

18-24

南京地区深层地下水开发利用和保护

雷安渝

(南京市环境保护科学研究所 南京 210013)

卢无疆

(河海大学 南京 210098)

吴士良

(江苏省地质矿产局 南京 210018)

TV 211.12

摘要 本文根据南京地区深层地下水资源分布、可开采量及水质,论述了生活用水、空调水、饮用矿泉水及地下热水等开发利用的价值,并提出深层地下水资源保护措施。合理开发利用深层地下水,将对南京地区国民经济产生重大影响。

关键词 地下水资源 开发利用 水资源保护 生活用水 南京

南京地区现有各类地下水开采井200余眼,日开采地下水总量 5.5万 m^3 左右,其中孔隙水开采量约为 2万 m^3 ,各类深层水开采量为 3.5万 m^3 。地下水用于工业生产和居民生活饮用的比例为4:3,即用于工业生产约为 $3.1 \text{万 m}^3/\text{d}$,用于居民生活饮用约为 $2.4 \text{万 m}^3/\text{d}$,其中南京及四郊主要为工业用水,五县主要是生活用水(南京市包括市区,雨花、浦口、栖霞、大厂四郊区,江宁、溧水、六合、江浦、高淳五县)。

南京地区地下水资源较丰富,经初步估算,全区地下水的可开采量约为 $82.4 \text{万 m}^3/\text{d}$,目前开采量仅占资源总量的6.7%,尚有较大的开采潜力。

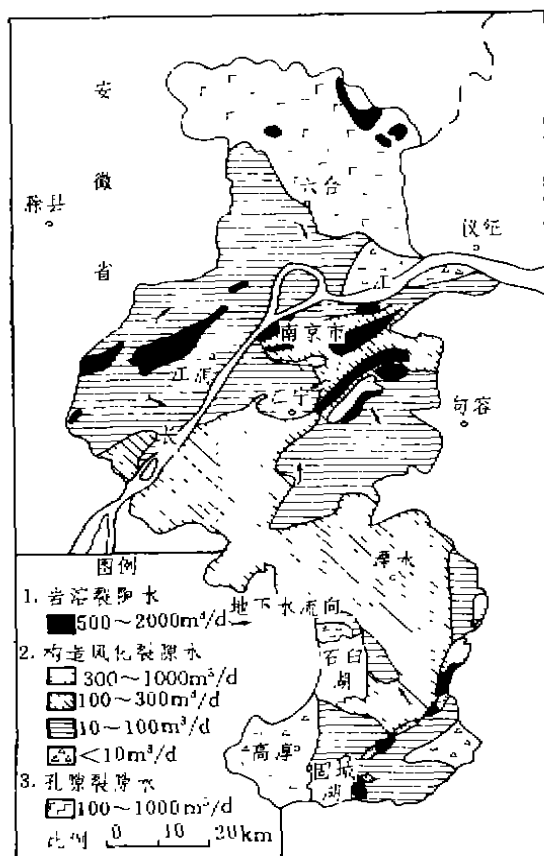
南京地区虽然发现了多处优质饮用天然矿泉水,但开发利用的并不多,除珍珠泉开发规模较大以外,其余多为少量开发,尽管开采量不大,但并没有按矿泉水加以利用。

地下热水的开发利用,目前除江浦汤泉和汤山温泉用于洗浴医疗以外,其它多用于温水养殖,开发利用程度并不高。

地下水具有水质优良、不易受到污染、水温恒定、可就地开采、管理方便等优点。地下水中还有一些优质的饮用天然矿泉水、医疗用热矿水,存在热能、冷能,如能得到合理利用,将对南京市经济发展、旅游、提高人民健康水平等发挥很大作用。

1 深层地下水富水规律及可开采资源量

南京地区以低山丘陵为主,第四纪沉积物不发育,厚度薄,深层地下水主要储存于山丘区的基岩中。按含水层岩性特征和地下水埋藏条件,区内可分为松散岩类孔隙水含水层、碳酸盐岩类溶洞裂隙水含水层、碎屑岩火成岩类构造风化裂隙水含水层、玄武岩类孔隙裂隙水含水层四大类型(附图),其中局部的碳酸盐岩具有较好的储水条件,赋存较为丰富的地下水。南京地区深层地下水资源除受气象、降水等因素影响外,还受地层、地貌控制,在区域上分布极不均匀。现将主要的深层地下水富水块段论述如下。



附图 1.1.1 南京市基岩水文地质略图

1.1 深层地下水富水区(段)

1.1.1 长江漫滩区孔隙水富水块段

长江漫滩区是南京市地下水最为丰富的块段,地下水埋藏于晚更新世以来长江冲积砂层中,沿长江两侧以带状分布,区内面积达463km²。冲积砂层总厚度一般40~60m,最厚处达70~80m,呈典型的“二元结构”特征,上部为亚粘土、淤泥质亚粘土夹薄层粉砂,中下部为厚层状的细砂、中粗砂及砂砾层,结构松散,构成具有一定埋藏条件的微承压含水层。含水层顶板埋藏深度5~10m不等,含水层由长江二侧滩区向江中心方向逐渐变厚,一般厚度相差20~50m。单井涌水量一般1000~3000m³/d。由于长江含水砂层埋藏

浅,地下水与地表水关系密切。天然条件下主要是地下水向长江排泄,在开采条件下,长江水体可成为定水头补给边界,地下水资源十分丰富。

1.1.2 仙鹤门-东阳溶洞裂隙水富水块段

该块段位于南京市东郊近东西谷地中,西起仙鹤门附近的宁芜铁路,东至龙潭附近的东阳镇,面积达49km²。该富水块段为一隐伏埋藏型灰岩溶洞裂隙水分布区。地质构造为一向斜,核部由三叠系周冲组角砾状灰岩组成,在透水性较弱的压性断裂和中酸性侵入岩体控制下,形成一个具有一定规模的富水性较好的贮水构造。谷地中心部位有50~70m厚的第四系粘性土覆盖,北部和南部灰岩含水层出露地表,为补给创造良好的条件。据钻孔揭露,块段内角砾状灰岩厚度100~200m,个别地段超过200m,在东北和北西向断裂作用下,峰窝状溶洞和裂隙式晶洞非常发育,为一以层状分布的良好含水层,导水性极强,单井水量在2000m³/d以上。

1.1.3 大连山-青龙山基岩地下水富水块段

该块段位于南京市东南郊江宁县境内,地表为一连续性较好的褶皱山系。地质构造为背斜,背斜轴西南-东北向,核部为志留系,由于地层软弱,遭受侵蚀多形成次成谷。根据水文地质条件差异,该富水块段又分为三个部分。

a. 西翼青龙山富水条带,由灰岩为主夹碎屑岩地层组成,地层走向北东,向西北倾斜,富水带为一宽度约2km,长度12km的单斜山脉。山体高角度地层易接受大气降水入渗补给,顺层间裂隙和北西向构造裂隙流向西北山麓,在山脚青龙灰岩含水层中形成山前富水带,并产生较多的溢出泉,流量稳定,可达500m³/d,若在带中建深井,单井涌水量一般在1000m³/d以上。

b. 东南翼的大连山受断裂和侵入岩体影响,基岩含水层主要为五通石英砂岩,地层走

向不连续,层位复杂。在近山麓低位处,零星分布有灰岩地层。据初步分析,该处地下水补给条件良好,总方向向东南汇流,因内部条件复杂,地下水径流较分散,在地质环境适宜部位凿建开采井,涌水量一般 $300\sim 1\,000\text{m}^3/\text{d}$ 。

c. 背斜核部汤山,是该块段较富水部位,构成汤山的地层为奥陶系古老灰岩,构造裂隙发育,赋存有较丰富的溶洞裂隙水。同时汤山东端和背斜轴部均有深断裂存在,处于深循环中的地下热水,沿深断裂流出地表,形成汤山热水。可认为,汤山地区水文地质条件复杂,冷热地下水同时存在。

1.1.4 江浦老山溶洞裂隙水富水块段

该块段位于江浦县城北面的低山地区,山体走向北东,面积约 67.6km^2 。山体广泛出露震旦系陡山沱组灰岩、灯影组灰岩和白云质灰岩,厚度较大,并在北东向和北西向二组断裂的交汇切割下,溶洞裂隙发育,形成透水性良好的含水层位。

由于该山区灰岩多直接裸露于地表,易得到大气降水入渗补给,溶洞裂隙充水后,即向四周径流排泄,在山体边缘白垩系红层处受阻,遂以泉水溢出地表,其整个循环过程均在该块段内完成。北西向断裂以张性为主,是区内主要的导水构造,因此流量较大的泉水的一般都在该断层带上,如著名的珍珠泉流量达 $10\,000\text{m}^3/\text{d}$ 。

另在老山西北缘山麓前汤浦镇一带,有资源较为丰富的地下热水出露,它的形成不在老山山区,而是来自西北方向的深循环,承压水头较高,径流至老山山北白垩系地层处受阻,即沿断裂上冒,并在不同程度上与来自老山的溢出泉(冷地下水)相遇混合,如琥珀泉和响水泉的温度与水化学特征明显反映了二种地下水的混合成因特征。

1.1.5 北极阁-中山陵富水条带

该条带位于北极阁、富贵山、中山陵南部山前一线基岩中,为南京市区内相对较富水

地带。该线山体为黄马青组,象山群构成的单斜断块山,地层走向近东西,向南倾斜,倾角 40° 左右。其中象山群下部的紫霞洞组厚层块状石英砾岩,岩性硬脆,构造裂隙和层间裂隙很发育,极利于地下水流动汇集,形成了一条非常有供水意义的富水条带,据沿带水文地质钻孔揭露,天然承压水头高出地表自流,水质清晰良好,单井涌水量一般 $300\sim 500\text{m}^3/\text{d}$,局部可达 $1\,000\text{m}^3/\text{d}$ 。

1.1.6 六合西部孔洞裂隙水富水块段

六合西北竹镇一带,面积约 250km^2 ,广泛分布厚 30m 左右的玄武岩,孔洞裂隙发育,下层为厚度 $5\sim 15\text{m}$ 松散砂砾层,两者共同组成分布比较稳定的含水层,富水性较强,极有利于浅井开采,水位埋深受地形高程控制,在相对的低谷地一般在 $3\sim 5\text{m}$,单井涌水量主要受制于砂砾层的厚度和埋藏深度,若在厚度大于 10m ,且又有利于地下水汇集的部位,单井涌水量均超过 $500\text{m}^3/\text{d}$,局部达 $1\,000\text{m}^3/\text{d}$,成为该片区乡镇经济发展中的主要供水水源。

1.2 深层地下水资源

如前所述,区内无论是河谷地带的微承压孔隙水,还是广泛分布的各类基岩地下水,共同特点是含水层埋藏都比较浅,处在开放或半开放状态中,有利于大气降水入渗补给,入渗系数达 $0.20\sim 0.25$ 。据此计算本区地下水天然资源可达 $13.7\text{亿}\text{m}^3/\text{a}$ 。

南京地区地质地貌条件,对地下水开采资源的分布影响较大,不同地层组成的含水层富水性有较大的差别。因此能提供开发利用的可开采资源在地域上分布极不均匀,在占面积近 60% 贫水地区深层地下水可开采资源非常有限,较有实际意义的是要合理评价上述几个富水块段(条带)中的可开采资源,其总和基本上反映了本区深层地下水的可开采资源。

长江、滁河、秦淮河河谷地区的孔隙微承

表 1 南京地下水富水区(段)可开采资源

富水块段	可开采资源 (亿 m ³ /a)	富水块段	可开采资源 (亿 m ³ /a)
长江漫滩区孔隙水块段	1.950	青龙山-大连山基岩地下水富水块段	0.073
滁河漫滩区孔隙水富水块段	0.490	江浦老山溶洞裂隙水富水块段	0.100
秦淮河漫滩孔隙水富水块段	0.029	北极阁-中山陵富水条带	0.035
仙鹤门-东阳溶洞裂隙水富水块段	0.130	六合西北部孔洞裂隙水富水块段	0.200

表 2 南京市地下水富水区(段)及水质特征

名称	位置	地下水类型	水质	矿化度 (g/L)	可开采量 (m ³ /a)	备 注
漫滩长江	长江沿岸	孔隙水	HCO ₃ -Ca·Mg	0.50~0.60	2.469	局部地区铁砷含量较高
仙鹤门	仙鹤门-东阳	溶洞裂隙水	HCO ₃ -Ca 或 HCO ₃ -Ca·Mg	0.50~0.70	0.130	局部地区 SO ₄ ⁻² 含量较高
大连山	大连山-青龙山	溶洞、孔洞裂隙水	HCO ₃ -Ca·Mg	0.50~0.90	0.073	
老 山	江浦老山	溶洞-裂隙水	HCO ₃ -Ca	0.50~0.60	0.100	
中山陵	北极阁-中山陵	孔隙-裂隙水	HCO ₃ -Na·Ca	0.30~0.50	0.035	具有较多优质饮用天然矿泉水
六 合	六合西北部	孔洞-裂隙水	HCO ₃ -Ca	<0.30	0.200	

压水分布区,在计算可开采资源时,除考虑垂向越流补给作用外,更需考虑开采条件下,江河水对地下水的激化补给问题,其补给边界和含水层内部的导水性共同决定着开采资源的数量值,可通过建立水文地质计算模型来确定。

基岩富水块段内外边界条件都很复杂,一般来说,贮量有限,但径流汇水条件良好,评价其开采资源时,除研究富水块段内含水层的埋藏分布和渗透性之外,更需研究汇水补给面积,要从更大的范围内考虑地质构造和地貌等与地下水补给途径有关的诸因素。

另外各块段现状研究程度也不一样,在前面所介绍的富水块段中,仙鹤门-东阳溶洞裂隙水和长江漫滩区孔隙水富水块段的研究程度较高,曾进行过万分之一和五万分之一水文地质勘察,作过大型野外抽水试验,获得了有关可靠参数,而且已有地下水动态资料积累,因此曾建立水文地质数学模型,采用了数值法计算开采资源。其它块段的开采资源计算,由于勘察精度低(一般为二十万分之一比例尺度精度),参数缺乏,故只能在此普查基础上进行简易计算。

经采用不同的方法计算,上述主要富水

块段的可开采资源量为 3.007 亿 m³/a(详见表 1)。深层地下水富水区(段)及其水质特征见表 2。

2 生活饮用水和空调水开发利用

南京地区与其它城市相比有较丰富的地表水,但这并不意味着南京地区不缺水。对于山丘地区及远离长江或缺地表水地区,深层地下水仍然是一个重要的供水水源。

南京地区目前各类深层地下水开采量 3.5 万 m³/d,用于生活饮用水约 2.4 万 m³/d,占饮用水供应能力 2.13%,占南京地区供水人数 2.53%,可见占有一定比例。

目前六合等县正积极筹集资金建井抽水,解决丘陵地区饮用水的问题。

除上述深井水开发外还可以开发沿江漫滩孔隙水。南京地区长江沿岸孔隙地下水资源比较丰富,目前得不到充分利用的主要原因是水质问题,同长江水水质相比,总的铁含量低。长江沿岸地带因大量污染水排放使水质污染日趋严重,而地下水由于埋藏于地下,上覆有粘土层,具有一定防污能力,酚、汞、铅等元素均未发现,浑浊度也远低于长江水,应加以充分利用。可以建立大型地下水厂,将水

质稍加处理就可以作为城市饮用水供水水源,其费用比建地表水厂低。由于地下水年水温恒定,均为 18℃ 左右,不必处理就可以作为工厂空调冷却用水。但需指出,除沿江地区以外,南京市其它地区的深层地下水水质都很好,应贯彻优水优用的原则,限制使用。

近年来,外省利用浅层地下水——潜水作居民生活空调取得了成功,这一经验可在南京市加以推广。南京市发育于秦淮河的故河道,潜水资源丰富,补给量大,埋藏不深,水温恒定,而南京夏天酷热难熬,冬天又冷,因而用潜水作为家庭居住空调能起到极好的效果,其经济效益比空调好,且没有噪音污染,也不会产生环境地质问题,因而可以大力发展推广,以充分利用这一资源。

3 饮用矿泉水开发利用

3.1 矿泉水分布

南京地区地质构造比较复杂,岩浆岩和火山岩非常发育,共同造就地球化学环境条件,有利于饮用天然矿泉水资源的形成。在江苏省,南京属于饮用天然矿泉水资源比较丰富地区之一。据以往较多的地下水水质普查资料分析,区内赋存于各类基岩裂隙中的地下水,只要经过一定深度的循环,都有可能形成饮用天然矿泉水。依据《饮用天然矿泉水水质标准》(GB-8537-87),南京地区发现的饮用天然矿泉水类型主要是偏硅酸型和偏硅酸、锶复合型饮用天然矿泉水,系淋漓溶解成因,矿化度一般小于 1 g/L,属淡水系列。

根据含水层介质及地质条件,区内的饮用天然矿泉水可分为以下几类:

a. 火山岩和岩浆岩偏硅酸、锶复合型饮用天然矿泉水。这是区内分布最广,质量最好的饮用天然矿泉水类型。由于含水层化学成份较复杂,含有丰富的微量元素及特殊成份,在地下水循环过程中,较易形成矿泉水。一般来说,此类矿泉水明显具有三个特点,一是矿

化度和硬度适中,如 $\text{HCO}_3^- - \text{Na}$ 水,水质稳定,口感良好;二是水中锶和偏硅酸二项界限指标含量较高,一般均为复合型;三是同时富含多种有益于人体健康的微量元素。

b. 碳酸盐岩型含锶饮用天然矿泉水。这类矿泉水主要分布于江浦老山和江宁青龙山一带,具有一定的局限性。此类矿泉水只有在足够深的循环条件下才形成,一般以含锶矿泉水为主,在地质构造较有利部位,亦可形成锶、偏硅酸复合型饮用天然矿泉水。如象山蛋鸡场出露于栖霞组灰岩中的上升泉锶含量 0.21~0.26mg/L;桥子山附近深井水锶含量达 0.85mg/L;珍珠泉水温 22.3℃,反映循环深度较大,水中含锶 0.733mg/L。

c. 砂岩型偏硅酸饮用天然矿泉水。这类矿泉水主要分布在北极阁-中山陵富水条带和大连山五通砂岩中,是一种水质极为优质的饮用天然矿泉水,矿化度低于 0.30g/L,硬度低于 120mg/L,铜含量低于 20mg/L,具有明显的“三低”特征。其偏硅含量是 28~45mg/L,局部锶含量也达到国家饮用天然矿泉水界限值标准。如红卫林场青龙山矿泉水饮料厂所开发的矿泉水资源就属于此类型。

d. 玄武岩型偏硅酸饮用天然矿泉水。这类矿泉水较广泛分布在六合偏北部地区的玄武岩类型地下水中,水质特优,其中所含偏硅酸均在 40mg/L 以上,钠含量也不超过 30mg/L,同时还含有丰富微量元素,应列为矿泉水最丰富地区,主要为偏硅酸型矿泉水。如六合平山玄武岩饮用天然矿泉水的偏硅酸含量达 43.41~47.44mg/L。

3.2 矿泉水开发利用

南京地区天然饮用矿泉水资源十分丰富,按其水化学特征分为含锶偏硅酸矿泉水、含锶矿泉水、偏硅酸矿泉水、偏硅酸锶复合型矿泉水。矿泉水中的锶对治疗老年骨质疏松、龋齿,对儿童的骨骼发育有促进作用;矿泉水中的偏硅酸可以增强血管弹性,对心血管病、

高血压、神经系统紊乱、消化道疾病有一定疗效。南京地区矿泉水大多属低钠型,这对遗传型敏感性高血压患者有一定的辅助治疗作用。因而如何合理开发利用这一宝贵的资源已成为不可忽视的问题。我们建议要重视南京地区矿泉水的开发,特别是中山陵一带、大连山、青龙山一带以及六合西部优质矿泉水开发。大力发展饮用矿泉水和矿泉饮料,也可作为酿酒水源,尤其啤酒厂的水源,提高啤酒质量,同时也可结合自然风景开发成为旅游景点,发展一定规模的旅游业。

4 地下热水开发利用

4.1 地下热水分布

南京地区内已知的地下热水出露点,较集中分布在江宁县汤山和江浦县老山汤浦一带,出露处均为古老灰岩地层中,系地下水深循环作用增温所致,顺沿相应规模的断裂带,被导出地表,形成中温热水的出露。南京市地下热水出露点见表3。

4.2 地下热水开发利用

汤泉热水不仅对皮肤病关节炎有显著疗效,而且矿泉泥中含有20多种微量元素,对营养皮肤,保护皮肤,促进新陈代谢有较大的作用。汤山温泉对治疗各种骨病、关节炎,各类心血管病,慢性消化系统疾病,呼吸道病和各类皮肤病都有明显效果,是南京市极宝贵的资源,应合理利用,并加以很好保护。

目前在地热水开发利用中缺乏统一管

理,各单位争抢开采,水位不断下降,使资源遭受破坏,因而必须加强管理,进一步查清地热水资源量,扩大新的地热地,做到统一规划,合理使用。

5 深层地下水的保护

地下水污染的原因十分复杂,主要分为人类活动对地下水造成污染及原生地球化学条件形成地下水某些元素本底值超标。

人类活动对地下水造成污染最为严重的是没有合理开采利用地下水,过量开采使含水层得不到补偿,使水源枯竭,水质恶化,地面下沉。人们生产、生活中的工业废水、城市生活污水以及工业废渣、矿渣、城市垃圾等固体废物和农药、化肥等直接或间接地污染地下水。

除人类活动污染外,在自然地球化学条件下,某些地区地下水一些元素超标也造成污染,如长江漫滩地下水铁、砷超标。

南京地区深层地下水基本上未被污染,而南京市区浅层水已被污染,只能洗涤用。目前应该尽快采取切实可行的措施,阻止浅层地下水进一步被污染,防止深层地下水污染。

5.1 保护深层地下水的基本措施

a. 建立南京市地下水资源管理机构,加强地下水的管理,统一建立浅、深井的技术档案,对新开的深井要进行地质、环境论证,建立审批手续。

b. 加强环境水文地质监测,对生产井要

表3 南京市地下热水出露点

泉名	出露地点	水温	水型	矿化度(g/L)	自流量(m ³ /d)	备注
汤山温泉	江宁县汤山	50~60℃	SO ₄ -Ca	1.7	1200	含氧20埃曼/升
汤泉	江浦县汤浦	38~55℃	SO ₄ -Ca	2.3	6500	
晓珀泉	江浦县	32.2℃	SO ₄ ·HCO ₃ -Ca·Mg	1.8	5000	
响水泉	江浦县浦镇	30.1℃	SO ₄ ·HCO ₃ -Ca·Mg	1.35	3000	

配有一定的监测力量进行定期监测,以掌握地下水水质污染动态,监测环境地质问题。

5.2 防止岩溶塌陷措施

a. 南京城区以山西路、南汽子弟小学、模范马路及化工学院、南京火车站一带为三叠系中、下统青龙群(T_{1-2})裂隙岩溶含水层。该地段为易塌陷和可能塌陷区,地下水仅适宜定量、分区开采,若集中、超量开采,将因岩溶真空吸蚀作用而导致地面塌陷或沉降。

b. 在埋藏型的岩溶发育区布井时,应尽量选择在上覆有40~60m以上的第四系盖层处,既可防止由于开采而在井群附近产生地面塌陷,又可利用上部盖层防止污染。

5.3 防止地下水污染措施

a. 全面规划、合理布局是保护地下水资源的重要对策。对南京地区几个水质较好的富水带,不能建设对地下水源有污染的公共设施 and 工厂。如对仙鹤门-东阳富水带、青龙

山-汤山富水带、江浦老山富水带等地区应加强保护。

b. 对已建厂严格执行“环保法”和“水污染防治法”,加强工矿企业三废排放治理,城市按功能分区进行总量控制,执行排污许可证制度。对新扩建企业执行环境影响评价制度,新建企业应坚持“三同时”的原则。

c. 根据《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国水污染防治法实施细则》,结合南京市地下水环境实际情况,应制定相应的地方性法规。

参考文献

- 1 吴士良,方家骅等,江苏省地下水资源保护,南京:江苏省科学技术出版社,1991
- 2 酆桂芳,环境质量评价,北京:中国环境科学出版社,1989

(收稿日期:1994-05-26)

(上接第12页)

参考文献

- 1 Chen Xianming, et al. Microcomputer-based excitation system for motor/generator of pumped storage power stations. In: Proceedings of International Symposium on Pumped Storage Development '94, Sept. 1994, Nanjing. 523~532
- 2 Chen Zhixing. The design of plant supervision control system and protection system for Tianhuangping Project. In: Proceedings of International Symposium on Pumped Storage Development '94, Sept. 1994, Nanjing. 533~538
- 3 Fang Huiqin, Guo Maoqi, Wang Jun. Application of open system in monitor and control of pumped storage plant. In: Proceedings of International Symposium on Pumped Storage Development '94, Sept. 1994, Nanjing. 539~543
- 4 Qiu Jingan. Features of high-voltage synchronizing connection for large-scale pumped storage plant. In: Proceedings of International Symposium on Pumped Storage Development '94, Sept. 1994, Nanjing. 544~550
- 5 Walter SCHEIDL. Dynamic behaviour of rotors, with special considerations of the critical speed. In: Proceedings of International Symposium on Pumped Storage Development '94, Sept. 1994, Nanjing. 551~561
- 6 Xing Yingjun. Discussion for variable speed operating characteristic of pump-storage hydro-unit and filtering out the higher harmonic in the electrical machinery in the Panjiakou. In: Proceedings of International Symposium on Pumped Storage Development '94, Sept. 1994, Nanjing. 562~573

(收稿日期:1994-12-16)