

文章编号: 1674—8247(2024)06—0111—06

DOI: 10.12098/j.issn.1674-8247.2024.06.018

艰险山区铁路施工供电工程规划布局研究

罗毅

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:持续可靠的电力供应对于保障艰险山区铁路建设具有极为重要的作用,本文针对艰险山区铁路工程特点,从施工供电工程的全生命周期角度,通过研究施工用电需求、施工供电方案和永临结合方案,提出了施工供电工程规划布局的总体思路和做法,以期为艰险山区铁路勘察设计工作提供参考。

关键词:艰险山区铁路; 施工供电工程; 全生命周期; 规划布局

中图分类号: U223 文献标志码: A

Study on Planning and Layout of Power Supply Engineering for Railway Construction in Difficult Mountainous Areas

LUO Yi

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: Continuous and reliable power supply plays a crucial role in ensuring railway construction in difficult mountainous areas. According to the characteristics of railway engineering in difficult mountainous areas, this paper proposed an overall approach for the planning and layout of power supply engineering for construction from the perspective of the full life cycle of the construction power supply project. This was achieved by studying the construction power demand, construction power supply schemes, and the integration of permanent and temporary power supply solutions. This study may provide references for railway survey and design in difficult mountainous areas.

Key words: railway construction in difficult mountainous areas; construction power supply engineering; full life cycle; planning and layout

铁路施工供电工程是为铁路主体工程建设提供电力能源保障的电力工程。随着我国铁路建设高速发展,东部地区路网密度已得到很大改善,铁路建设重心正逐步向中西部地区倾斜。中西部地区以艰险山区为主,铁路桥隧比例高,建设难度大、周期长,对电力供应的依赖程度高。艰险山区基础设施薄弱,自然环境条件恶劣,可靠的电力供应对保障铁路建设的工期、安全、质量、环境保护以及参建人员的健康极为重要^[1]。目前平原丘陵地区铁路施工电力供应的思路和做法难

以满足艰险山区铁路建设要求,需要更新施工供电工程建设理念,以保障铁路工程建设的正向循环,使施工组织安全、经济、可控。

1 施工供电工程的全生命周期

艰险山区铁路具有长大桥隧多、施工用电负荷大,铁路沿线外部电网薄弱,供电能力普遍较差,局部区段电源匮乏的特点,目前供电工程难以支撑铁路施工的大量用电需求。

收稿日期: 2024-09-12

作者简介: 罗毅(1973-),男,高级工程师。

引文格式: 罗毅. 艰险山区铁路施工供电工程规划布局研究[J]. 高速铁路技术, 2024, 15(6): 111-116.

LUO Yi. Study on Planning and Layout of Power Supply Engineering for Railway Construction in Difficult Mountainous Areas[J]. High Speed Railway Technology, 2024, 15(6): 111-116.

平原丘陵地区铁路建设周期一般较短,临时电力工程可采用较低建设标准以节约工程投资^[2-3]。艰险山区铁路建设周期长,有的甚至超过10年。施工供电工程使用年限较长,若仍采用较低建设标准,不仅加大了施工和维护难度,还会因抵御灾害能力不足导致故障频发,维修率高,供电可靠性降低,进而影响铁路主体工程的建设,加大工程总体成本。此外,施工供电工程若采用永临结合的模式建设,供电设施在铁路建设期结束后转为永久工程继续使用,可以避免重复建设,最大限度发挥工程综合效益。

因此,除了满足施工用电需求的基本功能以外,艰险山区铁路施工供电工程还须考虑铁路较长建设周期内的供电设施维护条件和投入,以及铁路建成后继续利用条件,从施工供电工程的规划布局-勘察设计-工程建设-运维管理-后期处置等全生命周期视角,综合分析建设、运维及后期处置的全过程成本,达到工程综合效益整体最佳的目标。施工供电工程全生命周期如图1所示。

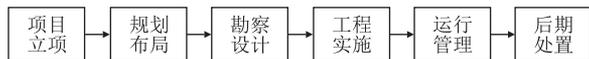


图1 施工供电工程全生命周期示意图

3 施工用电需求分析

艰险山区的施工用电需求较为复杂,是施工供电工程规划布局的重难点工作之一。艰险山区铁路桥隧众多,施工工艺复杂,用电需求具有分布广、负荷大、工点差异大、不同施工阶段变化大等特点,其用电需求与普通铁路存在较大差异。施工供电工程的供电对象主要包括隧道、桥梁、大型临时场站等^[5]。山区铁路隧道,尤其是长大隧道,是施工供电工程的主要供电对象,对施工供电布局方案影响最大。以下以隧道工点为主要研究对象进行分析。

典型隧道施工方案有TBM机械化施工、钻爆法施工两种,TBM机械化施工与钻爆法施工所采用的机械设施及用电负荷区别较大。

3.1 TBM机械化施工隧道工区用电需求

以某处TBM机械化施工工区为例,施工条件为:1个TBM机械化施工工区,2台10m级TBM和1台6.5m级TBM,分别开挖3条长17km施工正洞和平导;3km施工支洞,坡度10%,TBM顺坡施工。TBM机械化施工工区配置的机械设备主要有:TBM本身、连续皮带机、通风机、施工排水、洞内照明、衬砌台车、拌合站、预制厂及其他试验设备、生活区用电等。

TBM机械化施工隧道工区负荷分析案例如表1所示。

3.2 钻爆法施工隧道工区用电需求

隧道钻爆法施工可分为基本机械化配套、中度机械化配套和高度机械化配套3种,不同模式机械设备类型较接近,但设备性能存在一定差异。高度机械化配套一般采用三臂钢拱架拼装机和两臂湿喷机械手,中度机械化配套一般采用两臂钢拱架拼装机和两臂湿喷机械手,基本机械化配套一般采用钢架拼装台架和普通湿喷机等。3种模式的用电需求存在细微差别,但总体较为接近,负荷分析时可不作严格区分。

钻爆法隧道施工采用的典型机械设备主要有:钻机、风钻、凿岩台车、混装炸药设备、锚杆钻注一体机、湿喷机械手、高压注浆泵、自行式仰拱栈桥、自动铺挂台车、混凝土输送泵、通风机、空压机、潜孔钻机、拌合站、皮带机、抽水机、焊网机、弯拱机、弯箍机和破碎机等。通过对各类设备进行细分,不同电机、液压泵在不同工况下的用电情况进行比较。

隧道施工作业的主要流程有:超前钻探、支护作业线,开挖作业线,支护作业线,仰拱作业线,防水板作业线,混凝土衬砌作业线,皮带机出渣,其他辅助通风、照明等。各作业线具体流程如下:

(1)开挖作业:钻爆、出渣、安装拱架、喷射混凝

2 施工供电工程规划布局流程

施工供电工程的规划布局是规划建设的首要环节,对施工供电工程的系统供电能力、供电可靠性、技术经济合理性、工程可实施性和维护便利具有重要影响,也是开展后续勘察设计、工程建设、运行管理和后期处置等工作的基础^[4]。施工供电工程的规划布局主要包括施工用电需求分析、供电方案研究等工作内容。供电方案主要流程如图2所示。

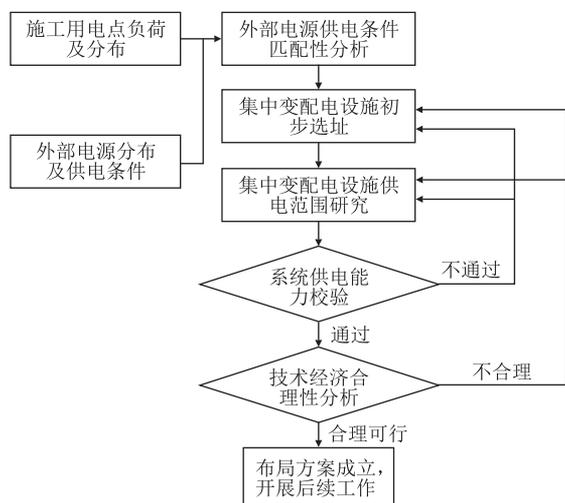


图2 施工供电规划布局流程图

表1 TBM 机械化施工隧道工区负荷分析案例表

名称	设备台数/台	设备容量/kW	需要系数 K_x	$\cos\varphi$	$\lg\varphi$	计算负荷		
						有功/kW	无功/kvar	视在/kVA
10 m 级 TBM	2	9 064	0.65	0.70	1.02	11 783	12 021	16 832
6 m 级 TBM	1	4 586	0.65	0.70	1.02	2 981	3 041	4 258
10 m 级 TBM 连续皮带机	2	2 130	0.60	0.65	1.17	2 556	2 988	3 932
6 m 级 TBM 连续皮带机	1	1 260	0.60	0.65	1.17	756	884	1 163
	1	1 065	0.60	0.65	1.17	639	747	983
通风风机 $\phi 2.4$ m	2	1 000	0.80	0.80	0.75	1 600	1 200	2 000
	2	710	0.80	0.80	0.75	1 136	852	1 420
通风风机 $\phi 1.8$ m	1	750	0.80	0.80	0.75	600	450	750
	1	600	0.80	0.80	0.75	480	360	600
洞外其他	1	700	0.80	0.75	0.88	560	494	747
施工排水	1	360	0.80	0.80	0.75	288	216	360
施工供水	3	40	0.80	0.80	0.75	96	72	120
支洞照明	1	14	0.90	0.80	0.75	13	9	16
主洞照明	2	77	0.90	0.80	0.75	139	104	173
衬砌台车	4	150	0.80	0.75	0.88	480	423	640
拌合站	1	800	0.60	0.70	1.02	480	490	686
预制厂	1	720	0.60	0.70	1.02	432	441	617
合计	-	31 233	-	-	-	27 573	27 780	39 229
乘以同时系数 $K_t = 0.95$	-	-	-	0.70	1.01	26 195	26 391	37 268
按功率因数 0.90 计算无功补偿值	-	-	-	0.90	0.48	-	13 823	-
实际无功补偿量	-	-	-	-	-	-	16 000	-
考虑实际无功补偿量后计算值	-	-	-	0.93	-	26 195	10 391	28 180
变压器有功损耗 0.01Sc	-	-	-	-	-	282	-	-
变压器无功损耗 0.05Sc	-	-	-	-	-	-	1 409	-
全部合计	-	-	-	0.91	-	26 476	11 800	28 987

土、下循环开挖。(2)仰拱作业:底板开挖、喷射混凝土、绑扎钢筋、浇筑混凝土。(3)衬砌作业:铺设防水板、绑扎钢筋、衬砌台车定位、浇筑混凝土。(4)在各种作业线中,超前钻探、支护作业线、开挖作业线、支护作业线、防水板作业线、皮带机出渣、辅助通风照明等负荷可能存在同时交叉用电的情况。

通过对工点内包含的设备类型、负荷容量等进行梳理,选取典型单线隧道正线单作业面、辅助坑道单作

业面、双线隧道正线单作业面等作为典型基础性作业方式进行负荷分析。在此基础上,叠加相应的洞口配套设施,从而得出钻爆法施工隧道典型基础作业方式的负荷,如表2所示。

根据隧道工点施工方案和施工组织,综合考虑作业面数量和类型,得出隧道施工典型混合工点用电需求。某高海拔地区铁路隧道钻爆法施工混合工点负荷分析结果如表3所示。

表2 钻爆法隧道施工典型工点基础作业方式负荷案例(kW)

单线隧道机械化配套	辅助坑道机械化配套	双线隧道机械化配套	单线洞外设施(2正洞+1辅助坑道)	双线洞外设施(1正洞+1辅助坑道)	单线洞外设施(4正洞)	双线洞外设施(1正洞)	双线洞外设施(2斜井)	单线洞外设施(2正洞+1辅助坑道)	皮带传输机
505	262	635	1 040	821	1 040	602	821	1 259	945 kW/3 km

表3 钻爆法隧道施工混合工点负荷分析案例(kW)

2单线工作面+1辅助坑道	2单线工作面+2辅助坑道	1单线工作面+2辅助坑道	1双线工作面+1辅助坑道	1双线工作面+2辅助坑道	2双线工作面+1辅助坑道	2双线工作面+2辅助坑道	4单线工作面	2单线工作面	2双线工作面	1双线工作面	1斜井工作面	2斜井工作面
1 984	2 397	1 775	1 475	1 887	2 208	2 620	2 193	1 571	1 608	1 062	741	1 154

注:数据包含高海拔区域的冬季保温取暖用电负荷,不包含隧道反坡排水用电负荷及电动汽车充电站用电负荷

除上述基础负荷分析以外,对于设有反坡排水的隧道,还需根据隧道工点地质资料确定涌水量^[6],结合隧道辅助坑道的长度、坡度,选定排水泵的类型、功

率、级数、台数,计算各工点的反坡排水用电功率。当涌水量较大时,反坡排水负荷可能会远超工点施工的负荷,有的工点反坡排水用电负荷甚至达5 000 kW以

上,须单独计算。工点大面积采用电动汽车作为运输工具时,还需结合电动汽车充电车位数量、功率、使用工况等数据,单独计算电动汽车充电站用电负荷。

4 供电方案研究

供电方案研究基于工程生态视角,将施工供电工程视为复杂生态系统的一部分,主要包括外部电源供电条件匹配性分析、施工供电方案研究、永临结合方案研究。该系统强调子系统间的协同运作,及各因素间的动态平衡。通过模拟自然生态系统的运行规律,可为优化资源配置、提升工程效益、确保工程可持续发展提供参考。工程生态为供电方案研究提供了新的视角和工具。铁路主体工程施工供电工程相互协同,共同构成了一个复杂的生态系统,并表现出可调控性及适应性,这些特性成因可以从该生态系统的内部结构进一步解析。

4.1 供电方案研究方法

PDCA 循环控制体系,构建了施工供电工程对铁路总体需求保障能力的理论框架。基于供电方案研究,将 AHP 法与铁路施工供电工程的保障作用与制约因素相联系,通过 AHP 法与 PDCA 循环控制体系的结合,实现对施工供电工程在空间、时间和不确定性变化维度上的动态满足。在动态需求模型中,AHP 法与 PDCA 循环控制体系互为补充,AHP 法是对现实情况进行分析的模型化工具,PDCA 循环控制体系为模型的动态化提供了理论依据。在四阶段循环中,每个阶段都有其重要性和目标,通过循环迭代,确保项目按照规定功能目标实施,并通过不断提高施工供电工程的质量管理水平,提高工程质量。通过将 AHP 法与 PDCA 循环控制体系相结合,为实现施工供电工程在空间、时间和不确定性变化维度上的动态满足提供理论依据。

4.1.1 PDCA 循环与供电方案研究

在供电方案研究中,PDCA 循环可应用于不同阶段的管理并持续改进。针对供电方案研究的每个阶段,P(计划)、D(执行)、C(检查)和 A(处理)的具体分析如下:

P(计划)阶段。在供电方案的动态变化分析过程中,P 阶段是方案研究准备阶段,涉及明确标准、规范和指导文件,确定需求分析方法和指标,摸底电源、需求及工程环境资源情况等。

D(执行)阶段。D 阶段是供电方案制定阶段。在供电方案制定过程中,实施方案校验核对,确保有效执行规范标准、满足保障需求。

C(检查)阶段。C 阶段涉及对供电方案的检查。

包括对方案研究过程中的数据进行收集和分析,与供电方案进行比较,探寻潜在的偏差和问题,分析根本原因。检查阶段可为改进和优化提供依据。

A(处理)阶段。A 阶段是基于检查阶段的结果和分析,采取纠正措施和改进的阶段。包括制定方案的纠正和改进,解决检查阶段发现的问题,持续优化供电方案。

通过 PDCA 循环,可以实现对供电方案研究的持续改进和优化。每个阶段都有其特定目标及执行重点,通过循环迭代,不断提高施工供电工程的保障水平。

4.1.2 层次分析法(AHP)

层次分析法(AHP)具有可充分量化指标权重的优势,应用范围较为广泛,相较于其他模型覆盖的维度更为全面,是动态需求模型可采用的量化工具之一,可用于铁路主体工程总体需求满足水平和综合效益的综合评估。层次分析法主要是将多目标划分为不同的层次,提出相关评价指标,对其展开定性以及定量分析。

运用层次分析法进行分析的大致步骤可以概括为:首先,依据问题的客观事实,确定需要评价的对象,并将评价对象划分为具有阶梯递进的层次组合。其次,依据专家的打分确定不同要素对应的权重,构建判断矩阵。最后,确定不同目标层的相对权重,并通过模型对权重的一致性进行检验,满足要求后,在不同的备选方案中,权重最大的备选方案就是最优方案。

4.2 外部资源匹配性分析

外部电源的分布、供电能力和供电条件直接影响供电方案^[7]。

对外部电源供电能力分析时,要了解外部电网的整体结构,收集区域电网整体供电能力和既有负荷情况,核查区域电网剩余供电能力是否满足区域内铁路施工用电总需求。若电网整体供电能力不满足施工用电需求,则需要联合电力部门开展电网整体供电能力提升研究,作为供电方案研究的基础和支撑。

需要注意的是,除了变电站主变容量、负载率、线路截面和供电距离以外,电网实际供电能力还受到区域内电网自发电能力、外部联络通道输送能力、电网结构和调度安全等因素的影响,电网整体供电能力应以调度测算和提供的数据为准,不能简单以变压容量作为供电能力的依据。例如,某电网 500 kV 变电站主变容量 2×500 MVA,但由于其电网结构单一且处于电网末端,为保证电网整体安全,供电调度允许其最大供电能力不超过 80 MVA,实际供电能力仅为主变容量的 8%。

4.3 施工供电方案研究

施工供电一般有分散供电和集中供电两种方案。艰险山区铁路桥隧比例较高、施工用电负荷大、地方电网较为薄弱,大都采用集中供电方案。施工供电方案研究主要包括集中变配电设施选址、供电区段范围选择、外部电源接取方案等。

4.3.1 集中变配电设施选址

集中变配电设施包括集中变电站和集中开关站,其主要功能为从地方接取电源,馈出供电干线向铁路沿线多处工点供电。集中变配电设施一般选择靠近负荷中心和方便接取外部电源的位置,同时考虑汽车运输条件,尽量靠近既有道路和施工道路,场坪标高应满足洪水位和内涝水位要求,场坪大小满足集中变电站(或开关站)需求,尽可能减少挖填方、通所道路等土建工程。鉴于艰险山区铁路的集中变配电设施大多处于隧道进出口附近,所以还要考虑值守人员的生活条件。

4.3.2 集中变配电设施供电区段

在集中变配电设施初步选址基础上,结合铁路沿线地形地貌、交通、植被等条件,初步划分供电区段和供电干线电压等级,供电干线优先采用10 kV等级,当10 kV供电能力不满足要求时宜采用35 kV电压等级。

外部电源条件允许时,可首先考虑将特长隧道的进出口划分在不同的供电区段,避免电力线路整体翻越隧道,降低工程实施难度,缩短工程建设周期,节约整体投资。按照初步供电方案,对各供电区段进行供电能力校验。供电干线及分支线路末端最大电压降应满足:TBM隧道工区应为额定值的 $\pm 5\%$;35 kV正负偏差绝对值之和不超过额定值的10%;10 kV宜为额定值的 $\pm 7\%$ ^[8]。常用的供电计算参数^[9]如表4所示。

与正式工程不同,施工用电负荷在不同施工阶段存在明显变化,开工初期和工程后期的用电需求一般较小。供电计算时需结合铁路施工组织,对各工点的负荷变化情况进行综合分析,一般按月度用电需求分析区段内施工高峰时段的负荷分布,对区段内多个不同工点、不同施工阶段的用电需求进行分析、统计和叠加,得出区段内某一施工阶段最大负荷需求。如果不考虑施工组织、仅简单选取某个同时系数进行供电计算,可能导致计算结果与实际施工工况出现较大偏差,造成供电能力不足或供电能力过剩。

4.3.3 外部电源接取方案

根据集中变配电设施的用电需求,结合外部电源供电条件和电源线路通道条件,确定外部电源的供电

表4 架空线路阻抗及电压损失参数表

35 kV 钢芯铝绞线						
导线截面 /mm ²	电阻 /(Ω /km)	感抗 /(Ω /km)	阻抗 /(Ω /km)	电压损失/[%(MW/km)]		
				cos ϕ		
				0.800	0.850	0.900
LGJ-35	0.94	0.43	1.03	0.100	0.100	0.090
LGJ-50	0.68	0.42	0.80	0.080	0.080	0.070
LGJ-70	0.48	0.41	0.63	0.060	0.060	0.060
LGJ-95	0.35	0.40	0.53	0.050	0.050	0.040
LGJ-120	0.29	0.39	0.48	0.050	0.040	0.040
LGJ-150	0.22	0.38	0.44	0.040	0.040	0.030
LGJ-185	0.18	0.38	0.42	0.038	0.034	0.030
LGJ-240	0.14	0.37	0.39	0.034	0.030	0.026
10 kV 钢芯铝绞线						
导线截面 /mm ²	电阻 /(Ω /km)	感抗 /(Ω /km)	阻抗 /(Ω /km)	电压损失/[%(MW/km)]		
				cos ϕ		
				0.80	0.85	0.90
LGJ-35	0.95	0.39	1.03	1.24	1.19	1.13
LGJ-50	0.66	0.37	0.76	0.94	0.89	0.84
LGJ-70	0.46	0.36	0.58	0.73	0.68	0.63
LGJ-95	0.34	0.35	0.49	0.60	0.56	0.51
LGJ-120	0.27	0.34	0.44	0.53	0.48	0.44
LGJ-150	0.22	0.34	0.40	0.47	0.43	0.38
LGJ-185	0.18	0.33	0.37	0.43	0.38	0.34
LGJ-240	0.14	0.32	0.35	0.38	0.34	0.29

距离和电压等级,开展系统供电能力校验等。

电力部门的供电营业区分界点附近,需要采用同一地方电源跨不同供电营业区供电的方案时,需与相关供电部门密切沟通,必要时可与相关供电管理单位的上级主管部门展开沟通协调,取得电力部门对跨供电营业区供电方案的认可。其中向集中变配电设施供电的外部电源变电站,若其主变容量、出线间隔等条件不满足电源接取需求时,应与相关电力部门协商,对外部电源变电站进行局部增容改造或增加出线间隔,改造方案需与相关电力部门达成一致。

4.3.4 施工供电方案比选和校验

施工供电方案研究过程中,需反复尝试4.3.1~4.3.3的步骤,进行多次比选、校验。对达不到要求的方案进行调整,最终选取满足供电质量要求、技术经济合理、工程可实施性强且便于维护管理的方案。

4.4 永临结合方案研究

永临结合是利用正式电力工程提前一次建成,向铁路施工负荷供电的建设模式。

艰险山区地理环境条件复杂,环境敏感点多,电力线路通道资源紧张,建设多回电力线路通道选择较为困难^[10],个别区段路径通道几乎是唯一的。永临结合电力设施,施工用电结束后经过整改,满足永久工程标准后作为正式工程使用,能够充分发挥工程综合效益,避免重复建设带来的资源浪费。实施永临结合能够充分利用电力线路通道资源、保护生态,减少工程建设对环境和生态的影响。

4.4.1 永临结合需具备的条件

施工供电线路与正式工程电力线路同时满足以下条件时,可考虑永临结合方案。(1)施工供电线路与正式电力线路的路径重叠或相近。(2)施工供电线路与正式电力线路的电压等级相同或相近。(3)永临结合电力线路的供电能力应同时满足施工用电需求和正式用电需求,永临结合时按两者中较高标准建设。(4)施工用电结束后,永临结合电力线路需按照正式工程标准进行整改,达到验收标准后转为正式用电。(5)采用永临结合建设模式应满足技术经济合理性要求。

4.4.2 永临结合的技术经济合理性

永临结合的技术经济合理性测算应综合分析资金成本和工期因素,提前建设正式工程将带来资金成本的增加,尤其在施工供电线路与正式电力线路电压等级不同时,更需要对永临结合的技术经济合理性进行测算,综合对比永临结合方案(一次建设)与不永临结合(两次建设)方案的整体投资情况,选择整体投资较为节约的方案。计算方法如下:

永临结合方案(一次建设)整体投资 = 工程建设费用 + 工期成本 + 物价上涨因素 + 资金成本 + 工程整改费用 + 工程折旧费用;不永临结合方案(两次建设)整体投资 = 临时工程建设费用 + 临时工程拆除及复垦费用 + 正式工程建设费用;其中,工期成本指考虑压缩工期等因素的影响,建设电力线路需增加的工程费用。

4.4.3 永临结合的可实施性

(1)根据施工组织,正式工程电力线路若需在施工供电结束之前开工建设,因临时电力线路尚在使用、不能拆除,无法共用电力线路通道,需另选通道建设。

(2)永临结合方案应取得供电部门、运营部门等相关单位的同意。需要强调的是,牵引变电所外部电源线路由电力部门出资建设和管理,考虑永临结合时需与电力部门开展联合研究,研究结论需取得电力部门的认可。

5 结束语

艰险山区铁路施工供电规划布局是一项较为复杂的工作,需要综合考虑保障功能与制约因素的平衡,在确保供电效能的基础上,结合资源高效利用、社会影响评估、安全性、环境保护、工期因素、运维条件、投资成本和社会效益等,从全生命周期角度,根据施工用电负荷容量及分布、铁路施工组织、外部电源分布及其供电能力、气候和地理环境等条件,采用技术经济合理、便于实施和运维管理的方案。本文针对艰险山区铁路工程特点,从施工供电工程的全生命周期角度,通过分析

研究施工用电需求、施工供电方案和永临结合方案,提出了施工供电工程规划布局的总体思路和做法,为艰险山区铁路施工供电工程规划布局 and 勘察设计工作提供参考。

参考文献:

- [1] 杨估润. 浅谈高速铁路临时用电设计[J]. 科技与创新, 2014(14): 87-88.
YANG Jirun. On the High-speed Railway Temporary Power Design [J]. Science and Technology & Innovation, 2014(14): 87-88.
- [2] 李新宇, 朱森林. 谈建筑施工现场临时用电施工组织设计[J]. 建筑安全, 2012, 27(7): 43-46.
LI Xinyu, ZHU Senlin. Discussion on Construction Organization Design of Temporary Electricity Consumption in Building Construction Site [J]. Construction Safety, 2012, 27(7): 43-46.
- [3] 禹波, 王进良, 王亚琳. 施工现场临时用电配电系统的设计[J]. 低碳世界, 2016(8): 49-50.
YU Bo, WANG Jinliang, WANG Yalin. Design of Temporary Power Distribution System in Construction Site [J]. Low Carbon World, 2016(8): 49-50.
- [4] 裴念琦. 铁路施工临时用电设计[J]. 科技展望, 2016, 26(11): 120-121.
PEI Nianqi. Design of Temporary Electricity Consumption in Railway Construction [J]. Science and Technology, 2016, 26(11): 120-121.
- [5] 陈建国. 基于实景图铁路大、小型临时工程界面及投资划分研究[J]. 高速铁路技术, 2023, 14(3): 37-42.
CHEN Jianguo. A Study on Interface and Investment Division of Large and Small Temporary Works of Railway Based on the Real Picture [J]. High Speed Railway Technology, 2023, 14(3): 37-42.
- [6] 邹和兵, 宋章, 陶玉敬, 等. 川西北某隧道涌水量及水压力分析[J]. 高速铁路技术, 2024, 15(4): 87-93.
ZOU Hebing, SONG Zhang, TAO Yujing, et al. Analysis of Water Inflow Volume and Water Pressure in a Tunnel Located in Northwest Sichuan [J]. High Speed Railway Technology, 2024, 15(4): 87-93.
- [7] TB 10008-2015 铁路电力设计规范[S].
TB 10008-2015 Code for Design of Railway Electric Power [S].
- [8] Q/CR 9149-2018 铁路大型临时工程和过渡工程设计规范[S].
Q/CR 9149-2018 Code for Design of Large-scale Temporary Works and Transition Works [S].
- [9] 中国航空规划设计研究总院有限公司组. 工业与民用供配电设计手册[M]. 4版. 北京: 中国电力出版社, 2016.
China Aviation Planning and Design Institute (Group) Co., Ltd. Working Group Handbook of Industrial and Civil Power Supply and Distribution Design [M]. 4th ed. Beijing: China Electric Power Press, 2016.
- [10] 刘宝. 铁路施工临时用电设计与应用[J]. 硅谷, 2012, 5(1): 97, 156.
LIU Bao. Design and Application of Temporary Electricity Consumption in Railway Construction [J]. Silicon Valley, 2012, 5(1): 97, 156.