水动态影响因素综合确定历史高水位。

附录 D 数值分析法基本要求

D.1 平面二维和三维数值分析方法

D.1.2 由于要进行长时间序列的远期水位预测,该期间地下水流场受各种自然或人为因素影响变化很大,在边界条件设立中需要至少有一个自然边界,以确保远期水位预测的可靠性。当然,实际建模中,很难确保模型的所有边界都是自然边界,这种情况下,为满足计算需要,可以根据流场多年变化情况,设置一定数量的人工边界。同时,考虑到多年来水位变化较大,显然人工边界设置为给定水头边界难度较大,但根据冲洪积扇地区一般经验,水力梯度相对水位要稳定(主要受地形和下伏隔水层变化趋势控制),因此人工边界类型宜以给定流量边界为主,在同时具备长期动态观测资料情况下,为提高模拟精度,也可设为混合边界。

D.1.3 本条对数学物理模型建模做了基本要求。

1 三维渗流模型可以逼真地反映各种复杂的水文地质条件,尤其是多层含水层或垂向渗流分量不可忽略的条件下,并且在计算上可以规避一些不易确定的变量,如多层含水层条件下无需考虑含水层间的越流问题、给定流量边界条件赋值无需考虑含水层厚度等。三维渗流模型精度比较高,优势比较明显,但对水文地质资料需求较高,计算量也相对较大。当研究对象为垂向渗流分量可以忽略、且底板近似水平的含水层时,出于计算便利考虑,其渗流规律可以用平面二维渗流模型来近似描述,该类模型对水文地质资料需求较小,计算量也比较小。

2 瞬态流模型可以逼真地模拟水位动态变化趋势,同时与稳定流模型相比,最大的优点是对边界条件类型要求上比较宽泛,即使没有给定水头边界仍然能满足求解的基本需要,但该类模型对观测资料、模型识别和验证等要求较高,且计算量要大。稳定流模型主要描述某个相对

稳定状态下的渗流场，对观测资料、模型识别和验证等工作要求都比瞬态流要小，但必须有给定水头边界，否则不满足数理方程求解的基本要求，致使模拟结果不唯一、不可靠。

D.1.5 本条对模型识别工作做了基本要求。

1 参数的初步赋值的准确程度对于提高模型识别工作的效率和质量具有重要影响，除了充分利用既有水文地质试验资料外，还需要借鉴地区经验和既有研究成果。

2 稳定流模型识别工作相对简单，主要是通过对某个相对稳定时期流场的验算，来进行参数反演。瞬态流模型识别工作相对复杂，除了要进行流场验算外，还得进行动态规律验算和水均衡验算。

D.1.6 模型验证应采用与模型识别阶段不相关的资料，并且当计算值与实测值存在出入时，应综合模型识别阶段工作进行综合判断，进行模型完善。

D.1.7 本条对预测阶段的输入条件赋值做了基本要求。

1 根据渗流理论，给定水头边界对水位的影响是实时的，而给定流量边界和源汇项（如蒸发排泄、入渗补给和侧向径流补给）对水位的影响则是随着时间的一种累积效应。由于稳定流模型是预测一个“不利条件下的远期平衡状态”，因此给定水头边界按最不利条件赋值，而给定流量边界和源汇项按照未来变化趋势的平均值取值为宜。

2 瞬态流模型其给定水头边界宜按未来变化趋势实时赋值，而给定流量边界和源汇项宜按照未来变化趋势的实时或平均值取值。

D.2 垂向一维渗流模型分析法

D.2.2 当上、下边界之间为渗透系数均一的弱透水层时，根据一维稳定渗流的常微分方程求解原理，常微分方程可蜕化为与渗透系数无关的线性代数方程。因此弱透水层中水头分布可直接用上下边界水头进行插值得到，而无需模型参数识别过程。因此，本条是垂向一维渗流模型分析的在上下边界之间为渗透系数均一弱透水层这一个特例下的简化计算。