

“华龙一号”核电工程混凝土管理模式研究

黄政宇

(中核国电漳州能源有限公司, 漳州 363300)

摘要: 介绍了国内核电工程混凝土管理模式现状, 分析了华龙一号核电工程混凝土实行甲供与乙供管理模式的优缺点, 结合华龙一号核电工程混凝土需求量大的自身特点, 文章重点从经济性方面对甲、乙两种供应模式进行对比研究, 从降低工程造价和项目管理角度综合分析得出甲供模式为核电项目混凝土管理最优模式, 以期对后续同机型核电工程混凝土管理模式提供参考和借鉴。

关键词: 华龙一号; 核电工程; 混凝土; 管理模式

中图分类号: F416

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)03-0116-06

Research on Concrete Management Patterns of HPR1000 NPP

HUANG Zhengyu

(CNNP Guodian Zhangzhou Energy Co., Ltd., Zhangzhou 363300, China)

Abstract: This paper introduces the current situation of concrete management pattern in domestic nuclear power project and analyzes the advantages and disadvantages of concrete supply management patterns between plan A and plan B for HPR1000 nuclear power project. Considering the great demand of concrete for HPR1000 nuclear power project, the paper mainly makes contrastive study to the A and B Supply pattern from the economic aspect. By making comprehensive analysis, it is concluded that A Supply is the optimal pattern from the perspective of reducing cost and project management. It is hoped that the research can provide reference for concrete management pattern of the following nuclear power project with the same type of unit.

Key words: HPR1000; nuclear power project; concrete; management pattern

目前,我国正大力发展和应用核电技术^[1],根据国家能源发展规划,2020年我国核电装机达到58GW,在建达到30GW以上,这意味着每年将要开工6~8台核电机组。2015年5月7日,中国自主三代核电技术“华龙一号”首堆示范工程在福建福清正式开工建设,标志着我国核电技术跻身世界先进核电技术“第一阵营”,我国自主三代核电技术产业即将迎来新的发展机遇。2013年7月,国家核电标杆电价政策出台,后续核电机组上网电价统一实行标杆电价,该政策实施必将促使核电业主加大项目投资控制力度,降低核电厂建设成本无疑成为

各家业主日益关注的焦点,同时也是核电业主项目管理的重点。华龙一号核电工程混凝土用量大、供应周期长,四台华龙机组混凝土用量总计约 $2 \times 10^6 \text{m}^3$,混凝土作为华龙一号核电工程建设项目主材之一,研究和探讨华龙一号核电工程混凝土供应管理模式对降低项目建设成本具有重要意义。

1 混凝土管理模式现状分析

1.1 混凝土管理模式简介

混凝土工作链是指包括搅拌站建造并形成混凝土生产能力^[3]、混凝土原材料采购、混凝土生产与管理协调、混凝土质量控制、混凝土运输浇灌和混凝土费用结算的整个混凝土产业链,其管理涉及多个相关单位。

1.1.1 甲供混凝土模式与乙供混凝土模式定义

目前,国内核电工程混凝土管理根据供应方与

收稿日期: 2016-08-22

作者简介: 黄政宇(1981),男,山东临沂人,经济师/工程师,学士,主要从事核电工程总承包合同管理工作(e-mail) 24773964@qq.com。

使用方的关系，以及搅拌站建设主体及管理责任的不同，主要分为甲供与乙供两种管理模式。

甲供混凝土模式是指由业主直接委托混凝土专业化运营公司生产混凝土，混凝土作为甲供材料，向现场所有施工承包商提供混凝土，混凝土材料价格不包含在业主与总包方签订的工程总承包合同中。

甲供具体操作方式：业主与专业混凝土运营商签订混凝土搅拌站运营管理合同，由混凝土运营商具体负责搅拌站的生产运营管理和混凝土质量控制，业主负责全面协调与管理，并负责管理土建实验室。混凝土运营商根据设计要求和混凝土需求计划负责统一调配现场混凝土，以保证全场混凝土供应。甲供混凝土模式具体管理流程及合同模式详见图1。

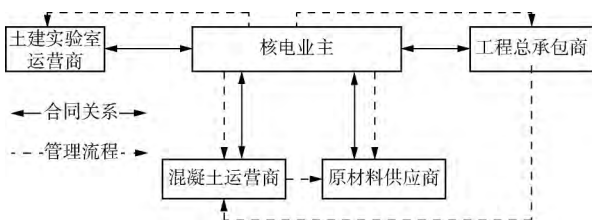


图1 甲供混凝土模式管理流程及合同关系
Fig. 1 Concrete supply management flowchart and contract relationship of Pattern A

乙供混凝土模式是指由工程总承包商委托混凝土专业化运营公司生产混凝土，土建施工承包商通过工程总承包商从混凝土运营公司采购混凝土，混凝土材料价格包含在业主与总包方签订的工程总承包合同中。

乙供具体操作方式：混凝土搅拌站运营由业主委托工程总承包商，总包商委托施工承包商，施工承包商最终委托专业混凝土运营商，并由运营商负责维护保养。业主与工程总承包商签订的工程承包合同中包含混凝土价格。现场施工承包商分别与混凝土运营商签订混凝土供应合同，混凝土运营商按照合同统一组织混凝土生产和供应。业主委托工程总承包商对混凝土链进行全面监督和协调，并管理土建实验室，实现第三方监管。乙供混凝土模式具体管理流程及合同模式详见图2。

1.1.2 甲供混凝土管理模式特点

甲供混凝土管理模式在安全质量管理、进度管理、合同管理和原材料采购等方面具有下述特点：

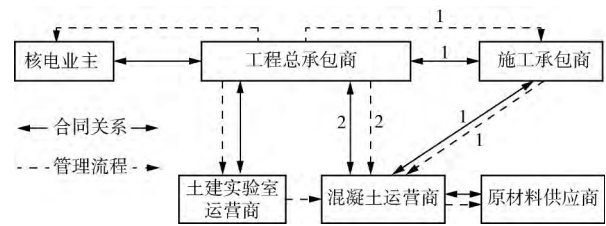


图2 乙供混凝土模式管理流程及合同关系
Fig. 2 Concrete supply management flowchart and contract relationship of Pattern B

1) 安全管理：混凝土供应商负责具体安全管理，业主负责总体安全管理且承担管理责任。

2) 质量管理：混凝土供应商负责具体质量管理，业主委托土建实验室进行监督检查管理，总包方协助管理。有利于业主控制混凝土质量，发现质量问题可以及时要求纠正。

3) 进度管理：混凝土供应商负责统筹调配与安排，业主负责总体协调。混凝土供应商统一管理搅拌站设备，根据施工承包商混凝土需求计划统一安排混凝土生产，业主适时进行协调。

4) 合同管理：业主合同管理与支付工作量增加，业主管控力度强。

5) 原材料采购：业主支付混凝土原材料采购价款，不作为总承包合同价格取费基础，节约费用，原材料价格上涨由业主进行确认。

1.1.3 乙供混凝土管理模式特点

乙供混凝土管理模式在安全质量管理、进度管理、合同管理和原材料采购等方面具有下述特点：

1) 安全管理：混凝土供应商负责具体安全管理，工程总承包商负责整体安全管理并承担管理责任，业主承担最终安全管理责任。

2) 质量管理：混凝土供应商负责具体质量管理，工程总承包商委托实验室进行监督管理，并对混凝土质量向业主负责，业主负责监督管理责任。

3) 进度管理：混凝土供应商负责统筹调配与安排，工程总承包商按照混凝土采购合同监督混凝土供应进度。混凝土供应商统一管理搅拌站设备，统一安排混凝土生产，工程总承包商按照混凝土采购合同协调混凝土生产。

4) 合同管理：由工程总承包商自行负责管理与协调，业主合同管理工作量小。

5) 原材料采购：原材料价格包含在混凝土价格中，列入总包合同价格取费范围，投资增加，原材

料价格上涨太大时,工程总承包商仍会提出索赔。

1.2 国内核电工程混凝土管理模式现状分析

为有效降低混凝土单价,国内核电工程除福清、方家山、昌江、红沿河等项目外,混凝土搅拌站均由业主投资建造,搅拌站运营管理均由专业化运营商(中核混凝土股份有限公司,后简称“中混”)承担。在混凝土原材料采购、搅拌站运营管理直接发包方、搅拌站运维管理的工作范围等方面均存在一定差异。国内核电工程混凝土管理模式情况详见表1。

表1 国内核电工程混凝土管理简介

Tab. 1 Brief introduction of domestic nuclear power project concrete management

模式	搅拌站运营及管理发包方	搅拌站运维及管理范围	混凝土原材料采购管理	核电项目
甲供	业主	包括石料厂运营和混凝土试验室	三门由中混负责原材料采购与管理 石岛湾由业主供应原材料,中混管理	三门核电工程、石岛湾核电工程
		包括石料厂运营、不含混凝土试验室	由业主供应原材料,中混负责管理	海阳核电工程
乙供	总承包商或施工承包商	包括石料厂运营和混凝土试验室	中混负责原材料采购与管理	方家山、昌江、福清核电工程
		不包括石料厂运营和混凝土试验室	土建施工承包商供应原材料、中混负责管理	阳江、宁德、防城港、红沿河核电工程

从表2分析可得出:甲、乙两种混凝土管理模式均有大量具体实践,两种模式可行性均已得到验证。三代AP1000(三门、海阳)项目以及四代高温堆(石岛湾)项目的混凝土供应实行甲供模式。二代及二代加核电项目(方家山、昌江、福清、阳江、宁德、防城港、红沿河)混凝土供应实行乙供模式。随着核电标杆电价政策出台,国家将严格控制核电项目投资,后续审批项目将越来越重视控制核电建设成本,甲供混凝土模式无疑在降低核电项目建设成本方面发挥积极作用。

2 核电工程混凝土供应管理模式优劣对比

2.1 混凝土甲供模式优劣势分析

2.1.1 混凝土甲供优势

1) 全厂可有效减少使用商品混凝土,能有效摊销搅拌站设备和设施费用,业主直接监控混凝土生产过程,混凝土质量更加安全可靠。

2) 甲供管理模式成熟,核电工程用混凝土质量要求高,混凝土质量控制必须从源头抓起,业主参与原材料采购,能够直接控制原材料质量及混凝土价格,能够有效控制混凝土投资。

3) 水泥、碎石等大宗材料供应商选择可进行充分市场竞争,能够有效控制混凝土成本,降低工程造价。

4) 甲供模式管理链条精干、高效,相对乙供模式大大缩短从决策到执行的层级架构,管理链条有利于业主及时决策,并且业主直接支付合同款给承包商及供货商,大大减少中间环节的管理费。

5) 大宗原材料进行充分市场竞争,业主可将混凝土原材料价格上涨的市场风险直接传递给供应商,能够有效转移原材料价格上涨风险。

6) 由于业主对核电站质量和安全负最终责任,必须严格控制原材料质量,混凝土一旦发生质量问题,比较容易从源头上查找原因,对混凝土生产质量起到很好的监督控制作用。

2.1.2 混凝土甲供劣势

- 1) 增加业主的合同管理数量及支付工作量。
- 2) 业主有协调管理责任并存在协调管理风险。

2.2 混凝土乙供模式优劣势分析

2.2.1 混凝土乙供优势

- 1) 减少业主合同管理工作量。
- 2) 合同关系与管理流程简单,工作接口简单。
- 3) 工程总承包商及土建承包商对其采购的混凝土质量负责,消除业主对甲供材料的质量控制风险。

2.2.2 混凝土乙供劣势

1) 相对甲供模式,不能有效降低每立方混凝土供应成本,最终混凝土价格必然增加。

2) 虽然将混凝土管理责任都划分至工程总承包商,但作为业主仍存在潜在的协调管理风险。

3) 乙供混凝土管理链条较长,当各承包商混凝土出现供需矛盾时,不利于管理效率的提高和管理方的及时决策,并且大大增加了中间环节的管理性费用。

4) 不利于搅拌站设备与设施费用的摊销(对于非正式工程,施工承包商可能倾向于使用商品混凝土)

土), 导致正式工程混凝土综合单价较高。

5) 由于混凝土专业运营商长期处于垄断地位, 在市场出现波动及工程进度紧张时, 混凝土供应商极有可能找各种理由随意提高价格, 实现自身利润最大化。

核电建设用混凝土主要包括核岛、常规岛主体工程现浇钢筋混凝土结构、BOP子项以及海工等所需混凝土。根据以往经验核电工程建设高峰期, 核岛、常规岛、BOP等众多子项同时施工存在混凝土供应紧张而引起项目施工进度的问题, 混凝土供应对核电主体工程顺利推进起着决定性作用, 这就要求业主站在整个项目关键路径角度出发及时做出有效决策, 乙供混凝土管理模式链条相对较长, 业主无法对混凝土供应进行有效控制管理, 混凝土运营商须将引起的施工进度问题层层汇报, 由于工程总包商及施工承包商各自的利益立场不同, 各承包商的决策有可能导致关键路径延误, 最终造成项目建设成本增加和工期延长。与乙供模式相比, 甲供混凝土模式是有效提高项目土建施工进度、经济效益的重要保障。

通过上述甲、乙两种供应管理模式优劣比较, 甲供模式较乙供模式管理链条更加精干、高效, 在提高业主管理及决策水平、节约交易成本、降低采购成本, 以及混凝土质量及安全控制上, 均具有明显优势; 水泥、碎石等大宗原材料进行充分市场化竞争, 能适时转移和化解混凝土原材料涨价风险, 也可有效将市场涨价风险及责任传递给原材料供应商; 在甲供管理模式混凝土的可靠性、高效性和安全性将得到极大的提高。

3 华龙一号核电工程混凝土管理模式经济性分析

3.1 混凝土管理模式经济性分析的必要性

按照华龙一号示范工程混凝土需求方案, 两台华龙机组混凝土需求量约 100 万 m³, 核岛约 66 万 m³, 常规岛及 BOP 工程约 34 万 m³, 其中 BOP 工程未包含福清一期工程已建成的共用 BOP 子项。

根据首堆 AP1000 核电一期工程混凝土用量, 两台 AP1000 机组混凝土需求量约 59 万 m³, 其中核岛约 16 万 m³, 常规岛及 BOP 工程约 43 万 m³。

华龙一号和 AP1000 两台核电机组混凝土用量对比详见图 3。

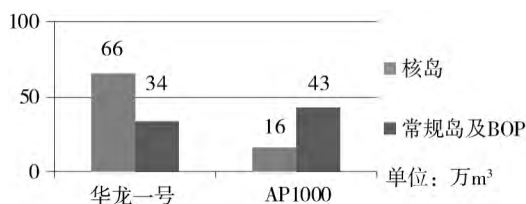


图 3 华龙一号和 AP1000 两台核电机组混凝土用量
Fig. 3 Concrete quantity for two nuclear power units of HPR1000 and AP1000

上述分析可知: 华龙一号和 AP1000 同为新型三代核电机组, 具有双层安全壳的华龙一号核岛混凝土用量(两台 66 万 m³) 是 AP1000 核岛混凝土用量(两台 16 万 m³) 的 4 倍有余, 华龙一号混凝土总量大约为 AP1000 混凝土总量的 2 倍(未考虑华龙示范工程与其一期工程共用 BOP 子项混凝土量), 因此, 从控制项目建造成本角度分析, 对华龙一号核电工程混凝土管理模式进行经济性分析是非常必要的。

3.2 混凝土经济性分析

根据混凝土理论配合比要求, 混凝土原材料主要包括水、水泥、粉煤灰、砂、碎石、外加剂。以核电核岛专用混凝土 C40 和 C35 为例, 参考在建核电工程配合比, 结合福建省主要原材料综合价格^[4], 可测算出混凝土 C40、C35 成本价格表(详见表 2) 以及核电工程各种型号混凝土 C_x 价格汇总(详见表 3)。

表 2 混凝土成本价格测算表

Tab. 2 Calculation form of the concrete cost price

序号	材料	C40		C35	
		计价/ (kg/m ³ × 元/kg)	成本价格/ (元/m ³)	计价/ (kg/m ³ × 元/kg)	成本价格/ (元/m ³)
1	水	175 × 0.003	0.53	175 × 0.003	0.53
2	水泥	350 × 0.39	136.50	320 × 0.39	124.80
3	粉煤灰	75 × 0.198	14.85	107 × 0.198	21.87
4	砂	672 × 0.046	30.91	764 × 0.046	35.14
5	碎石	1 088 × 0.055	59.84	973 × 0.055	53.52
6	减水剂	4.72 × 3.68	17.37	3.84 × 3.68	14.13
7	引气剂	4.72 × 1.025	4.84	3.84 × 1.025	3.94
8	运维费	101	101	101	101
合计	/	365.84	/	354.93	

注: 运维费为混凝土运营商的专业运营和技术服务费。

表3 核电工程 Cx 混凝土价格汇总表

Tab. 3 Summary form of nuclear power project Cx concrete price

序号	成本单价 /(元/m ³)	合同单价 = 成本单价 ×10%/(元/m ³)	备注
C35	354.93	390.42	核岛
C40	365.84	402.42	核岛
C45	373.48	410.83	核岛
C55	409.29	450.22	核岛
C60	414.93	456.42	核岛
C15	290.25	319.28	常规岛及 BOP
C20	293.95	323.34	常规岛及 BOP
C25	305.38	335.92	常规岛及 BOP
C30	315.28	346.80	常规岛及 BOP
C35	323.71	356.09	常规岛及 BOP
C40	339.85	373.83	常规岛及 BOP
C45	354.70	390.17	常规岛及 BOP
C50	367.07	403.78	常规岛及 BOP

按照各型号混凝土 Cx 所占相应比例进行测算,核岛混凝土综合单价为 422.06 元/m³,常规岛及其他混凝土综合单价 356.15 元/m³。因此,华龙一号建设期间混凝土综合单价大致为 399.65 元/m³ [(422.06 元/m³ × 132 万 m³ + 356.15 元/m³ × 68 万 m³) / 200 万 m³]。

按照行业内混凝土生产及运输期间损耗 5% 考虑,混凝土综合单价为 419.63 元/m³ (399.65 元/m³ × 1.05)。

3.3 甲供、乙供混凝土模式费用对比分析

甲供模式: 根据上述计算,混凝土按照综合单价 420 元/m³ 进行成本控制,包含混凝土专业运营及技术服务费。

乙供模式: 参照现阶段核电工程混凝土概算价格 510 元/m³ 计取^[5],由于核电行业内工程总承包商和混凝土专业承包商的强势垄断地位,乙供商品混凝土合同价格一般按照混凝土概算水平执行,建设期间大多数项目按照混凝土暂定综合单价进行结算,待工程结束时进行最终结算,考虑到建设期间原材料上涨等多方因素,核电行业内最终结算的混凝土价格均突破概算水平。

华龙一号机组甲供模式和乙供模式混凝土费用对比表(详见表4)。

考虑到甲供模式增加相应管理人员,以行业标准 40 万/人年综合管理成本,安排 2 名混凝土工程专职管理人员,每 2 台机组 4 年发生管理性费用

320 万元,6 台机组 12 年发生管理性费用 960 万元。

表4 甲供、乙供混凝土费用对比表

Tab. 4 Comparison of pattern A & B supply concrete expense

项目内容	混凝土量	甲供	乙供
混凝土综合单价	—	420 元/m ³	510 元/m ³
两台华龙机组混凝土费用	100 万 m ³	42 000 万元	51 000 万元
四台华龙机组混凝土费用	200 万 m ³	84 000 万元	102 000 万元
六台华龙机组混凝土费用	300 万 m ³	126 000 万元	153 000 万元

按照目前国家现行“营改增”税收政策,无论实行甲供还是乙供模式均要求向业主提供可抵扣的增值税发票,甲供混凝土按照简易税率 3% 征收,乙供混凝土依据总包合同约定按照建安工程税率 11% 执行,均在电厂投产运行(售电)后进行抵扣。由于电厂建设周期较长,乙供模式下业主前期税费投入较大,财务成本较高,从整体项目投资角度分析甲供管理模式比较有利。

由上述分析可得出,华龙一号机组甲供模式比乙供模式混凝土节省费用如图 4。

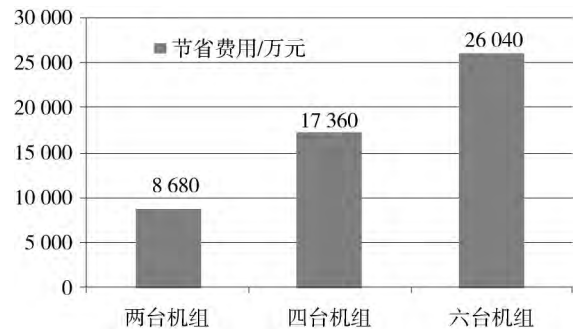


图4 甲供模式比乙供模式节省费用

Fig. 4 Comparison of expense saved by supply pattern A & B

经以上综合对比分析,两台、四台、六台华龙一号核电机组甲供混凝土供应模式比乙供混凝土供应模式分别节省约 0.868 亿元、1.736 亿元、2.604 亿元,甲供较乙供可有效降低混凝土成本 17.02%。因此,甲供混凝土模式能有效降低核电工程项目投资和工程造价,在经济性方面是完全可行的,最重要的是在当前标杆电价政策下能够给核电业主带来较大的经济效益。

4 华龙一号核电工程混凝土管理模式建议

4.1 华龙一号混凝土管理模式建议

华龙一号核电工程混凝土相比其他核电机型混凝土需求量大,从企业降本增效角度出发,混凝土

供应模式应在项目建设前期尽早规划和决策, 对现行核电行业内甲、乙两种混凝土供应管理模式优劣对比, 以及甲、乙两种管理模式的经济性分析比较, 甲供管理模式比较成熟, 能确保混凝土质量更加安全可靠, 有效提高项目土建施工进度, 有效转移混凝土原材料价格上涨风险, 有效控制核电项目投资、降低核电工程造价, 能够增强企业的发展后劲和电厂运行后的市场竞争能力(竞价上网), 因此, 甲供模式是华龙一号核电工程混凝土管理的最优模式。

4.2 甲供管理模式优化建议

1) 为减少业主工作量, 发挥混凝土运营商的专业优势, 混凝土原材料可实行业主和混凝土运营商联合采购, 运营商负责具体组织实施、原材料进场检测和货物接收, 并对原材料的质量负责, 工程总承包商作为业主采购管理团队参与提供技术支持, 业主和运营商联合核准原材料采购数量, 业主据此支付原材料款。

2) 混凝土专业运营商仅收取运营管理费及技术服务费。若因运营商人工费偏高或混凝土原材料采购价格偏高, 在不摊销搅拌站设备和设施的情况下混凝土单价仍高于商品混凝土, 非正式工程可以考虑使用商品混凝土, 由总包方协调外购商品混凝土。

3) 业主委托独立第三方运营土建实验室, 实行第三方独立监管, 土建实验室负责混凝土生产质量的检测及控制, 对混凝土质量负责, 工程总承包商参与搅拌站日常管理、协调与监督。

4) 工程总承包合同中仅含混凝土施工相关费用, 不含混凝土价格, 以降低工程造价。为控制现场混凝土浪费, 各施工承包商分别统计各自混凝土使用量并按期上报总包方, 总包方分别负责对各施工承包商和混凝土运营商进行考核, 为控制混凝土使用量, 业主按工程形象结合混凝土考核情况支付

工程总承包商工程进度款。

5) 实行混凝土全场供应, 有效摊销搅拌站设备和设施的投资。

5 结论

鉴于华龙一号核电工程混凝土用量大, 所占项目投资比重大, 新建华龙一号核电机组应根据项目的实际情况重点分析和选择混凝土供应模式。从降低工程造价和项目管理^[2]角度分析, 甲供混凝土供应模式比乙供混凝土模式实用性、安全性及经济性更强。随着核电标杆电价政策的实施, 甲供混凝土管理模式将是核电企业控制项目投资、降低工程造价的最有效途径之一。

参考文献:

- [1] 叶奇蓁. 我国第三代核电建设居世界之首 [J]. 中国核电, 2014, 7(2): 98-98.
YE Q Z. China's third-generation nuclear power construction ranks first in the world [J]. China Nuclear Power, 2014, 7(2): 98-98.
- [2] 孙汉虹, 程平东. 核电工程项目管理 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 4-11.
SUN H H. CHENG P D. Nuclear project management [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006: 4-11.
- [3] 王进良. 核电工程混凝土生产管理 [J]. 中国电力教育, 2010(S1): 776-778.
WANG J L. Nuclear project concrete production management [J]. China Electric Power Education, 2010(S1): 776-778.
- [4] 福建省建设工程造价管理协会. 福建工程造价信息 [EB/OL]. <http://www.fjgcjz.com>.
- [5] NB/T 20023—2010, 核电厂建设项目费用性质及项目划分导则 [S].
NB/T 20023—2010, Guidelines for cost category and cost account of nuclear power plant construction project [S].

(责任编辑 高春萌)